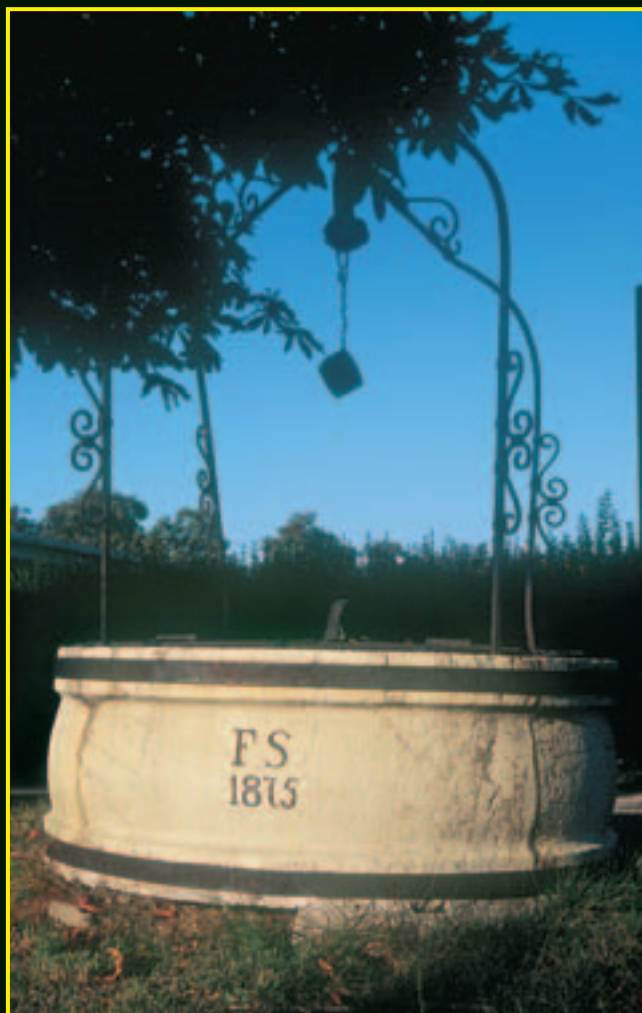




PODTALNICA LJUBLJANSKEGA POLJA

IRENA REJEC BRANCELJ

ALEŠ SMREKAR

DRAGO KLADNIK



Irena Rejec Brancelj

Naziv: dr., univerzitetna diplomirana geografa, podsekretarka, znanstvena sodelavka

Naslov: Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija in Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: irena.rejec-brancelj@gov.si

Rodila se je leta 1962 v Kopru. V Ljubljani je leta 1987 diplomirala, leta 1993 magistrirala in leta 1999 doktorirala s področja geografije. Pri svojem raziskovalnem delu se ukvarja z varstvom okolja, predvsem s problematiko kmetijskega obremenjevanja slovenskih pokrajin. Njena bibliografija presega 100 enot. Leta 1988 je dobila študentsko Prešernovo nagrado Filozofske fakultete, leta 1998 je prejela pohvalo, leta 2002 pa bronasto plaketo Zveze geografskih društev Slovenije.



Aleš Smrekar

Naziv: mag., univerzitetni diplomirani geograf in univerzitetni diplomirani etnolog, asistent z magisterijem

Naslov: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: ales.smrekar@zrc-sazu.si

Rodil se je leta 1967 v Ljubljani, kjer je leta 1995 diplomiral in leta 2000 magistriral, obakrat s področja geografije. Ukvarja se predvsem s temeljnimi in aplikativnimi raziskavami na področjih varstva okolja in hidrogeografije, še posebej z odnosom prebivalcev do vode kot naravnega vira. V domačih in tujih publikacijah je objavil prek 70 bibliografskih enot. Leta 2000 je prejel pohvalo Zveze geografskih društev Slovenije in postal predsednik Ljubljanskega geografskega društva.



Drago Kladnik

Naziv: mag., profesor geografije in zgodovine, raziskovalno-razvojni sodelavec

Naslov: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: drago.kladnik@zrc-sazu.si

Rodil se je leta 1955 v Ljubljani, kjer je leta 1973 maturiral, leta 1979 diplomiral in leta 1999 magistriral. Ukvarja se predvsem z agrarno geografijo, zemljepisnim imenoslovjem in izrazjem, regionalizacijami, ter kartografijo. Njegova bibliografija presega 700 enot. Leta 1977 je prejel Kidričevo nagrado za dodiplomski študij, leta 1978 študentsko Prešernovo nagrado Univerze v Ljubljani, leta 1979 študentsko Prešernovo nagrado Filozofske fakultete in leta 2000 Srebrno plaketo Zveze geografskih društev Slovenije.

Mišo Andjelov

dr., univerzitetni diplomirani inženir geologije, hidrolog I, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, miso.andjelov@gov.si

Primož Auersperger

univerzitetni diplomirani inženir kemije, delavec v laboratoriju III, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d. o. o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana, Slovenija, pauersperger@vo-ka.si

Marjan Bat

mag., univerzitetni diplomirani geograf, hidrolog II, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, marjan.bat@gov.si

Branka Bračič Železnik

univerzitetna diplomirana inženirka geologije, delavka v razvoju III, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d. o. o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana, Slovenija, bzeleznik@vo-ka.si

Anton Brancelj

dr., univerzitetni diplomirani biolog, znanstveni svetnik, Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovenija, anton.brancelj@nib.si

Barbara Čenčur Curk

dr., univerzitetna diplomirana inženirka geologije, znanstvena svetovalka, IRGO – Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Slovenčeva ulica 93, Ljubljana, Slovenija, barbara.cencur@i-rgo.si

Peter Frantar

univerzitetni diplomirani geograf, hidrolog II, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, peter.frantar@gov.si

Jerneja Fridl

mag., univerzitetna diplomirana inženirka geodezije, asistentka z magistriranjem, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija, jerneja@zrc-sazu.si

Brigita Jamnik

dr., univerzitetna diplomirana kemičarka, vodinja oddelka za vodne vire, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d. o. o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana, Slovenija, bjamnik@vo-ka.si

Mitja Janža

dr., univerzitetni diplomirani inženir geologije, asistent z doktoratom, Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija, mitja.janza@geo-zs.si

Veronika Kmecl

mag., univerzitetna diplomirana inženirka kemijske tehnologije, asistentka specialistka, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, veronika.kmecl@kis.si

Marjeta Krajnc

mag., univerzitetna diplomirana kemičarka, okoljska inženirka II, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, marjeta.krajnc@gov.si

Jurij Kus

univerzitetni diplomirani biolog, vodja službe za nadzor kakovosti pitne in odpadne vode, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d. o. o., Vodovodna cesta 90, 1000 Ljubljana, Slovenija, jkus@vo-ka.si

Zlatko Mikulič

univerzitetni diplomirani inženir geologije, hidrolog II, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, zlatko.mikulic@gov.si

Nataša Mori

mag., univerzitetna diplomirana biologinja, asistentka z magistriranjem, Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, Slovenija, natasa.mori@nib.si

Franci Petek

dr., univerzitetni diplomirani geograf, asistent z magistriranjem, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija, franci.petek@zrc-sazu.si

Marina Pintar

dr., univerzitetna diplomirana inženirka kmetijstva, docentka, Oddelek za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani, Jamnikarjeva ulica 101, 1000 Ljubljana, Slovenija, marina.pintar@bf.uni-lj.si

Joerg Prestor

mag., univerzitetni diplomirani inženir geologije, raziskovalno razvojni sodelavec, Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija, joerg.prestor@geo-zs.si

Vlado Savič

hidrogradbeni tehnik, hidrolog V, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, vlado.savic@gov.si

Andrej Simončič

dr., univerzitetni diplomirani inženir agronomije, višji raziskovalno razvojni sodelavec, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, andrej.simoncic@kis.si

Janez Sušin

univerzitetni diplomirani inženir agronomije, asistent specialist, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, janez.susin@kis.si

Jože Uhan

mag., univerzitetni diplomirani inženir geologije, hidrolog I, Agencija RS za okolje, Vojkova cesta 1b, 1000 Ljubljana, Slovenija, joze.uhan@gov.si

Janko Urbanc

dr., univerzitetni diplomirani inženir geologije, višji znanstveni sodelavec, Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija, janko.urbanc@geo-zs.si

Vida Žnidaršič-Pongrac

mag., univerzitetna diplomirana kemičarka, strokovno raziskovalna sodelavka, Kmetijski inštitut Slovenije, Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana, Slovenija, vida.pongrac-znidarsic@kis.si

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 10
PODTALNICA LJUBLJANSKEGA POLJA

Mišo Andjelov
Primož Auersperger
Marjan Bat
Branka Bračič Železnik
Anton Brancelj
Barbara Čenčur Curk
Peter Frantar
Jerneja Fridl
Brigita Jamnik
Mitja Janža
Kladnik Drago
Veronika Kmecl
Marjeta Krajnc
Jurij Kus
Zlatko Mikulič
Nataša Mori
Franci Petek
Marina Pinter
Joerg Prestor
Irena Rejec Brancelj
Vlado Savić
Andrej Simončič
Aleš Smrekar
Janez Sušin
Jože Uhan
Janko Urbanc
Vida Žnidaršič-Pongrac



**ZALOŽBA
Z R C**

PODTALNICA LJUBLJANSKEGA POLJA

MIŠO ANDJELOV, PRIMOŽ AUERSPERGER,
MARJAN BAT, BRANKA BRAČIČ ŽELEZNIK,
ANTON BRANCELJ, BARBARA ČENČUR CURK,
PETER FRANTAR, JERNEJA FRIDL,
BRIGITA JAMNIK, MITJA JANŽA,
DRAGO KLADNIK, VERONIKA KMECL,
MARJETA KRAJNC, JURIJ KUS,
ZLATKO MIKULIČ, NATAŠA MORI,
FRANCI PETEK, MARINA PINTAR,
JOERG PRESTOR, IRENA REJEC BRANCELJ,
VLADO SAVIĆ, ANDREJ SIMONČIČ,
ALEŠ SMREKAR, JANEZ SUŠIN,
JOŽE UHAN, JANKO URBANC,
VIDA ŽNIDARŠIČ-PONGRAC

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 10

PODTALNICA LJUBLJANSKEGA POLJA

Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar in Drago Kladnik (ur.)

© Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, 2004

Urednik: Drago Perko

Recenzenta: Mihael Brenčič, Milan Orožen Adamič

Uredniški odbor: Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar, Drago Kladnik

Avtorji poglavij: Mišo Andjelov, Primož Auersperger, Marjan Bat, Branka Bračič Železnik, Anton Brancelj, Barbara Čenčur Curk, Peter Frantar, Jerneja Fridl, Brigita Jamnik, Mitja Janža, Drago Kladnik, Veronika Kmecl, Marjeta Krajnc, Jurij Kus, Zlatko Mikulič, Nataša Mori, Franci Petek, Marina Pintar, Joerg Prestor, Irena Rejec Brancelj, Vlado Savič, Andrej Simončič, Aleš Smrekar, Janez Sušin, Jože Uhan, Janko Urbanc, Vida Žnidaršič-Pongrac

Kartografi: Jerneja Fridl, Branka Bračič Železnik, Peter Frantar, Mitja Janža, Brigita Jamnik, Vlado Savič in Milijan Šiško

Fotografi: Blaž Barborič, Peter Frantar, Boštjan Ivačič, Veronika Kmecl, Andreja Konovšek, Marjeta Krajnc Tina Masterl, Aleš Smrekar, Janez Sušin, Tina Šetina, Milijan Šiško in Jože Uhan

Lektorica: Maja Nemeš

Prevajalec: Wayne J. D. Tuttle

Oblikovalec: Drago Perko

Izdajatelj: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

Za izdajatelja: Drago Perko

Založnik: Založba ZRC

Za založnika: Oto Luthar

Glavni urednik založbe: Vojislav Likar

Računalniški prelom: SYNCOMP d. o. o.

Tiskarna: Collegium graphicum d. o. o.

Naslovnica: Prebivalci Ljubljanskega polja so tradicionalno uporabljali površinske in podzemne vodne vire. Njihova skrb je razvidna iz urejenosti vodnih objektov in njihove okolice.

Avtor fotografije na naslovnici je Aleš Smrekar, na predlistu Marko Zaplatil, na zalistu pa Milan Orožen Adamič.

Izid publikacije so podprli Ministrstvo za šolstvo, znanost in šport Republike Slovenije, Agencija Republike Slovenije za okolje, Geološki zavod Slovenije, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija d. o. o., Kmetijski inštitut Slovenije in Nacionalni inštitut za biologijo.

CIP – Kataložni zapis o publikaciji

Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

556.32(497.4 Ljubljana)

PODTALNICA Ljubljanskega polja / Mišo Andjelov ... [et al.] ;

[urednik Drago Perko ; kartografi Jerneja Fridl ... [et al.] ;

fotografi Blaž Barborič ... [et al.] ; prevajalec Wayne J. D.

Tuttle]. – Ljubljana : Založba ZRC, 2005. – (Geografija Slovenije ; 10)

ISBN 961-6500-68-6

1. Andjelov, Mišo 2. Perko, Drago, 1961–

216482560

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 10

PODTALNICA LJUBLJANSKEGA POLJA**Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar in Drago Kladnik (ur.)**

UDK: 556.32(497.4 Ljubljana)

COBISS: 2.01

IZVLEČEK

Podtalnica Ljubljanskega polja

Ljubljansko polje je zaradi svojih naravnih značilnosti stičišče številnih človekovih dejavnosti in interesov. Je eno najpomembnejših teles podzemne vode v državi, ki je hkrati tudi vir pitne vode za okoli 300.000 prebivalcev mesta Ljubljane in okolice. Žal se na kakovostnem in količinskem stanju podzemne vode odražajo vplivi urbanizacije, kmetijstva in industrije, ki jo ogrožajo in obremenjujejo. Glavni vir napajanja vodonosnika Ljubljanskega polja je reka Sava ter infiltracija padavinske vode na območju celotnega Ljubljanskega polja.

Hitrost toka podzemne vode je ocenjena od nekaj metrov do nekaj deset metrov na dan. Iz dosedanjih hidrogeoloških raziskav lahko sklenemo, da je naravna ranljivost podzemne vode na celotnem Ljubljanskem polju velika. Podtalnica je bogata s favno, vendar je opazen človekov vpliv na združbe. Kaže se kot prevlada majhnega števila vrst, ki so ekološko najbolj uspešne, ob hkratnem upadu številne podzemnih vrst. Analiza dolgoročnih trendov kakovosti podtalnice kaže na zniževanje vsebnosti atrazina in rast vsebnosti trikloroetena in tetrakloroetena ter prisotnost ostalih spojin iz skupine kloriranih organskih topil. V pokrovnosti tal zavzemajo največji delež pozidana območja in sicer več kot polovico območja. Dve petini površja obsegajo kmetijska zemljišča. Kmetijsko obremenjevanje okolja v veliki meri izvira iz neugodne sestave kmetij in premajhne ozaveščenosti kmetovalcev zlasti glede gnojilnih navad in rabe sredstev za varstvo rastlin. Vključevanje v programe Slovenskega kmetijsko okoljskega programa prispeva k zmanjšanju obremenjevanja okolja, kar je najpomembnejše na vodovarstvenih območjih. Na teh območjih se po popisu nahaja tudi 1228 vodnjakov, večinoma uporabljenih za zalivanje in namakanje. Industrijska dejavnost pomembno prispeva k emisijam v vode, saj večinoma nima lastnih čistilnih naprav in se veže na kanalizacijo do Centralne čistilne naprave v Ljubljani, ki trenutno opravlja le mehansko čiščenje.

KLJUČNE BESEDE

podtalnica, prodne ravnine, dinamika, ranljivost, kakovost vode, biološka raznolikost, vodna oskrba, človekov vpliv, Ljubljansko polje, Slovenija

ABSTRACT

Groundwater of Ljubljansko polje

Because of its natural assets, Ljubljansko polje is a juncture of numerous human activities and interests. The source of drinking water for about 300,000 residents of the city of Ljubljana and its surroundings, it holds one of the most important bodies of groundwater in the country. Unfortunately, the influences of urbanization, agriculture and industry that threaten and burden it are reflected in the quality and quantity of the groundwater. The main sources supplying the Ljubljansko polje aquifer are the Sava River and infiltration of precipitation water over the entire Ljubljansko polje area. The speed of the flow of groundwater has been measured from a few meters to twenty meters per day. We can conclude from previous hydrogeological studies that natural vulnerability of the groundwater in the entire Ljubljansko polje area is great. The groundwater is rich with fauna, but the anthropogenic impact on associations is evident, reflected in the prevalence of a small number of species that are ecologically most successful and the simultaneous decline in the number of underground species. An analysis of

long-term trends in the quality of the groundwater shows the lowering of the content of atrazine, an increase in the content of trichloroethylene and tetrachloroethene, and the presence of other compounds from the group of chlorinated organic solvents. In land use the largest space is occupied by built-up areas that cover more than a half of the area. Two fifths of the surface is covered by farm land. To a great extent, the agricultural burdening of the environment originates in the unfavourable structure of the farms and a lack of awareness among farmers, especially regarding manuring practices and the use of pesticides. Their inclusion in the programs of the Slovene Agricultural Environment Program contributes to less burdening of the environment, which is most important in water protection areas. According to a survey, there are 1,228 wells in these areas, used primarily for watering and irrigation. Industrial activity has an important impact on the emission of pollutants into the water because in most cases factories do not have purification devices and are connected via the sewage system to the central purification plant in Ljubljana, which currently performs only mechanical purification.

KEYWORDS

groundwater, gravel plains, hydrodynamics, vulnerability, water quality, biodiversity, water supply, antropogenic impact, Ljubljansko polje, Slovenia

VSEBINA

PREDGOVORA (Milan Orožen Adamič, Miran Veselič)	10
1 UVOD (Irena Rejec Brancelj)	13
2 NARAVNE RAZMERE VODONOSNIKA (Branka Bračič Železnik, Marina Pintar, Janko Urbanc)	17
2.1 GEOLOŠKA ZGRADBA	17
2.2 HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI	20
2.3 PEDOLOŠKE IN HIDROPEDOLOŠKE ZNAČILNOSTI	23
2.4 SKLEPI	26
3 PREGLED ELEMENTOV VODNE BILANCE (Mišo Andjelov, Marjan Bat, Peter Frantar, Zlatko Mikulič, Vlado Savič, Jože Uhan)	27
3.1 PADAVINE IN EVAPOTRANSPIRACIJA	27
3.2 POVRŠINSKE VODE	29
3.3 GLADINE PODZEMNE VODE	32
3.4 ANTROPOGENI VPLIVI	36
3.5 SKLEPI	38
4 DINAMIKA PODZEMNE VODE (Primož Auersperger, Barbara Čenčur Curk, Brigita Jamnik, Mitja Janža, Jurij Kus, Joerg Prestor, Janko Urbanc)	39
4.1 MATEMATIČNI MODEL PODZEMNE VODE	39
4.1.1 VHODNI PODATKI HIDRAVLICNEGA MODELA	39
4.1.2 VPLIV PREPUSTNOSTI STRUGE REKE SAVE NA DINAMIKO PODZEMNE VODE	41
4.1.3 SPREMEMBE STRUGE REKE SAVE	42
4.1.4 HITROST PRETAKANJA PODZEMNE VODE	42
4.1.5 VPLIV ČRPANJA NA DINAMIKO PODZEMNE VODE	45
4.2 PROUČEVANJE HITROSTI PODZEMNE VODE IN ZNAČILNOSTI ŠIRJENJA ONESNAŽENJA S SLEDILNIMI POSKUSI	45
4.2.1 NAČRTOVANJE SLEDILNEGA POSKUSA	46
4.2.2 SLEDILA	48
4.2.3 MODELIRANJE REZULTATOV SLEDILNEGA POSKUSA	51
4.2.4 KONČNA INTERPRETACIJA REZULTATOV SLEDILNEGA POSKUSA	54
4.3 UGOTAVLJANJE IZVORA PODZEMNE VODE Z UPORABO STABILNIH IZOTOPOV	54
4.3.1 IZOTOPSKA SESTAVA VHODNIH KOMPONENT	55
4.3.2 SPREMEMBE IZOTOPSKSE SESTAVE KISIKA V PODZEMNI VODI	57
4.3.3 IZRAČUN DELEŽEV MEŠANJA V PODZEMNI VODI	59
4.4 SKLEPI	61
5 RANLJIVOST PODZEMNE VODE (Branka Bračič Železnik, Peter Frantar, Mitja Janža, Jože Uhan)	62
5.1 PARAMETRI NARAVNE RANLJIVOSTI	62
5.2 OCENA RAZVITOSTI REČNE MREŽE (METODA IDPR)	67
5.3 OCENA NARAVNE RANLJIVOSTI PODZEMNE VODE (METODA SINTACS)	70
5.4 SKLEPI	72

6	ŽIVALSTVO V PODTALNICI (Anton Brancelj, Nataša Mori)	73
6.1	OPIS RAZISKOVANEGA OBMOČJA	75
6.2	METODE VZORČENJA PODTALNICE	75
6.3	FAVNA PODTALNICE	76
6.3.1	FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI VODE	76
6.3.2	CELOKUPNA FAVNA PODTALNICE ŠTIRIH REK	77
6.3.3	FAVNA – SKUPINI <i>COPEPODA</i> IN <i>CLADOCERA</i>	78
6.4	VREDNOTENJE PODZEMNE FAVNE	83
6.5	SKLEPI	84
7	OBREMENJENOST PODZEMNE VODE (Primož Auersperger, Brigita Jamnik, Marjeta Krajnc)	86
7.1	VRSTE MONITORINGOV	87
7.2	ELEMENTI IMISIJSKEGA MONITORINGA PODZEMNE VODE	88
7.3	NAČIN OCENJEVANJA ONESNAŽENOSTI PODZEMNE VODE	94
7.4	KEMIJSKO STANJE VODONOSNIKA	94
7.5	SKLEPI	100
8	JAVNA OSKRBA S PITNO VODO (Branka Bračič Železnik, Brigita Jamnik)	101
8.1	RIMSKA EMONA, LJUBLJANA KONEC 19. STOLETJA IN RAZVOJ VODOVODNEGA SISTEMA DO DANES	102
8.2	OSKRBA S PITNO VODO DANES	105
8.3	ZDRAVSTVENA USTREZNOST PITNE VODE	110
8.4	KRONOLOŠKI PREGLED SPREJEMANJA VODOVARSTVENIH OBMOČIJ	111
8.4.1	ODLOK O ZAŠČITNEM PASU IZ LETA 1955	112
8.4.2	ODLOK O VARSTVENIH PASOVIH VODNIH VIROV V LJUBLJANI IN UKREPIH ZA ZAVAROVANJE VODA IZ LETA 1977	112
8.4.3	ODLOK O VARSTVU VIROV PITNE VODE IZ LETA 1988	115
8.4.4	UREDBA O VODOVARSTVENEM OBMOČJU ZA VODNO TELO VODONOSNIKA LJUBLJANSKEGA POLJA	117
8.5	SKLEPI	120
9	RABA TAL (Peter Frantar, Drago Kladnik, Franci Petek, Irena Rejec Brancelj)	121
9.1	POKROVNOST TAL	121
9.2	SPREMEMBE RABE TAL MED LETOMA 1827 IN 2000	125
9.3	RABA TAL NA VODOVARSTVENIH PASOVIH	130
9.4	SKLEPI	133
10	KMETIJSKO OBREMENJEVANJE (Drago Kladnik, Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar)	134
10.1	METODOLOGIJA	134
10.2	MESTO IN KMETIJSTVO	135
10.3	ZAKONSKI PREDPISI O KMETIJSKEM OBREMENJEVANJU OKOLJA	138
10.4	NEKATERE ZNAČILNOSTI DRUŽINSKIH KMETIJ	139
10.5	OKOLJSKA PROBLEMATIKA	144
10.5.1	ZNAČILNOSTI ŽIVINOREJE	145
10.5.2	GNOJENJE	147
10.5.3	GNOJNI OBJEKTI	150
10.5.4	RASTLINJAKI	155
10.5.5	VRTIČKI	160
10.5.6	ZASEBNI VRTOVI	162
10.6	SKLEPI	163

11	RODOVITNOST TAL (Veronika Kmecl, Andrej Simončič, Janez Sušin, Vida Žnidaršič-Pongrac)	164
11.1	PREGLED STANJA KMETIJSKE PRIDELAVE ZNOTRAJ VARSTVENIH PASOV	164
11.2	MONITORING RASTLINSKIH HRANIL V TLEH	166
11.3	OCENA OBREMENITVE TAL IN PODTALNICE S FITOFARMACEVTSKIMI SREDSTVI	171
11.3.1	ANALIZA UPORABE FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV	172
11.3.2	PRIPRAVA KATASTRA ONESNAŽEVALCEV S FITOFARMACEVTSKIMI SREDSTVI	175
11.3.3	ANALIZA IN OCENA DOSEDANJIH MONITORINGOV PODTALNICE IN PITNE VODE GLEDE NA RABO TAL IN FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV	175
11.3.4	UGOTAVLJANJE VSEBNOSTI OSTANKOV FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV V VZORCIH TAL IN PODTALNICI	176
11.4	SKLEPI	177
12	VPLIVI INDUSTRIJE IN OBRTI (Irena Rejec Brancelj)	179
12.1	ZGODOVINSKI RAZVOJ	179
12.2	INDUSTRIJA	179
12.3	STORITVENE DEJAVNOSTI	183
12.4	VPLIVI NA OKOLJE	183
12.4.1	EMISIJE ONESNAŽIL V ZRAK	183
12.4.2	EMISIJE ONESNAŽIL V VODE	184
12.5	SKLEPI	187
13	MESTNA RABA TAL (Branka Bračič Železnik, Drago Kladnik, Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar)	188
13.1	RAZPOREDITEV MESTNEGA PROSTORA	189
13.2	POSELITEV	192
13.3	PROMET	194
13.4	POKOPALIŠČA IN PARKOVNO-ŠPORTNE POVRŠINE	197
13.5	NEUREJENA ODLAGALIŠČA ODPADKOV IN GRAMOZNICE	198
13.6	SKLEPI	201
14	ZASEBNI VODNJAKI (Jerneja Fridl, Drago Kladnik, Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar)	203
14.1	METODE DELA	204
14.2	RAZPOREDITEV VODNJAKOV	204
14.3	SKLEPI	215
15	SKLEP (uredila Irena Rejec Brancelj)	217
16	TERMINOLOŠKI SLOVARČEK (uredil Drago Kladnik)	223
17	SUMMARY	230
18	VIRI IN LITERATURA	237
19	SEZNAM SLIK	245
20	SEZNAM PREGLEDNIC	250

PREDGOVORA

Voda je javno dobro, naša skupna last, zato smo zanjo dolžni skrbeti, jo varovati in ohranяти. Vedno znova se pokaže, da se premalo zavedamo, da so vode kot naravni vir, izjemno pomemben, mnogokrat odločujoč razvojni dejavnik v prostoru in družbi, skratka »vir življenja«. Podtalnice v nasprotju z vodo v reki, jezeru ali morju ne vidimo in zdi se, da z njo ni težav. V Sloveniji pa je prav ta voda najpomembnejši vir za oskrbo prebivalstva in dejavnosti. Tako je tudi v Ljubljani. Do nedavna smo menili, da z vodo nimamo težav, pokazalo pa se je, da temu ni tako.

Na območju Ljubljanskega polja so bile v preteklosti opravljene številne raziskave, študije, popisi in registri. V pričujoči knjigi so ta spoznanja sedaj prvič združena na enem mestu in predstavljena tudi z vidika najnovejših raziskav. Poglavitna prednost te knjige je v izrazito multidisciplinarnem obravnavanju problema. To, je njena največja odlika, nič kolikokrat doslej se je pokazalo, da je za kakovostno razreševanje okoljskih problemov to ključnega pomena.

Zato je tudi priprava te knjige zahtevala izjemno veliko naporov, še posebej ob dejstvu, da so bile doslej opisane le posamezne, običajno temu rečemo sektorske raziskave in izpostavljeni problemi. Za okoljske probleme, med katere sodijo tudi vprašanja onesnaženosti podtalnice, je v Sloveniji še posebej značilna medsebojna vzročna povezanost različnih dejavnikov. Zato so v knjigi skupaj predstavljeni rezultati bioloških, kemijskih, geografskih, hidrogeoloških, pa tudi zgodovinskih in socioekonomskih raziskav. Zelo pomembna je tudi aplikativna plat obravnavanih problemov. Načrtovanje uravnoveženega prostorskega in gospodarskega razvoja na območjih podtalnice v Sloveniji je zapleteno, ker imamo v Sloveniji manj kot 18 % ravninskega sveta, zato so to hkrati območja izredno velikega prepletanja in križanja zelo nasprotujočih interesov. Posebno skrb za ta prostor narekujejo tako Nacionalni program varstva okolja, kot tudi zahteve Evropske zveze, na primer v Okvirni vodni direktivi. Poglavitni namen razprav, ki so predstavljene v knjigi, je prispevati k razumevanju pomena poznavanja integralnega obremenjevanja okolja na območjih s podtalnico. Zaradi sodelovanja avtorjev knjige v številnih mednarodnih projektih je razveseljivo tudi pretakanje znanja v širšem evropskem prostoru.

Menim, da bo knjiga pomembno prispevala k osvetlitvi in razumevanju problemov podtalnice, pa tudi okolja v širšem pomenu te besede. Pri tem ni dvoma, da nas čakajo v prihodnje tudi številne in zahtevne neposredne naloge in izzivi.

Milan Orožen Adamič

Ljubljana je eno izmed mnogih mest, ki so pri oskrbi z vodo odvisna od podzemnih vodnih virov in vsa se srečujejo z Ljubljani podobnimi ali še težjimi problemi: kakovost vodnih virov se po malem slabša, zaradi različnih človeških dejavnosti in posegov se količina razpoložljive vode zmanjšuje, nivo ob vodnjakih upada, v predelih brez urejene kanalizacije celo kritično narašča. Dvanajst izmed triindvajset mega-velemest z več kot 10 milijoni prebivalcev je ključno odvisnih od podzemne vode.

V delu »Trajnostno upravljanje z urbano podzemno vodo – dosegljiva ali nemogoča naloga« ugotavlja skupina angleških avtorjev za potrebe Svetovne banke, da so ključni dejavniki, ki v urbanih območjih vplivajo na podzemno vodo: sistem oskrbe s podzemno vodo, odvajanje odpadnih voda in odlaganja komunalnih odpadkov ter inženirska infrastruktura ter zgradbe. Hkrati ugotavlja, da so kratkoročne koristi posameznih rešitev pogosto nesorazmerne z dolgoročnimi in z njimi povezanimi stroški. Skupina tudi opozarja na pomembnost zaznavanja začetnih degradacijskih stanj v primerjavi z zaznavanjem zrelih razvojnih stanj podzemnih vodnih teles, kajti: problemi podzemne vode zorijo v dolgih obdobjih, zreli problemi so običajno veliko težje rešljivi od začetnih, in koristi upravljalških posegov so običajno očitne šele po zelo dolgem času.

Tudi organi in organizmi Združenih narodov (The Food and Agriculture Organization of the United Nations 2003) ugotavljajo, da so ta hip največji problemi pri upravljanju z vodnimi viri:

- nesposobnost, da bi obvladali pospešen razvoj poslabšanja in zmanjševanja virov podzemne vode,
- pomanjkanje strokovne in javne zavesti o nujnosti trajnostne rabe podzemnih vodnih virov in
- nesposobnost, da bi razrešili tekmovalnost med sektorskimi rabami vode (in prostora; opomba avtorja) in okoljskimi stroški oziroma dajatvami (externalities).

Hkrati ugotavljajo, da so glavni problemi upravljaljivosti podzemnih vodnih virov, ki povzročajo težave tudi pri načrtovanju infrastrukture in drugih posegov:

- omejena sposobnost napovedovanja obnašanja vodonosnikov zaradi pomanjkanja podatkov in znanstvenega razumevanja,
- težave pri načrtovanju in uporabi ustreznih sistemov,
- kompleksnost upravljanja zaradi dinamične narave tako socioekonomske globalizacije kot globalnih podnebnih sprememb in
- politična kompleksnost upravljanja z vodonosniki, kadar to zahteva spremembo obstoječih načinov rabe (vode in prostora; opomba avtorja).

Zakaj vse te navedbe? Da bi se zavedli, da so problemi Ljubljane na tem področju povsem običajni. Daljnovidnosti ključnih strokovnjakov in odločevalcev se lahko zahvalimo za to, da so bile dosedanje tehnične rešitve ustrezne in da je podtalnica Ljubljanskega polja v stanju, v kakršnem je. Težavam, o katerih je govora v zgornjih citatih, gre pripisati krivdo za to, da ni v še boljšem oziroma v povsem ustreznem stanju. Tudi sam v svojem nedavnem delu ugotavljam: »... V resničnem svetu lahko pričakujemo, da bodo močni ekonomski interesi poskušali predrugačiti idealizirane sheme integralnega gospodarjenja s podzemnimi vodami. Brez močne družbene in politične podpore bo zato sprovajanje principov trajnostnega upravljanja izjemno težavna naloga...«.

Knjiga Podtalnica Ljubljanskega polja je zato zelo dragoceno delo. Omogoča, da se širša strokovna in odločevalska javnost zave težav in problemov, s katerimi se Ljubljana sooča pri svoji oskrbi z zdravo pitno vodo. Nudi vpogled v obseg in širino raziskovalnih naporov, ki stojijo za njim in opozarja na naraščajoče vedno odprti vprašanj in razvojnih dilem.

Napor avtorjev za celovitost dela je občudovanja vreden. Za pozornega bralca je cilj tudi povsem dosežen. V delu tolikšne širine in kompleksnosti ter s tolikšnim številom avtorjev se seveda ni možno izogniti manjšim podatkovnim neuskkljenostim. A te izginejo, če pozoren bralec upošteva časovno vezanost oziroma historičnost navajanih podatkov. Nekoliko v njem pogrešam jasno izpostavljeno ugotovitev, da bo moralo integralno (celovito?) upravljanje s podtalnico Ljubljanskega polja seči na vsa njegova prispevna območja. Ključnih črpališč, v katera voda priteče iz Save v manj kot 30 dneh, dolgoročno namreč ni možno ščititi brez ohranjanja ustrezne kakovosti vode v reki Savi. Podobno kakovosti vode v tistih delih podzemnega vodnega telesa, ki se napajajo s podzemnimi dotoki z območij izven Ljubljanskega polja, ni možno ohranjati brez ustreznih ukrepov v teh območjih. Opažam tudi, da ni nič rečeno o izgubah iz sistema odvodnje odpadnih vod in njihovem vplivu na kakovost podtalnice Ljubljanskega polja. Vsi sistemi odvodnje urbanih odpadnih vod po svetu jih imajo, in vsi ugotavljajo njihov kvarni vpliv ter jih poskušajo zmanjšati. Je možno verjeti, da je ljubljanski sistem izjema? Koliko nitratov izvira v podtalnici odtod? Sodim, da je to pomembno vprašanje, saj je strošek ustrezne odvodnje odpadnih vod ponavadi daleč najdražji del celovite oskrbe z vodo.

Pričujoča knjiga, raziskave, ki so jo omogočile, in ukrepi ter upravljalška politika preteklih desetletij kažejo, da se v Ljubljani zavedamo dragocenosti svojega vodnega vira. Vprašanje je, če se zavedamo, da bo ohranjanje njegove kakovosti zaradi razvoja mesta vedno dražje in vedno bolj konfliktno. Tu vidim kmete v prihodnje v vlogi pomembnega ohranjevalca okolja in kakovosti podtalnice. In mesto jih bo za to njihovo vlogo moralo dovolj nagraditi, da jo bodo zmogli in ekonomsko preživeli. Prav to delo opozarja, da kakovost bolj ogroža gospodarjenje z območji, katerih lastništvo je nejasno.

Avtorji v svojem delu ugotavljajo, da je imela Ljubljana pred dobrimi 100 leti dolgoročno razvojno vizijo oskrbe s pitno vodo, danes je pa nima. Naj s tem v zvezi po na začetku tega predgovora citira-

nem delu povzamem še ugotovitev, da se z razvojem mest oskrba z vodo seli iz mestnih jeder na primestna območja in nazadnje na oskrbo iz oddaljenih virov. Vizija oskrbe Ljubljane izpred 100 let je upoštevala prav to. V primeru, da bodo nekdanja primestna območja postala povsem mestna, bo zato treba po vodo zelo daleč. Tudi viri pri Skaručni so že danes, še bolj pa bodo v prihodnje, ogroženi zaradi človekovih dejavnosti. Ostanejo torej le vodni viri v Alpah, ki jih kot svojo dolgoročno rezervo ščitijo vse alpske države. Vendar pa Ljubljana še dolgo ne bo imela velikosti Dunaja izpred več kot 150 let, ko se je odločal za tovrstne rešitve, niti ne bo imela tolikšnega gospodarske zaledja. V njenem interesu je torej, da varuje podtalnico Ljubljanskega polja kot svoj dolgoročno najpomembnejši vir zdrave pitne vode ter temu namenja ustrezna materialna sredstva in politično podporo. Za marsikoga bi morala biti zato knjiga Podtalnica Ljubljanskega polja obvezno branje.

Miran Veselič

1 UVOD

Bogate zaloge podtalnice na Ljubljanskem polju so naravni vir zelo velikega regionalnega pomena, saj oskrbuje z vodo več kot 300.000 prebivalcev. Poleg velike količine je za to podtalnico značilna velika globina, saj znaša debelina prodnega filtra 5 do več kot 30 m, intenzivno prenikanje in zelo prepustni krovna in površinska plast. Različno debel prodni filter naj bi podtalnico varoval pred onesnaženjem s površja, vendar rezultati državnega monitoringa kakovosti voda kažejo na onesnaženost z lahko-hlapnimi kloriranimi organskimi spojinami, kromom, cinkom, bakrom in ostanki pesticidov. Na Ljubljanskem polju se srečujejo številne dejavnosti, ki v tej pretežno urbani regiji pomembno vplivajo na kakovost podtalnice. Zanje je značilno intenzivno širjenje pozidave (propustne kanalizacije in greznice, rezervoarji za kurilno olje, divja odlagališča odpadkov), razvijanje industrije in obrti (neočiščena odpadna voda, skladišča nevarnih snovi, manipulativne površine), posodabljanje kmetijske dejavnosti (naraščanje porabe mineralnih gnojil in sredstev za varstvo rastlin, širjenje rastlinjakov, intenziviranje živinoreje) in širjenje prometne infrastrukture (nezadostna opremljenost s talno izolacijo in lovilci razlite tekočine). Obremenitve so se v zadnjih letih najbolj pokazale skozi posamezna onesnaženja, ki so bila sicer krajevnega značaja, a s pomembnim vplivom na kakovost vodonosnika. Ta onesnaženja niso obšla niti območij vodovarstvenih pasov v bližini črpališč pitne vode.

Tako pravzaprav ne preseneča, da je v zadnjem desetletju nastala vrsta študij, ki so bile povezane s številnimi dejavnostmi in njihovim vplivom na podtalnico Ljubljanskega polja pa tudi s potrebnimi ukrepi za zavarovanje njenih kakovostnih značilnosti. Pri tem so sodelovale številne stroke in institucije, vendar so rezultati opravljenega dela prepogosto premalo poznani in odmevni. Ob zaključku enega od temeljnih projektov na Geografskem inštitutu Antona Melika ZRC SAZU, povezanega s preučevanjem integralnih obremenitev prodnih ravnin Slovenije, se je porodila zamisel o strnitvi rezultatov znanstvenoraziskovalnega dela v monografijo o podtalnici Ljubljanskega polja. Izbrana tematika pa je s svojo



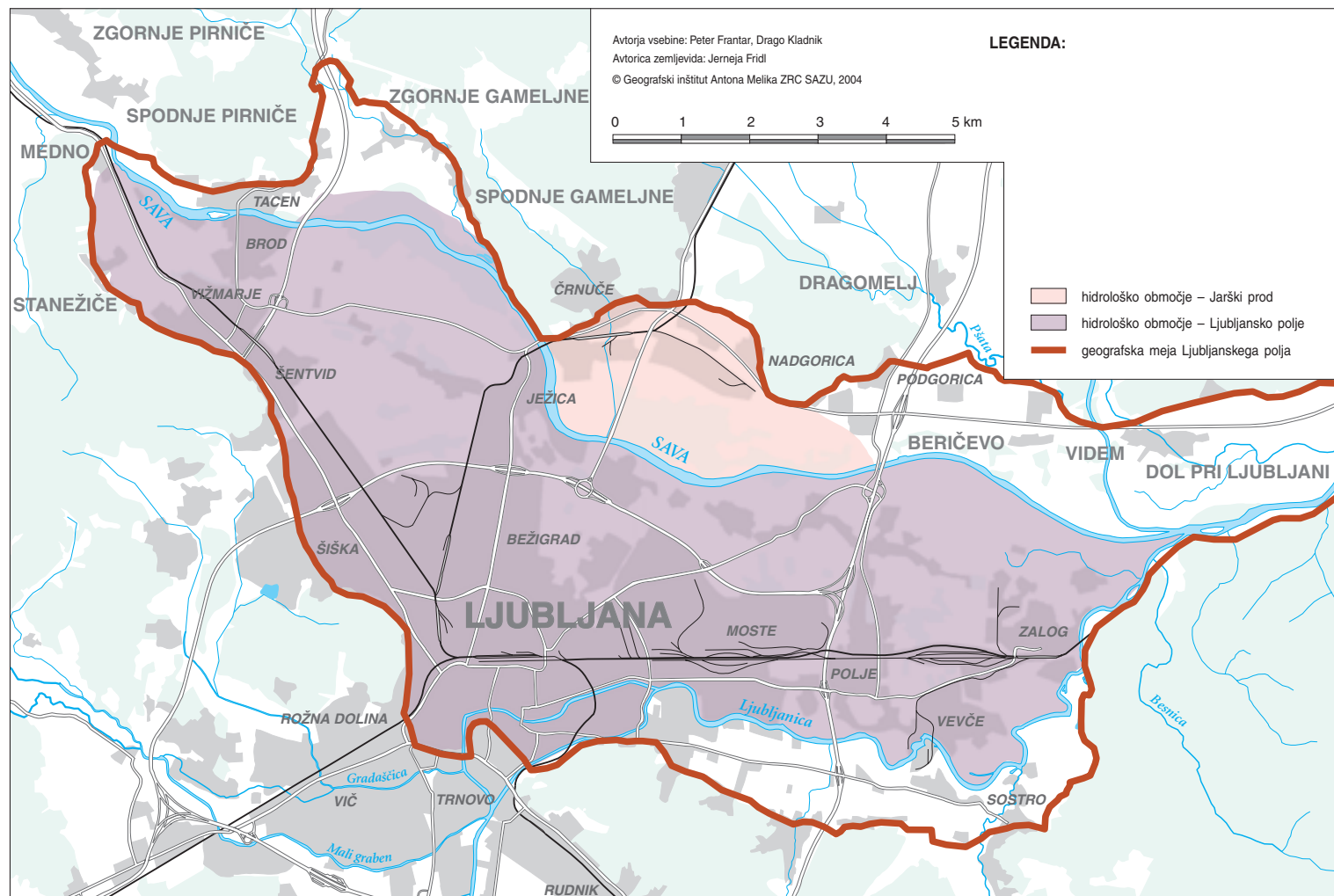
ALEŠ SMREKAR

Slika 1: Površje Ljubljanskega polja je uravnano zaradi prodnega nanosa, odloženega na dnu tektonske udorine. Na njivi so še vidne sledi nekdanjih rokavov Save.

širino takoj postavila v ospredje nujnost obravnave skozi multidisciplinarni in interdisciplinarni pristop. K sodelovanju smo tako povabili številne sodelavce, ki so na obravnavanem območju, raziskovalno delali v zadnjih desetih letih. Od predvidenih treh avtorjev in zamišljenih dvanajstih poglavij na začetku, smo skozi pregled rezultatov, skozi pogovore in povezovanje rezultatov oblikovali skupino 27 sodelavcev, ki je v 13 poglavjih strnila rezultate številnih projektov. Ti so bili naslednji:

- alternativni načini reševanja problema odpadnih voda v razpršeni poselitvi na območju Mestne občine Ljubljana, avtorji Tjaša Bulc, Danijel Vrhovšek, Bogdan Macarol, Maja Zupančič, Marjana Vrhovšek, Brigita Jamnik, Franc Karpe (Limnos, Ljubljana, 2002);
- eksperimentalni študij dinamike širjenja onesnaženja na območju prodnega vodonosnika Ljubljanskega polja, avtorji Miran Veselič, Barbara Čenčur Curk, Goran Vižintin, Martin Tancar, Boštjan Ivačič, Brigita Jamnik, Branka Bračič Železnik, Jurij Kus, Primož Auersperger, Vesna Mislej (IRGO, Ljubljana, 2003);
- gnojenje koruze in zelja z dušikom na območju virov pitne vode v Mestni občini Ljubljana, avtorji Janez Sušin, Kristina Ugrinovič, Mojca Škof, Vida Žnidaršič Pongrac, Mojca Resnik, Veronika Kmecl (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2001);
- izdelava meril za pripravo postopkov in programov uporabe fitofarmacevtskih sredstev na območjih z omejeno rabo, avtorji Andrej Simončič, Matej Knapič, Primož Bukovec, Klaudija Matjaž-Petek, Marija Malovrh, Marko Zupan, Borut Vrščaj, Janez Rupreht, Marjan Šporar, Meta Suhadolc, Rok Mihelič, Franc Lobnik, Helena Grčman (Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja, Ljubljana, 2004);
- kmetijstvo na vodovarstvenih območjih s poudarkom na popisu gnojišč in gnojnih jam, avtorja Aleš Smrekar, Drago Kladnik (Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, 2002);
- monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2001, avtorji Janez Sušin, Vida Žnidaršič Pongrac, Veronika Kmecl, Irena Bantan, Andreja Jenko, Štefan Kuhar (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2002);
- monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2002, avtorji Janez Sušin, Vida Žnidaršič Pongrac, Veronika Kmecl, Irena Bantan, Andreja Jenko, Štefan Kuhar (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2002);
- monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2003, avtorji Janez Sušin, Vida Žnidaršič Pongrac, Veronika Kmecl, Irena Bantan, Andreja Jenko, Štefan Kuhar (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2003);
- ocena stanja obremenitve podtalnice s fitofarmacevtskimi sredstvi na območju Mestne občine Ljubljana, avtor Andrej Simončič (Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, 2003);
- ocena stanja obremenitve tal ter podtalnice s fitofarmacevtskimi sredstvi na območju Mestne občine Ljubljana, avtor Andrej Simončič (Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, 2004);
- ocena stanja ter izdelava meril in ukrepov za učinkovit nadzor, sanacijo in preventivo pri ohranjanju kakovosti pitne vode kot posledica uporabe fitofarmacevtskih sredstev na modelu Mestne občine Ljubljana, avtorji Andrej Simončič, Matej Knapič, Primož Bukovec, Iztok Jože Košir, Marija Malovrh, Marko Zupan, Borut Vrščaj, Janez Rupreht, Marjan Šporar, Meta Suhadolc (Inštitut za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije, Žalec, Biotehniška fakulteta, Center za pedologijo in varstvo okolja, Ljubljana, 2004);
- pomen in perspektive zasebnega kmetijstva znotraj strnjeno pozidanih delov Ljubljane, avtor Drago Kladnik (Inštitut za geografijo, Ljubljana, 2002)
- popis vodnjakov in vrtin v zasebni lasti na območju vodnih virov Mestne občine Ljubljana, avtorja Aleš Smrekar, Drago Kladnik (Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, 2004);

Slika 2: Pregledni zemljevid Ljubljanskega polja.



- preiskava kmetijskih tal drugega varstvenega pasu vodnih virov na Ljubljanskem polju, avtorji Lojze Briški, Veronika Kmecl, Vida Znidaršič Pongrac, Janez Sušin (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 1997);
- prostorski, okoljski, socialni in gospodarski učinki intenzivnega kmetovanja v rastlinjakih, avtorja Irena Rejec Brancelj, Drago Kladnik (Inštitut za geografijo, Ljubljana, 2000);
- protokoli za oceno in zavarovanje vodnega življenja v podzemnih vodah, avtorji Anton Brancelj, Nataša Mori, Gregor Muri, Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar, Miljan Šiško (Nacionalni inštitut za biologijo, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU);
- usmerjanje kmetijstva na vodovarstvenih območjih Mestne občine Ljubljana, avtorji Zoran Čergan, Peter Dolničar, Janez Sušin, Janko Verbič, Jože Verbič, Kristina Ugrinović, Andrej Zemljič, Gorazd Maslo (Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana, 2003);

Pred vami so torej najnovejša spoznanja avtorjev različnih strok in institucij, strnjena v poglavja od uvoda, naravnih razmer vodonosnika, pregleda elementov vodne bilance, dinamike podtalnice, ranljivosti, živalstva v njej, obremenjenosti, javne oskrbe s pitno vodo, rabe tal, kmetijskega obremenjevanja, rodovitnosti tal na vodovarstvenih območjih, vpliva industrije in obrti, mestne rabe tal in zasebnih vodnjakov. Knjigo smo naslovili Podtalnica Ljubljanskega polja, pri čemer mislimo na podzemno vodo v vodonosniku z medzrnsko poroznostjo. Zaradi sodelovanja številnih strok in strokovnega izrazoslovja ob izbrani problematiki prihaja občasno do dvojnega poimenovanja istih vsebin (na primer podtalnica – podzemna voda v vodonosniku z medzrnsko poroznostjo, prst – tla idr.). Morebitnim nejasnostim smo se želeli izogniti s pomočjo terminološkega slovarja, dodanega na koncu knjige. Preučevanja so praviloma zajela Ljubljansko polje v obsegu, kot ga prikazujejo zemljevidi, v posameznih primerih pa so avtorji posegli v raziskavah na širše ali ožje območje, ker je tako zahtevala preučevana problematika, na primer vodovarstvena območja črpališč pitne vode.

2 NARAVNE RAZMERE VODONOSNIKA

Ljubljansko polje je ravnina na vzhodnem robu Ljubljanske kotline, 20 km dolga in 6 km široka. Osamelca, na severu Šmarna gora (669 m) in Rašica (641), povezujeta zahodno Polhograjsko in vzhodno Posavsko hribovje, ki na jugu zaključuje kotlino Ljubljanskega polja. V milijonih let sta reki Sava in Ljubljanica polnili pogrezačo se kotlino s svojimi nanosi in oblikovali relief.

Območje je bogato s površinskimi in podzemnimi vodami in je že v pradavnini omogočalo življenje. V srednjem veku so se prebivalci Ljubljane oskrbovali iz studencev in vaških vodnjakov. V sredini devetnajstega stoletja so številni studenci in vodnjaki presahnili, čiste pitne vode je pričelo primanjkovati, zato je bila v osemdesetih letih izdelana obsežna hidrogeološka študija, ki je zajela velik del Ljubljanske kotline.

V preteklosti je bila zaradi arheoloških najdb velika pozornost namenjena Ljubljanskemu barju in šele z iskanjem novih virov pitne vode za Ljubljano se je pozornost stroke in javnosti usmerila na Ljubljansko polje. Na povabilo Ljubljanskega sveta je prišel v osemdesetih letih devetnajstega stoletja v Ljubljano direktor Državnega geološkega zavoda na Dunaju, Dionizij Stur. V okviru raziskav so bili izmerjeni potoki in reke, vodnjaki in izviri ter na podlagi zbranih podatkov izdelana prva hidrogeološka karta Ljubljanskega polja.

Pomembnejše ugotovitve raziskav iz tega obdobja so (Stur 1886):

- ker je bil nivo reke Save višji od nivoja podzemne vode, so menili, da reka ne vpliva na podzemno vodo in sta neodvisni ena od druge;
- meritve v več kot 129 vodnjakih so pokazale, da nivo podzemne vode med letom niha;
- računali so količine podzemne vode, ki se pretaka čez polje in sklenili, da je množina podzemne vode neusahljiva in da se ni bati, da bi podzemni vir usahnil.

2.1 GEOLOŠKA ZGRADBA

Ljubljansko polje je udorina podolgovate kotanjaste oblike, ki je nastala v pliokvartarnem obdobju zaradi tektonskega ugrezanja, ki se je dogajalo v več fazah. Naplavine Ljubljanskega polja prekrivajo pomembne prelome tega sistema, ljubljanski in savski prelom. Posamezni deli teh prelomov so se konec pleistocena ponovno aktivirali in v holocenu ponovno vplivali na zgradbo tega ozemlja.

Naplavine Ljubljanskega polja so odložene v tektonsko udorino, ki jo gradijo kamnine permokarbonske starosti, to so glinasti skrilavci s plastmi kremenovega peščenjaka. Ljubljansko udorino je v zadnjem milijonu let zapolnjevalo več rek in potokov, ki so pritekali z obrobja in sodelovali pri zasipavanju. Največji del Ljubljanskega polja zapolnjujejo prodno peščene naplavine reke Save, ki je prodni material prinašala iz višje ležečih območij svoje doline. Savski peščeno prodni zasip je odložen tudi južno od Rožnika, kar kaže, da je v geološki preteklosti tekla reka Sava po draveljski dolini do Brda po južni strani Rožnika in nato skozi Ljubljanska vrata, med Rožnikom in Gradom nazaj na Ljubljansko polje.

Morfološko sledimo na Ljubljanskem polju visoko pleistocensko teraso, ki se razprostira po večjem delu Ljubljanskega polja, ter holocenske rečne naplavine na poplavni ravnici ob Savi. Debelina mlajšega pleistocenskega zasipa niha od 2 do 16 m, v povprečju je ta plast debela od 6 do 8 m. Najdebelejša je peščeno prodna plast, od 10 do 16 m, v pasu vzdolž severnega roba visoke terase od Stanežič prek Vižmarij, Ježice, Stožic. Obriji do Zadobrove. Drugi pas z večjo debelino peščeno prodne plasti, do 10 m debeline, se razprostira vzdolž roba visoke terase od Hrušice do Dobrunj.

Skupna debelina holocenskih in pleistocenskih prodnih in konglomeratnih plasti je zelo različna, ker je tudi predkvartarna podlaga različno pogreznjena. Na zahodnem obrobju Ljubljanskega polja pri Mednem in Brodu so plasti peščenega proda in konglomerata debele le od 2 do 10 m. V osrednjem delu Ljubljanskega polja, od Spodnjih Gameljn prek Kleč do Dravelj, je predkvartarna podlaga močnejše pogreznjena. Kvartarni sedimenti (pesek, prod in konglomerat) so tukaj debeli med 70 in 105 m. Druga poglobljena in široka kotanja je med Jarškim Brodom, Šentjakobom ter vodarno Hrastje in Žalami. Tu so prodne plasti debele od 70 do 80 m. Med Brinjem na levem bregu Save ter Zgorjnjo Zadobrovo in Studencem



GOR LAPALNE

Slika 3: Hidrografski zemljevid ljubljanske okolice iz leta 1888, ki ga je pripravil Dionizij Stur.



Slika 4: Vodonosnik sestavljajo plasti proda in konglomerata, ki jih krajevno ločujejo plasti gline.

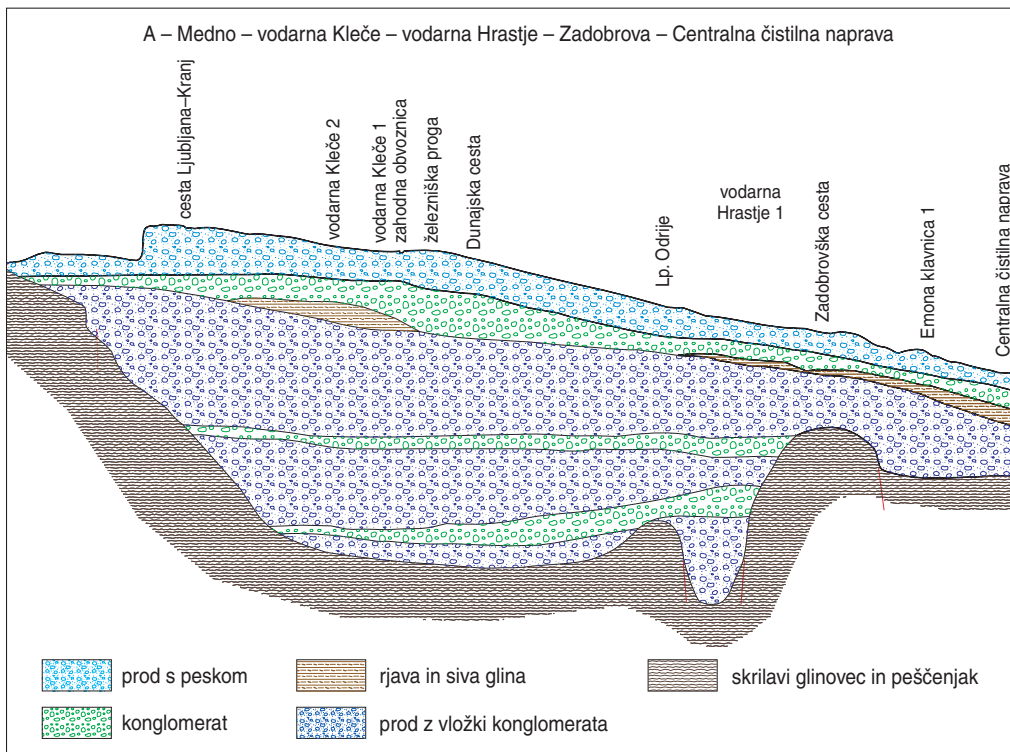
poteka v smeri sever–jug visoko dvignjena predkvartarna podlaga neprepustnih permokarbonskih sedimentov, kjer so kvartarne naplavine debele le od 8 do 20 m. Na območju med Spodnjo Zadobrovo in Zalogom pa leži permokarbonska podlaga ponovno nekoliko globlje, tako da so tod prodno-konglomeratne plasti debele več kot 20 m oziroma do 40 m (Drobne 1997).

Pod vrhnjimi prodno peščenimi plastmi so starejše pleistocenske prodne in konglomeratne plasti, ki se pojavljajo na več nivojih v povezavi z lečami in vložki rjave gline.

Obdobja zasipavanja kotanje Ljubljanskega polja sovpadajo s podnebnimi spremembami na tem območju, z obdobji taljenja ledu ob izteku ledenih dob, ko so velike količine tekočih voda bile sposobne prenašati veliko debeloznatega sedimenta. Časovni presledki med obdobji nasipavanja so bili več tisoč let, kar se kaže na sedimentih. V hladnejših obdobjih, ko ni bilo intenzivnega zasipavanja, so na površinske nanose delovali podnebni dejavniki, predvsem temperatura in padavine. Na karbonatnem prodnem zasipu je prišlo do raztapljanja in izpiranja apnenčeve in dolomitne komponente. Kjer so v prodru prevladovali prodniki silikatnih kamnin, so se pri preperevanju kopičili melj in glinasti minerali. Proces, kot sta preperevanje in kompakcija starejših sedimentov, ko so jih prekrili mlajši, imajo pomembno vlogo pri nastanku konglomerata, ki je zelo razprostranjen na Ljubljanskem polju, tako prostorsko kakor po globlini vodonosnika.

Konglomerat prihaja na površino izpod prodnega zasipa le na manjših območjih ob strugi Save in Ljublanice. V večjem obsegu je v strugi Save na območju mostu čez Savo pri Tomačevem. Več izdankov konglomerata je ob strugi Ljublanice. Velik obseg konglomerata je na območju med Studencem, Vevčami in Zgornjim Kašljem, kjer poteka stara struga Ljublanice.

Pestra geološka zgradba obrobja Ljubljanskega polja se kaže v krovnih plasteh, ki prekrivajo prodno peščen zasip in konglomeratne plasti, predvsem na obrobju polja. Po južnem robu polja, ob vznožju skrajnega južnega roba Polhograjskih dolomitov, draveljski dolini in na območju visoke viške terase, gradijo krovne plasti nanosi potokov z obrobja, poplavnozajezitveni in jezerski sedimenti. Opazimo lahko zaglinjen grušč, glino, organsko glino, šoto, melj in pesek. Sestava teh plasti se hitro menjuje v vodo-



Slika 5: Hidrogeološki prerez Ljubljanskega polja.

ravni in navpični smeri, debelina doseže tudi do 22 m. Zaradi menjave neprepustnih in slabo prepustnih plasti so v celoti te plasti za vodo neprepustne. Po ocenah je koeficient manjši od 1×10^{-8} m/s. Nekoliko prepustnejše so plasti zaglinjenega gruča in proda, ki ležijo pod glinastimi sedimenti. Krovne plasti imajo zelo pomembno vlogo pri zaščiti podtalnice pred morebitnimi onesnaženji (Drobne 1997).

2.2 HIDROGEOLOŠKE ZNAČILNOSTI

V vodonosnih prodno-peščenih in konglomeratnih plasteh, ki zapolnjujejo udorino Ljubljanskega polja, so velike količine podzemne vode in pomenijo enega največjih rezervoarjev podzemne vode v Sloveniji. V globalnem pogledu je vodonosnik Ljubljanskega polja vodonosnik z medzrnsko poroznostjo in prosto gladino podzemne vode. Zaradi lokalnih nanosov slabše prepustnih glinastih in zaglinjenih plasti pa je lahko na ožjih območjih polodprt, polzaprt ali zaprt vodonosnik.

Globina do podzemne vode je odvisna od njene gladine in višine terena ter se spreminja od Vižmarij do Zaloga in od obrobja polja proti reki Savi. Podzemna voda na visoki terasi pri Vižmarjih je v globini več kot 30 m. Na območju med Šentvidom in kamniško progo je 25 do 30 m globoko, med Bežigradom, glavno železniško postajo in Ježico pa je v globini med 20 in 25 m. V Mostah in Savskem naselju je podzemna voda 15 do 20 m globoko. Na širokem območju od Tomačevega prek vodarne Hrastje do Novega Polja ter Toplarne v Mostah do Polja najdemo podzemno vodo 10 do 15 m globoko. Na nizki terasi, ki poteka v 0,5 do 2 km širokem pasu vzdolž desnega brega Save od Broda prek Roj, Tomačevega in Šmartnega, je podzemna voda bližje površini. Približno na odseku Brod–Roj je podzemna voda v globini 12 do 20 m, med Ježico in Zadobrovo med 5 in 10 m.

ALEŠ SMREKAR

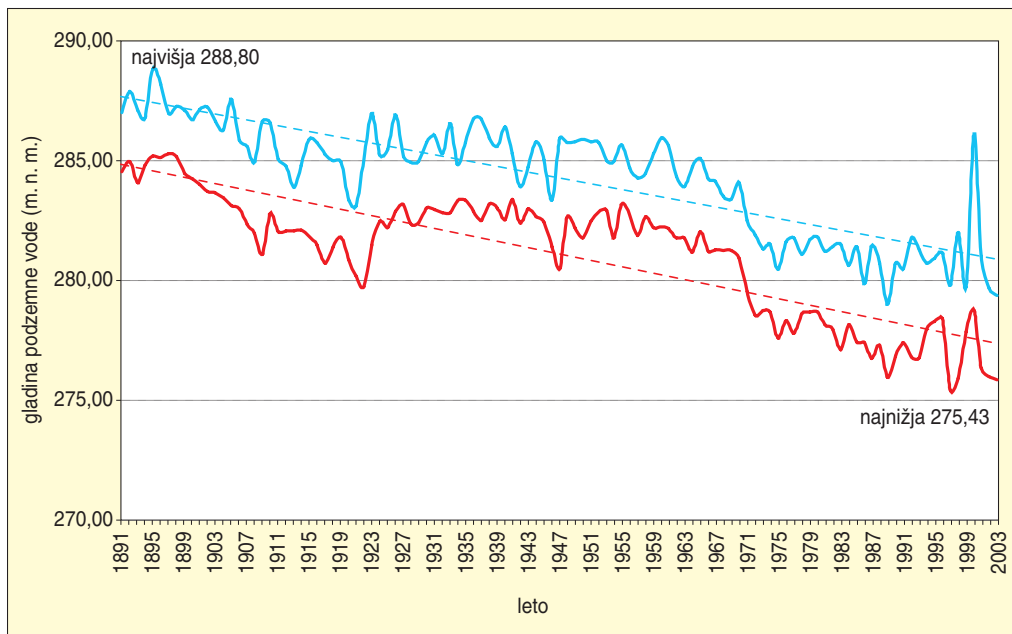


Slika 6: Globina do gladine podzemne vode je različna, ponekod samo 5 metrov.

ALEŠ SMREKAR



Slika 7: Sava prek obrežnega vodonosnika napaja ljubljansko podzemno vodo.



Slika 8: Gladina podzemne vode Ljubljanskega polja med letoma 1891 in 2003.

Po podatkih dolgoletnih meritev je nihanje nivoja podzemne vode odvisno od količine padavin in vodostaja reke Save. Največje je na Brodu, kjer je nihanje do 6 m, proti vzhodu se zmanjšuje in je v Zdobrovi od 2 do 3 m.

Strmec podzemne vode je največji v severozahodnem delu Ljubljanskega polja, med Brodom in Klečami ter znaša okoli 1,5 ‰, proti vzhodu se zmanjšuje in znaša pri Hrastju 0,9 ‰.

Gladina podzemne vode je na zahodnem delu polja nagnjena ponekod proti jugu oziroma jugovzhodu, v osrednjem delu pa proti vzhodu. Podzemna voda teče večinoma v smeri, ki je vzporedna z reko Savo.

Vodonosnik Ljubljanskega polja sestavljajo plasti prod in konglomerata, ki jih krajevno ločujejo plasti neprepustne gline. Tako se podzemna voda krajevno in na kratkih razdaljah pretaka pod tlakom. Prepustnost prod in konglomerata je različna tako v navpični kot vodoravni smeri zaradi heterogene sestave, večje ali manjše primesi melja ter boljše ali slabše zlepljenosti konglomerata ter pojavljanja kavern v njem. V splošnem je prepustnost plasti večja v osrednjem delu polja, od $1,24 \times 10^{-2}$ do $5,34 \times 10^{-3}$ m/s, in manjša na obrobju, $5,5 \times 10^{-4}$ m/s. Hitrost pretakanja podzemne vode je ocenjena na podlagi znanega koeficienta prepustnosti, strmca podzemne vode in vrednosti efektivne poroznosti. V preteklosti so bili narejeni izračuni s poudarkom na vplivu zelo visokih voda Save in ob takih razmerah naj bi hitrost podzemne vode v okolici Hrastja znašala do 312 m/dan, ob nizkem vodnem stanju pa 30 m/dan (Drobne 1997).

Reka Sava teče danes po severnem robu polja, po obrobju permokarbonskih osamelcev, ki na severni strani omejujejo Ljubljansko polje. Potek Save ob severnem robu Ljubljanskega polja je najverjetneje odziv splošne tektonske dispozicije tega območja. Sava je pomemben hidrološki element Ljubljanskega polja. Z obrežnim vodonosnikom napaja podtalnico Ljubljanskega polja in prispeva okoli petdeset odstotkov obnavljanja dinamičnih zalog.

Reka Sava teče od Tacna do Zaloga pretežno po holocenskemurodu, ki je dobro prepusten. Le delno je dno rečne struge v neprepustnih permokarbonskih glinastih skrilavcih in peščenjaki. Od Mednega do Tacna je na obeh bregovih pod prodno teraso neprepusten skrilavec v višini gladine Save. Pod Tacenskim mostom so skrilavci v dnu struge. Na območju Roj je skrilavec v globini okrog 15 m. Od izli-

va Gameljščice do Črnuškega mostu teče Sava pretežno po skrilavcu. Dolvodno od Črnuškega mostu potone skrilavec v globino in se ne pojavi več v rečni strugi (Radinja 1951).

Še na začetku dvajsetega stoletja je reka Sava na svoji poti po Ljubljanskem polju delala številne okljuje in mrtvice. S posegi v strugo in regulacijami so spremenili njeno strugo in zmanjšali infiltracijska območja, kjer je rečna voda ponikovala v vodonosnik. Gradnja hidrotehničnih objektov gorvodno od Medvod je spremenila temeljne karakteristike reke, z zadrževanjem proda v akumulacijskih jezerih se je zmanjšala prodonosnost reke in povečala njena moč, kar je privedlo do povečanja erozije struge in njenega poglobljanja.

V obdobju od leta 1978 do 1985 je reka Sava poglobila svojo strugo pri Šentjakobu za 1,5 m, kar se vidi na gladini podzemne vode. Pretok reke Save na Ljubljanskem polju niha od nekaj $10 \text{ m}^3/\text{s}$ do več kot $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Meritve nivoja podzemne vode se izvajajo nepretrgano od dne, ko se je pričelo s črpanjem na vodnjaku III v vodarni Kleče.

Opaziti pa je padanje nivoja podzemne vode v vodarni Kleče. Pri analizi stanja je treba upoštevati številne faktorje: izkoriščanje podzemne vode, spremembe infiltracijskih območij... Nedvomno se najbolj kažejo na gladini podzemne vode spremembe reke Save, ki je eden najpomembnejših hidrodinamičnih elementov Ljubljanskega polja, pa tudi spremembe v morfologiji njenega korita. Te spremembe so hitreje v vodonosniku bliže reki in se pojavljajo z zakasnitvijo ter manj intenzivno z oddaljevanjem od reke proti obrobju polja.

Pomembna infiltracijska območja, kjer reka Sava napaja podzemno vodo Ljubljanskega polja, so okoli Roj, med Šmartnim in Gameljnam, v srednji vrednosti 730 l/s , ter med Ježico, Tomačevim in Šentjakobskim mostom, v srednji vrednosti 1532 l/s (Brilly 1988).

2.3 PEDOLOŠKE IN HIDROPEDOLOŠKE ZNAČILNOSTI

Tla na Ljubljanskem polju so razvrščena v oddelka avtomorfni in hidromorfni tal, kot izhaja iz pedološke karte, s katere so povzeti tudi podatki v nadaljevanju (Stepančič in Lobnik 1985). Avtomorfna tla nastajajo pod vplivom vode, ki se neovirano preceja skozi talni profil v podtalje. Hidromorfna tla pa nastanejo pod vplivom talne, površinske ali poplavne vode in so vsaj občasno mokra. Slednja se raztezajo vzdolž reke Save v širini od nekaj deset do nekaj sto metrov. Ponekod, v konkavnih delih struge (na primer Sneberski prod), je območje hidromorfni tal široko tudi do dveh kilometrov. V smeri od reke proti osrednjemu delu polja sledijo avtomorfna tla.

Avtomorfna tla Ljubljanskega polja so nastala na nesprijetem in karbonatnem fluvio-glacialnemrodu. Na njem so se razvili različni členi talne združbe (sprsteninasta in rjava rendzina, tipična evtrična rjava tla in sprana evtrična rjava tla).

Rendzina so načeloma plitva tla, vendar je njihova globina lahko neenakomerna, tako da segajo od 15 cm do več kot 35 cm globoko. Pri sprsteninasti rendzini je A horizont neposredno na matični podlagi, tako da tvori talni profil A-C, pri rjavi rendzini med A in C pa se oblikuje že plitev prehodni (B) horizont, ki nastaja s preperevanjem matične podlage. V zgornjem sloju rendzine se pojavlja tudi manjša količina proda (do 10 %), v spodnji plasti tal pa delež proda narase na 60–80 %. Rendzine so za vodo zelo prepustne. To so ilovnata tla z izenačenim deležem peska, melja in gline in z dobro strukturo. So srednje humozna, nasičena z bazami in slabo kisle do nevtralne reakcije. Tla so primerna za poljedelstvo, predvsem za krompir in žita. Z uvajanjem namakanja pa postanejo primerna tudi za na pomanjkanje vode bolj občutljive kulture (na primer vrtnarske).

Evtrična rjava tla so se razvila iz rendzine in se od nje razlikujejo po tem, da so globlja, imajo manjši delež karbonatov in imajo že izražen kambični horizont (B), ki nastane zaradi preperevanja in tvorbe gline. Globoka so od 40 do 70 cm, redko so globlja. Tekstura tal je v površinskem delu meljasto ilovnata in v spodnjem delu ilovnata. Imajo dobro strukturo in korenine rastlin prodirajo skozi ves talni profil v prodnato podtalje. So dobro humozna in organska snov je enakomerno razporejena skozi ves talni profil. Nasičenost z bazami je zmerno visoka in reakcija tal slabo kisle do nevtralne. Pri spranih evtričnih



ALEŠ SMREKAR

Slika 9: Tla so relativno plitva, lahka in dobro prepustna za vodo, zelo primerna za kmetijsko rabo.



ALEŠ SMREKAR

Slika 10: Naravne razmere vodonosnika kljub intenzivni rabi tal zaenkrat še omogočajo ustrezno kakovost vode.

nih tleh se pojavlja v globini iluvialni horizont Bt, ki je teksturno težji, ker se v njem kopiči sprana glina, ki se pojavlja v obliki glinastih prevlek prek strukturnih agregatov in por. Te vrste tal so med najprimernejšimi za kmetijsko pridelavo, in sicer tako za njivske posevke kot tudi za vrtnarstvo.

Iz oddelka hidromorfni tal so na Ljubljanskem polju zastopana samo obrečna tla na peščeno prodnatem aluviju. Tla so razvita na sipkem peščenemrodu reke Save. Najbližje reki so prodišča, kjer se na površini tvori humusni horizont v obliki prhlinaste organske snovi. Tu ni kmetijske pridelave. Proti notranjosti polja sledijo plitva, srednje globoka in globoka obrečna tla. Humusni horizont je sprsteninast in zelo rahel. Plitva tla imajo najslabšo pridelovalno sposobnost, na globokih, sicer mivkastih tleh pa že dobro uspevajo tudi zahtevnejše poljedelske kulture (na primer žita, krompir in lucerna). Z morebitnim namakanjem postanejo tla primerna tudi za vrtnarsko pridelavo.

Skupne značilnosti opisanih tal, ki prevladujejo na Ljubljanskem polju: tla so relativno plitva, lahka in dobro propustna za vodo. Vse te lastnosti pomenijo relativno majhno zaščito podtalnice pred onesnaženjem v primerjavi s težjimi, globokimi in z organsko snovjo bogatimi tlemi. Zahtevajo zelo skrbno in odgovorno kmetijsko pridelavo, da zmanjšamo tveganje, ki je za onesnaženje podtalnice lahko kmetijstvo.

Organska snov v tleh povečuje mikrobiološko aktivnost. Mikroorganizmi so najpomembnejši pri razgradnji ostankov sredstev za varstvo rastlin. Za atrazin, ki je najpogostejše najdeno sredstvo za varstvo rastlin v podtalnici, je značilno, da ga v osnovni obliki najdemo več, kjer so tla na površini peščena in z malo organske snovi. Tam, kjer je organske snovi v zgornjem sloju tal relativno veliko, najdemo v podtalnici več njegovih prvih dveh razgradnih produktov: desetil atrazina (DEA) in dezizopropil atrazina (DIA). Po drugi strani organska snov pomeni tudi več potencialnih mest za vezavo snovi, ki bi se sicer spirale proti podtalnici.

Pri peščenih tleh, kjer so delci po teksturi večji in je njihova specifična površina, na katero se lahko vežejo morebitna onesnažila, majhna, relativno malo onesnažil ostane vezanih na talne delce. Veliko več vezave je v glinastih tleh. Tako vezana onesnažila so lahko izpostavljena nadaljnji razgradnji, ki je na površini tal večja kot v podtalju. Vendar se na talne delce v naših podnebni razmerah vežejo le tista onesnažila, ki imajo pozitivni naboj, ker je večina prostih mest za vezavo v tleh negativno nabita. Tako se v tleh veže na primer pozitivno nabiti amonijski ion, negativno nabiti nitratni ion pa se ne veže in ostaja v talni raztopini ter je zato močno podvržen izpiranju.

V glinastih tleh je poleg večjega deleža prostih mest za vezavo, kar vpliva na obnašanje onesnažil, tudi drugačen delež različnih velikih por, ki je naslednji pomemben faktor pri pojavljanju onesnaženja v podtalnici. Na prvi pogled bi lahko ocenili, da so peščena tla bolj porozna od glinastih, vendar podrobnejše raziskave pokažejo, da to ni tako. Res je, da imajo peščena tla več velikih tako imenovanih makropor, iz katerih voda pod vplivom gravitacijske sile odteče. Imajo pa peščena manj mikropor, v katerih se voda zadrži, in je delno dostopna rastlinam. Del vode je na talne delce vezan s tako silo, da jo rastline ne morejo premagati in zato ostaja del vode v tleh neizkoriščen. V praksi to pomeni, da določena količina dežja, ki na lahkih tleh že povzroči odtok in s tem premik raztopljenih onesnažil proti podtalnici, v glinastih tleh komaj napolni rezervoar talne vode, in če je opazovano onesnažilo nitrat, ta ostaja v območju korenin in ga rastline lahko porabijo. Na lahkih peščenih tleh bi zato morali biti odmerki hranil rastlinam res zelo majhni, da bi rastline lahko sproti porabljale hranila (predvsem kritični nitrat), da ne bi prihajalo do spiranja presežkov. Tovrstno dodajanje hranil v majhnih obrokih nam omogoča fertigacija, ko s kapljičnim namakalnim sistemom dodajamo rastlinam hranila skoraj vsak dan v skladu z njihovimi potrebami. Skozi peščena tla zaradi večjega deleža makropor voda tudi hitreje potuje, tla so bolj propustna za vodo, kar spet pomeni večjo možnost onesnaženja spodaj ležeče podtalnice. Pri glinastih tleh se voda zelo hitro premika skozi talni profil le tedaj, ko se pri močni osušitvi tvorijo v teh tleh razpoke in voda odteka po njih, dokler se zaradi nabrekanja gline pod vplivom vode ne zaprejo. Pri nasičenih tleh pa je koeficient hidravlične prevodnosti pri glinastih tleh bistveno manjši kot pri peščenih.

Globlja ko so tla, večjo zaščito pomenijo za podtalnico. V globljih tleh imajo rastline navadno tudi globlje korenine in lahko iz večje globine črpajo tja premeščena hranila, kar vsaj za slednja pomeni, da je manjša možnost izpiranja proti podtalnici.

2.4 SKLEPI

Ljubljansko polje je zaradi svojih naravnih danosti stičišče številnih človekovih dejavnosti in interesov. Je eno najpomembnejših teles podzemne vode v državi, ki je hkrati tudi vir pitne vode za okoli 300.000 prebivalcev mesta Ljubljane in okolice. Žal se na kakovostnem in količinskem stanju podzemne vode kažejo vplivi urbanizacije, kmetijstva in industrije, ki jo ogrožajo in obremenjujejo. Velika sposobnost na izničenje negativnih vplivov, ki jih povzročajo različne rabe prostora, zaenkrat še zagotavlja kakovost podzemne vode, ki ustreza zahtevam za pitno vodo.

Že več kot stoletje potekajo na tem območju številne raziskave, vendar se odpirajo vedno nova vprašanja in neznanke. Še zdaleč nam niso znane vse skrivnosti nastanka Ljubljanskega polja, zakonitosti pretakanja podzemne vode, medsebojni odnosi in vplivi hidrodinamičnih elementov, tako da nam ostajajo še številni izzivi za raziskovalno in znanstveno delo.

Peščena, relativno plitva in z organsko snovjo relativno revna tla Ljubljanskega polja niso velika zaščita podtalnice pred onesnaženjem.

3 PREGLED ELEMENTOV VODNE BILANCE

Kroženje vode, ki ga poganja energija Sonca, povzroča stalno obnavljanje vodnih virov na zemeljskem površju. Osnova vodne bilance je predpostavka oz. dejstvo, da je količina padavin enaka vsoti odtekle in izhlapele vode, pri čemer je treba upoštevati tudi spremembe zaloge in porabo vode (Kolbezen, Pristov 1998). Pri Ljubljanskem polju gre za izredno velik antropogeni vpliv na krajevni vodni »tok« (črpanje, odvzemi, poraba ...) ter za hidrološko in hidrogeološko pestro ter še vedno pomanjkljivo raziskano območje. Količina vode, ki jo analiziramo z bilančnim izračunom je na tako vodno pestrih območjih težko opredeljiva, zato podajamo deskriptivno analitično-sintezni pregled temeljnih elementov vodne bilance na Ljubljanskem polju. Zajema širše območje Ljubljanskega polja, območje med reko Savo in Ljubljano ter z regulacijami reke Save ločenimi predeli, ki so zato ostali na levem bregu Save (Jarški prod).

Metodologija vodne bilance sledi izračunu posameznih komponent v sistemu kroženja vode. Vodnobilančni izračun je odprt sistem, za katerega računamo vodno bilanco. Imeti mora enake količine vode, ki vanj prihajajo in izhajajo iz njega. Končni rezultat dotokov vode se izniči z odtoki vode. Temeljna enačba je torej: $P = Q + I + N + R$. Količina padavin (P) je enaka vsoti odtoka (Q), izhlapevanja (I), sprememb zalog (N) in porabe vode (R) (Kolbezen, Pristov 1998). Pri opredeljevanju sistema ne smemo prezreti dejstva, da je eden najpomembnejših dejavnikov izračunavanja bilance časovni okvir (Dominguez 2004; Kranjc 1995).

Studije vodnih bilanc se najpogosteje izdelujejo za površinske vode in se izračunava razlike med posameznimi vodomernimi profili na rekah. Vodne bilance v teh primerih zajemajo porečja ali hidro-metrično zaledje, poleg ploskovnega dotoka s padavinami in ploskovnih izgub z evapotranspiracijo predpostavijo le še iztok (in dotok) skozi profil vodomerne postaje, ki ga merimo. Vodomerna postaja na površinskem vodotoku naj bi bila locirana tako, da mimo nje iz porečja ne odteka podzemna voda. Pri Ljubljanskem polju pa gre za hidrološko in hidrogeološko bolj odprt sistem. Pri kroženju vode se ta ne bogati samo s padavinsko vodo (ploskovno), temveč tudi s številnimi dotoki površinske vode, ki zatekajo v vodonosnik (točkovno, linijsko ali ploskovno), prav tako se voda ne izgublja samo z evapotranspiracijo in s točkovnim iztokom, ampak tudi v številnih conah (linijah), kjer napaja površinske vodotoke. Sistem bilanciranja na vodonosnikih je v primerjavi s klasičnimi bilančnimi izračuni površinskih voda bolj zapleten. Ljubljansko polje je namreč nepopoln hidrogeološki bazen, saj poleg padavin in evapotranspiracije (popolni bazeni imajo namreč le ti dve komponenti) na količine vode vplivajo še drugi dotoki in iztoki (Kranjc 1995). Za to območje bi lahko bilančno formulo modificirali v $P + Q_d = Q_i + I + N + R$. Padavine (P) in dotoki (Q_d) so enaki iztokom (Q_i), izhlapevanju (I), spremembi zalog (N) in porabi (R). Ker je Ljubljansko polje odprt sistem s hitrimi odzivi na hidrološke razmere, je tok podzemne vode relativno hiter, nekaj deset metrov na dan, kar ima za vidika zadrževanja, onesnaženja in drugih hidroloških značilnosti svoje dobre in slabe strani.

Temelji so torej podani, treba je torej le še slediti naslednjim korakom (IDWR 2004):

- opredeliti glavne komponente vodne bilance,
- oceniti dotoke in iztoke iz sistema in
- opisati prostorske karakteristike elementov vodne bilance.

3.1 PADAVINE IN EVAPOTRANSPIRACIJA

Padavine so temeljni element vsake vodne bilance. V zaprtih vodozbirnih območjih so padavine edini »dotok«, pri Ljubljanskem polju pa gre za odprt sistem z različnimi oblikami dotokov. Poleg padavin moramo upoštevati še zatekanje rek, dovajanje vode od drugod (na primer podzemno napajanje z Barja, površinsko zatekanje vodotokov ...). Tu sta dve meteorološki postaji – Ljubljana Šentvid in Ljubljana Bežigrad, na katerih Agencija Republike Slovenije za okolje meri količino padavin.

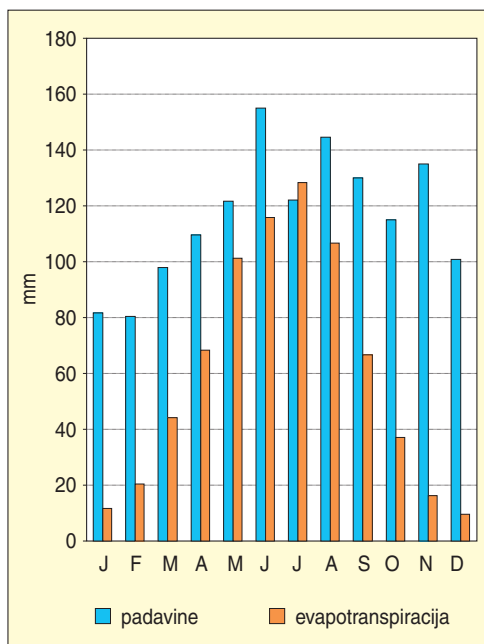
Po podatkih meteorološke postaje v Ljubljani za Bežigradom je letno povprečje padavin med letoma 1961 in 1990 znašalo 1393 mm, v obdobju 1991–2000 pa je povprečno padlo na 1352 mm padavin.

Postaja Ljubljana Šentvid deluje od leta 1983, letno povprečje desetletja 1991–2000 je bilo 1445 mm padavin. Padavinska karta, ki jo je za obdobje 1961–1990 izdelal Pristov, nam pove, da pade na Polju med 1400 in 1500 mm padavin, kar se ujema s podatki meteoroloških postaj. Pri izdelavi padavinske karte so namreč korigirali padavine zaradi vpliva vetra in omočenosti za okrog 3 % navzgor. Srednja vrednost povprečne letne količine padavin je torej 1450 mm (Kolbezen, Pristov 1998), ki smo jo privzeli za vse Ljubljansko polje. Pri količini padavin tega območja je treba upoštevati površine, s katerih meteorna voda odteče po kanalizaciji neposredno v reke, večinoma v Ljubljanico. Padavine (brez izgub) prinašajo na polje $3,22 \text{ m}^3/\text{s}$.

Evapotranspiracija pomeni neposredno izgubo vode med padavinami in odtokom. V primerih, ko je časovni okvir bilanciranja daljši od leta pa evapotranspiracija pravzaprav pomeni edino izgubo vode (Srebrenović 1986). Povprečna letna (izračunana) evapotranspiracija v Ljubljani za Bežigradom v obdobju 1961–1990 je bila 727 mm na leto, v obdobju 1991–2000 pa 771 mm na leto. Vrednosti izhlapevanja po karti evapotranspiracije je za območje v povprečju med 650 in 700 mm vode na leto, srednja vrednost je torej 675 mm (Kolbezen, Pristov 1998), ki smo jo privzeli za celotno območje, kar znese v povprečju $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$. V povprečju je po posameznih mesecih več padavin kot pa izhlapele vode, le v juliju je evapotranspiracija v povprečju večja kot količina padavin.

Količina padavinske vode, ki ploskovno pade neposredno na Ljubljanskem polju in infiltrira v vodonosnik, bi bila brez antropogenega vpliva $1,72 \text{ m}^3/\text{s}$. Velik vpliv družbenogeografskih dejavnikov na samo površje polja pa pomeni zmanjšanje infiltracije zaradi umetnih površin na tem območju. Ob upoštevanju (odštetju) meteornega odtoka iz urbaniziranih površin, ki ne infiltrira v podtalnico, na vsem območju podzemna voda dobiva v povprečju $1,44 \text{ m}^3/\text{s}$ ploskovnega dotoka iz padavin.

Posredno napajajo vodonosnik Ljubljanskega polja tudi padavine v zaledju, ki meri okoli 10 km^2 . Za to zaledje smo sprejeli povprečno letno količino padavin 1550 mm, doprinesejo pa povprečno $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ vode v vodonosnik. Drugi viri skupaj z Jarškim prodrom naj bi doprinesli še $0,43 \text{ m}^3/\text{s}$, skupni infiltraciji padavinske vode na vsem polju pa povprečno $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$ (Brilly 1989). Po naših izračunih je infiltracija padavinske vode v vodonosnik povprečno $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$.



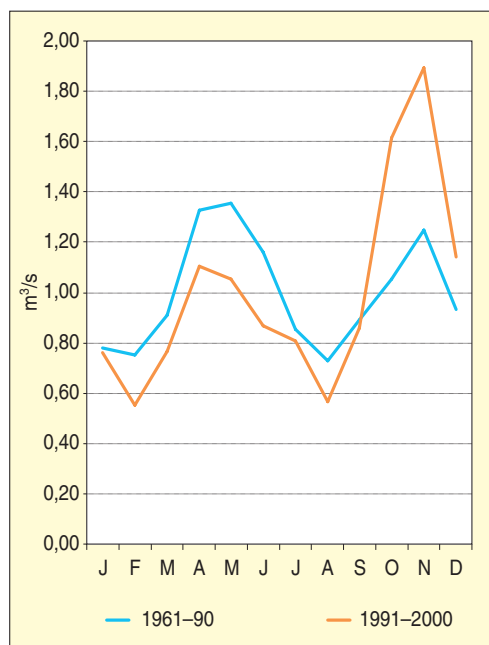
Slika 11: Mesečna količina padavin in evapotranspiracije v mm v Ljubljani za Bežigradom v obdobju 1961–1990.

3.2 POVRŠINSKE VODE

Površinske vode na Ljubljanskem polju v izračunu vodne bilance igrajo pomembno vlogo kljub dejstvu, da je samo polje skoraj brez površinskih voda. Dejansko ga omejujeta dve pomembni reki: Sava na severu in Ljubljanica na jugu, ki pa polja ne le omejujeta, temveč sta, tako kot manjši vodotoki, močno povezani s podzemno vodo na Ljubljanskem polju. Potoki z Mednskega, Šišenskega, Soteškega hriba in predgorja Rašice v večini poniknejo v rečnem nanosu, iz katerega sta Ljubljansko polje in Jarški prod. Ti potoki v Ljubljansko polje odmakajo 3,7 km², v Jarški prod pa neposredno prihaja voda še z okoli 70 ha zaledja, prek tega pa v Savo teče tudi Črnuščica, ki do prodnega nanosa odmaka 6,1 km² porečja. Vsi omenjeni vodotoki pritekajo v severozahodni predel Ljubljanskega polja. Na vzhodnem delu polja pa, v nasprotju z omenjenimi dotoki, najdemo izvire, ki so iztok iz vodonosnika in tečejo v Ljubljano.

Prve študije vodonosnika in podzemne vode Ljubljanskega polja sta že konec 19. stoletja izdelala Stur in Smreker, obširnejšo raziskavo pa je izvedel Rakovec leta 1932 (Žlebnik 1968). Intenzivnejše raziskave, ki potrjujejo zatekanje Save, so potekale po drugi svetovni vojni, zlasti konec šestdesetih in v sedemdesetih letih. Leta 1948 pa je Rupnik v raziskavah ugotovil, da se podzemna voda napaja predvsem z infiltracijo Save (Žlebnik 1968). Rupnikova ugotovitev je bila, da se med Mednim in Ježico izgublja 1,5 m³/s rečne vode. Zatekanje oziroma zvezo Save in podzemne vode Ljubljanskega polja je dokazal tudi Radinja, ki je ugotovil močan padec gladine podzemne vode zaradi poglabljanja struge Save (Radinja 1951, Žlebnik 1968).

Žlebnik je v raziskavi z vrtnjem in geoelektričnim sondiranjem ugotovil, da obstajajo med Mednim in izlivom Gameljščice trije večji jarki, s katerimi Sava bogati podzemno vodo Ljubljanskega polja. Jarki so med naslednjimi lokacijami: Medno–Brod, Brod–Roje in Roje–Ježica. 17. junija 1966 so ob pretoku Save v Šentjakobu 75 m³/s izračunali skupno zatekanje Save 1,62 m³/s. Med Mednim in Brodom je zatekalo 64 l/s, za Brodom 204 l/s in pred Ježico kar 1,35 m³/s. Za območje med Mednim in Brodom so 18. decembra 1965, ob pretoku Save pri Šentjakobu 110 m³/s, ocenili zatekanje 131 l/s, za območje Broda in Roj pa so 18. novembra 1965 ob pretoku Save v Šentjakobu 162 m³/s ocenili zatekanje kar



Slika 12: Pretočni koeficienti reke Save v Šentjakobu v dveh obdobjih (Frantar 2003).



ALEŠ SMREKAR

Slika 13: Ugotovljena je velika medsebojna povezanost pretokov Save in nihanja gladin podzemne vode.

2,36 m³/s. Glede na manjše nihanje gladine vode v območju pred Ježico, so ocenili, da je zatekanje tam najbolj konstantno (Žlebnik 1968).

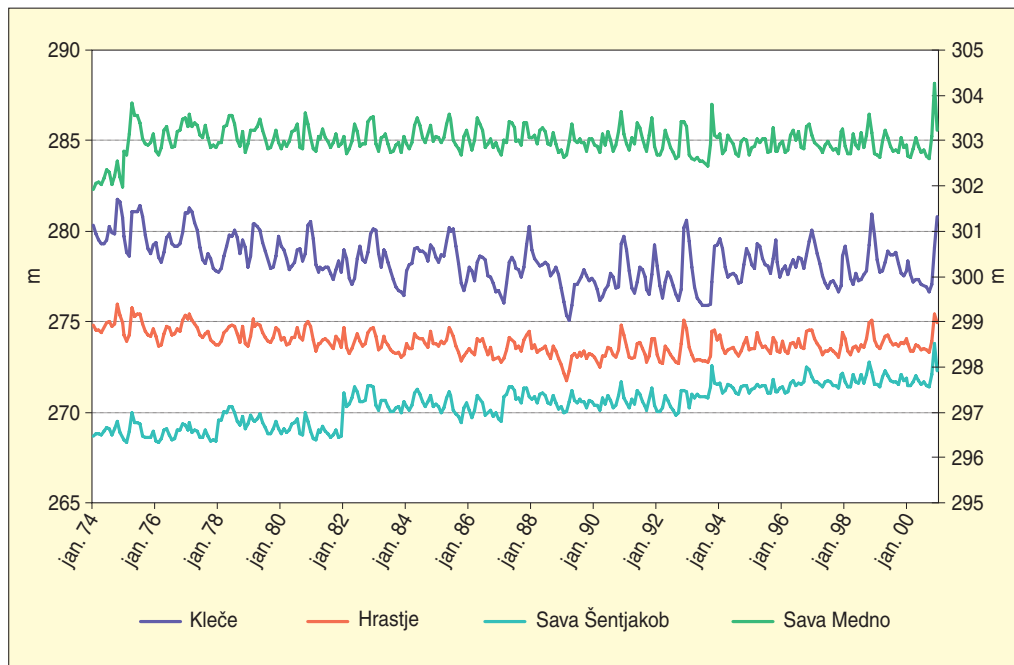
Leta 1969 je Pleskovič ponovno potrdil, da je glavni vir napajanja vodonosnika Ljubljanskega polja pronicanje Save v desno obrežje od Mednega navzdol, temu sledi padavinska voda in manjši del z dotoki iz Barja (Pleskovič 1969). Hidrometrične meritve Hidrometeorološkega zavoda so bile za to raziskavo opravljene 20. oktobra 1967. Pri pretoku Save v Medvodah 62 m³/s je bilo izračunano zatekanje 1,32 m³/s (Žibrik 1969) oziroma 1,47 m³/s (Pleskovič 1969) in pri pretoku 118 m³/s je bilo zatekanje 1,74 m³/s (Žibrik 1969, Pleskovič 1969).

Tudi Brilly ugotavlja zatekanje Save v vodonosnik med Mednim in Šentjakobom, za Šentjakobom do sotočja s Kamniško Bistrico pa ocenjuje dotok podzemne vode v Savo od 1,3 do 2 m³/s (Brilly 1989). Rezultati takratnega modela kažejo, da v povprečju reka Sava bogati vodonosnik Ljubljanskega polja z 2,5 m³/s, še več vode pa naj bi se iz vodonosnika dreniralo vanjo – 3,26 m³/s (Brilly 1989), kar je velika količina glede na druge raziskave vpliva Save na napajanje vodonosnika Ljubljanskega polja.

Zatekanje potrjujejo tudi smeri hidroizohips (Meden s sodelavci 1978), prav tako potrjuje zatekanje Save od Mednega navzdol Trišič, na kar kažejo usklajena nihanja vodostajev Save in gladin podzemne vode (Trišič 1995).

Najnovejša raziskava o zatekanju Save je iz leta 2002. Zatekanje v prod so merili z infiltracijskim zabojem. Rezultat skupne količine infiltrirane vode med Mednim in Šentjakobom je 1,12 m³/s, kar se sklada z izračuni novejšega matematičnega modela na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo o vrednostih zatekanja med 0,7 in 4,3 m³/s (Brilly s sodelavci 2002).

Zatekanje Save potrjujejo tudi pretočni podatki z vodomernih postaj na Savi. Zavedati se moramo, da je zanesljivost hidrometričnih meritev pretokov okoli 5 %, kar je treba upoštevati pri interpretaciji rezultatov. Za potrditev zatekanja je najprej treba zajeti vse dotoke Save v tem območju. Največji pritok Save



Slika 14: Povprečne mesečne gladine podzemne vode v Klečah in Hrastju ter vodostaji na reki Savi od leta 1974 do leta 2000 (skala vodostaja vodomerne postaje Medno na Savi je na desni strani).

je Gameljščica, na kateri so izvajali meritve med letoma 1965 in 1972. Po podatkih z vodomerne postaje v Zgornjih Gameljnah je bil povprečen letni pretok v teh letih $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Po opravljeni korelaciji hidrometričnih podatkov s prispevno površino pridemo do rezultata povprečnega letnega pretoka $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Upoštevati pa moramo še dotok v Savo iz zaledja Črnušnice in Jarškega proda, torej še nadaljnjih $14,5 \text{ km}^2$ površine, da lahko na podlagi korelacije z Gameljščico dobimo povprečni letni dotok $0,34 \text{ m}^3/\text{s}$. Izračun nam pokaže, da je skupni dotok površinske vode v Savo med Šentjakobom in Mednim v povprečju $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, razlika pretokov na Savi v Mednem in Šentjakobu pa $1,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Razlika je torej $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ in potrjuje ugotovitve, da reka Sava pretežno napaja vodonosnik Ljubljanskega polja. S tem izračunom smo ob upoštevanju zanesljivosti podatkov o pretokih potrdili ugotovitve dosedanjih raziskav.

Na součinkovanje in medsebojni vpliv Save in podzemne vode Ljubljanskega polja kaže velika soodvisnost vodostajev Save in gladin podzemne vode v vodnjakih, v katerih izstopa sovpadanje visokega povprečnega mesečnega vodostaja Save in visokih povprečnih mesečnih gladin podzemne vode. Iz nivogramov podzemne vode pa lahko vidimo stalen rahel upad gladin podzemne vode v predstavljenem časovnem obdobju.

Izviri oziroma iztoki iz vodonosnika so v vzhodnem delu Ljubljanskega polja, saj njen glavni tok poteka v smeri zahod–vzhod. Izolinije meritev gladin podzemne vode monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje kažejo na izdajanje podzemne vode v smeri proti Savi dolvodno od Šentjakoba in v smeri proti Ljubljani dolvodno od Fužinskega gradu. Dosedanje raziskave govorijo o iztekanju v Savo, vendar je treba omeniti, da po analizah gladin na merilnih mestih Agencije Republike Slovenije za okolje podzemna voda izteka tako v Savo kot v Ljubljano. Ugotovitve te analize potrjujejo tudi same topografske karte, saj se vse studenčnice (»izviri« podtalnice) na vzhodnem delu Ljubljanskega polja, vzhodno od Hrastja, iztekajo v Ljubljano.

Podzemno napajanje vodonosnika Ljubljanskega polja je manj raziskano, so pa po večini ugotovljena glavna podzemna pretakanja vode. Dotoke s Skaručanske kotline pri Mednem omenjata že Stur

in Smreker (Žlebnik 1968), med Rožnikom in Gradom doteka na Ljubljansko polje podzemna voda iz Barja (Žlebnik 1968), ki pa doteka tudi v Dravljah. Ocene dotokov med Rožnikom in Gradom se gibljejo na minimalnih 200 litrov na sekundo (Mencej s sodelavci 1989), v Dravljah oziroma Šentvidu pa na okoli 50 litrov na sekundo.

3.3 GLADINE PODZEMNE VODE

V vodonosniku lahko ocenjujemo dinamične in statične zaloge podzemne vode. Dinamične zaloge so tiste, ki se obnovljajo med hidrološkim ciklom kroženja vode. Dinamične zaloge podzemne vode na Ljubljanskem polju so ocenjene na 3.000–4.000 l/s (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004). Statične zaloge pa so tisti del podzemne vode, ki se obnovi le v dolgem časovnem obdobju ob sočasnem prenehanju črpanja, drugače so neobnovljive.

Gladine podzemne vode so neposredni kazalec količinskega stanja podzemne vode, ki omogoča izračunavanje povprečne porabe in prostornin vodonosnikov. Gladine podzemne vode merijo v Klečah že od leta 1890 in so bile analizirane v številnih raziskavah, ugotovljeno pa je, da je največji vzrok za padec gladine podzemne vode sprememba rečnega korita v reki Savi.

Letni režim gladin podzemne vode v obdobju 1974–1990 kaže na povprečno dokaj majhno letno nihanje. V Mednem je letno nihanje povprečnih mesečnih gladin v povprečju 20 cm, v Klečah 70 cm in v Hrastju 50 cm.

Na vseh treh lokacijah gre za režim z dvema viškoma in dvema nižkoma. Primarni višek je med aprilom in junijem oziroma julijem, sekundarni pa med oktobrom in decembrom. Nižka v Mednem pa sta januarja in februarju (sneg), v Klečah in Hrastju pa marca in septembra. Niz letnih nihanj se lepo ujema s pretočnim režimom Save v Šentjakobu ter potrjuje veliko medsebojno povezanost pretokov Save in gladin podzemne vode. Povprečna gladina v obdobju 1974–1990 v Mednem je bila na 298,79 m, v Klečah na 278,57 m in v Hrastju na 273,96 m nad morjem.



ALEŠ SMREKAR

Slika 15: Gladine podzemne vode merijo v Klečah že od leta 1890.

PETER FRANTAR

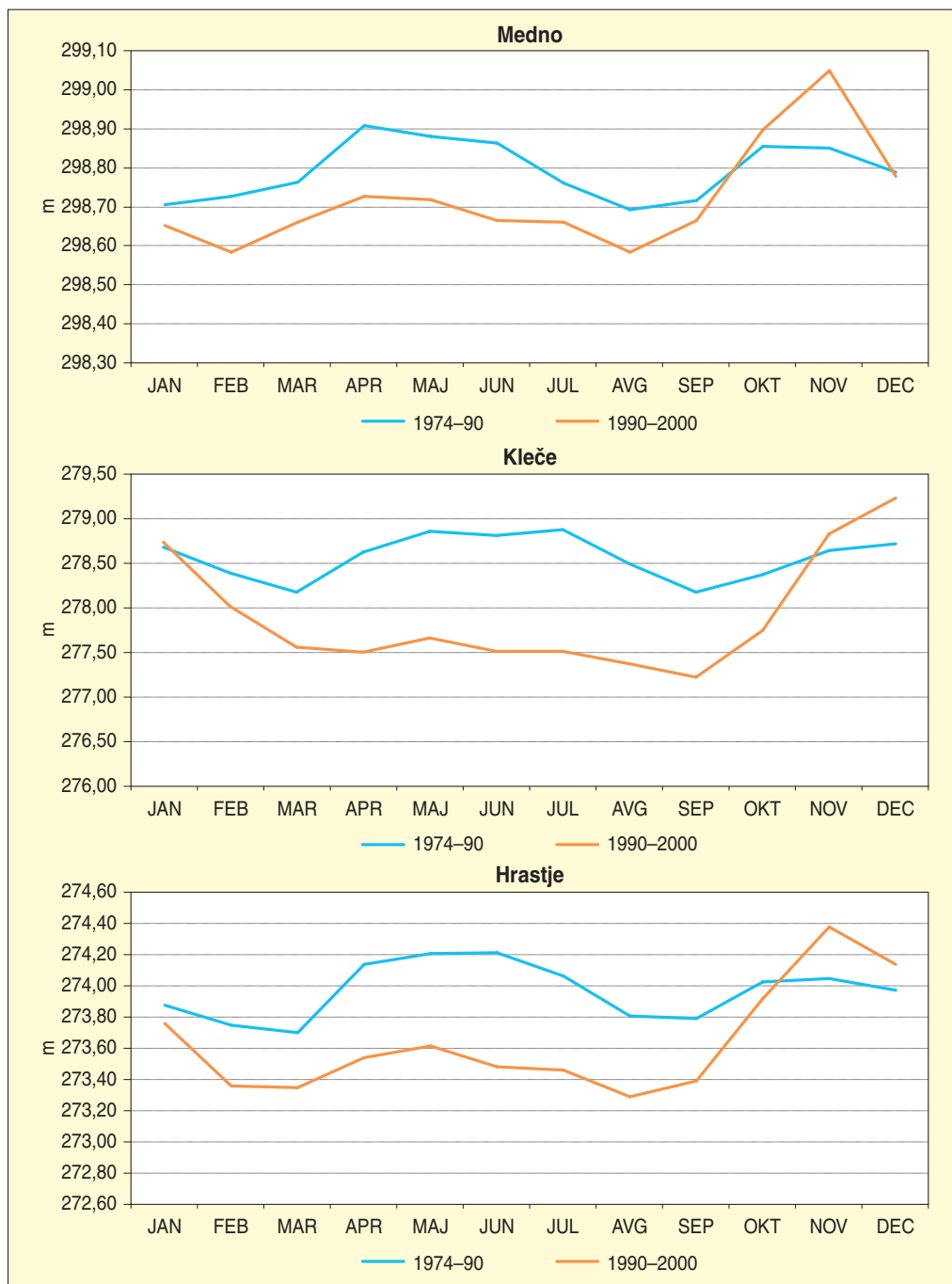


Slika 16: Gramozna jama kot indikator nivoja podzemne vode na vzhodnem delu Ljubljanskega polja pri Zalogu.

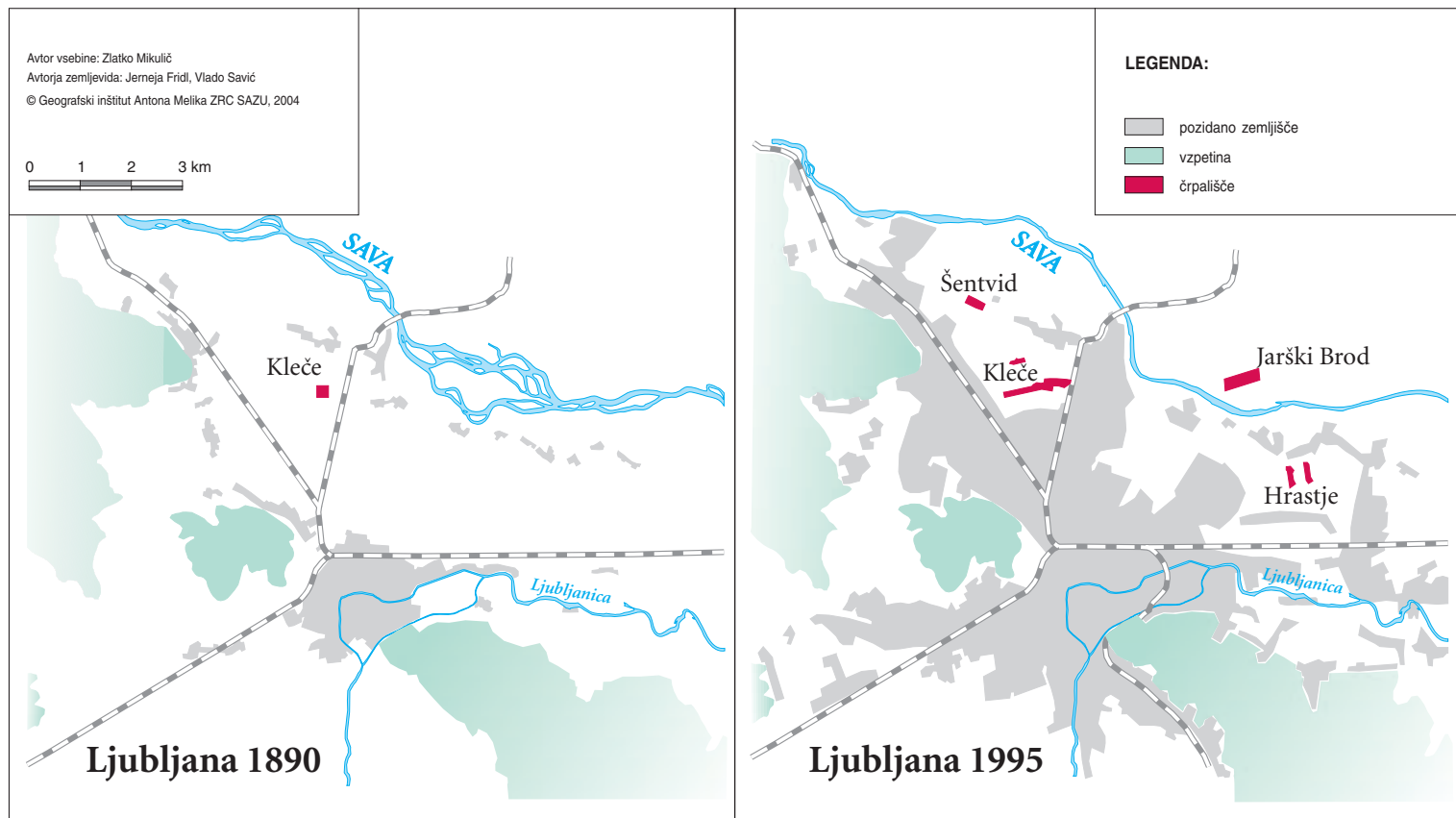
PETER FRANTAR



Slika 17: Močvirnata vegetacija na vzhodnem delu Ljubljanskega polja pri Zgornjem Kašlju nakazuje visoko gladino podzemne vode.



Slika 18: Povprečne mesečne gladine podzemne vode na Ljubljanskem polju v obdobjih 1974–1990 in 1990–2000 (Agencija Republike Slovenije za okolje 2004).



Slika 19: Antropogeni vpliv na Ljubljanskem polju (Mikulič 1997).

Režim gladin podzemnih voda v obdobju 1991–2000 kaže na velike spremembe v letnem nihanju, izredno podobno pretočnemu režimu na reki Savi v tem obdobju. Že takoj opazimo, da se je povprečno letno nihanje povečalo na vseh lokacijah spremljanja gladin podzemne vode, najbolj pa izstopa »suša« v obdobju vse od februarja do septembra. Jesenske visoke vode Save, manjša evapotranspiracija in večja količina padavin v obliki dežja pa, kot vidimo, jeseni »napolnijo« vodonosnik, katerega večja napolnitev povzroča tudi večji iztok in zato ne traja dolgo. Povprečna gladina v obdobju 1991–2000 je bila v Mednem na višini 298,72 m, v Klečah 277,91 m in v Hrastju 273,63 m nad morjem. V Mednem je tako gladina nižja za 7 cm (skoraj brez vpliva črpališč), v Klečah za 66 cm in v Hrastju za 33 cm.

3.4 ANTROPOGENI VPLIVI

Antropogene dejavnosti modificirajo celotno območje vodonosnika in izrazito vplivajo tudi na vodno bilanco, reducirajo napajanje vodonosnika, vplivajo na značilnosti toka podzemne vode in spreminjajo časovno usklajevanje, razpoložljivost in obnovljivost vodnega vira.

Največji vpliv na količino podzemne vode ima Sava, katere tok je bil v zadnjih 100 letih večkrat umetno spreminjan. V razpravi Mikuliča (1997) je ugotovljeno, da je Sava pred letom 1895 imela na tem območju široko strugo z veliko meandri, po tem letu pa so jo umetno omejili na vsega 50 m širine, kar je imelo za posledico večjo hitrost toka in močnejšo erozijo. Med letoma 1896 in 1922 je Sava poglobila strugo za 4,5 m, kar je povzročilo padec gladin podzemne vode za 5 m, leta 1923 pa so visoke vode odnesle umetne ovire in Savo vrnile v bolj naravno, meandrasto korito. Do leta 1950 se je dno reke zvišalo za 2 m. Leta 1952 se je zaradi gradnje jezua pri hidroelektrarni v Medvodah zaustavil dotok sedimentov in erozija se je spet začela. V sedemdesetih letih se je izkoriščanje vodne energije še povečalo, povečalo pa se je tudi črpanje in rudarjenje proda, kar je leta 1987 povzročilo najnižje gladine podzemne vode – 10 m nižje kot v prvem letu delovanja črpališča Kleče. V zadnjih desetletjih je struga Save umetno »zvišana« z jezovi, ki zmanjšujejo erozijsko moč vode. To in pa zmanjšano črpanje je povzročilo zvišanje gladine vode v vodonosniku, ki pa je danes še vedno okrog 5 m pod nivojem leta 1890.

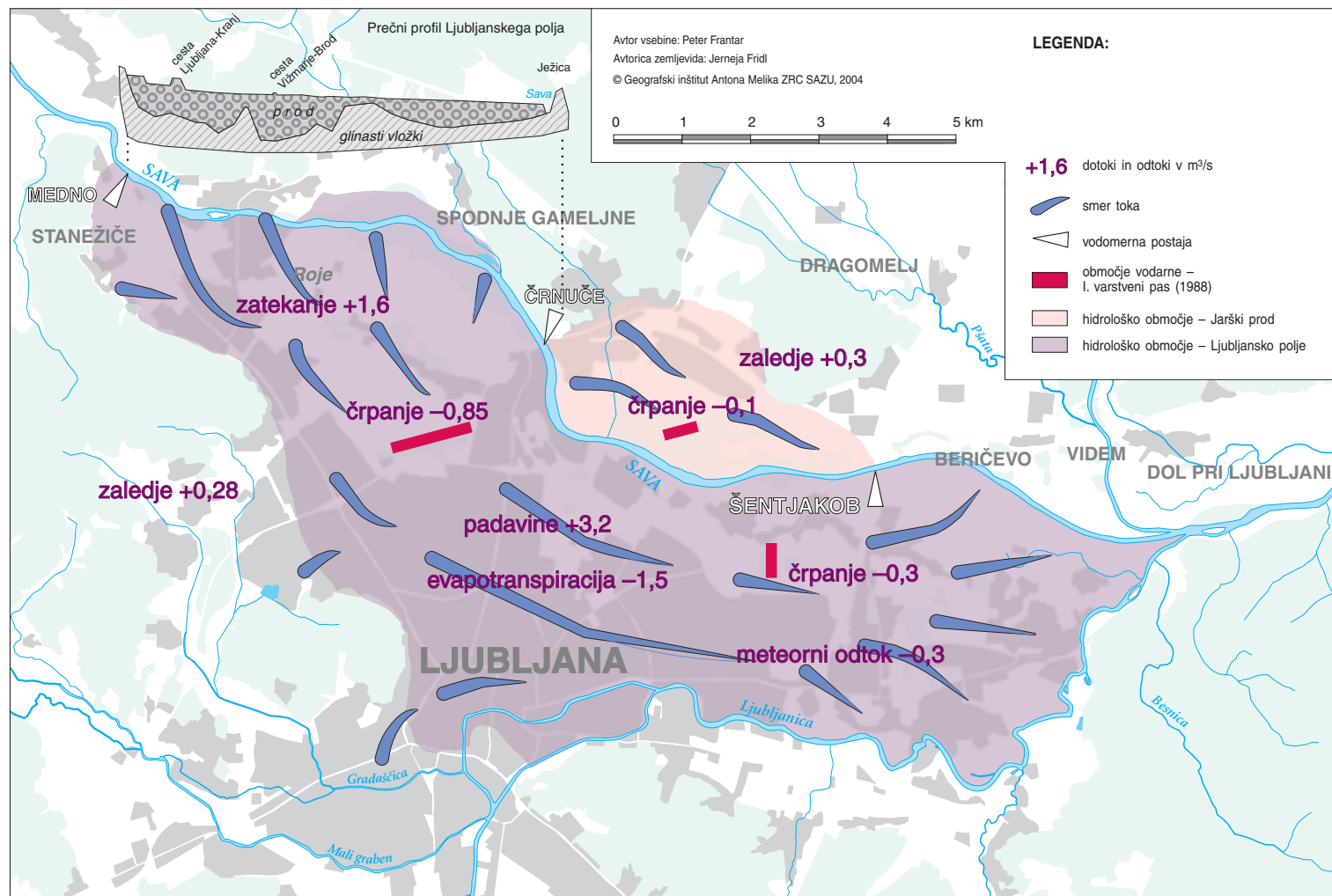
Velik vpliv povzročajo tudi črpanja podzemne vode za potrebe oskrbe s pitno in industrijsko vodo (Mikulič s sodelavci 1995). Za potrebe oskrbovanja s pitno vodo so ljudje najprej uporabljali vodnjake, ki so pomenili minimalni vpliv na gladino podzemne vode, leta 1890 pa so pričeli s prvim načrtnim črpanjem podzemne vode za potrebe ljubljanskega vodovoda, ki je vrh doseglo na začetku 90 let, ko so načrpali okrog 50 milijonov m³ na leto (1,6 m³/s). Po letu 1970 so črpali v povprečju po 40 milijonov m³ vode na leto (1,27 m³/s), v letih po letu 1993 pa so se načrpane količine vode počasi zmanjševale.

Vodovodni sistemi imajo tudi izgube. Leta 2003 so bile izmerjene vodne izgube kar 382 l/s, to je 37 % od vse načrpane vode pri vodovodnem omrežju, dolgem 1119 km. Približno tri četrtine te vode se

Preglednica 1: Količine črpanja podzemne vode v litrih na sekundo po vodarnah, ki oskrbujejo Ljubljano s pitno vodo (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).

leto	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Kleče	819	794	797	810	680	690	652
Hrastje	405	391	363	308	225	212	143
Šentvid	124	120	127	114	105	100	100
Jarški prod	70	65	58	60	104	55	136
skupaj	1417	1371	1345	1292	1113	1057	1031

Slika 20: Shematski prikaz smeri toka podzemne vode in količinska ocena elementov vodne bilance.



Preglednica 2: Pregled ugotovljenih ocen dotokov in iztokov.

dotoki	m ³ /s	varianca	odtoki	m ³ /s	varianca
padavine	3,2		evapotranspiracija	1,5	
dotok iz Barja	0,2	nezanesljivi podatki	direktni odtok	0,3	
		1,5 Rupnik 1948	črpanje	0,92	
		1,62 Žlebnik 1968	odtok čez Dravljce		nezanesljivi podatki
		1,34–1,74 Žibrik 1969			
		1,47–1,74 Pleskovič 1969	iztekanje v Savo		1,3–2 Brilly 2002
		2,5 Brilly 1989			3,26 Brilly 1989
		1,12 infiltracijski	iztekanje v Ljubljano		
		zaboj Brilly 2002			
zatekanje Save	1,6	0,7–4,3 Brilly 2002			
dotoki iz zaledja	0,28		podatki o iztekanju podzemne		
			vode so nezanesljivi in količina		
			ni merjena		
skupaj	5,28		skupaj	2,72	

»porabi« na Ljubljanskem polju, preostala pa zunaj območja. Tako lahko izračunamo, da se je v prod Ljubljanskega polja leta 2003 »vrnilo« dobrih 280 l/s. Črpanje torej »bremeni« gladino podzemne vode z okrog 0,9 m³/s.

Porabljena voda večinoma po kanalizacijskem sistemu teče v centralno čistilno napravo, ki je med letoma 1984–1993 v povprečju prečistila odpadne vode 1,5 m³/s, po tem pa se izteka v Ljubljano, tako da se ta voda ne vrne v del kroženja vode Ljubljanskega polja (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 1996).

V zvezi s črpanjem podtalnice moramo omeniti, da niso zajeti podatki o individualnih in industrijskih črpanjih podzemne vode Ljubljanskega polja, ocenjujemo pa jih na minimalno 200 litrov na sekundo.

Med druge antropogene vplive moramo šteti tudi urbane pritiske, zlasti pozidavo območja. Urbani pritiski so posredno povezani s črpanjem podzemne vode, neposredno pa z zmanjševanjem površin z naravno infiltracijsko sposobnostjo.

3.5 SKLEPI

Vse elemente vodne bilance, dotoke in odtokove je težko zajeti in jih zaenkrat ne moremo meriti, najpogostejše lahko njihovo velikost le ocenimo. Dodatno obravnavo elementov vodne bilance otežijo antropogeni vplivi, kot so črpanje, poraba, pretočitve ... Razmerja med dotokom in odtokom se časovno in prostorsko zelo spreminjajo. Glavni vir napajanja vodonosnika Ljubljanskega polja reka Sava ter infiltracija padavinske vode na celotnem Ljubljanskem polju. Največji antropogeni vpliv ima črpanje, ki znaša v povprečju samo za potrebe oskrbovanja s pitno vodo, skoraj 1 m³/s, največ podzemne vode pa s polja naravno odteče na vzhodu v Savo in Ljubljano. Razlika zajetih dotokov in odtokov z Ljubljanskega polja je 2,56 m³/s, ki jo v končni bilančni sliki lahko pripišemo več dejavnikom, predvsem iztekanju vode iz vodonosnika v Ljubljano in Savo, industrijskim črpanjem vode ter odtekanju med Podutikom in Rožnikom.

4 DINAMIKA PODZEMNE VODE

V vodonosniku Ljubljanskega polja se podzemna voda pretaka v generalni smeri od severozahoda proti jugovzhodu oziroma vzhodu. Z izrazom dinamika podtalnice označujemo značilnosti pretakanja podzemne vode v vodonosniku: hitrost vodnega toka, stopnjo obnavljanja vode v vodonosniku zaradi infiltracije padavin, mešanja podzemnih vodnih tokov različnega izvora in podobno.

Parametre, ki opredeljujejo značilnosti pretakanja podzemnih voda v vodonosniku, lahko podrobneje opredelimo z različnimi metodami. Na splošno je mogoče podatke o dinamiki podtalnice izračunati iz podatkov o hidravličnih lastnostih vodonosnika ali določiti na podlagi rezultatov sledilnih poskusov oziroma meritev izotopske sestave podzemnih vod. Na Ljubljanskem polju je bilo do sedaj narejenih že kar nekaj tovrstnih raziskav.

Do sedaj je bilo na Ljubljanskem polju izvršeno precej črpalnih poskusov, katerih rezultati omogočajo izračunavanje hitrosti podtalnice na podlagi Darcyjeve enačbe filtracije. V obdobju 1998–2000 je bil izdelan računalniški hidravlični model celotnega Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja. Na vzhodnem delu Polja je bil leta 2002 izveden sledilni poskus z uporabo več vrst sledil. V obdobju 1997–1999 so na Ljubljanskem polju potekale tudi izotopske raziskave podzemne vode.

4.1 MATEMATIČNI MODEL PODZEMNE VODE

Matematični model obsega zaledje reke Save med Mednim in Litijo in je omejen s površinsko razvodnico tega 35 km dolgega dela reke. Na celotnem območju sta bila uporabljena dva pristopa hidrološkega modeliranja. Na osrednjem območju modeliranja je bil uporabljen integrirani hidrološki model MIKE SHE-MIKE 11. Na preostalih območjih zaledja pa je bilo uporabljenih šest modelov »padavine – odtok«, ki določajo dotoke v vodonosnik na Ljubljanskem polju oziroma robne pogoje za osrednji model.

MIKE SHE je programsko orodje za modeliranje procesov celotnega hidrološkega kroga na kopnem. Enačbe, ki opisujejo hidrološke procese, rešuje model numerično z uporabo metode končnih razlik. Reševanje enačb poteka v določenih časovnih korakih, kar omogoča simuliranje dinamičnih procesov. MIKE SHE lahko uvrstimo v kategorijo distribuiranih determinističnih modelov. To pomeni, da je v modelu lahko vključena prostorska spremenljivost fizikalnih parametrov, ki nastopajo v enačbah. Model je sestavljen iz več modulov, ki se lahko uporabljajo ločeno ali združeno, pri čemer je upoštevana izmenjava vode med posameznimi moduli. MIKE 11 je programsko orodje za modeliranje rečne hidravlike in je bil na obravnavanem območju uporabljen kot integrirani del modela MIKE SHE.

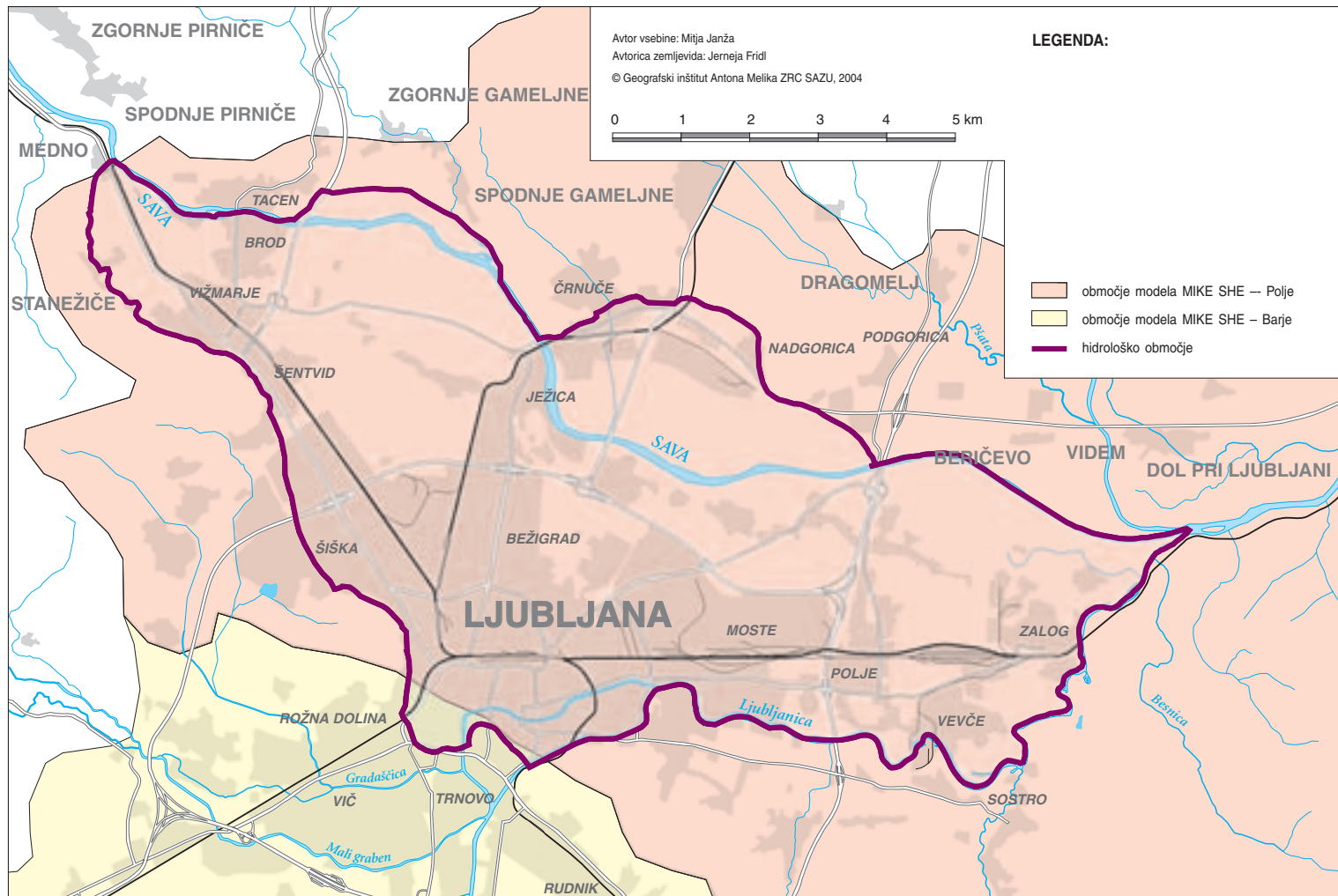
Pri izdelavi modela so bili uporabljeni vsi razpoložljivi podatki (popisi vrtin, podatki o tleh, meritve gladine podzemne vode, raba tal, rečni preseki, meteorološki podatki, dnevne količine črpanja, rečni pretoki, rezultati kemičnih analiz, rezultati črpalnih poskusov).

Model na prodnem zasipu Ljubljanskega polja je sestavljen iz treh računskih plasti, ki ustrezajo geološkim plastem. V horizontalni smeri pa je razdeljen na celice, velikosti 200 m krat 200 m.

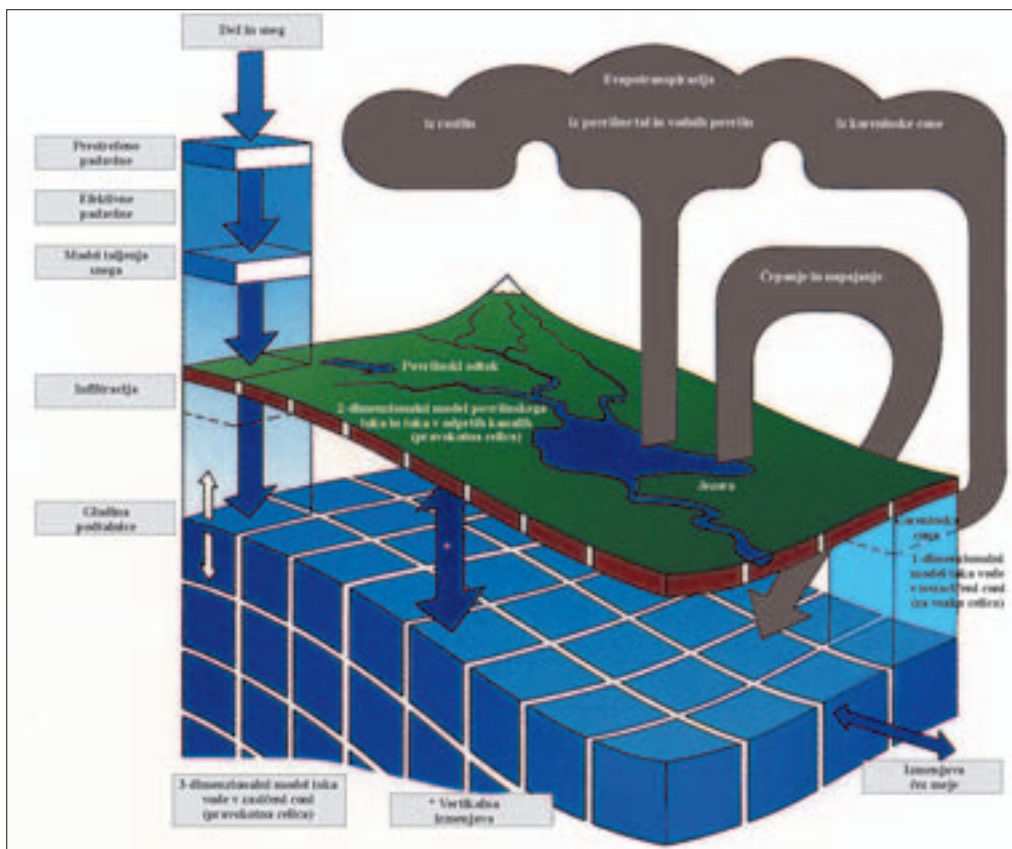
Časovni niz podatkov v modelu obsega obdobje od leta 1984 do leta 1997 in je bil pri izdelavi modela razdeljen na del za kalibracijo in del za validacijo modela. S kalibracijo oziroma umerjanjem modela je bilo s prilagoditvijo parametrov modela doseženo optimalno ujemanje rezultatov modela in dejanskega opazovanega stanja v naravi. Z validacijo oziroma vrednotenjem modela pa je bila dokazana primerljiva zanesljivost modela tudi na podatkih, ki niso bili vključeni pri kalibraciji. Pri teh dveh postopkih so bili uporabljeni predvsem rezultati meritev gladine podzemne vode in ocenjene bilančne komponente na obravnavanem območju.

4.1.1 VHODNI PODATKI HIDRAVLIČNEGA MODELA

Vodnosnik na Ljubljanskem polju se napaja iz reke Save in padavin. Po obstoječih podatkih je gladina podzemne vode pretežno odvisna od vodostaja Save, manj pa od padavin. Nihanje gladine podzemne vode je največje na Brodu (6 m), proti vzhodu pa je nihanje manjše, od 2 do 3 m (Prestor s sodelav-



Slika 21: Območja modelov (Kristensen s sodelavci 2000).



Slika 22: Shematski prikaz modela MIKE SHE (DHI 2000).

ci 2002). Drugi največji površinski tok na Ljubljanskem polju je reka Ljubljanica. Njen tok je počasen, zablatena struga pa močno omejuje izmenjavo vode med reko in vodonosnikom.

Sava v svojem zgornjem delu toka po Ljubljanskem polju napaja vodonosnik, v spodnjem delu pa podzemna voda odteka v strugo Save. Torej je gladina podzemne vode na zahodnem delu Ljubljanskega polja nagnjena proti jugu oziroma jugovzhodu, v osrednjem delu pa proti vzhodu. Podzemna voda teče v splošnem v smeri, ki je vzporedna s Savo. Strmec podzemne vode je v povprečju največji na severozahodnem delu polja med Brodom in najsevernejšim delom vodarne Kleče, in sicer približno 0,15 %. Med kamniško železniško progo in vodarno Hrastje proti vzhodu je padec nekoliko manjši ter znaša do 0,09 % (Prestor s sodelavci 2002).

4.1.2 VPLIV PREPUSTNOSTI STRUGE REKE SAVE NA DINAMIKO PODZEMNE VODE

Že omenjena tesna povezanost med gladino reke Save in vodonosnikom se je pokazala tudi pri modeliranju. Pri kalibraciji je bilo ugotovljeno, da je model zelo občutljiv na spremembo vrednosti koeficienta prepustnosti rečne struge, ki neposredno vpliva na izmenjavo vode med reko in vodonosnikom.

Zmanjšanje vrednosti tega koeficienta za 10 % povzroči največje spremembe modelirane gladine podzemne vode na severozahodnem – zgornjem delu vodonosnika. Na tem delu se gladina podzemne vode v modelu v tem primeru zniža za več kot 2,5 m. Znižanje v osrednjem delu je manjše, okrog 0,5 m. V spodnjem delu vodonosnika, kjer vodonosnik napaja reko Savo, je učinek nasproten. Tam enako zmanjšanje koeficienta prepustnosti rečne struge povzroči dvig gladine podzemne vode, in sicer za do 0,25 m. Opisane spremembe so posledica zmanjšane izmenjave vode med reko in vodonosnikom. Najbolj očitna sprememba je v zgornjem delu toka reke Save, kjer je na odseku šestih kilometrov napajanje vodonosnika iz reke zmanjšano za 25 %, kar znaša za modelirano obdobje v povprečju zmanjšanje z 1,49 m³/s na 1,09 m³/s (Kristensen s sodelavci 2000).

Očitno velik vpliv prepustnosti rečnega korita Save je močno odvisen od zablatenja struge. Brilly (Drobne s sodelavci 1997) ugotavlja, da se zablatenje povečuje v obdobjih nizkih pretokov, pri povečanih pretokih in s pojavom prodnosti naj bi se struga zopet očistila in dotoki v vodonosnik ponovno povečali. Brilly dalje ugotavlja, da je ta pojav zelo dinamičen in ni zadostno raziskan.

4.1.3 SPREMEMBE STRUGE REKE SAVE

Vpliv na dinamiko podzemne vode so imeli tudi regulacijski posegi oziroma spremembe profila struge Save. Na podlagi rezultatov matematičnega modela (Kristensen s sodelavci 2000) naj bi bili vplivi sprememb profila struge zelo majhni. Manjše spremembe razporeditve toka so nastale tam, kjer gladino Save kontrolirajo z jezovi, kar se je v zadnjih nekaj desetletjih pokazalo kot manjše povečanje infiltracije Save predvsem v zgornjem delu njenega toka. Sprememba gladine Save in podzemne vode za dva do tri metre (Šentjakob) in druge spremembe so povzročile povečanje napajanja iz Save v zgornjem toku za 8 %.

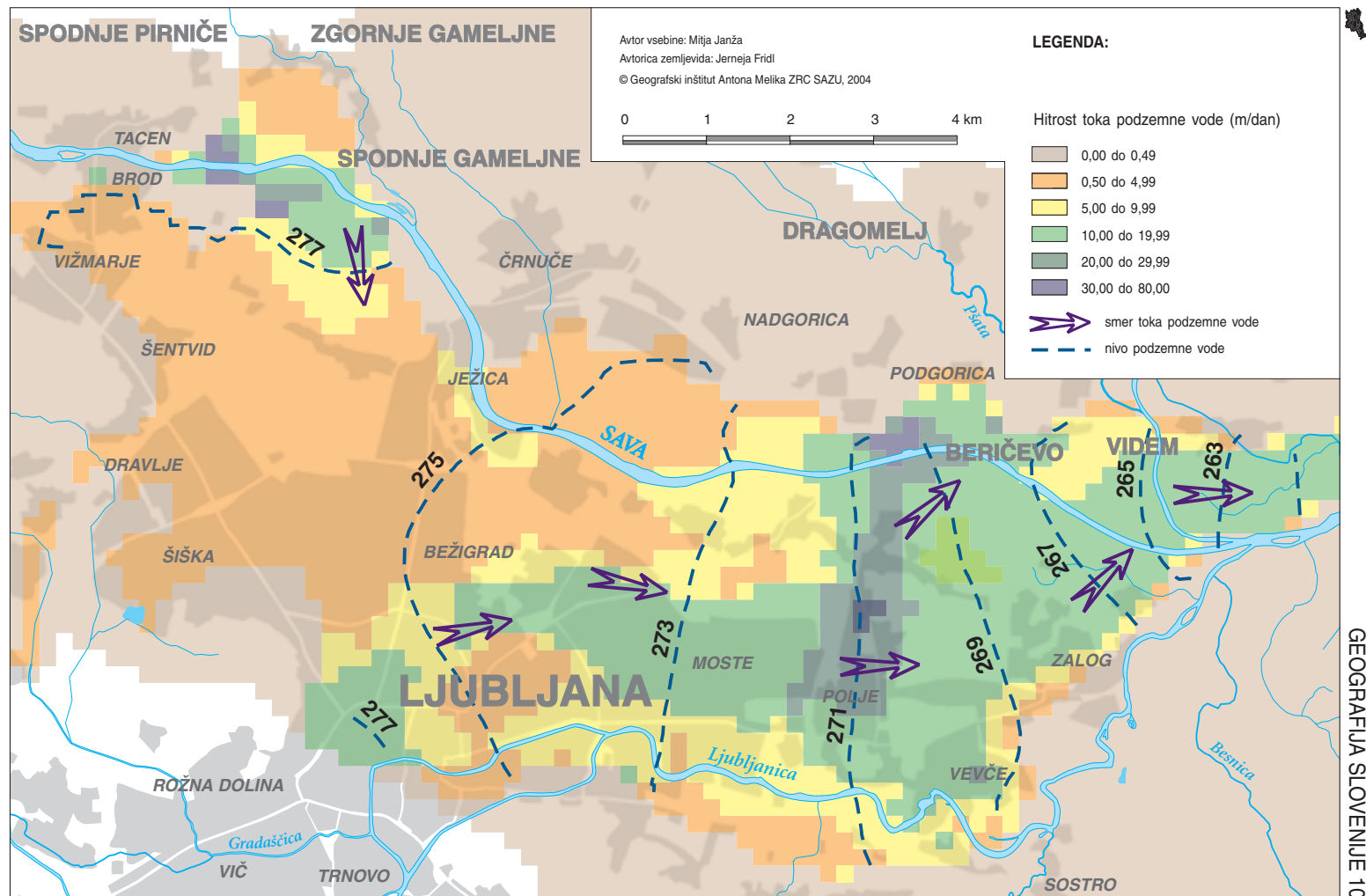
4.1.4 HITROST PRETAKANJA PODZEMNE VODE

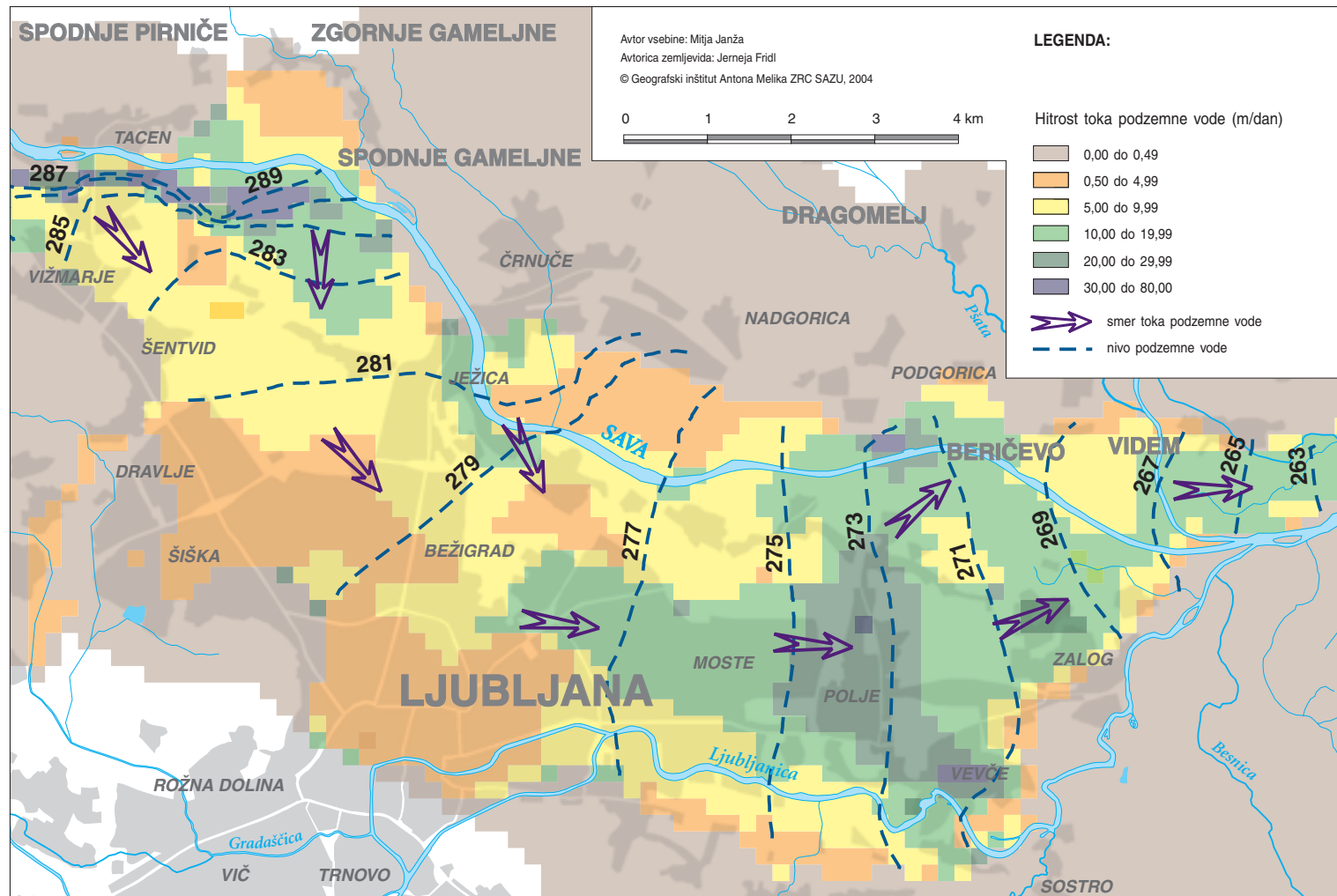
Hitrost pretakanja podzemne vode je odvisna od hidravličnega gradienta podzemne vode ter koeficienta prepustnosti in efektivne poroznosti vodonosnih plasti. Koeficient prepustnosti je eden najpomembnejših parametrov pri modeliranju dinamike podzemne vode. Ker je njegova vrednost praviloma določena na podlagi črpalnih poskusov v vrtinah, je treba te točkovne podatke pri uporabi v modelu ustrezno porazdeliti v prostoru. Interpolacija je zahtevna, saj je prepustnost lastnost geoloških plasti in je zaradi njihove heterogenosti v prostoru težko določljiva. V matematičnem modelu (Kristensen s sodelavci 2000) je bila porazdelitev vrednosti koeficienta prepustnosti ob upoštevanju rezultatov črpalnih poskusov določena v fazi kalibracije. Tako so določene vrednosti koeficienta prepustnosti (v vodoravni smeri) v tretji, najpomembnejši računski (geološki) plasti modela v razponu med 0,001 m/s in 0,045 m/s, v večjem delu območja pa med 0,008 m/s in 0,03 m/s. V povprečju so višje vrednosti v jugovzhodnem delu Ljubljanskega polja.

Rezultati matematičnega modeliranja potrjujejo, da je vodonosnik Ljubljanskega polja zelo dobro prepusten in omogoča velike količine črpanja ter izvedbo visoko izdatnih vodnjakov. S tega stališča je hidrogeološki potencial tega vodonosnika zelo velik. Na drugi strani pa take razmere vplivajo tudi na zelo velike hitrosti prenosa onesnaženja. Te so odvisne od deleža prostih por v prodno peščenem in konglomeratnem zasipu.

Delež prostih por v vodonosni plasti, skozi katere se pretaka podzemna voda, opredeljuje učinkovita poroznost. Njihove vrednosti so v obravnavanem vodonosniku težko določljive zaradi pomanjkanja podatkov terenskih meritev. Po različnih ocenah je najverjetnejša povprečna efektivna poroznost prodno-peščenega zasia približno 15 %. Na slikah so prikazane gladine in modelirane hitrosti pretakanja podzemne vode (v tretji računski plasti modela) v času nizkih (27. avgust 1993) in visokih voda (5. november 1992) ob upoštevanju učinkovite poroznosti 0,15 m/s. Tako izračunane hitrosti se lahko gibljejo

Slika 23: Modelirana gladina in hitrosti pretakanja podzemne vode 27. avgusta 1993 – nizke vode.





Slika 24: Modelirana gladina in hitrosti pretakanja podzemne vode 5. novembra 1992 – visoke vode.

do več deset metrov na dan. Krajevno so te hitrosti še večje, saj je lahko učinkovita poroznost kavernoznih konglomeratov tudi bistveno manjša. Takšne krajevne posebnosti je mogoče dograjevati v matematični model le na podlagi podrobnejših terenskih preiskav in stalnih hidrogeoloških opazovanj.

4.1.5 VPLIV ČRPANJA NA DINAMIKO PODZEMNE VODE

Na dinamiko podzemne vode ima velik vpliv tudi črpanje, kar potrjujejo značilnosti pojavljanja podzemnih vod, ki jih opisuje Prestor (2002). V petdesetih letih se je podzemna voda na vzhodnem delu Ljubljanskega polja izlivala v številne studenčnice pod Fužinami, v Slapah, Vevčah, Kašlju, Zalogu ter Spodnji Zadobrovi, Perlezu in Jarškemrodu. Skupni pretok tedanjih studenčnic je znašal po približnih ocenah v sušnem obdobju več kot $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Leta 1967 je v sušnem oktobru znašal pretok vseh studenčnic skupaj po podatkih meritev 400 l/s . Leta 1950 se je Ljubljana oskrbovala samo s 373 l/s vode iz vodnjakov v Klečah (Breznik 1976), konec osemdestih let 20. stoletja pa se je za mestni vodovod in industrijska črpališča črpalo že $1,69 \text{ m}^3/\text{s}$. Spremembe v strugi Save in dvig količine črpanja sta glavna vzroka za spremenjene hidrodinamične razmere v vodonosniku, zaradi česar danes ugotavljamo na vzhodnem delu polja bistveno zmanjšanje studenčnic, od katerih so ostali le manjši občasni izviri.

V modeliranem obdobju med letoma 1984 in 1997 je znašala povprečna količina načrpane vode iz štirih najpomembnejših vodarn na Ljubljanskem polju okrog $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Največji delež vode je bil črpan v vodarni Kleče (53 %), sledijo vodarna Hrastje (33 %), Šentvid (8 %) in Jarški Brod (6 %).

Črpališči Kleče in Hrastje izkoriščata vodo iz vodonosnika, ki se v velikem deležu obnavlja iz reke Save. Večina infiltrirane vode odteka iz struge Save v vodonosnik na 2 km dolgem odseku tik nad sotočjem z Gameljščico. Količina infiltrirane vode je približno 1 % povprečnega pretoka reke, od katerega odteka približno polovica v smeri proti črpališčem (v največjem deležu proti Klečam in Hrastju). Najhitrejši vpliv infiltracije Save je viden v Klečah in Jarškemrodu s transportnim časom manj od enega meseca (Kristensen s sodelavci 2000).

Že leta 1997 je bilo z modeliranjem ugotovljeno (Drobne s sodelavci 1997), da se pri vseh variantah črpanja, celo pri drastičnem povečanju izkoriščanja na $3,12 \text{ m}^3/\text{s}$, območja napajanja oziroma tokovnice bistveno ne spremenijo, bistveno pa se spremeni količina infiltrirane vode iz struge Save med Tomačevim in šentjakobskim mostom.

Tudi novi matematični model kaže, da je za hidrogeološke razmere na Ljubljanskem polju in s tem pogoje nadaljnjega izkoriščanja pitne podzemne vode eden najodločilnejših dejavnikov prav stanje Savine struge in njene prepustnosti. Kakršnikoli posegi v strugo ali posegi, ki bi posredno vplivali na njeno stanje, morajo biti zato zelo skrbno načrtovani.

Z matematičnim modeliranjem je bilo ugotovljeno, da bi zelo ugodna dosegljivost in obnovljivost podzemne vode v vodonosniku Ljubljanskega polja dejansko omogočala izkoriščanje še večjih količin podzemne vode, vendar pa sta glavna omejitvena dejavnika pri tem ohranjanje kakovosti podzemne vode in stopnja tveganja zaradi možnosti onesnaženja ob nepredvidenih dogodkih na intenzivno urbaniziranem in kmetijskem območju. Ugotavljanja optimalnega razmerja med režimom izkoriščanja vodonosnika in rabo prostora Ljubljanskega polja si danes brez uporabe matematičnega modeliranja prav gotovo ne moremo več zamišljati.

4.2 PROUČEVANJE HITROSTI PODZEMNE VODE IN ZNAČILNOSTI ŠIRJENJA ONESNAŽENJA S SLEDILNIMI POSKUSI

Opisani matematični model omogoča napovedovanje hitrosti napredovanja potencialnega onesnaženja tako skozi zasičeno kot tudi skozi nezasičeno cono vodonosnika. Izdelava transportnega modela je pokazala na pomanjkanje ustreznih eksperimentalnih podatkov za zanesljivo kalibracijo modela pri

napovedovanju transporta snovi oziroma napovedih poteka različnih scenarijev ob morebitnih onesnaženjih, od česar je odvisno ukrepanje v teh razmerah. Med drugim za območje Ljubljanskega polja ni terenskih eksperimentalnih podatkov o vrednostih koeficienta disperzije in o razlikah v hitrosti toka vode v različnih delih vodonosnika po njegovi vertikali.

Z izvedbo sledilnega poskusa naj bi ugotovili parametre globalnega toka, ki je vsota mnogih krajevnih prostorsko majhnih tokov vse do tokov na površini zrn sedimentov ali v drobnih razpokah kamnin. Pri vrednotenju poskus je treba glavne tokove ločiti od krajevnih. Enačbe fizikalnih procesov transporta snovi pod površjem veljajo le za snovi, ki pri transportu ne reagirajo s kamnino ali snovmi v poroznem prostoru. Za večino snovi, ki se transportirajo s podzemno vodo, pa ta poenostavitev robnih pogojev ne velja, zato je treba hkrati obravnavati transport snovi in reakcije, ki potekajo v poroznem prostoru. Pri sledilnih poskusih imamo redko možnost določiti prostorsko razporeditev oblaka sledila za določen čas po vnosu sledila, saj bi potrebovali za celotno območje enakomerno pokritje z zelo veliko opazovalnimi mesti. Na mestu opazovanja ugotavljamo odvisnost koncentracije sledila od časa (krivulja prehoda).

S sledilnim poskusom je mogoče določiti parametre transporta snovi in s tem ujemanje v modelu opisanih lastnosti transporta snovi, kot je na primer koeficient disperzije. Sledilni poskus je bil izveden v vodarni Hrastje, vendar lahko ob morebitnem ujemanju z večjo zanesljivostjo uporabimo rezultate tudi na zgornjem toku podzemne vode na Ljubljanskem polju, na območju, ki bo tudi v prihodnjih desetletjih temelj javne oskrbe s pitno vodo v Ljubljani.

4.2.1 NAČRTOVANJE SLEDILNEGA POSKUSA

Pri kombiniranem sledilnem poskusu na več lokacijah hkrati injiciramo več različnih sledil. Zaradi premajhnega poznavanja dinamike transporta snovi v vodonosniku Ljubljanskega polja je bil pred kombiniranim poskusom izveden še preliminarni sledilni poskus, katerega namen je bil pridobiti prve informacije o prenosu snovi in določiti disperzijo na ožjem območju vodarne Hrastje. Sledilo kalijev bromid je bilo injicirano v piezometer PH-3, ki je zelo blizu vodarne. Rezultati tega sledilnega poskusa so omogočali natančnejši izračun količine sledil, ki so bila uporabljena v glavnem kombiniranem sledilnem poskusu (fluorescentna sledila: uranin, tinopal; ter soli: bromid). Količina sledil je bila izračunana tako, da bi se izognili vplivom ozadja bromida v podzemni vodi in da bi v pitno vodo iz vodarne Hrastje prišle minimalne koncentracije sledil (za fluorescentna sledila nekaj 10 µg/l in za bromid 0,5 mg/l).

Pri kombiniranem sledilnem poskusu so bila sledila injicirana na širšem območju črpališča Hrastje, in sicer v opazovalne piezometre PH-3, PAC-7 in PAC-9 (vnos sledila direktno v zasičeno cono vodonosnika) in gramoznico Obrije (vnos sledila v nezasičeno cono vodonosnika). Vzorčenje je potekalo v piezometrih (PAC-7, PAC-6, PH-1, LP Obrije) in v opazovalnih vodnjakih MV-1, MV-2 in MV-3 ter vodnjakih vodarne Hrastje.

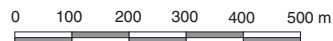
Preglednica 3: Podatki o injiciranju za posamezna injicirna mesta.

injicirno mesto	sledilo	količina sledila	datum injiciranja sledila	globina injiciranja	nivo podzemne vode	čas injiciranja
PAC-9	uranin	3 kg	21. 11. 2002	17,05 m	16,20 m	13.23
PAC-7	tinopal	10 kg	10. 2. 2003	14,70 m	13,90 m	11.25
PH-3	kalijev bromid	35 kg	21. 11. 2002	15,00 m	13,03 m	10.17
gramoznica Obrije	kalijev bromid in mikrosfere	60 kg in 10 ml	21. 11. 2002	na površini		11.07

Slika 25: Lokacije injiciranja sledil in vzorčevalnih vrtin za sledilni poskus v vodarni Hrastje.

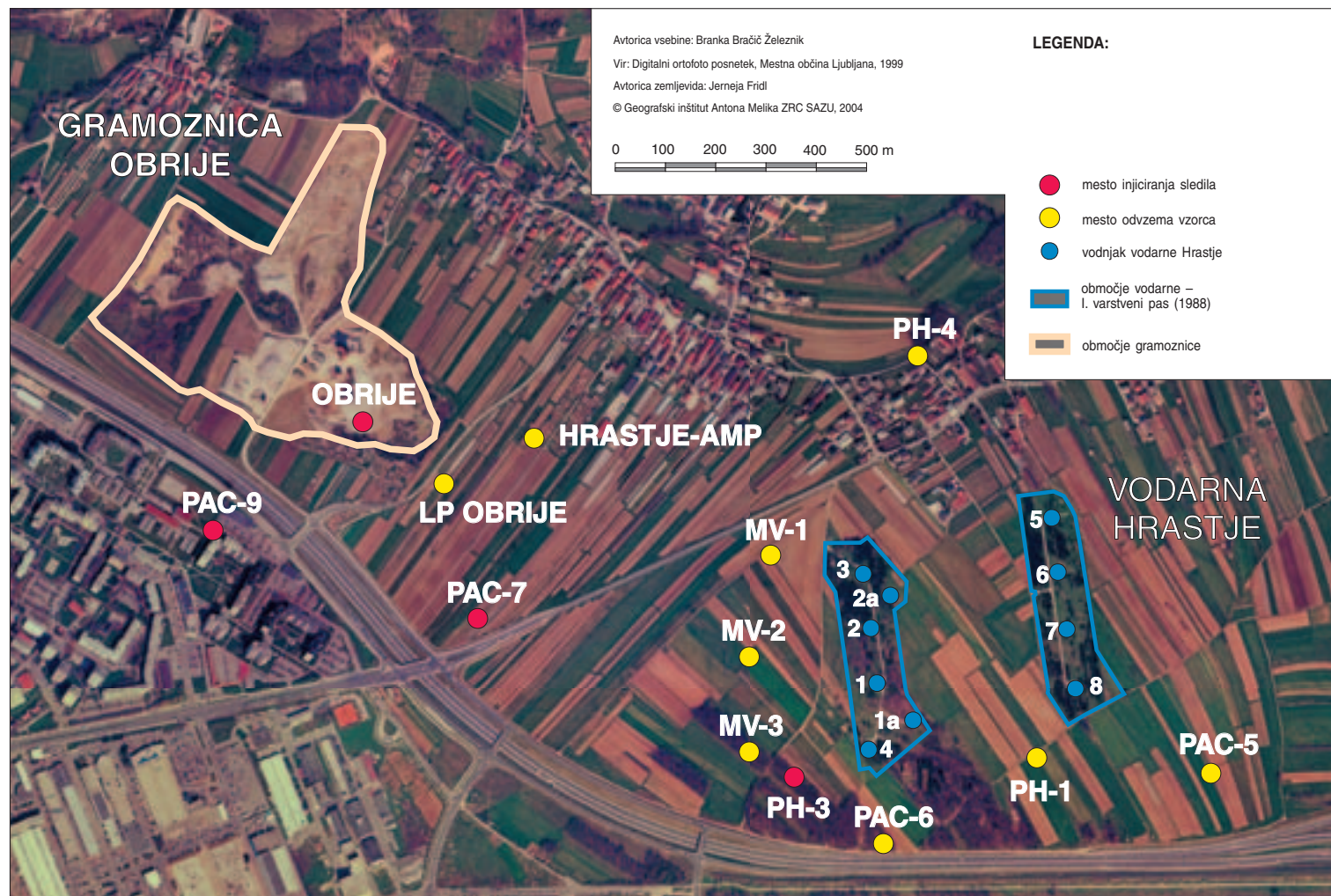


Avtorica vsebine: Branka Bračič Železnik
Vir: Digitalni ortofoto posnetek, Mestna občina Ljubljana, 1999
Avtorica zemljevida: Jerneja Fridl
© Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, 2004



LEGENDA:

- mesto injiciranja sledila
- mesto odvzema vzorca
- vodnjak vodarne Hrastje
- območje vodarne –
I. varstveni pas (1988)
- območje gramoznice



4.2.2 SLEDILA

Prednost uporabe **bromida** kot sledila je njegova majhna toksičnost in dobra mobilnost. Pri uporabi bromida je treba upoštevati naravno ozadje bromida v podtalnici, ki lahko vpliva na potrebno količino vnosa. Poleg tega je manj primeren za uporabo na območjih, kjer se pitna voda pripravlja z dezinfekcijo (kloriranje ali ozoniranje). Pri takšni obdelavi pitne vode iz bromida nastaja bromat z najvišjo dovoljeno koncentracijo v pitni vodi 10 µg/l.

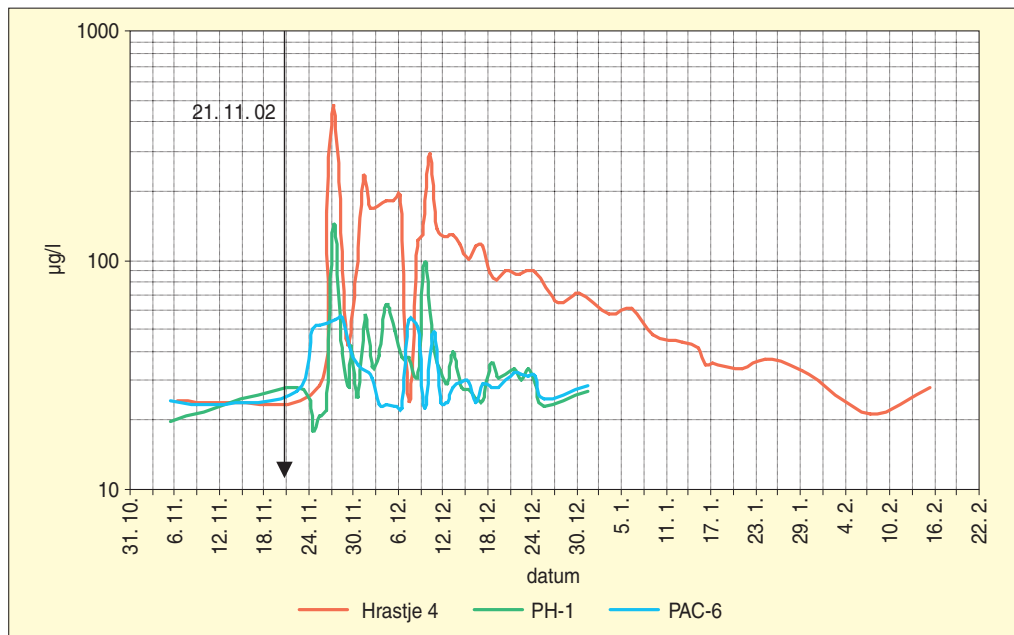
Na podlagi meritev vsebnosti bromida v podtalnici pred sledilnim poskusom je bilo ugotovljeno, da je bromid po podtalnici prostorsko predvidljivo razporejen. Povprečna koncentracija bromida na vzorčnih mestih na severu (MV-1) območja sledilnega poskusa je bila 10,5 µg/l, na sredini (MV-2) 14,7 µg/l in na jugu (MV-3) 21,4 µg/l. Koncentracija bromida pred poskusom je znašala med 10 in 25 µg/l. Standardni odmik (s) meritev ozadja za posamezno mesto je za MV-1 2,1 µg/l, za MV-2 1,7 µg/l in za MV-3 2,0 µg/l ter omogoča vrednotenje sprememb v koncentraciji bromida med sledilnim poskusom.

Sledovi bromida v podtalnici Ljubljanskega polja otežujejo izvedbo sledilnega poskusa s sledilom kalijevega bromida na večji razdalji. Tudi v vodarni Hrastje prihaja do sprememb v koncentraciji bromida. Zato je bilo v njej pred sledilnim poskusom ugotovljeno povprečno ozadje 20 µg/l bromida, po koncu sledilnega poskusa pa 16 µg/l. Po injiciranju kalijevega bromida v vrtino PH-3 na južnem delu območja sledilnega poskusa je bila ugotovljena v povprečju do desetkrat višja koncentracija bromida od ozadja, zato ni bilo težav z ovrednotenjem prehoda valov sledila. Prve sledi bromida so se pojavile najprej na vrtini PAC-6 (oddaljenost 210 m), nato pa skoraj sočasno v vodnjaku (oddaljenost 150 m) in v vrtini PH-1 (oddaljenost 440 m). Možna razlaga tega pojava je hitrejši tok podtalnice nedaleč od južnega roba vodarne Hrastje in prednostna smer potovanja vzporedno z reko Savo, to je od vrtine PH-3 proti vodnjaku. Bromid se je zato najprej razširil proti PAC-6, od koder ga je hitrejši tok podzemne vode odnašal proti vrtini PH-1. Hiter transport se je nadaljeval proti vrtini PAC-5 jugovzhodno od vodarne Hrastje (750 m od PH-3).

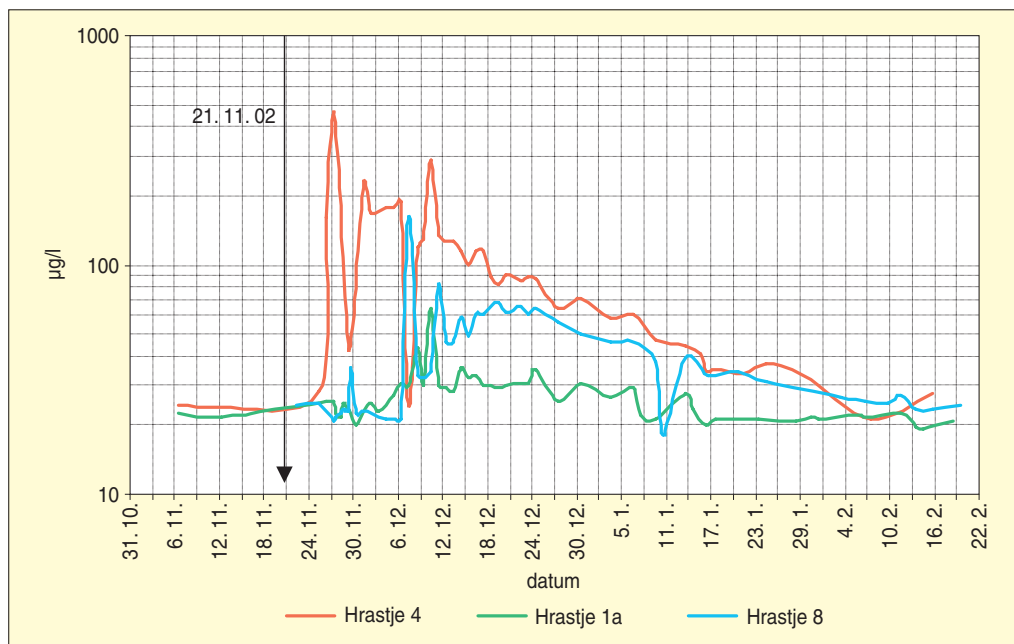


BOŠTJAN IVAČIČ

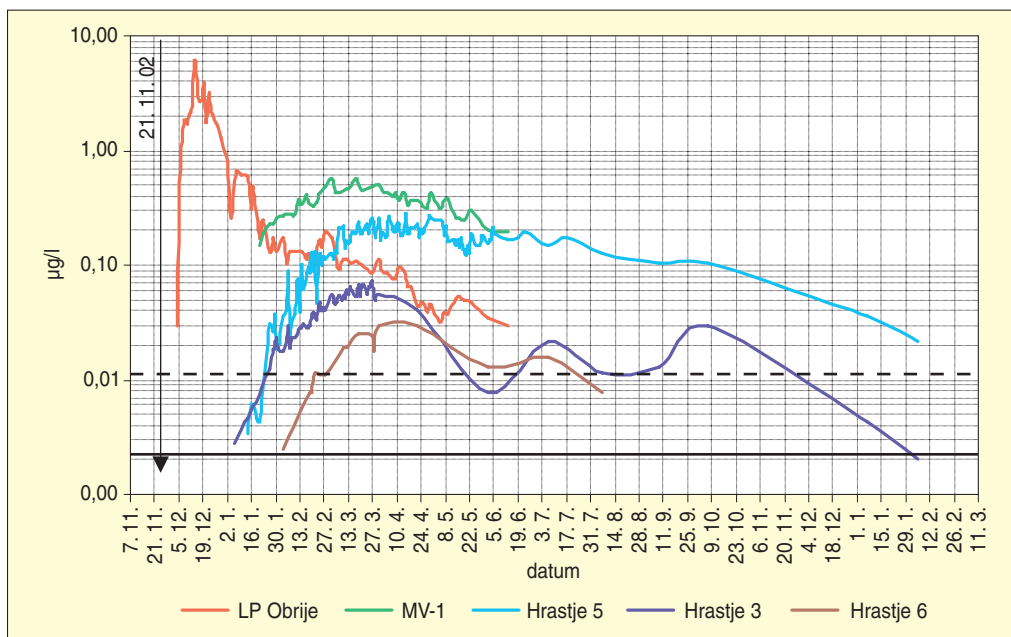
Slika 26: Priprava na vzorčenje podzemne vode za kombinirani sledilni poskus.



Slika 27: Koncentracija bromida v odvisnosti od časa v vodnjaku Hrastje 4, PH-1 in PAC-6 po injiciranju bromida v PH-3 (21. november 2002).



Slika 28: Koncentracija bromida v odvisnosti od časa v vodnjakih Hrastje 4, 1a in 8 po injiciranju bromida v PH-3 (21. november 2002).



Slika 29: Koncentracija uranina v odvisnosti od časa v LP Obrije, MV-1 in v vodnjakih Hrastje 3, 5 in 6 po injiciranju uranina v PAC-9 (21. 11. 2004; s prekinjeno vodoravno črto je označena meja zaznavnosti za uranin, vzorčen v vrtinah, in z neprekinjeno vodoravno črto za uranin, vzorčen v vodnjakih).

Zanimiva je tudi primerjava dogajanja v vodnjakih Hrastje 4, Hrastje 1a in Hrastje 8. V vodnjakih Hrastje 1a in Hrastje 8 so bile ugotovljene precej nižje koncentracije bromida kot v vodnjaku Hrastje 4. Transportni čas sledila med starim in novim nizom vodnjakov v vodarni Hrastje je na južnem delu vodarne približno 10 dni.

Povsem drugače je bilo na severu, kjer je bila injicirana raztopina kalijevega bromida pod površino gramoznice v nezasičeno cono vodonosnika Ljubljanskega polja. Tu na pričakovanih mestih ni bilo zaznati širjenja bromida v podzemno vodo. Možna vzroka sta dva: smer širjenja se je razlikovala od predvidene in/ali premajhna količina injiciranega sledila. V slednjem primeru injicirani bromid prekrije naravno ozadje zaradi počasnejšega in postopnega spiranja skozi nezasičeno cono in redčenja sledila v zasičeni coni. Ugotovimo lahko, da v LP Obrije in v vrtini PH-5 širjenja bromida, injiciranega v gramoznico Obrije, nismo opazili.

Raztopina **uranina** je bila 21. novembra 2002 injicirana v vrtino PAC-9 na severozahodnem delu območja sledilnega poskusa. Po pričakovanju je bilo ozadje uranina v podzemni vodi zelo nizko, zato je bilo mogoče doseči mejo detekcije 0,01 µg/l za odvzem v vrtinah in 0,002 µg/l za odvzem v vodnjakih vodarne Hrastje. To je povsem zadostovalo za natančno spremljavo širjenja uranina. Ugotovimo lahko, da je bilo mogoče širjenje uranina brez težav spremljati na razdalji do 1510 m, kjer je vodnjak Hrastje 5.

Od PAC-9 je bilo zaznati širjenje uranina proti LP Obrije. Nato je prišlo do zanimivega zasuk obla sledila proti severnemu robu vodarne Hrastje. Tako je bil uranin opažen najprej v MV-1 pred vodarno, nato pa v vodnjakih Hrastje 3 in 5 ter v zelo majhni koncentraciji tudi v vodnjaku Hrastje 6. Uranina ni bilo zaznati v vrtini PAC-7, kot je bilo pričakovati na podlagi rezultatov modela, in le v zelo majhni koncentraciji v vrtinah Hrastje-AMP pri gramoznici Obrije, v bližini LP Obrije. Lahko domnevamo, da se

oblak uranina ni širil proti vrtinam Hrastje-AMP, čeprav tega ne moremo nedvoumno dokazati, ker je bil optimalni čas za vzorčenje v teh vrtinah Hrastje-AMP nekoliko zamujen. Vzrok je dolgo zadrževanje uranina na prav vseh lokacijah na severnem delu območja sledilnega poskusa, kar pomeni, da bi lahko podobno dogajanje pričakovali tudi v vrtinah Hrastje-AMP. Januarja 2004 je bila v LP Obrije še vedno ugotovljena koncentracija uranina $0,49 \mu\text{g/l}$, sočasno pa v najplitvejši vrtini Hrastje-AMP $0,016 \mu\text{g/l}$. Sklepamo lahko, da je razmerje koncentracije uranina v LP Obrije proti Hrastju-AMP zelo podobno razmerju vodnjakov Hrastje 5 proti 6. V obeh primerih je prišlo na zelo kratki razdalji do ostre porazdelitve uranina. V prihodnosti bo treba tezo preveriti z dodatnim sledilnim poskusom.

Poleg ugotovljene ostre diferenciacije med lokacijami na območju sledilnega poskusa je bil ugotovljen tudi precejšen čas zadrževanja uranina oziroma dolg rep krivulje prehoda po prehodu glavnega vala. Ta rep je v vodarni Hrastje 5 vztrajal vse do februarja 2004 ($0,021 \mu\text{g/l}$).

Kot zadnje sledilo je bil 10. februarja 2003 v vrtino PAC-7 injiciran **tinopal CBS-X**, katerega širjenja ni bilo zaznati. Vzroka sta lahko dva: majhna mobilnost tinopala ali/ in slaba prehodnost sten opazovalnega piezometra PAC-7, kjer je bil februarja 2004 še vedno prisoten zaostali tinopal. Brez dopolnilnega sledilnega poskusa ni mogoče ugotoviti, kateri razlog (ali oba) je bil odločilen.

4.2.3 MODELIRANJE REZULTATOV SLEDILNEGA POSKUSA

Vrednotenje sledilnih poskusov je rešitev inverznega problema, saj parametre transporta določimo iz izmerjene krivulje prehoda. Matematično vrednotenje krivulj prehoda sledilnih poskusov je mogoče z analitskimi ali numeričnimi postopki. Analitsko vrednotenje krivulje prehoda je bilo izvršeno z advekcijsko-disperzijskim modelom. Izračun transportnih parametrov je bil izveden tudi z umerjenim matematičnim modelom podtalnice Ljubljanskega polja.

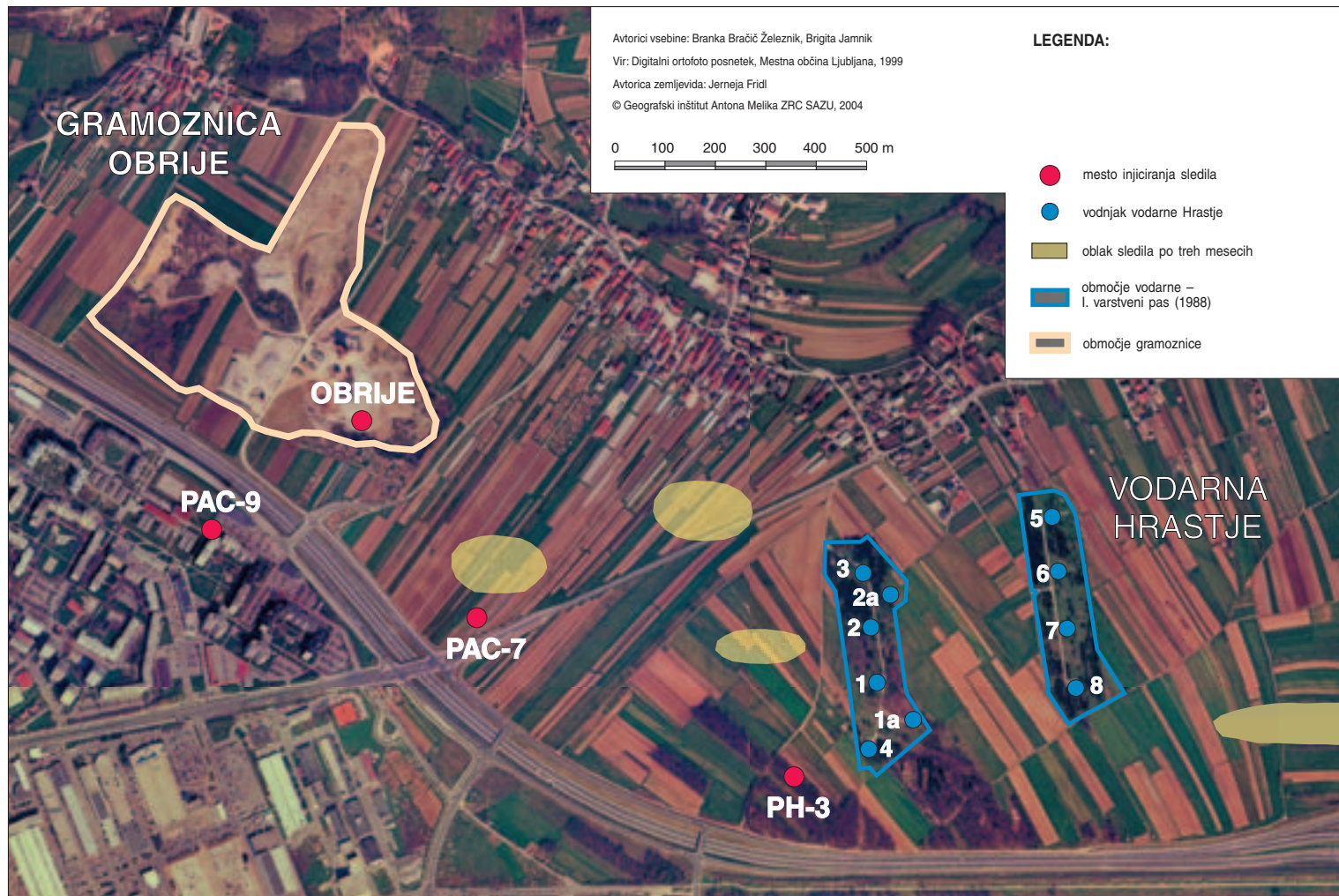
Parametri transporta so izračunani z analitsko metodo po Maloszewskem (Werner 1998). Izračun je izveden z advekcijsko-disperzijskim modelom MDM-DM, ki predpostavlja uniformni laminarni tok in Fickov zakon (kontinuum). Rezultati, izračunani z analitsko metodo, so transportni parametri: srednji čas prehoda (t_a [h]) in srednja hitrost (v_a [h]), koeficient hidrodinamične disperzije (D [m^2/h]) in longitudinalna disperzivnost (a [m]) s tokom. V našem primeru je zaradi prevladujoče komponente toka v horizontalni smeri longitudinalna disperzija D_l in longitudinalna disperzivnost a_l . Izračunani srednji čas in hitrost toka sta zaradi nesimetričnosti krivulje prehoda in večje disperzije večji od dominantnega časa in dominantne (maksimalne) hitrosti, ugotovljene neposredno iz krivulje prehoda. Izračunana krivulja prehoda z advekcijsko-disperzijskim modelom je za večino vzorčevalnih mest izračunana z multidisperzijskim modelom (MDM-DM). Rešitev multidisperzijskega modela sestoji iz več med seboj prekrivajočih krivulj prehoda posameznih tokovnih poti.

Pri injiciranju bromida v PH-3 je na podlagi meritev v vodnjaku vodarne Hrastje 4 disperzivnost pri preliminarnem poskusu znašala $5,5 \text{ m}$ oziroma koeficient disperzije $160 \text{ m}^2/\text{dan}$, pri ponovitvi v okviru kombiniranega sledilnega poskusa pa je disperzivnost znašala 20 m oziroma koeficient disperzije $400 \text{ m}^2/\text{dan}$. Vzrok za razlike so drugačne črpalne razmere v vodarni Hrastje med obema poskusoma in v različnih hidroloških pogojih injiciranja.

Pri injiciranju uranina v PAC-9 je disperzivnost, izračunana iz krivulje prehoda v LP Obrije, 6 m oziroma je koeficient disperzije $100 \text{ m}^2/\text{dan}$, v vodarni Hrastje pa od 50 do 90 m oziroma je koeficient disperzije $400\text{--}700 \text{ m}^2/\text{dan}$. Iz rezultatov je razvidno, da disperzija narašča z večanjem migracijske poti.

Sledilni poskus na območju vodarne Hrastje je doslej edini tovrstni eksperiment v realnem okolju na vodnih virih mesta Ljubljane. Vzroke, da sledilni poskusi kljub njihovi uveljavljenosti v svetu na sicer intenzivno preiskovanem vodonosniku Ljubljanskega polja doslej niso bili izvajani, lahko poiščemo predvsem v visokih stroških, zahtevnosti izvedbe sledilnih poskusov in tudi v nelagodju pred nepredvidljivimi dogajanjem v vodonosniku, ki bi, če se poskus izvaja na prispevnem območju vodarne, lahko ohromili javno oskrbo s pitno vodo.

Do izvedbe poskusa je tako prišlo šele po uveljavitvi matematičnega modela podtalnice. V nasprotnem primeru bi rezultati poskusa nedvoumno opazno vplivali tudi na potek kalibracije matematičnega



Slika 30: Simulacija lege oblaka sledila iz piezometrov PH-3, PAC-9 in PAC-7 ter gramoznice Obrije po treh mesecih po začetku poskusa.

modela. Primerjava teoretičnega in realnega eksperimenta nam pove, koliko lahko matematičnemu orodju zaupamo tudi pri iskanju odgovorov na druga vprašanja. Primerjava izračunanih in izmerjenih vrednosti namreč dokazuje, da je matematično orodje dovolj zanesljivo za napoved krajevnih dogajanj v vodonosniku, kar je precej pomemben dokaz za zanesljivo uporabo matematičnega modela tudi v regionalnem merilu.

Modeliranje je bilo izvedeno s programskim orodjem MIKE SHE in temelji na že izdelanem krajevnem hidrološkem modelu okolice vodarne Hrastje, ki je del regionalnega hidrološkega modela na Ljubljanskem polju. Krajevni model ima celice dimenzij 25 m krat 25 m in šest računskih plasti, od katerih pomenita prva in druga plast nenasičeno cono, tretja pa je razdeljena na štiri vodonosne plasti z enakimi karakteristikami. Druga plast pomeni konglomeratno plast z relativno visoko horizontalno prepustnostjo v primerjavi z vertikalno.

Modeliranje je potekalo že med preučevanjem možnih izvedljivih scenarijev za izvedbo poskusa in rezultati modeliranja so bili uporabljeni tudi za določitev vhodnih količin sledil. Pričakovano je bilo, da je vpliv različnih vodnih stanj faktor, ki poleg črpanih količin in narave sledila ter narave vodonosnika najbolj vpliva na dinamiko širjenja onesnaženja. Primerjava različnih vodnih stanj, v katerih je potekal teoretični eksperiment, kaže, da nizko vodno stanje na območju vodarne Hrastje povzroči širjenje sledil, injiciranih zahodno od vodarne, nekoliko južneje kot v visokem vodnem stanju. Iz primerjave hitrosti potovanja oblaka je razvidno, da je le-ta ob visokem vodnem stanju nekoliko višja. Razredčenja so v prvem mesecu sledilnega poskusa primerljiva med različnimi vodnimi stanji, nato pa se razlika stopnjuje. Razlika v legi oblaka v smeri sever–jug med različnimi vodnimi stanji se povečuje s časom trajanja sledilnega poskusa. Matematični model tudi napoveduje, da se v nizkem vodnem stanju sledilo v vodonosniku zadržuje dalj časa.

Rezultati izračunov matematičnega modela kažejo, da je vpliv črpanja na dinamiko širjenja onesnaženja na širšem prispevnem območju manjši, kot je bilo pričakovano. Vzrok lahko poiščemo v relativno velikem pretoku podzemne vode skozi profil vodarne Hrastje, saj je ta v profilu od struge reke Save do Ljubljane ocenjen na okrog 3 m³. Iz tega razloga količin črpanja, uporabljenih v modeliranju, nismo pretvorili v realne črpane količine med sledilnim poskusom. Količine črpanja pa bistveno vplivajo na zadrževalni čas v samem črpališču.

Model ni validiran za časovno obdobje, v katerem je potekal sledilni poskus, zaradi česar se v simulacijah poslužujemo uporabe validiranih časovnih obdobij, za katere so vodna stanja primerljiva z realnimi. To za primerjavo eksperimentalnih meritev s teoretičnimi povsem zadošča. Razširjanje sledila je bilo v modelu simulirano z enkratnim vnosom sledila v zasičeno cono vodonosnika. Pri modeliranju nista bili upoštevani disperzija in degradacija sledila. Uporabljena vrednost efektivne poroznosti je 0,15. Za posamezna injicirna mesta so bile uporabljene vhodne količine sledil v obliki časovnega niza na dan vnosa v zasičeno cono (g/s).

Na sliki so prikazani rezultati simulacije za vsa štiri injicirna mesta, to je piezometre PH-3, PAC-9 pa tudi PAC-7 in gramoznico Obrije po treh mesecih po začetku sledilnega poskusa, čeprav izračunov simulacij z zadnjih dveh ne moremo primerjati z eksperimentalnimi rezultati.

Sledilo iz piezometra PAC-9 je po dobrih štirih mesecih oplazilo severni del vodarne Hrastje, kar je primerljivo z maksimumom eksperimentalno določene koncentracijske odvisnosti od časa, vendar ni napovedalo prihoda v LP Obrije in vodnjak Hrastje 5, kjer je bilo sledilo tudi opaženo. Sledilo je navidezno potovalo v smeri zahod–vzhod in ne izrazilo proti severovzhodu kot sledi iz rezultatov sledilnega poskusa. Sledilo se je sicer v majhnih koncentracijah v vodarni pojavilo že dva meseca pred maksimumom, česar model z obstoječimi vgrajenimi parametri ni opisal.

Po doslej opravljenih izračunih z upoštevanjem koeficienta disperzije in zmanjšanjem vrednosti poroznosti povzročimo pospešitev oblaka sledila, vendar omenjeni parametri ne vplivajo na spremembo poti širjenja sledila. Največji vpliv na spremembo poti širjenja onesnaženja v izračunu bi imelo upoštevanje

različnih hidrogeoloških lastnosti posameznih plasti vodonosnika pa tudi spremenjena intenziteta infiltracije reke Save v neposredni bližini vodarne Hrastje, kar zahteva novo kalibracijo modela.

Za injicirno mesto PH-3 velja tudi, da so eksperimentalne hitrosti opazovanega sledila višje od teoretičnih, koncentracijsko območje pa je istega velikostnega reda, kot je videno v eksperimentu. V vodnjaku Hrastje 4, ki je mestu PH-3 najbližje, je bil maksimum opažen že po šestih dneh, v teoretičnem eksperimentu z upoštevanjem vrednosti longitudinalne disperzivnosti 10 m, torej koeficient istega reda velikosti, kot je bil pridobljen z obdelavo eksperimentalnih podatkov. Vključitev disperzije v skladu s pričakovani povzroči nekoliko hitrejši pojav sledila na opazovanem mestu, vendar nižjo maksimalno zabeleženo koncentracijo. Rezultati tudi dokazujejo, da sledilo hitreje dospe do opazovalnega mesta pri nižji poroznosti (0,1), odvisnost koncentracije od časa pa kaže nekoliko ožji maksimum, kar povzroči višjo najvišjo izračunano koncentracijo.

4.2.4 KONČNA INTERPRETACIJA REZULTATOV SLEDILNEGA POSKUSA

S sledilnimi poskusi je bila na južnem območju vodarne Hrastje ugotovljena dominantna hitrost (hitrost najvišje koncentracije sledila) okrog 20 m/d. Vsa sledila kombiniranega poskusa so pokazala dominantno hitrost (hitrost pojava najvišje koncentracije sledila) v razponu 10 do 20 m/d in maksimalno hitrost (hitrost prvega pojava sledila) v razponu 15 do 70 m/d. Slednja ima velik razpon, saj je pogosto težko določiti, kdaj se je sledilo prvič pojavilo.

Poskus z uraninom je pokazal na ostro diferenciacijo med lokacijami na območju sledilnega poskusa in precejšen čas zadrževanja uranina. Ugotovljene lastnosti vodonosnika na območju vodarne Hrastje se potrjujejo tudi z meritvami porazdelitve organskih onesnaževal po vodarni, ki so zelo ostre. Ta pojav je z vidika oskrbe s pitno vodo ugoden, ker omogoča začasno spremembo režima obratovanja vodarne Hrastje z bistvenim znižanjem vnosa organskih onesnaževal v vodovodno omrežje.

Primerjava teoretičnih izračunov z eksperimentalnimi rezultati je pokazala, koliko je moč rezultatom sedanjega matematičnega modela zaupati in kateri parametri najbolj vplivajo na rezultate izračuna. Ugotovljeno je bilo, da je območje vodarne Hrastje kljub velikemu številu piezometrov z znanimi geološkimi profili in hidrogeološkimi lastnostmi vodonosnika v teh točkah še vedno precejšnja neznanka. Iz tega razloga ni realno pričakovati, da bo matematično orodje vedno natančno simuliralo razmere na terenu. Na podlagi teh ugotovitev že tečejo priprave za ponovno kalibracijo in validacijo matematičnega modela podzemne vode Ljubljanskega polja z vključitvijo obdobja zadnjih nekaj let.

Kombinirani sledilni poskus je bil v bistvu prvi sledilni poskus na Ljubljanskem polju. Bil je relativno uspešen, saj so bile pridobljene značilne krivulje prehoda sledil, poleg tega pa koncentracije niso presegle maksimalne ciljne koncentracije v bližini vodarne Hrastje (za fluorescentna sledila nekaj 10 µg/l in za bromid 0,5 mg/l). Za boljše poznavanje transportnih procesov bi bilo treba izvesti še več poskusov, in sicer z injiciranjem v visokem, nizkem in srednjem vodnem stanju.

Kombinirani sledilni poskus je potrdil, da je zgradba vodonosnika Ljubljanskega polja zelo kompleksna in vertikalno stratificirana. Vzrok za drugačno smer potovanja uranina od predvidene so lahko plasti konglomerata, ki imajo dvojno vlogo: zakrasele konglomeratne plasti pomenijo hitre bolj ali manj vertikalne odvodnike, saj je lahko hitrost večja kot v okoliškem sedimentu, ali pa ravno nasprotno: kompaktni konglomerati so neprepustne bariere, po kateri potuje sledilo bolj ali manj v horizontalni smeri. Iz tega vidika je zgradba Ljubljanskega polja še precej neraziskana, zato bi bile potrebne usmerjene geofizikalne raziskave, ki bi razjasnile marsikatero tovrstno neznanko.

4.3 UGOTAVLJANJE IZVORA PODZEMNE VODE Z UPORABO STABILNIH IZOTOPOV

V vodonosniku Ljubljanskega polja prihaja do mešanja podzemnih vod iz dveh virov (Drobne s sodelavci 1997): prva komponenta izhaja iz reke Save, ki zateka v vodonosnik na kontaktu s prodnimi sedimenti, druga komponenta pa je padavinska voda, ki se infiltrira v Ljubljanskem polju.

Glavni cilj izotopskih raziskav je bil ugotoviti, kolikšen je delež posameznih virov napajanja podzemne vode Ljubljanskega polja. Za ugotavljanje hidrogeoloških razmer v vodonosniku je bil izbran stabilni izotop kisik-18. Stabilne izotope v hidrogeoloških raziskavah uporabljamo kot naravno sledilo, s katerim je mogoče ugotavljati procese v vodonosnikih. Ker se sestava stabilnih izotopov v podzemni vodi v večini primerov ne spreminja, so idealni za ugotavljanje dinamike obnavljanja vode v podzemnih vodonosnikih, območij napajanja ter kvantifikacijo mešalnih razmerij v podzemni vodi.

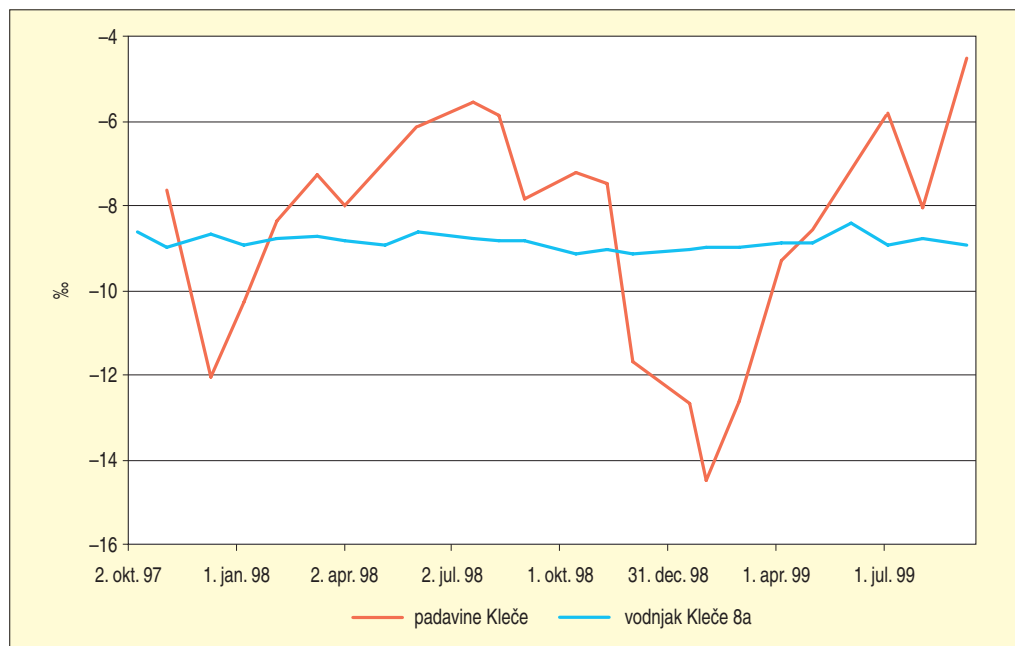
Izotopska sestava kisika v vodi je odvisna od nadmorske višine terena, na katerem so se infiltrirale padavine. Ker ima reka Sava v primerjavi z Ljubljanskim poljem drugačno nadmorsko višino zaledja, lahko pričakujemo določeno razliko v izotopski sestavi obeh vhodnih komponent podzemne vode Ljubljanskega polja, kar je osnova za ugotavljanje deležev mešanja.

Vzorčevanja za izotopske analize podzemnih vod so potekala v vodnjakih vseh štirih vodarn Ljubljanskega polja: Kleče, Šentvid, Hrastje in Jarški Brod. Izotopska sestava kisika v vodi je bila izmerjena z metodo izotopskega uravnovežanja med vodo in ogljikovim dioksidom ob konstantni temperaturi. Meritve izotopske sestave kisika v vodi so bile opravljene z masnim spektrometrom Varian Mat 250 na Inštitutu Jožef Stefan v Ljubljani. Rezultati izotopskih analiz so podani v promilih glede na mednarodni standard SMOW.

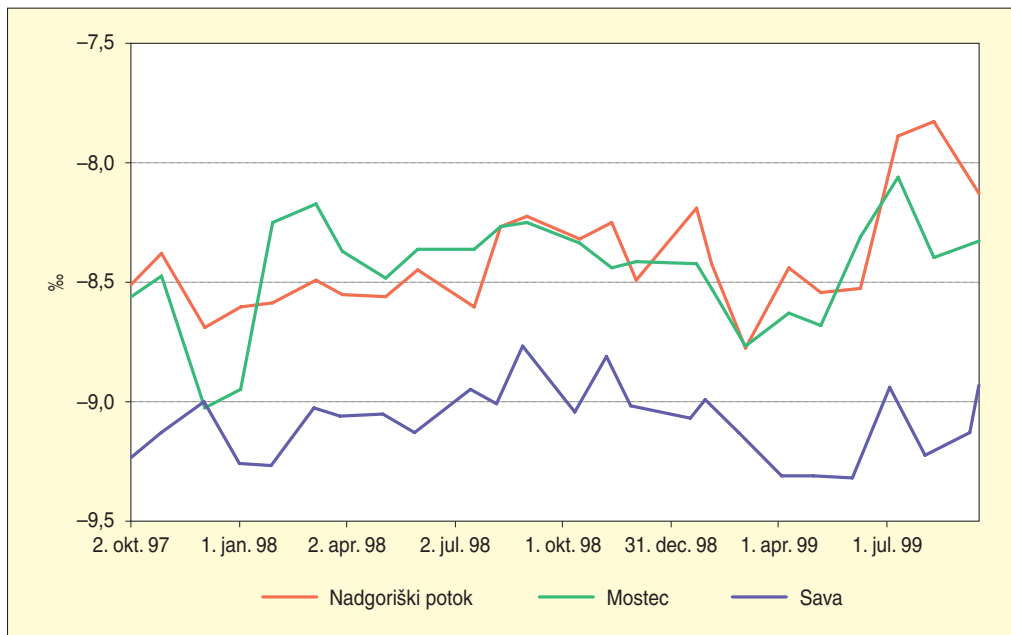
4.3.1 IZOTOPSKA SESTAVA VHODNIH KOMPONENT

Za kvantifikacijo mešalnih deležev v podzemni vodi je treba poznati izotopsko sestavo obeh vhodnih komponent: izotopsko sestavo krajevnih padavin na Ljubljanskem polju ter izotopsko sestavo reke Save (Urbanc, Jamnik 1998).

Vzorčevalnik za ugotavljanje izotopske sestave kisika v padavinah je bil lociran v vodarni Kleče. Zasnovan je tako, da preprečuje evaporacijo padavinskega vzorca, kar bi lahko vplivalo na njegovo izotopsko sestavo. Med raziskavo so bile vzorčevane kumulativne padavine približno en mesec.



Slika 31: Izotopska sestava kisika v padavinah Ljubljanskega polja in v vodnjaku Kleče 8a v obdobju 1997–1999.



Slika 32: Izotopska sestava kisika v primerjalnih vodotokih.

Spremembe izotopske sestave padavin so bile dokaj tipične za naše podnebne razmere. V zimskem času so bile izrazito negativne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ padavin. Najbolj negativno izotopsko sestavo so imele padavine v decembru, ko je bila izmerjena vrednost $\delta^{18}\text{O} - 12\text{‰}$. Po zimskem minimumu so bile padavine vse bolj obogatene s težjim kisikovim izotopom ^{18}O , tako da je bil v juliju pozitiven maksimum izotopske sestave približno $-5,5\text{‰}$. Med celotnim opazovanjem je bila tako izmerjena amplituda izotopskega padavinskega signala več kot 6‰ .

Če primerjamo spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Kleče 8a, vidimo, da prihaja v vodonosniku do močne homogenizacije izotopske sestave vode, kar je posledica mešanja padavinskih vod z vodo, ki je bila predhodno vskladiščena v vodonosniku.

Drugi parameter, ki je bil uporabljen za ugotavljanje izotopske sestave krajevne infiltracije na Ljubljanskem polju, je bila izotopska sestava dveh manjših potokov na obrobju Ljubljanskega polja. Izkušnje pri uporabi izotopov namreč kažejo, da so potoki z majhnimi zaledji znane nadmorske višine zaradi svoje homogenizirane izotopske sestave lahko dober indikator povprečne izotopske sestave krajevnih padavin (Markič s sodelavci 1991).

Pri izbiri tovrstnih izotopskih reperjev je treba paziti, da je nadmorska višina njihovega zaledja čim bližje nadmorski višini zaledij opazovanih voda, saj bi v nasprotnem primeru zaradi višinskega izotopskega efekta lahko prišlo do prevelikih razlik v izotopski sestavi. Zato je bil kot prvi izotopski reper izbran Nadgoriški potok, katerega zaledje je Soteški hrib pri Nadgorici z višino 405 m. Drugi izotopski reper je potok v Mostecu, ki izvira pod Šišenskim hribom; njegova največja nadmorska višina zaledja znaša 429 m.

Potok v Mostecu in tudi Nadgoriški potok imata dokaj podobne izotopske značilnosti. Srednji vrednosti izotopske sestave kisika prek opazovanega obdobja se v obeh potokih gibljeta okoli $-8,5\text{‰}$. Oceno izotopske sestave reke Save kot druge komponente smo dobili na podlagi vzorčevanja Save ob mostu v Tacnu. Nihanje izotopske sestave reke Save je močno dušeno, saj znaša letna amplituda približno $0,5\text{‰}$. Najbolj negativne vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ je imela reka Sava v zimskem obdobju, izotopski maksimum je konec poletja.

4.3.2 SPREMEMBE IZOTOPSKE SESTAVE KISIKA V PODZEMNI VODI

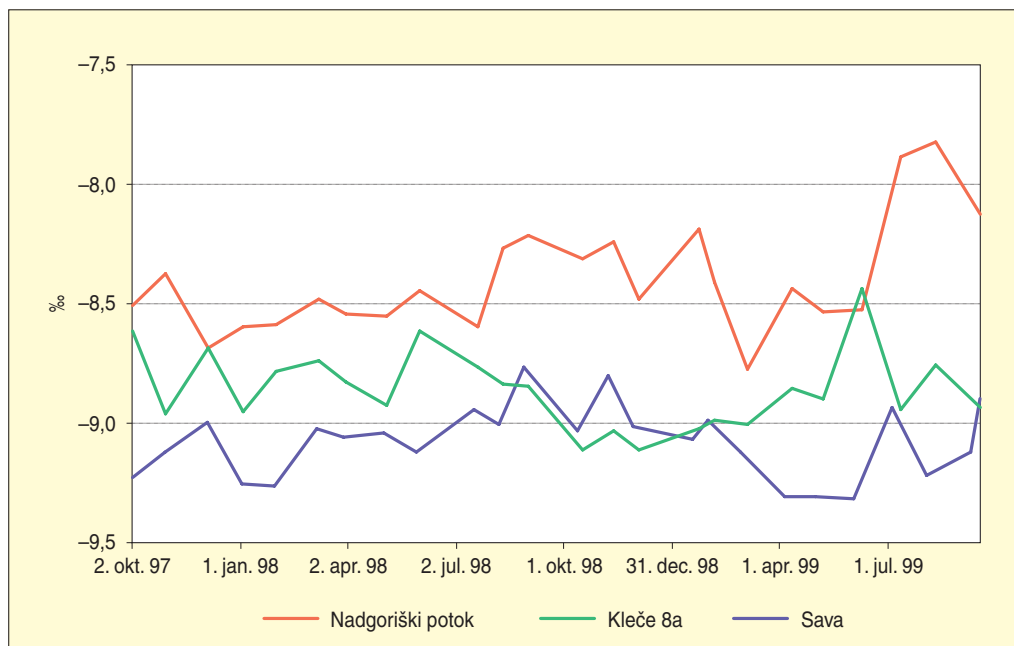
V vodnjaku Kleče 8a imamo opraviti z močno dušenim izotopskim signalom, saj njegova amplituda ne doseže niti 0,5 ‰. V poteku krivulje izotopske sestave kisika ni zaslediti izrazitejših sezonskih efektov.

Za primerjavo smo prikazali tudi spremembe izotopske sestave dveh izotopskih reperjev, reke Save in Nadgoriškega potoka. Iz slike je razvidno, da se krivulja izotopske sestave vode v vodnjaku Kleče 8a večinoma giblje približno v sredini med krivuljama obeh primerjalnih vodotokov. Izotopska sestava kisika v vodi nizkotemperaturnih vodonosnikov se pravzaprav spreminja le zaradi mešanja z vodami drugačne izotopske sestave, zato lahko ocenimo, da v vodnjaku Kleče 8a komponenti savske vode in krajevno infiltriranih padavin nastopata v približno enakih deležih.

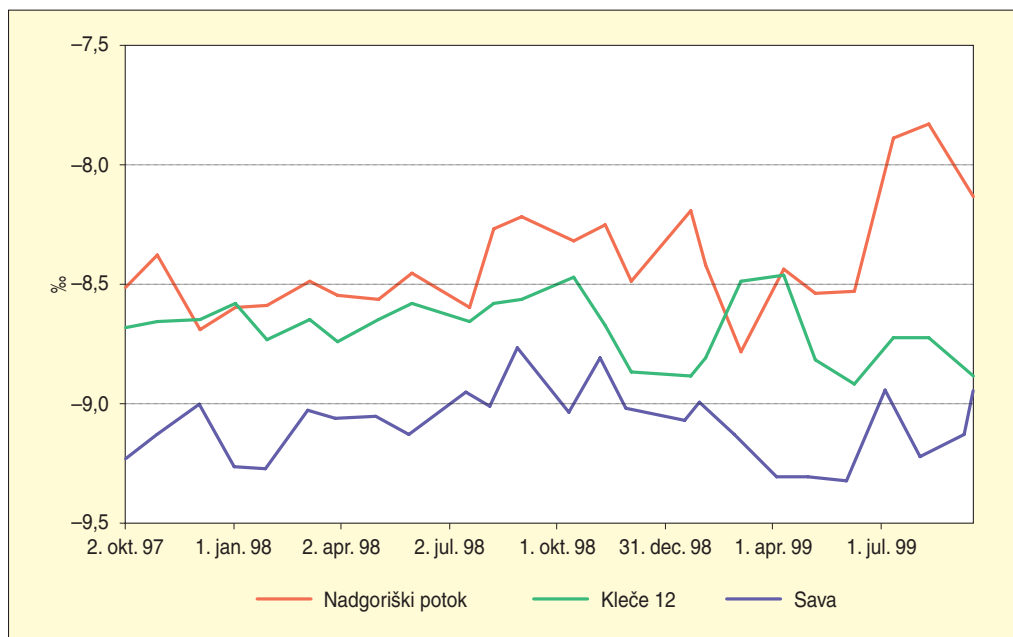
Spremembe izotopske sestave v vodnjaku Kleče 12 kažejo, da gre za zelo izotopsko homogenizirano vodo, še celo bolj kot v vodnjaku Kleče 8a. V vodnjaku Kleče 12 je večina vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ pomaknjena bolj v pozitivno smer. Te vrednosti kažejo, da imamo opraviti z vodo, v kateri je večji delež krajevnih padavinske infiltracije z območja Ljubljanskega polja.

Drugi opazovani vodnjaki imajo dokaj različne značilnosti izotopske sestave; v nekaterih bolj prevladuje padavinska voda, ki se je infiltrirala na samem Ljubljanskem polju, v drugih vodnjakih pa je večji delež komponente vode reke Save. V tem pogledu je še posebej zanimiv vodnjak Jarški Brod 1, katerega izotopska sestava kisika je skoraj enaka izotopski sestavi kisika reke Save. Torej se v tem vodnjaku pojavlja skoraj samo savska voda, pravzaprav brez primesi vode krajevnih padavin. Takšen rezultat je povsem logičen, saj je vodnjak lociran v bližini reke Save.

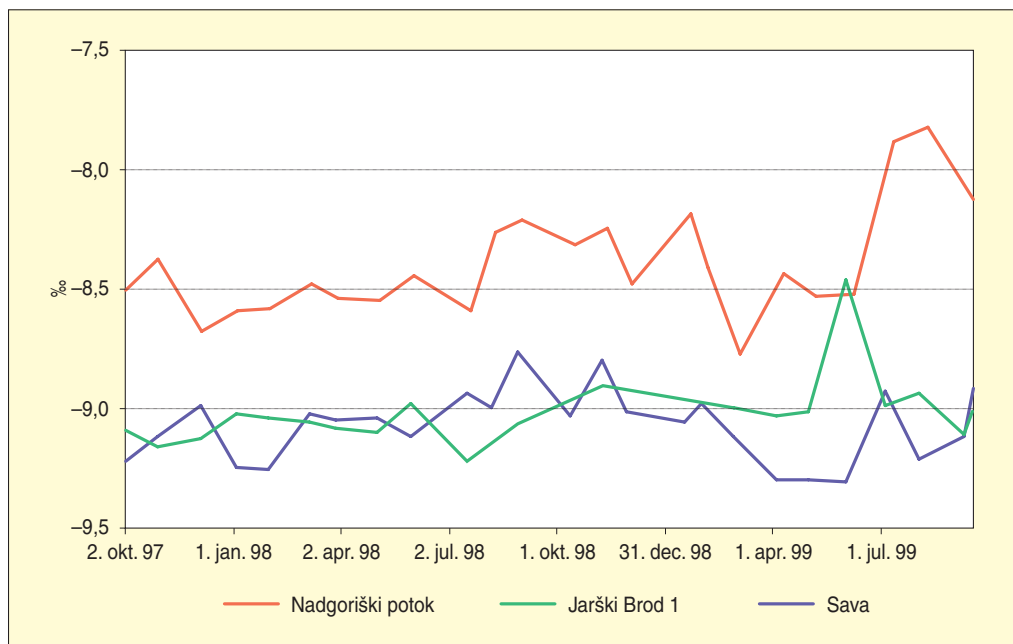
Izotopska sestava vode iz vodnjaka Hrastje 1a se večinoma giblje približno v sredini med izotopsko sestavo Nadgoriškega potoka in reke Save. Takšen rezultat nakazuje, da imamo v tem primeru opraviti s približno enakimi deleži vode reke Save in krajevnega napajanja.



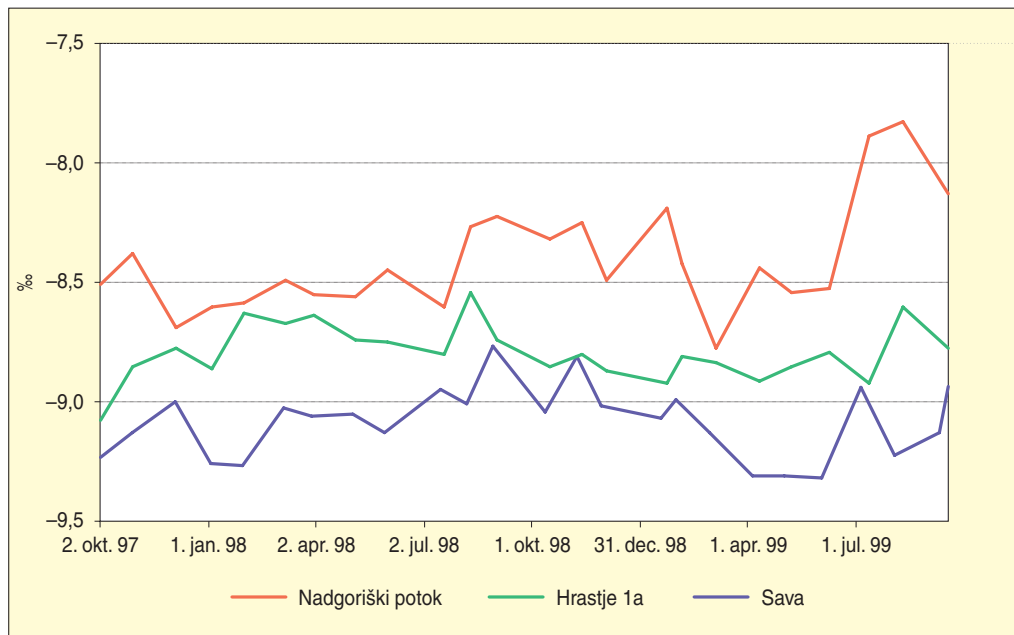
Slika 33: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Kleče 8a v primerjavi s površinskima vodotokoma.



Slika 34: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Kleče 12 v primerjavi s površinskima vodotokoma.



Slika 35: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Jarški Brod 1 v primerjavi s površinskima vodotokoma.



Slika 36: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Hraščje 1a v primerjavi s površinskima vodotokoma.

4.3.3 IZRAČUN DELEŽEV MEŠANJA V PODZEMNI VODI

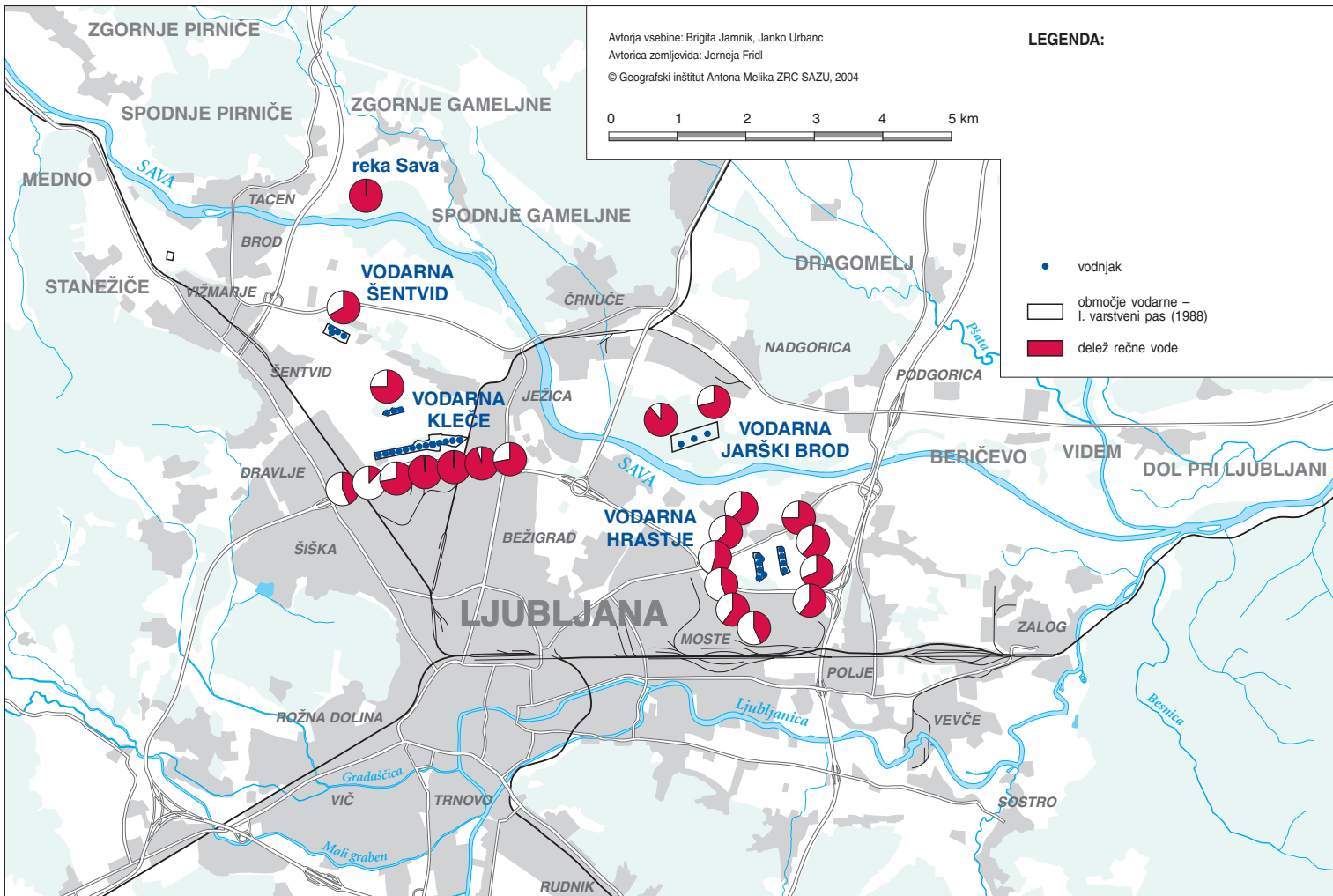
Na območju Ljubljanskega polja se podzemna voda napaja iz dveh virov: z zatekanjem reke Save v peščeno-prodni vodonosnik in z infiltracijo padavin, ki padejo na Polje. Podzemna voda je torej mešanica voda iz obeh navedenih virov. Pri mešanju voda iz dveh različnih virov lahko zapišemo enačbo izotopske masne bilance: $\delta^{18}\text{O}_{\text{SK}} \cdot V_{\text{SK}} = \delta^{18}\text{O}_{\text{SAVA}} \cdot V_{\text{SAVA}} + \delta^{18}\text{O}_{\text{PAD}} \cdot V_{\text{PAD}}$, pri čemer je $\delta^{18}\text{O}_{\text{SK}}$ izotopska sestava mešanice voda, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SAVA}}$ izotopska sestava reke Save, $\delta^{18}\text{O}_{\text{PAD}}$ izotopska sestava krajevnih padavin, V_{SK} skupni volumen mešanice, V_{SAVA} volumski delež vode reke Save in V_{PAD} volumski delež krajevnih padavin.

Če sprejmemo, da je skupni volumen mešanice 1, iz zgornje enačbe lahko izpeljemo volumski delež reke Save z naslednjo formulo: $V_{\text{SAVA}} = (\delta^{18}\text{O}_{\text{SK}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{PAD}}) : (\delta^{18}\text{O}_{\text{SAVA}} - \delta^{18}\text{O}_{\text{PAD}})$.

Ker ob posameznih meritvah lahko pride do večjih ali manjših nihanj, bodisi zaradi analitskih napak ali tudi fluktuacij v naravnem sistemu, je za izračun deležev bolj smiselno vzeti podatke o povprečni

Preglednica 4: Izračunani deleži vode reke Save v podzemni vodi Ljubljanskega polja.

vodnjak	delež vode reke Save	vodnjak	delež vode reke Save
Kleče 4	93 %	Šentvid 2a	61 %
Kleče 6	89 %	Hraščje 1a	48 %
Kleče 8a	55 %	Hraščje 5	67 %
Kleče 11	19 %	Hraščje 8	63 %
Kleče 12	29 %	Jarški Brod 1	100 %
Kleče 14	67 %	Jarški Brod 3	81 %
Kleče 15	65 %		



izotopski sestavi vode iz določenega vodnjaka čez celotno opazovalno obdobje. Za izračun so bili vzeti sledeči vhodni podatki: $\delta^{18}\text{O}_{\text{SAVA}} = -9,07\text{‰}$ in $\delta^{18}\text{O}_{\text{PAD}} = -8,47\text{‰}$.

Rezultati v preglednici kažejo, da se delež vode reke Save spreminja od 19-odstotnega deleža v vodnjaku Kleče 11 do 100-odstotnega deleža v vodnjaku Jarški Brod 1. V rezultatih izotopskih analiz se nekoliko odslikava prostorski razpored vodnjakov v posameznih vodarnah. V podzemnem toku osrednjega dela vodarne Kleče, v katerem močno prevladuje voda reke Save, v bolj obrobni vodnjaki pa najdemo večji delež krajevnih padavin. Tudi v vodarni Hrastje se pojavljajo določene razlike v deležih posameznih komponent podzemne vode. Vodnjaka Hrastje 5 in 8 imata večji delež vode reke Save, v vodnjaku Hrastje 1a pa bolj prevladuje krajevna infiltracija padavin Ljubljanskega polja. Za ugotovitev vzrokov teh razlik bi bilo treba imeti na razpolago podatke o srednji vrednosti $\delta^{18}\text{O}$ tudi iz drugih vodnjakov vodarne Hrastje. V vodarni Jarški Brod do razlike med deleži komponent očitno prihaja zaradi različne oddaljenosti vodnjakov od struge reke Save.

4.4 SKLEPI

Dosedaj izvedene hidrogeološke raziskave na Ljubljanskem polju omogočajo dokaj dobro oceno značilnosti pretakanja podzemnih vod v vodonosniku. Rezultati kažejo, da znašajo hitrosti podzemne vode v zahodnem delu vodonosnika večinoma med 5 in 10 m/dan, v vzhodnem delu vodonosnika pa so nekoliko večje hitrosti, večinoma med 10 in 20 m/dan.

Hitrosti podzemne vode so bile najprej določene na osnovi podatkov črpalnih poskusov ter meritev nivojev podtalnice. V letu 2000 je bil dokončan kompleksni hidravlični model podtalnice Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja, ki pomeni pomemben preskok h kvantifikaciji dinamike podzemne vode na obravnavanem območju. Model prikazuje vodonosnik kot celoto v treh dimenzijah – smeri in hitrosti tokov podzemne vode, vodno bilanco sistema ter omogoča napovedovanje značilnosti prenosa eventualnih kontaminantov v vodonosniku.

Med letoma 2002 in 2003 je bil izveden prvi obsežnejši sledilni poskus na območju Ljubljanskega polja. Njegov namen je bil pridobiti eksperimentalne podatke o hitrosti pretakanja podtalnice, disperziji in druge hidrogeološke parametre, pomembne za razumevanje procesov v vodonosniku ter tudi za napovedovanje značilnosti širjenja onesnaževalcev ob eventualnih ekoloških nesrečah. S sledilnim poskusom so bile ugotovljene srednje hitrosti podzemne vode med 10 in 20 m/dan, torej so primerljive s hitrostmi podzemne vode, izračunanimi s pomočjo hidravličnega modela.

Izotopske raziskave vodonosnika so pripomogle k boljšemu razumevanju izvora podzemne vode v posameznih delih vodonosnika. Na osnovi rezultatov izotopskih analiz je bilo možno opredeliti, kolikšen delež predstavlja komponenta vode reke Save ter kolikšen delež padavine, ki so se infiltrirale na območju Ljubljanskega polja. Ugotovljeno je bilo, da se deleži obeh vhodnih komponent na območju Ljubljanskega polja dokaj razlikujejo. V tem pogledu imata glavni vpliv oddaljenost od struge reke Save ter intenzivnost črpanja vode v posameznih črpališčih Ljubljanskega vodovodnega sistema.

Slika 37: Deleži reke Save v opazovanih vodnjakih na podlagi izotopske sestave kisika v vodi.

5 RANLJIVOST PODZEMNE VODE

Ranljivost podzemne vode je naravna lastnost hidrogeološkega sistema, odvisna od njegove občutljivosti na zunanje vplive. Fizično okolje vodonosnika je lahko določena zaščita in njegov kamninski material lahko odigra vlogo naravnega filtra. Potencial take naravne zaščite je omejen in prostorsko najpogostejše zelo spremenljiv. Ranljivost podzemne vode ni neposredno merljiva, gre za relativno lastnost sistema brez dimenzij. Zato prikazujejo karte ranljivosti le prostorsko porazdelitev relativne ocene ranljivosti posameznih delov vodonosnika (Vrba, Civita 1994).

Koncept ranljivosti temelji na predpostavki, da naravno okolje lahko zagotovi določeno zaščito podzemne vode pred naravnimi in človekovimi vplivi, posebej tistimi, ki povzročajo prenos onesnaževala pod površje. Pri ocenjevanju se najpogostejše omejimo na naravno ranljivost, ki je predvsem funkcija lastnosti vodonosnika in le redko vključuje še poseben človekov vpliv, ko govorimo o konceptu posebnosti ali integrirane ranljivosti (Zaporozec 1994).

Ocena ranljivosti podzemne vode je torej eno od meril tveganja, da do podzemne vode v vodonosnikih prodre onesnaženje s površja zaradi hidroloških, geoloških in pedoloških danosti. Hkrati pa je ocena ranljivosti podzemne vode izjemnega pomena tudi pri ocenjevanju ogroženosti in načrtovanju sanacij, saj podaja naravno sposobnost sistema in možnost ocene učinkovitosti predvidenih sanacijskih ukrepov.

V ocenjevalni shemi ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja so bili preučeni parametri naravne ranljivosti: globina do podzemne vode, količina infiltrirane padavinske vode, značilnosti z vodo nezasičene cone, vrsta tal, hidrogeološke značilnosti vodonosnika, prepustnost vodonosnika in nagib površja.

5.1 PARAMETRI NARAVNE RANLJIVOSTI

Globina do gladine podzemne vode ima v splošnem zelo velik vpliv na njeno ranljivost, saj je od te globine močno odvisen čas pronicanja onesnaževal in trajanje zadrževalnih procesov v nezasičeni coni vodonosnika. Z večanjem globine do podzemne vode se vrednosti tega parametra ranljivosti postopno zmanjšujejo.

V slovenskih aluvialnih vodonosnikih so podzemne vode v glavnem plitvo pod površjem, marsikje so le nekaj metrov. Na Ljubljanskem polju je podzemna voda kar nekaj deset metrov pod površjem, povprečno med dvajset in petindvajset metri. Globina do podzemne vode se na Ljubljanskem polju zmanjšuje v smeri njenega glavnega toka, od severozahoda proti jugovzhodu. Podzemna voda je najgloblje na visoki terasi pri Vižmarjih, kjer je 30 m globoko. Na ozemlju med Šentvidom in kamniško proggo je od 25 do 30 m globoko, med Bežigradom, glavno železniško postajo in Ježico pa je v globini med 20 in 25 metri. V Mostah in Savskem naselju je podzemna voda od 15 do 20 metrov globoko. Na širokem območju od Tomačevega prek vodarne Hrastje do Novega Polja ter od toplarne v Mostah do Polja najdemo podzemno vodo od 10 do 15 metrov pod površjem. Na nizki terasi, ki poteka v pol- do dvokilometrskem pasu vzdolž desnega brega Save od Broda prek Roj, Tomačevega in Šmartnega, je podzemna voda bližje površju. Na odseku Brod–Roje je podzemna voda v globini od 12 do 20 metrov, med Ježico in Zadobrovo pa med 5 in 10 metri. Na levem bregu Save, v okolici vodarne Jarški prod, je gladina podzemne vode v globini od 5 do 10 metrov.

Globina do gladine podzemne vode pa se glede na količino padavin prek leta spreminja. Za osrednji del Ljubljanskega polja sta značilna dva letna minimuma: prvi v marcu, drugi v septembru. Povprečno letno nihanje gladine podzemne vode na Ljubljanskem polju je okoli dva metra, v okolici Kleč pa je povprečna letna amplituda gladine večja, okoli tri metre in pol (Uhan, Krajnc 2003).

Kot posledica stalnega naravnega spreminjanja erozijske baze (Žlebnik 1990) in delno reguliranja površinskih vodotokov ter črpanja podzemne vode je tudi na Ljubljanskem polju prišlo do izrazitega znižanja podzemne vode. Izviri na vzhodnem delu polja so začeli presihati. Zaradi regulacij Save na prehodu v prejšnje stoletje se je gladina znižala za štiri metre in pol. Gladina podzemne vode se je pozneje še



Slika 38: Ročna črpalka na območju s plitvo podzemno vodo v okolici Zaloga.

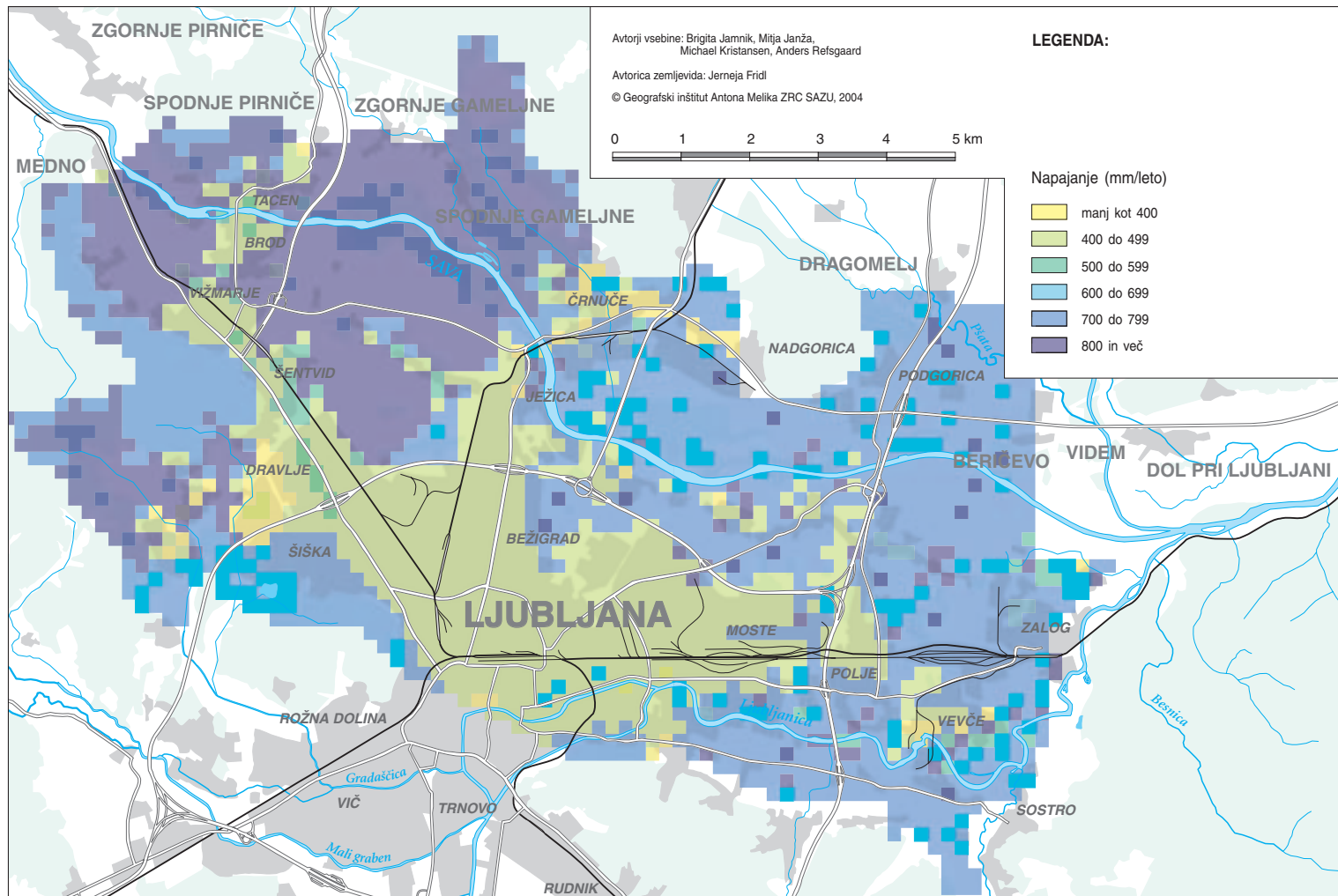
zniževala in v zadnjih desetletjih prejšnjega stoletja se je znižala za okoli osem metrov v primerjavi z letom 1890, ko so začeli črpati vodo v prvi slovenski vodarni v Klečah (Mikulič 1997).

Efektivna infiltracija padavinske vode omogoča prenos onesnaževala s površja do gladine podzemne vode. Večja količina infiltrirane padavinske vode pomeni možnost prenosa večje količine onesnaževala, hkrati pa lahko visoke količine napajanja omogočajo tudi večje razredčenje posameznih onesnaževal in delno zmanjšanje vpliva onesnaženja.

Pri oceni naravne ranljivosti vodonosnika na Ljubljanskem polju je bilo upoštevano neposredno napajanje, ki obsega vertikalno precejanje padavin skozi nezasičeno cono in je ostanek padavin, zmanjšan za evapotranspiracijo in povečanje količine vode v tleh. Količina napajanja je bila ocenjena s pomočjo matematičnega modela (Jamnik s sodelavci 2001). Uporabljeno je bilo modelirano povprečno napajanje v obdobju med letoma 1987 in 1997, ki znaša na obravnavanem območju v povprečju 680 mm na leto. Najvišje vrednosti so na severozahodnem delu obravnavanega območja, najnižje pa na poseljenem delu, kjer del padavinske vode odvaža kanalizacijski sistem.

Zadrževalne sposobnosti nezasičene cone vodonosnika se prepoznajo po hidrolitoloških značilnostih, kot so tekstura, mineralna sestava, velikost zrn, razpokanost, zakraselost ... Litološka sestava nezasičene cone igra pomembno vlogo pri zadrževanju, razširjanju in razgradnji onesnaževal in pomeni enega od pomembnih elementov, ki vplivajo na naravno ranljivost podzemne vode. Prek prodno peščenih usedlin voda s površja relativno hitro pride do gladine podzemne vode, plasti ali leče gline ter zaglinjenih meljev in peskov pa so naravna zaščita pred onesnaženji za spodnje vodonosne plasti.

Redčenje onesnaževala od vstopa in gibanja skozi geološko plast je rezultat bioloških, kemičnih in fizikalnih procesov, zato je samočistilna sposobnost vodonosnika odvisna od vrste onesnaževala, narave sedimenta, ki gradi vodonosnik, in načina, kako onesnaževalo vstopi v tla. Vsebnost onesnaževala v podzemni vodi na splošno pada z razdaljo, ki jo ta prepotuje skozi tla. Topna onesnaženja, med kate-



Slika 39: Porazdelitev neposrednega napajanja vodonosnika, ocenjena z matematičnim modelom (Jamnik s sodelavci 2001).

ra spadajo gnojila in nekateri industrijski odpadki, se ne odstranijo s filtracijo skozi prodno-peščene plasti. Suspendirane snovi se filtrirajo, če medij, skozi katerega teče podzemna voda, ni debel prod ali razpokana oziroma s kavrnami preprejena kamnina. Nezasičeno cono vodonosnika Ljubljanskega polja sestavljajo aluvijalni würmski peščeno-prodni sedimenti. Pod nekajmetrsko plastjo teh sedimentov je plast in posamezne leče rjave glin in konglomerata, ponekod pa leži peščeno-prodni zasip neposredno na konglomeratu (Žlebnik 1971). Plasti in leče glin in konglomerata močno povečujejo prostorsko spremenljivost zaščitne vloge nezaščitenih con.

Tla so prva zaščitna plast hidrogeološkega sistema, znotraj katerega poteka vrsta pomembnih procesov, ki določajo njihovo zadrževalno kapaciteto. Tla so vezni člen, prek katerega poteka pretok snovi in s tem tudi različne oblike onesnaženja. Pomembno vlogo pri razgradnji onesnaževal v talnem horizontu imata predvsem vsebnost organske mase in delež glinenih frakcij. V tleh se lahko zadržujejo organske in anorganske nevarne snovi, ki ostajajo tam tudi po prenehanju onesnaževanja, saj nekatere nevarne snovi le počasi razpadajo ali se izločajo iz talnega horizonta. Učinek nevarnih snovi v tleh je odvisen od fizikalno-kemijskih lastnosti teh snovi in lastnosti tal. Najpomembnejša faktorja, ki vplivata na nastanek in lastnosti tal, sta geološka podlaga in podnebne razmere. V tleh prevladuje premeščanje snovi navzdol po talnem profilu, kar je rezultat količinske prevlade padavin nad izhlapevanjem vode iz tal in transpiracije rastlin.

Na osrednjem delu Ljubljanskega polja z würmskim fluvio-glacialnim prodnim zasipom prevladujejo rendzina in evtrična rjava tla. To so avtomorfna tla, ki so nastala pod vplivom pronicanja padavinske vode. Za spodnje terase Save in Ljubljanice pa so značilna hidromorfna tla, ki so nastala pod vplivom stalne prisotnosti podzemne, površinske ali poplavne vode. Na spodnji peščeno-prodni terasi se ob



Slika 40: Konglomerat v gradbeni jami avtocestne obvoznice v Polju.



JOŽE UHAN

Slika 41: Obdelovalna zemljišča s tanko plastjo prsti in debelo zrnatim aluvijalnim sedimentom na spodnji savski terasi.



JOŽE UHAN

Slika 42: Razgibana morfologija Ljubljanskega polja v Zajčji dobavi.

Savi pojavljajo karbonatna obrečna tla, na meljasto-glinastem aluviju ob Ljubljani pa nekarbonatna obrečna tla.

Hidrogeološke lastnosti vodonosnika določajo procese, ki potekajo pod gladino podzemne vode, ko pride do mešanja onesnaževala s podzemno vodo. Ti procesi so predvsem mehanska disperzija, molekularna difuzija, razredčitev, absorpcija in kemične reakcije med kamnino in onesnaževalom.

Vodonosnik na Ljubljanskem polju sestavljajo predvsem plasti proda in vložki konglomerata, ki jih krajevno ločujejo plasti zelo slabo prepustne glinice. Uvrstimo ga lahko v medzrnski tip vodonosnika, ki je v večjem delu odprt. Zaradi krajevnih nanosov slabše prepustnih glinastih in zaglinjenih plasti je vodonosnik ponekod lahko tudi polodprt, polzaprt ali zaprt (Prestor s sodelavci 2002).

Najvišjo vrednost tega hidrogeološkega parametra je pri ocenjevanju naravne ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja pripisana osrednjemu delu vodonosnika, ki ga gradijo predvsem prodni nanosi. Obrobni deli obravnavanega območja imajo nižje vrednosti, ker je v njihovi sestavi večji delež drobnozrnatih usedlin.

Hitrost razširjanja onesnaževala v zasičeni coni je odvisna od **prepustnosti vodonosnika**. Na Ljubljanskem polju se prepustnost vodonosnika spreminja zaradi njegove heterogene litološke sestave, ki je posledica različne primesi melja in glinice ter različne stopnje litifikacije konglomerata. V splošnem je prepustnost vodonosnih plasti večja v osrednjem delu polja in manjša na obrobjih.

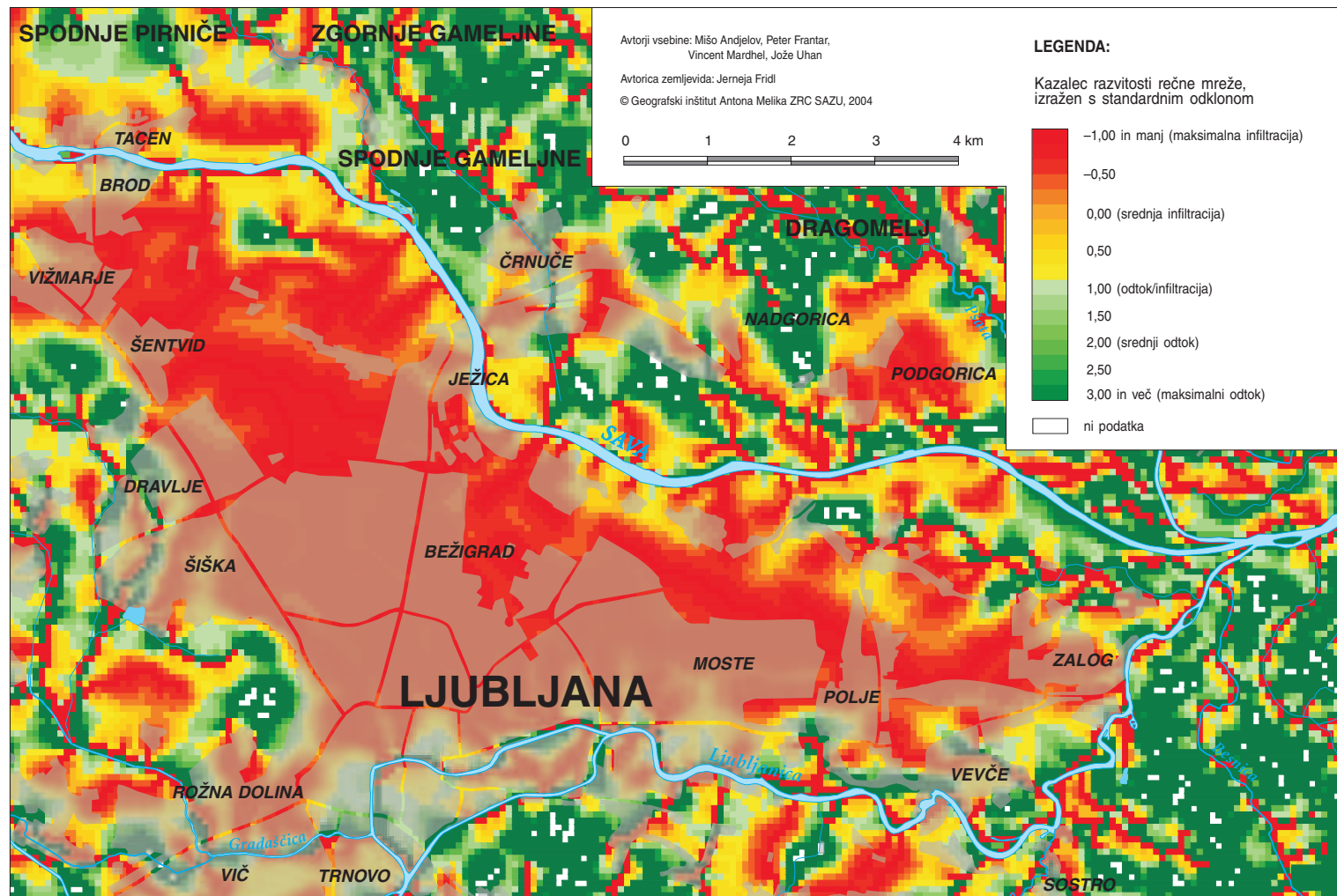
Podlaga za določitev vrednosti parametra prepustnost vodonosnika so bile vrednosti koeficienta prepustnosti v horizontalni smeri, uporabljene v matematičnem hidrogeološkem modelu (Jamnik s sodelavci 2001). Te vrednosti so bile določene v kalibraciji matematičnega modela in temeljijo na točkovnih ocenah koeficienta prepustnosti s črpalnimi poskusi. V povprečju so vrednosti v velikostnem redu 10^{-2} m/s in so višje v jugozahodnem kot v severozahodnem delu Ljubljanskega polja.

Nagib površja Ljubljanskega polja v glavnem ni velik, zato je površinski odtok podrejen infiltraciji. Povprečna nadmorska višina je 291 metrov. Od zahoda proti vzhodu se spremeni od 330 do 256 m. Razpon v nadmorski višini površja je torej okoli 74 metrov. Večji nagibi površja so značilni le na robovih teras, rečnih bregovih in na območjih večjih antropogenih posegov v kamninsko zgradbo (gramoznice, avtocestni useki ...).

5.2 OCENA RAZVITOSTI REČNE MREŽE (METODA IDPR)

Pri analizah rezultatov najpogostejše uporabljenih modelov ocenjevanja naravne ranljivosti podzemnih voda (DRASTICS, SINTACS, DISCO, EPIK, RISKE ...) je bil splošno ugotovljen izredno velik pomen parametra geomorfologije površja, zlasti naklon površja, ki ga posredno ali neposredno vključujejo vsi modeli ocenjevanja. Na območjih z neizrazito morfologijo oziroma majhnimi nakloni površja, kot je Ljubljansko polje, je zato zelo informativna analiza digitalnega modela reliefa površja in primerjava potencialne (izračunane) rečne mreže z obstoječo (realno) mrežo vodotokov. Rezultate take analize podaja kazalec razvitosti oz. obstoja rečne mreže (IDPR – Indice de persistance et développement des réseaux), ki prinaša posredno informacijo o potencialu površinskega odtoka oziroma infiltraciji padavinske vode z vidika geomorfologije (Mardhel s sodelavci 2004).

Kazalec IDPR podaja posredno oceno izjemno pomembnega procesa pri širjenju onesnaževala do podzemne vode, infiltracije. Ta relativna ocena infiltracijskega potenciala je v sorazmerni odvisnosti od razdalje med naravno in teoretično mrežo vodotokov. S tem pristopom lahko posredno nadomestimo splošno pomanjkanje podatkov o infiltraciji padavinske vode, prepustnosti nezasičene cone, vegetacije in različnih drugih fizičnogeografskih značilnosti pri ocenjevanju naravne ranljivosti podzemne vode. Analiza kazalca IDPR omogoča oceno kapacitete infiltracije za posamezna območja, kar je rezultat primerjave med razdaljo do najbližjega naravnega vodotoka in razdaljo do najbližjega teoretičnega predpostavljene vodotoka. Vrednost, nižja kot 1, pomeni prevladujočo infiltracijo vode, obratno pa izračun na območjih, kjer je realna rečna mreža gostejša od teoretične mreže vodotokov, pokaže vrednosti nad 1, kar nakazuje velik potencial površinskega odtoka padavinske vode. Pri vrednostih pod 1 je podobnost



Slika 43: Razvitost rečne mreže (IDPR).

med linijami naravne rečne mreže in teoretične mreže površinskega odtoka zelo majhna. Voda, ki teče po površju, se steče večinoma v teoretično mrežo vodotokov, infiltrira in se ne steka v naravne vodotoke. Pri vrednosti 1 je podobnost obeh mrež velika, mreži sta skoraj enaki. Pri vrednostih nad 1 se voda s prostorskih celic steka v naravno rečno mrežo. V tem primeru se glede na teoretično mrežo vodotokov nakazuje večja gostota naravne rečne mreže; prevladuje potencial površinskega odtoka.

Nizke vrednosti kazalca IDPR, pod 1, nakazujejo večji infiltracijski potencial območja. Nasprotno pa visoka vrednost IDPR, nad 1, odseva območja prevladujočega površinskega odtoka, kjer večina padavinske vode odteče površinsko neposredno v vodotoke. Poseben interpretacijski poudarek je treba dati vrednostim IDPR, ki so večje od 2. Območja s temi vrednostmi lahko pomenijo stalno ali občasno zadrževanje vode. Taki primeri so rečna obrežja, povirna območja in mokrišča oziroma barja, na Ljubljanskem polju so to pretežno izviranja podzemne vode in območja z nekdanjo razvito rečno mrežo.

Na pretežnem delu Ljubljanskega polja prevladuje izrazit IDPR-potencial infiltriranja padavinske vode. Potencial površinskega odtekanja površinske vode je z metodo IDPR izražen predvsem v jugovzhodnem delu polja ob Ljubljanci in severovzhodnem delu polja ob Savi. Na teh območjih, predvsem v Zadobrovi, Studencu in Zalogu je bilo v preteklosti večje število močnih izvirov, ki pa so z zniževanjem gladine podzemne vode presahnil, struge vodotokov so se osušile. Omenjena območja podzemne vode so bila z gledišča potencialne infiltracije padavinske vode v primerjavi z osrednjim delom Ljubljanskega polja v preteklosti manj izpostavljena, danes pa je zaradi znižanja gladine podzemne vode tudi ta del polja skoraj brez površinskega odtoka.



JOŽE UHAN

Slika 44: Z odpadki zasuta suha struga nekdanjega vodotoka med Zadobrovo in Zalogom.

5.3 OCENA NARAVNE RANLJIVOSTI PODZEMNE VODE (METODA SINTACS)

Hidrogeološka stroka je za območja srednjih in manjših meril formalizirala postopke ocenjevanja naravne ranljivosti, ki so prilagojeni različnim hidrogeološkim posebnostim. V sklopu PCSM (Point Count System Models) je bil v mednarodnem projektu tudi za hidrogeološke posebnosti našega prostora uporabljen in priporočen ocenjevalni postopek SINTACS (Civita, 1990). Po tej metodologiji se ocenjuje sedem parametrov, uteženih po petih scenarijih in je v svoji osnovi prirejena različica uveljavljene ameriške metode DRASTIC (Aller s sodelavci 1987).

Karta naravne ranljivosti vodonosnika na Ljubljanskem polju (Janža, Prestor 2002) je bila po ocenjevalni shemi SINTACS izdelana na podlagi razpoložljivih informacij, ki v glavnem izhajajo iz rezultatov matematičnega modela podzemne vode Ljubljanskega polja (Jamnik s sodelavci 2001). Vsak parameter je bil opredeljen z rastrskim informacijskim slojem enakih dimenzij z velikostjo celic 200 krat 200 metrov. Vrednosti posameznega parametra so v razponu od 1 do 10, pri čemer večje vrednosti pomenijo večjo ranljivost. Pri določitvi vrednosti parametra je bilo upoštevano vrednotenje, ki ga priporočata avtorja metode (Civita, De Maio 1997).

Vsak izbran parameter ima določen razpon in je razdeljen v diskretne hierarhične intervale, ki jim je pripisana vrednost v skladu z njegovo relativno stopnjo naravne ranljivosti. Te vrednosti parametrov so pomnožene z utežmi, ki odsevajo odnos med parametri in njihovo pomembnost pri oceni ranljivosti. Končni rezultat seštevanja obteženih parametrov je razdeljen v intervale, ki kažejo relativno stopnjo naravne ranljivosti (Vrba, Civita 1994).

Naravna ranljivost podzemne vode Ljubljanskega polja je ocenjena s porazdelitvijo šestih razredov vrednosti indeksa ranljivosti SINTACS, ki je seštevek obteženih parametrov, določen s prekrivanjem informacijskih slojev parametrov. Višje vrednosti indeksa ustrezajo večji ranljivosti.

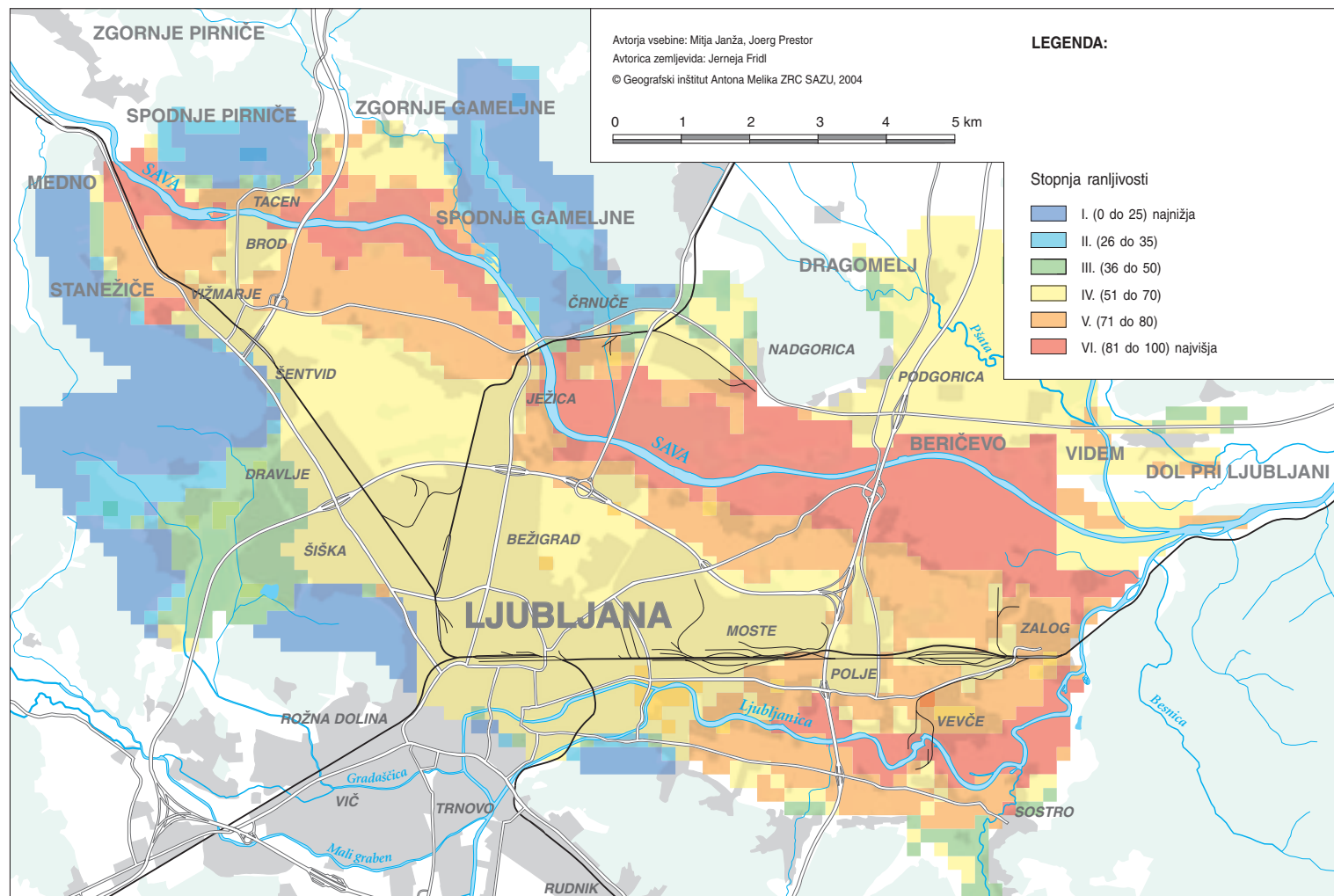
Preglednica 5: Vrednosti uteži za posamezne parametre ocenjevanja ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja.

parameter	utež	parameter	utež
globina do gladine podzemne vode	5	hidrogeološke lastnosti vodonosnika	3
napajanje	4	prepustnost vodonosnika	3
nezasičena cona	5	nagib pobočja	2
tla	4		

Preglednica 6: Stopnja ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja glede na intervalne vrednosti indeksa SINTACS.

stopnje ranljivosti	normalizirane intervalne vrednosti indeksa SINTACS	intervalne vrednosti indeksa SINTACS	delež površine (%)
VI.	80–100	193–229	16
V.	70–80	175–193	18
IV.	50–70	139–175	40
III.	35–50	111–139	8
II.	25–35	93–111	3
I.	0–25	48–93	15

Slika 45: Naravna ranljivost podzemne vode, ocenjena po metodi SINTACS (Janža, Prestor, 2002).



Rezultat modela SINTACS je karta naravne ranljivosti, ki prikazuje njeno prostorsko spremenljivost. Najbolj ranljiva območja Ljubljanskega polja so nizke savske terase, skrajni jugovzhodni del ob Ljubljani in Jarški ter Tomačevski prod. Razlogi za veliko ranljivost teh območij so predvsem v relativno nizki globini do gladine podzemne vode in prepustnostnih lastnostih nezasičene cone. Na teh območjih je manj slabo prepustnih krovnih plasti, ki bi ščitile podzemno vodo. Omenjenima parametroma (globina do gladine podzemne vode in nezasičena cona) je pripisan največji pomen pri oceni ranljivosti. Največji del obravnavanega območja je uvrščen v razrede srednje ranljivosti. Najmanjša naravna ranljivost pa je po metodi SINTACS pripisana obrobju Ljubljanskega polja, predvsem na severnem in zahodnem delu, ki ga gradijo slabo prepustne plasti.

5.4 SKLEPI

Ljubljansko polje je eno naših največjih in za oskrbo z vodo najpomembnejših vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo, ki je glede naravnih zaščitnih lastnosti med najbolj ranljivimi območji podzemne vode v Sloveniji. Površje pretežno prekriva tanka plast rendzine, evtričnih rjavih tal ali karbonatnih obrečnih tal, kar omogoča hitro pronicanje vode neposredno v vodonosnik, saj so zaščitne glinaste krovne plasti krajevno omejene. Pod talnim horizontom so nezasičene plasti aluvialnih usedlin dobro prepustnega peščenega proda in vložki manj prepustnega konglomerata, ki jih krajevno ločujejo lečaste plasti glin. Vertikalna prepustnost vode je zaradi teh litoloških heterogenosti zelo spremenljiva, vsekakor mnogo manjša od prepustnosti v horizontalni smeri, kjer gre za pretakanje po posameznih litološko bolj homogenih plasteh. Hitrost toka podzemne vode ocenjujemo od nekaj metrov do nekaj deset metrov na dan.

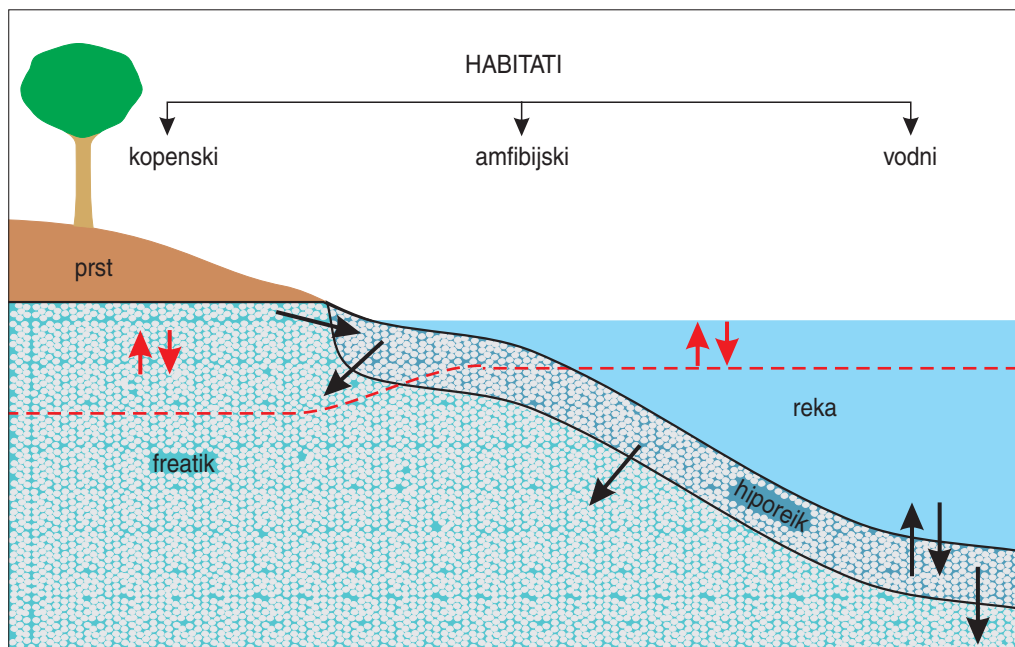
Zaradi nižanja gladine podzemne vode, ki je predvsem posledica nižanja erozijske baze Save in delno povečanega črpanja podzemne vode, so presahnili številni izviri in površinski odtoki na vzhodnem delu Ljubljanskega polja. Morfološki ostanki nekdanje rečne mreže na teh obrobni delih Ljubljanskega polja počasi izginjajo, predvsem zaradi nelegalnega zasipavanja z raznovrstnimi odpadki. Površinskega odtoka s polja skoraj ni več oziroma je zanemarljiv. Rezultate analize reliefa, ki zaradi upoštevanja nekdanjega površinskega odtoka nakazujejo manjši infiltracijski potencial in morebitno manjšo ranljivost na teh predelih, je treba v tem smislu interpretacijsko dopolniti. Padavinska voda se brez večjega površinskega odtoka infiltrira prek litološko pester nezasičene cone do razmeroma plitve gladine podzemne vode in je poleg površinske vode Save pomemben medij širjenja onesnaževal z močno obremenjenega površja v podzemno vodo vodonosnika Ljubljanskega polja.

Iz dosedanjih hidrogeoloških raziskav lahko sklenemo, da je naravna ranljivost podzemne vode na celotnem Ljubljanskem polju velika. Upravljanje in varovanje podzemne vode Ljubljanskega polja mora tako izhajati iz poglobljene analize ranljivosti podzemne vode. Poleg podrobnejše analize litološke zgradbe nezasičene cone bi bilo treba upoštevati tudi interakcijo s površinskimi vodami (predvsem s Savo in Ljubljano, ki napajata in drenirata vodonosnik Ljubljanskega polja) ter antropogene vplive (gramoznice, avtocestne useke, urbanizirane površine, vodovodne in kanalizacijske objekte ...) na spremembo naravne ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja. V okviru ocenjevanja posebne ranljivosti podzemne vode naj bi bile vključene tudi informacije o fizikalnih in kemičnih lastnostih potencialnih onesnaževal ter informacije o fizikalnih in kemičnih lastnostih pedoloških in litoloških plasti, kar bi omogočalo oceno učinkovitosti procesov retardacije in degradacije onesnaževal. Na teh podlagah bi morala sloneti strategija zaščite in sanacije podzemne vode Ljubljanskega polja, predvsem pa je treba nadaljevati in razširiti ozaveščanje uporabnikov tega prostora o vodnem bogastvu Ljubljanskega polja in njegovi veliki ranljivosti.

6 ŽIVALSTVO V PODTALNICI

Podtalnica je življenjsko okolje za vrsto še vedno dokaj slabo znanih živali. Te so v primerjavi s površinskimi vrstami prilagojene na nekatere veliko bolj zaostrene življenjske razmere. Za podtalnico je značilna popolna odsotnost svetlobe in s tem tudi zelenih rastlin, tako imenovanih fototrofnih primarnih producentov. Druga značilnost podtalnice je, da se že na razmeroma kratki razdalji v podzemlje temperaturna nihanja zmanjšajo, globlje v sistemih pa dnevnih in včasih celo sezonskih nihanj skoraj ni več (Camacho 1992). Živali v prodiščih so omejene na življenje v prostorih med delci sedimenta, katerih velikost je odvisna od velikosti zrn. V primerjavi z življenjskimi prostori v kraških (razpoklinskih) sistemih, kjer so prostori celo metrskih ali kilometrskih razsežnosti, so prostori v medzrnskih (intersticijskih) sistemih precej manjši (Gibert s sodelavci 1994). To so milimetrski prostori med zrcni peska ali pa centimetrski med prodniki. Takšen življenjski prostor je tudi precej nestabilen, saj se pod vplivom podzemnih vodnih tokov zgradba prodišč spreminja. Prav zaradi različnih velikosti prostorov v obeh sistemih je razmeroma malo vrst, ki jih najdemo tako v enem kot v drugem sistemu. In to kljub temu, da včasih oba sistema prihajata v tesen stik ali celo prehajata drug v drugega. Velikost prostorov v podzemlju je tako eden od odločujočih dejavnikov, ki določa sestavo favne v podtalnici.

Zaradi odsotnosti fototrofnih primarnih producentov (rastlin) se živali, ki naseljujejo podtalnico, prehranjujejo večinoma z organsko snovjo, ki jo voda prinese s površja. Vnos hrane je omejen in je odvisen od količine hrane na površju, dinamike vode in filtracijskega potenciala vodonosnika (Gibert 2001). Pomembno vlogo v prehranjevalni verigi imajo mikroorganizmi (bakterije, glive, enoceličarji), ki tvorijo prevleke na delcih sedimenta, tako imenovani biofilm, in razgrajujejo organsko snov ter sodelujejo pri mineralizaciji. Tako omogočajo dostop do hrane nevretenčarjem, ki se po biofilmu pasejo in strgajo hrano (Gibert s sodelavci 1994). Od količine organske snovi v infiltracijski (vstopni) coni je odvisna tudi količina raztopljenega kisika, in sicer je razmerje obratno sorazmerno. Prostorska porazdelitev hrane



Slika 46: Shema podzemnega okolja v rečnem (aluvijalnem) vodonosniku (rdeče puščice – nihanje vodne gladine, črne puščice – izmenjava površinske vode in podtalnice).

in kisika, in s tem tudi porazdelitev živali, je v podtalnici zelo neenakomerna zaradi neenakomerne sestave sedimenta in hidroloških razmer (Dole-Olivier s sodelavci 1993). Na robovih vodonosnika, to je na stiku s površino in na stiku z rečno strugo, so populacije gostejše, saj v podzemlje prodirajo (aktivno ali pasivno) tudi površinske živali. V globino prodnih nanosov se količina hrane in kisika zmanjšuje, prav tako pa tudi število površinskih vrst oziroma njihovih osebkov. Prevladajo vrste, ki so prilagojene na življenje v podzemlju (Danielopol s sodelavci 2000).

Energetsko bogatejši pas rečnih naplavin neposredno pod strugo reke in vzporedno z njo, kjer poteka intenzivna izmenjava površinske vode in podtalnice, so biologi poimenovali hiporeik oziroma hiporeična cona (Orghidan 1959, White 1993). Podtalnica, ki pripada nasičeni coni vodonosnika in ki ne prihaja v neposreden stik s površinsko vodo, se imenuje freatik ali freatična cona (Camacho 1992).

Veliko živalskih vrst se je prilagodilo na življenje v podtalnici in preživijo celoten življenjski cikel v tem okolju. Te vrste se imenujejo stigobionti. Prilagodile so se življenju v stalni temi, pomanjkanju hrane, prostorskim omejitvam življenjskega prostora ter občasno oziroma krajevno znanim koncentracijam raztopljenega kisika. Zanje je značilno pomanjkanje telesnih pigmentov (so blede oziroma bele), imajo zmanjšane oziroma povsem zakrnele oči, podaljšane okončine in povečano število čutilnih organov in povečano ali zmanjšano telesno velikost. Pri tem velja, da je prevladujoča telesna oblika v prodiščih podaljšana (črvasta) telesna oblika. Presnova pri podzemnih živalih je upočasnjena, razvojni stadiji so daljši, življenjska doba podaljšana. Kažejo se tudi določene vedenjske prilagoditve (Gibert s sodelavci 1994), o katerih pa je še razmeroma malo znanega. Zaradi prilagajanja na skrajne življenjske razmere so morfološke, fiziološke in biološke posebnosti stigobiontov zanimiv predmet evlucijskih raziskav (Sket 1996a).

Raki (*Crustacea*) so skupina, ki je v podtalnici (kraški in nekraški) najbolj bogato zastopana, saj je okoli 40 % vseh sladkovodnih vrst rakov podzemnih. Med višjimi raki so najbolj specializirana skupina raki peščinarji (*Bathynellacea*), ki so vezani na življenjski prostor v podtalnici aluvijalnih nanosov, čeprav jih občasno najdemo tudi v jamskem okolju. Tudi druge skupine rakov, kot na primer enakonožci (*Iso-poda*), ceponožci (*Copepoda*) in postrance (*Amphipoda*), so bogate s stigobionskimi vrstami.

Poleg rakov imajo podzemeljske predstavnike še druge skupine živali, kot so: vrtničarji (*Turbellaria*), gliste (*Nematoda*), polži (*Gastropoda*), školjke (*Bivalvia*), kolobarniki (*Anellida: Oligochaeta, Polychaeta, Hirudinea*) in pršice (*Acarina*), (Sket 1996b). V nasprotju od površinskih vod, kjer dajejo pečat večini združb, žuželk v podtalnici ni (Danielopol s sodelavci 2000). Odsotnost žuželk, ki so glavni plenilci rakov, je verjetno eden izmed glavnih razlogov za bogato favno rakov v energetsko revnem podzemlju (Sket 1996b).

Raziskovanje živalstva v podtalnici je zaradi omejenega neposrednega dostopa v ta življenjski prostor težavno. Prve favnistične raziskave podtalnice so bile narejene konec 19. stoletja v vodnjakih, ki so nekakšna »okna« v podzemlje (Danielopol 1982). Z uvajanjem novih metod za vzorčenje favne v podtalnici, kot je na primer izkopavanje jam v prodišča rek in precejanje vode, ki se nabere v izkopanih kotanjah, skozi goste mreže (metoda po Karaman-Chappuisu) ter zabijanje kovinskih cevi in črpanje vode iz različnih globin vodonosnika (metoda po Bou-Rouchu), so se podatki o novih vrstah v podtalnici pospešeno množili (Pospisil 1992).

V Sloveniji so se favnistične raziskave podtalnice začele na začetku 20. stoletja. Prodišča Save je raziskovalo več avtorjev (Meštrov 1960; Sket, Velkovich 1981). Zadnja dva avtorja sta ugotavljala povezavo med ekološkimi dejavniki v podtalnici na Ljubljanskem polju in pojavljanjem favne. Pri tem se je pokazalo, da količina hrane vpliva na gostoto favne in tudi na njeno sestavo. Avtorja sta večinoma našla vrste, ki so predstavniki splošno razširjenih vrst v podtalnici, kot na primer postranca *Bogidiella albertimag-ni* in ceponožec *Acanthocyclops kieferi*. Pojavljala pa se je tudi vrsta slepih postranc (*Niphargus stygius*), ki običajno živijo na kraških območjih. K poznavanju polžev v podtalnici je prispeval Bole (1967). Po zaslugi Sketa (1996c) je pojavljanje višjih rakov (Malacostaca) v podtalnici Slovenije razmeroma dobro raziskano. Raziskave nižjih rakov v kraških podzemeljskih vodah potekajo intenzivneje od leta 1985 (Brancelj 1996), o njihovi razširjenosti v podtalnici prodišč pa je še vedno znanega zelo malo.

V podtalnici južnega roba Ljubljanskega barja smo iskali povezave med vzorci porazdelitve favne v podtalnici in določenimi okoljskimi elementi (geomorfologija, kemijske in fizikalne značilnosti vode,

obremenjenost vodotokov zaradi človekove aktivnosti). Pri tem smo se še zlasti osredotočili na dve skupini tako imenovanih nižjih rakov: ceponožce (Copepoda) in vodne bolhe (Cladocera). Zaradi bližine in podobnosti življenjskega prostora pričakujemo, da ima tudi podtalnica Ljubljanskega polja podobno sestavo favne in vzorce porazdelitve, saj so rečni vodonosniki sistemi, ki so medsebojno povezani na dolge razdalje (Danielopol 1982).

6.1 OPIS RAZISKOVANEGA OBMOČJA

Za podrobnejše raziskave podzemne vodne favne v kraških in prodnih vodonosnikih smo izbrali povodja štirih manjših rek na južnem obrobju Ljubljanskega barja: Želimeljščice, Iške, Borovniščice in Podlipščice. V tem prispevku obravnavamo samo favno v prodiščih s poudarkom na dveh izbranih skupinah živali: ceponožcih (Copepoda) in vodnih bolhah (Cladocera).

Želimeljščica, Iška in Borovniščica izvirajo na širšem območju Krimskega hribovja in pritečejo na južnem robu Ljubljanskega barja na ravnino, kjer so na stiku z barjem nasule obsežne vršaje, še zlasti Iška. Krmsko hribovje leži na skrajnem severnem robu Dinarske kraške regije (Pelc, Urbanc 1998), ki je znana kot najbolj bogata s podzemnimi vrstami živali na svetu (Sket 1999). Vršaji vseh treh rek, predvsem pa Iške, vsebujejo pomembne količine podtalnice, ki jo v okolici Bresta črpajo za oskrbo Ljubljane (Mencej 1981). Podlipščica izvira v južnem delu Rovtarskega hribovja in iz strmega, hudourniškega povirnega dela preide v zelo položno in naplavljeno dolino, katere naplavine so hidrološko zelo podobne Barju. Pretre glinaste naplavine ne hranijo pomembnejših zalog podtalnice (Habič 1996). Struga Podlipščice in pritokov je regulirana in v dolini se izvaja intenzivno poljedelstvo, ki močno obremenjuje vodotoke.

Iška in Borovniščica izvirata na nadmorski višini 760 oziroma 790 m ter se, Iška po 31 km, Borovniščica pa po 17 km, na nadmorski višini 290 m izlivata v Ljubljano. Želimeljščica in Podlipščica izvirata na 560 oziroma 650 m in se po 15 oziroma 13 km prav tako izlivata v Ljubljano na podobni nadmorski višini kot Iška in Borovniščica.

6.2 METODE VZORČENJA PODTALNICE

Na vsaki od štirih rek smo vzdolž struge izbrali dvanajst vzorčnih mest (lokacij), in sicer na mestih, kjer so bili ob bregu večji ali manjši nanosi proda. Med seboj so bile lokacije oddaljene najmanj 1 km. Skupno so bili na vseh štirih rekah odvzeti vzorci s 96 lokacij (48 v hiporeiku in 48 v freatiku). Vzorce vode in favne iz podtalnice smo jemali z metodo po Bou-Rouchu (Bou 1974).

Vzorčenje je bilo na vsaki lokaciji izvedeno samo enkrat, v obdobju od maja do septembra 2002. Hiporeično cono smo vzorčili tako, da smo na izbrani lokaciji v prod na sredini struge zabili cev z naluknjanim spodnjim delom, ki je meril v dolžino 30 cm, in sicer tako globoko, da je bil preluknjan del v globini med 30 in 60 cm vrodu reke. Za to globino se predpostavlja, da je hiporeična cona. Na zabito cev smo privili prenosno ročno črpalko za vodo. Zmes drobnega peska, mivke, blata in vode smo črpali v 10-litrsko vedro. Na vsakem vzorčnem mestu smo v celoti načrpali 50 litrov vode in sedimenta (5 krat 10 litrov). Vsebinsko vsakega vedra smo filtrirali skozi mrežo s 100- μ m odprtlinami. Pri tem smo pazili, da je večina peska in večjih organskih delcev ostajala v vedru. Grobi pesek, ki je ostal v vedru, smo izpirali toliko časa, dokler nismo ločili organizmov in organske snovi od mineralnih usedlin. Zmes organizmov in fine organske snovi smo shranili v plastične kozarce, v katere smo kot konzervans dodali formaldehid, tako da je bila končna koncentracija 4 %.

Na isti lokaciji smo vzorčili tudi v freatični coni. Pri tem smo običajno izbrali točko na bregu, nekaj metrov vstran od rečne struge in zabili cev 90 do 150 cm globoko oziroma toliko, da smo dosegli vodo. V nekaj primerih, ko nismo mogli zabiti preluknjanje cevi na rečnem bregu, smo to storili sredi struge, le da smo cev zabili najmanj 150 cm globoko v prod in tako dosegli freatično cono.

Na vsakem vzorčnem mestu za hiporeik in freatik smo po končanem črpanju neposredno v cev izmerili vsebnost kisika v vodi (relativno in absolutno količino raztopljenega kisika), temperaturo in prevodnost. Enak postopek smo ponovili tudi v površinskem vodotoku tik ob cevi.



MILJAN ŠIŠKO

Slika 47: Vzorčenje podtalnice z metodo po Bou-Rouchu.

Z vsakega vzorčnega mesta smo v hladilni torbi v laboratorij odnesli vzorce vode, kjer smo po standardnih metodah izmerili pH in alkaliteto (APHA 1998). Vsebnosti kalcija, magnezija, natrija, kalija, nitratov, fosfatov, sulfatov, kloridov v vzorcih smo izmerili z ionskim kromatografom (761 Compact IC, Metrohm). Izmerili smo tudi volumen načrpanega peska in organske snovi, večje od 100 μm , v 10 litrih načrpane vode. Poleg tega smo zapisali tudi vrsto in stopnjo človekovega (antropogenega) vpliva (izkop proda, regulacija, zajezitev ...).

Organizme, ki so po filtriranju ostali na 100- μm mrežici, smo v laboratoriju pod lupo s 40-kratno povečavo najprej ločili od preostalega organskega in anorganskega materiala, jih določili do višjih taksonomskih skupin in prešteli. Ceponožce (Crustacea: Copepoda-Cyclopoda, Harpacticoida) in vodne bolhe (Crustacea: Cladocera) pa smo določili do vrst.

6.3 FAVNA PODTALNICE

6.3.1 FIZIKALNE IN KEMIJSKE LASTNOSTI VODE

Vzorci podtalnice v hiporeični in freatični coni so bili odvzeti samo enkrat, zato so podatki le okvirni in jih ne moremo posploševati na celo leto. Predstavljeni so v preglednici 1, in sicer samo kot srednje vrednosti za 12 lokalitet znotraj vsakega porečja. Večjih odstopanj med rekami ni bilo. V nekaterih elementih je odstopala le Podlipščica, v kateri so v hiporeični coni nekoliko povečane vrednosti amonijevega iona (NH_4^+). Tako v hiporeiku kot freatiku Podlipščice je, v primerjavi z drugimi tremi rekami, tudi nekoliko več silikata (SiO_2), kloridnih (Cl^-), natrijevih (Na^+) in kalijevih (K^+) ionov, pa tudi vrednosti kemijske potrebe po kisiku (KPK), kot indikatorja rahlega organskega onesnaženja, so nekoliko povišane. Pri nekaterih drugih parametrih so prav v Podlipščici vrednosti najnižje, vendar le vrednosti celokupnega fosforja močno odstopajo od drugih treh rek. Tudi pri kisikovih razmerah kaže, da je voda v Podlipščici najbolj revna s kisikom, saj so povprečne vrednosti v hiporeiku v Podlipščici okoli 56 % (drugje tudi

do 93 %). V freatični coni Podlipščice pade vrednost kisika na komaj 1/3 nasičenosti (34,8 %), druge pa dosežajo vrednosti tudi do 75 % (lška). Ne glede na odstopanja lahko sklenemo, da so si reke po izmerjenih fizikalnih in kemijskih lastnostih podobne, z rahlim trendom organskega onesnaženja v Podlipščici, kar se kaže tudi v nekoliko slabših kisikovih razmerah.

Preglednica 7: Fizikalne in kemijske lastnosti podtalnice na južnem in jugozahodnem robu Ljubljanskega barja vzorčevane leta 2002 (srednje vrednosti meritev na 12 lokacijah (PASCALIS 2004); O_2 – kisik, pH – koncentracija vodikovih ionov, NO_3^- – nitratni ion, NO_2^- – nitritni ion, NH_4^+ – amonijev ion, N_{tot} – celokupni dušik, P_{tot} – celokupni fosfor, SO_4^{2-} – sulfatni ion, alc – alkaliteta, Cl⁻ – kloridni ion, Ca^{2+} – kalcijev ion, Mg^{2+} – magnezijev ion, Na^+ – natrijev ion, K^+ – kalijev ion, SiO_2 – silicijev dioksid, KPK – kemijska potreba po kisiku).

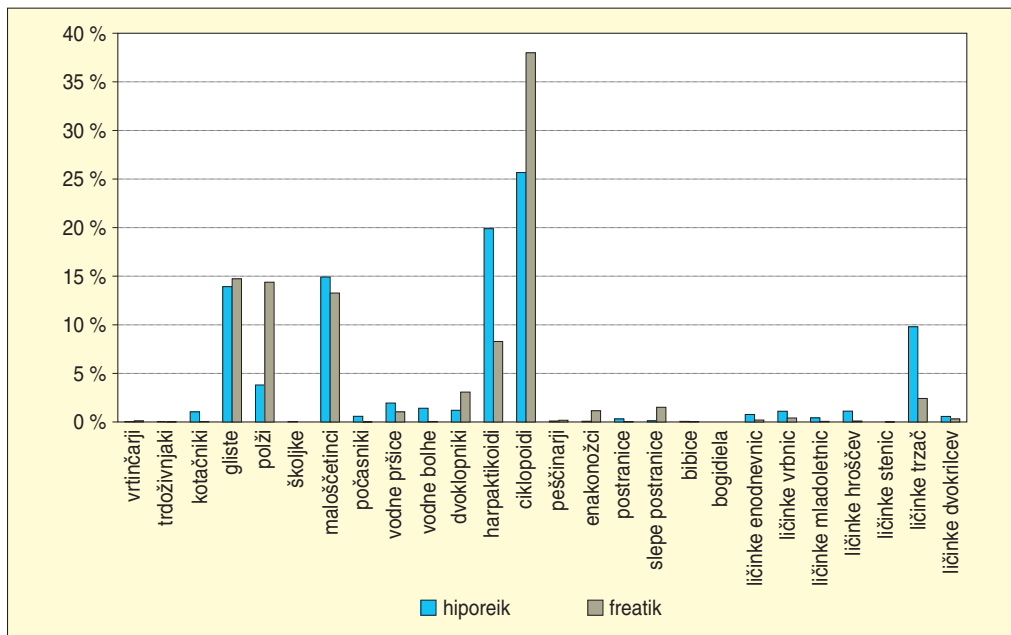
		Želimeljščica hiporeik	Želimeljščica freatik	lška hiporeik	lška freatik	Borovniščica hiporeik	Borovniščica freatik	Podlipščica hiporeik	Podlipščica freatik
O_2	%	67,0	38,7	93,3	73,7	75,1	49,5	55,8	34,8
pH		7,86	7,71	8,24	8,12	8,17	7,97	7,98	8,00
NO_3^-	mg l ⁻¹	3,01	3,13	3,38	3,53	4,28	3,40	3,05	2,41
NO_2^-	mg l ⁻¹	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01
NH_4^+	mg l ⁻¹	0,03	0,11	0,06	0,17	0,04	0,05	0,17	0,06
N tot	mg l ⁻¹	2,63	2,68	2,44	2,67	2,88	2,76	2,74	2,41
P tot	μg l ⁻¹	42,47	51,34	51,08	56,05	60,94	62,81	32,48	26,99
SO_4^{2-}	mg l ⁻¹	8,92	8,60	7,95	8,02	7,85	9,16	7,54	7,24
Cl ⁻	mg l ⁻¹	5,35	4,90	1,70	1,77	2,43	3,10	4,14	7,73
alc	ueq l ⁻¹	4503	5626	4213	4144	4648	5391	4198	4904
Ca^{2+}	mg l ⁻¹	47,7	51,5	45,2	43,5	44,0	39,3	46,2	41,4
Mg^{2+}	mg l ⁻¹	28,96	28,69	28,56	27,98	27,89	29,71	23,20	25,05
Na^+	mg l ⁻¹	3,53	3,55	1,48	1,98	1,76	2,24	3,95	5,83
K^+	mg l ⁻¹	1,01	0,78	0,71	0,68	0,82	0,90	1,63	1,65
SiO_2	mg l ⁻¹	3,80	4,03	2,64	2,60	2,64	3,88	9,48	8,92
KPK	mg O_2 l ⁻¹	1,29	1,62	1,50	1,61	2,15	1,78	2,32	1,94

6.3.2 CELOKUPNA FAVNA PODTALNICE ŠTIRIH REK

V podtalnici na južnem robu Ljubljanskega barja smo na 96 lokacijah načrpali in nato precdili 4800 litrov vode oziroma po 50 litrov na lokacijo. V nabranih vzorcih smo določili živali, ki smo jih uvrstili v 26 različnih skupin, od katerih jih 10 pripada rakom, 7 pa žuželkam. Po oceni smo v omenjenem volumnu precejene vode pobrali okoli 100.000 osebkov iz hiporeične cone in 35.000 osebkov iz freatične cone oziroma povedano drugače, v hiporeiku je bilo v povprečju 42 osebkov na liter vode, v freatiku pa 15.

Daleč najbolj številni predstavniki v podtalnici na južnem in jugozahodnem robu Ljubljanskega barja so bili ciklopoidni ceponožci (*Crustacea: Copepoda-Cyclopoida*) (25-odstotni delež v hiporeiku ter 38-odstotni delež v freatiku). Poleg njih so bile med skupinami, ki so dosegle vsaj v enem okolju več kot 10-odstotni delež še harpaktikoidni ceponožci (*Crustacea: Copepoda-Harpacticoida*), maloščetinci (*Oligochaeta*), prostoživeče gliste (*Nematoda*), ličinke trzači (*Insecta: Diptera-Chironomidae*) in polži (*Gastropoda*). Druge skupine so bile zastopane z največ 3-odstotnim deležem osebkov v celotnem vzorcu.

Sestava skupin (izražena kot deleži), ki smo jih našli v vzorcih iz hiporeika, kaže, da le malo vrst oziroma osebkov površinskih vrst prodira v globlje plasti proda. Ličinke žuželk, ki prevladujejo v površinskih delih struge, so že 30 do 60 cm globoko vrodu (hiporeična cona) zelo redke, še globlje (freatična cona) pa so skoraj odsotne. Take skupine so še kotačniki (*Rotatoria*), školjke (*Bivalvia*), počasniki (*Tardigrada*),



Slika 48: Delež živalskih skupin v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 (PASCALIS 2004).

vodne bolhe (*Cladocera*), površinske postranice (rod *Gammarus*) in bibice (rod *Synurella*). Te skupine imajo tudi drugače zelo majhne deleže v celotni združbi. Le dve skupini, ki sta bili pogosti v vzorcih (prostoživeče gliste – *Nematoda* ter malosčetinci – *Oligochaeta*) imajo enak delež v hiporeiku kot freatiku (okoli 15-odstotni delež). Med skupinami, ki so razmeroma pogoste v hiporeiku (20-odstotni delež) je najbolj očiten upad osebkov v globino pri skupini drobnih rakov iz skupine ceponožcev (*Harpacticoida*), (na 8-odstotni delež v freatiku).

Samo pri šestih skupinah je delež osebkov v freatiku narasel v primerjavi s hiporeikom (polži – *Gastropoda*, ceponožci – *Copepoda*: *Cyclopoida*, dvoklopniki – *Ostracoda*, peščinarji – *Bathynellaceae*, enakonožci – *Isopoda*, slepe postranice – rod *Niphargus*). Zlasti pri polžih in ceponožcih iz skupine ciklopoidov je povečanje deleža zelo očitno (polži s 4 % na 15 %; ciklopoidi s 25 % na 38 %).

6.3.3 FAVNA – SKUPINI COPEPODA IN CLADOCERA

Skupno smo v podtalnici štirih rek našli 48 vrst ceponožcev (Copepoda) in vodnih bolh (Cladocera). Oboji so predstavniki nižjih rakov in so pomemben element favne v prodiščih. Od tega jih 24 vrst pripada skupini harpaktikoidov, 18 vrst skupini ciklopoidov in 6 vrst skupini vodnih bolh. Med harpaktikoidi sta prevladovala rodova *Bryocampus* (6 vrst) in *Elaphoidella* (5 vrst), med ciklopoidi rodova *Acanthocyclops* in *Diacyclops* (vsak po 5 vrst). Med vodnimi bolhami je prevladoval rod *Alona* s 5 vrstami. Skoraj polovica harpaktikoidov in tudi ciklopoidov je stigobiontskih vrst, vse vodne bolhe pa spadajo med površinske vrste.

Med vrstami, ki smo jih ugotovili na južnem robu Ljubljanskega barja, je več kot 10 % takih, ki jih doslej še nismo poznali v Sloveniji. Tako sta dve vrsti harpaktikoidov in dve vrsti ciklopoidov novi za znanost, vrsti *Parastenocaris italica* ter *Acanthocyclops sambugariae* pa sta bili prvič zapisani v Sloveniji. Rod *Parastenocaris* je med ceponožci najbolj značilen za intersticijske habitate. Vrste tega rodu

so se pojavljale v majhnem številu, vendar so bile prisotne v podtalnici vseh štirih rek. Poleg rodu *Parastenocaris* so bile zelo razširjene še vrste *Bryocamptus dacicus*, *Bryocamptus zschokkei*, *Echinocamptus pilosus*, *Acanthocyclops kieferi*, *Acanthocyclops sambugarae* in *Acanthocyclops venustus venustus*, ki živijo v podtalnici vseh štirih rek, tako v hiporeiku kot v freatiku. Redke vrste, ki so se pojavljale v podtalnici samo ene reke, so bile *Attheyella wierzejskii*, *Bryocamptus minutus*, *Elaphoidella jeanneli*, *Moraria varica*, *Nitocrella* n. sp., *Parastenocaris italica*, *Acanthocyclops* n. sp., *Acanthocyclops venustus stammeri*, *Diacyclops bisetosus*, *Diacyclops* n. sp., *Graeteriella unisetigera*, *Megacyclops viridis*, *Paracyclops affinis* in *Paracyclops chiltoni*. Med njimi je pet podzemnih vrst.

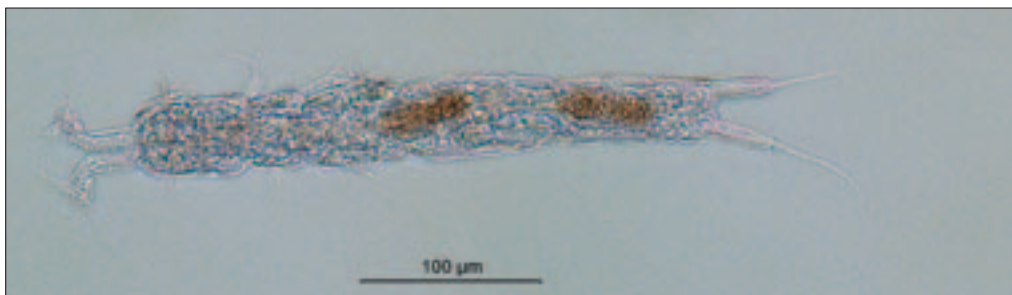
V vseh štirih rekah je bilo v hiporeiku več vrst ceponožcev in vodnih bolh kot v freatiku. Razmerje med površinskimi in podzemnimi (stigobiontskimi) vrstami je bilo v hiporeiku še v prid površinskim, v freatiku pa podzemnim vrstam. Vrstno najbolj bogat je bil hiporeik Želimeljščice s 30 vrstami ceponožcev in vodnih bolh, v freatiku Želimeljščice pa smo našli precej manjše število vrst, le 17. V hiporeiku drugih treh rek je bilo od 24 do 26 vrst, povsod je bil delež površinskih vrst večji od deleža stigobiontov.

V freatiku je bilo manjše število vrst, prevladovala pa so podzemne vrste. Izjema je edino podtalnica Podlipščice, kjer je bil delež podzemnih vrst v freatiku manjši od deleža površinskih vrst, kar kaže na antropogeni vpliv, ki se kaže skozi porušenje naravne zgradbe dna med regulacijo vodotoka.

Kakovostna analiza različnosti združb ceponožcev in vodnih bolh, narejena na podlagi Jaccardovega indeksa različnosti, je pokazala relativno majhno različnost med favno podtalnice štirih rek, saj indeks različnosti nikoli ni bil večji od 0,6. Favna freatika treh rek (Želimeljščica, Iška in Borovniščica) si je bila zelo podobna. Najbolj podobna si je bila favna hiporeika in freatika Podlipščice, ki jima je podobna še favna iz hiporeika Borovniščice. Favna hiporeika Iške in Želimeljščice pa je tvorila posebno gručo.



Slika 49: Pogosta vrsta vodne bolhe v podtalnici evropskih rek je *Alona affinis* (Crustacea: Cladocera).



Slika 50: Značilen predstavnik v intersticijskih vodah – ceponožec iz rodu *Parastenocaris* (Crustacea: Copepoda-Harpacticoida). Sprednji del živali je na levi strani slike.

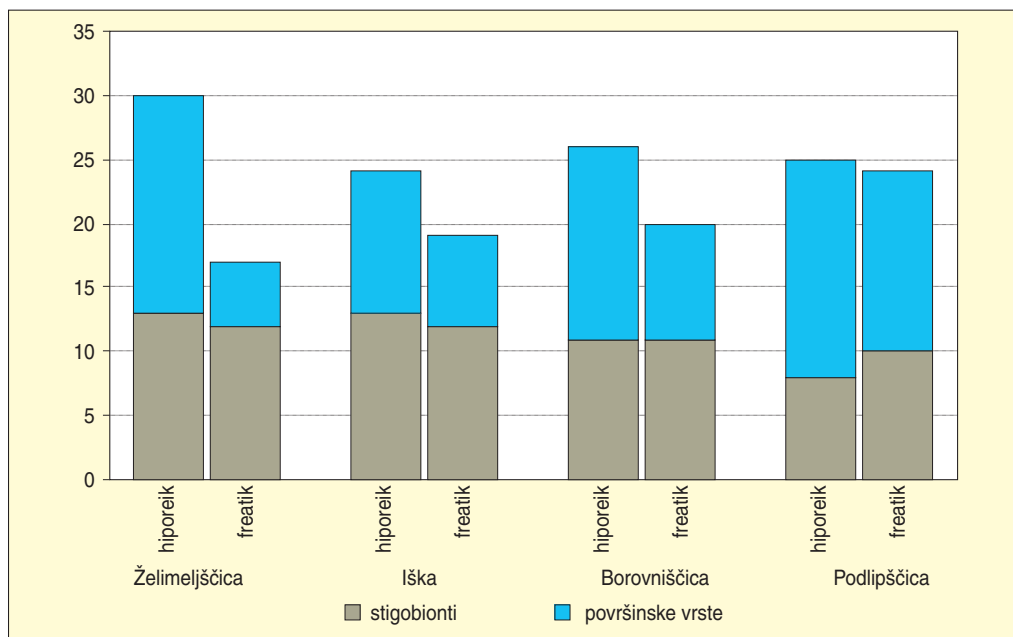
Preglednica 8: Seznam ceponožcev (Copepoda) in vodnih bolh (Cladocera), najdenih v podtalnici na južnem in jugozahodnem robu Ljubljanskega barja leta 2002, + označuje podzemne vrste (PASCALIS 2004).

COPEPODA	HARPACTICOIDA	SEZNAM VRST	Želimeljščica		Iška		Borovniščica		Podlipščica	
			H	F	H	F	H	F	H	F
		+Ameridae n. sp.	•	•						
		<i>Attheyella crassa</i> (G. O. Sars, 1863)	•		•		•		•	•
		<i>Attheyella wierzejskii</i> (Mrazek, 1893)	•							
		<i>Bryocamptus</i> (L.) <i>dacicus</i> (Chappuis, 1923)	•	•	•	•	•	•	•	•
		<i>Bryocamptus</i> (B.) <i>minutus</i> (Claus, 1863)								•
		<i>Bryocamptus</i> (R.) <i>pygmaeus</i> (Sars, 1863)	•	•	•	•	•	•		•
		<i>Bryocamptus</i> cf. <i>pyrenaicus</i> (Chappuis, 1923)	•	•	•					
		<i>Bryocamptus</i> (R.) <i>typhlops</i> (Mrazek, 1893)	•		•		•		•	•
		<i>Bryocamptus</i> (R.) <i>zschokkei</i> (Schmeil, 1893)	•	•	•	•	•	•	•	•
		<i>Echinocamptus pilosus</i> (Van Douwe, 1910)		•	•	•	•	•	•	•
		+ <i>Elaphoidella charon</i> Chappuis, 1936			•	•	•	•		
		+ <i>Elaphoidella elaphoides</i> (Chappuis, 1924)	•	•			•	•	•	•
		<i>Elaphoidella gracilis</i> (Sars, 1863)					•		•	•
		+ <i>Elaphoidella jeanneli</i> Chappuis 1928					•			
		+ <i>Elaphoidella millennii</i> n. sp.			•	•	•			
		<i>Epactophanes richardi</i> Mrazek, 1893							•	•
		<i>Moraria poppei</i> (Mrazek, 1893)	•		•		•			
		<i>Moraria varica</i> (Graeter, 1910)			•					
		+ <i>Nitocrella hirta</i> Chappuis, 1923	•	•	•					
		+ <i>Nitocrella</i> n. sp.	•							
		<i>Paracamptus schmeili</i> (Mrazek, 1893)	•	•	•	•	•	•		•
		+ <i>Parastenocaris gertrudae</i> Kiefer, 1968	•	•	•	•	•	•	•	•
		+ <i>Parastenocaris italica</i> Chappuis, 1933			•					
		+ <i>Parastenocaris nollii alpina</i> Kiefer, 1960	•	•	•	•	•	•	•	•
		+ <i>Acanthocyclops hispanicus</i> Kiefer, 1937				•		•		
		+ <i>Acanthocyclops kieferi</i> (Chappuis, 1925)	•	•	•	•	•	•	•	•
		<i>Acanthocyclops</i> n. sp.	•							
		+ <i>Acanthocyclops sambugarae</i> Kiefer, 1981	•	•	•	•	•	•	•	•
		<i>Acanthocyclops venustus venustus</i> (Norman & Scott, 1906)	•	•	•	•	•	•	•	•
		+ <i>Acanthocyclops venustus stammeri</i> (Kiefer, 1930)			•					
	CYCLOPOIDA									

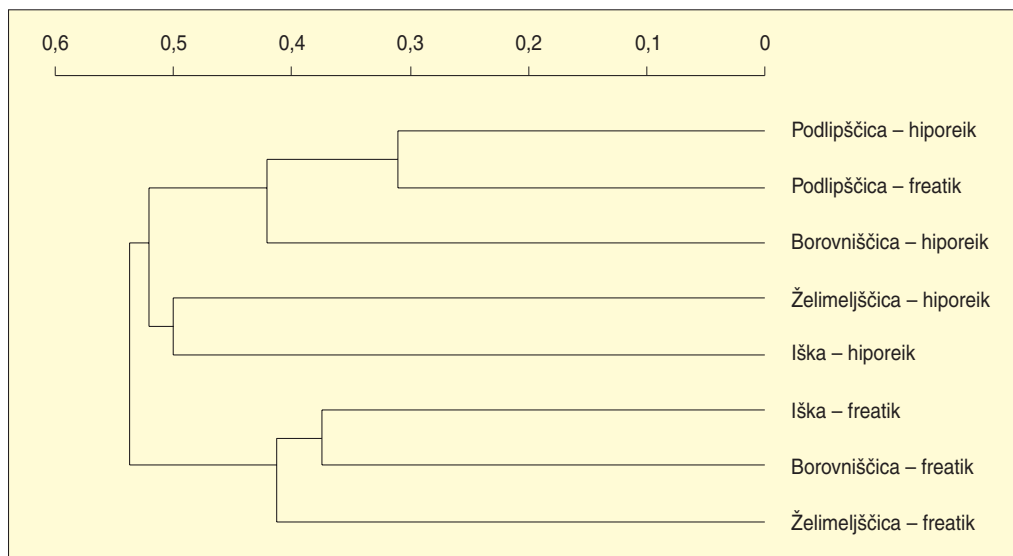


CLADOCERA

<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rehberg, 1880)								•
+ <i>Diacyclops clandestinus</i> (Kiefer, 1926)	•	•		•	•	•	•	•
+ <i>Diacyclops languidoides</i> (Lilljeborg, 1901)	•	•	•	•		•	•	•
<i>Diacyclops languidus</i> (Sars, 1863)			•	•	•		•	•
+ <i>Diacyclops zschokkei</i> (Graeter, 1910)		•		•		•		•
<i>Diacyclops</i> n. sp.					•			
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851)	•		•	•	•			
+ <i>Graeteriella unisetigera</i> (Graeter, 1908)				•				
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine, 1820)	•							
<i>Paracyclops affinis</i> (G. O. Sars, 1863)							•	
<i>Paracyclops fimbriatus</i> (Fischer, 1853)	•		•		•	•	•	•
<i>Paracyclops chiltoni</i> (Thomson, 1882)	•							
<i>Alona affinis</i> (Leydig, 1860)	•				•	•	•	•
<i>Alona costata</i> G. O. Sars, 1862					•	•	•	•
<i>Alona guttata</i> G. O. Sars, 1862	•						•	
<i>Alona quadrangularis</i> (O. F. Müller, 1785)	•						•	•
<i>Alona rectangula</i> G. O. Sars, 1862						•	•	
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	•				•		•	



Slika 51: Število vrst ceponožcev (*Crustacea: Copepoda*) in vodnih bolh (*Crustacea: Cladocera*) v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 (PASCALIS 2004).



Slika 52: Analiza združb ceponožcev (*Crustacea: Copepoda*) in vodnih bolh (*Crustacea: Cladocera*) v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 po metodi za razvrščanje v skupine (klasterska analiza). Dendrogram je narejen na podlagi Jaccardovega indeksa različnosti, ki upošteva prisotnost in odsotnost vrst, ne pa tudi števila osebkov posamezne vrste (PASCALIS 2004).

6.4 VREDNOTENJE PODZEMNE FAVNE

Po kemijskih in fizikalnih parametrih, ki smo jih izmerili v vodi med vzorčenjem, lahko sklepamo, da so si vse štiri reke dokaj podobne. Nekoliko odstopa le Podlipščica, v kateri so rahlo povišane vrednosti amonijevega iona in kemijske potrebe po kisiku, ki kažejo na rahlo obremenjenost z organskimi snovmi. Na nekoliko drugačne kemijske lastnosti vode Podlipščice kažejo tudi precej (celo do 300 %) višje vrednosti raztopljenega silikata (kot SiO_2). Višje vrednosti prve skupine podatkov (dušikove spojine in kemijske potrebe po kisiku) lahko razlagamo z bolj intenzivno kmetijsko dejavnostjo v dolini Podlipščice. Povišane vrednosti silikatov so odsev geološke zgradbe, saj se v zaledju Podlipščice krajevno pojavljajo tudi neapnenčaste kamenine (Gabrovec 1998). Glavne razlike med rekami so v intenzivnosti regulacij, ki so pri Podlipščici najbolj izrazite, saj je bila v osemdesetih letih 20. stoletja izvedena melioracija celotne Podlipske doline skupaj z regulacijo struge Podlipščice (Ritonja 1996).

Sestava celokupne favne vseh štirih rek kaže, da je hiporeična cona intenzivna prehodna cona med površinskimi in podzemnimi okolji (habitati), ki jo naseljujejo površinske vrste, ki se pomikajo z rečnega dna v globlje sloje prodišč zaradi ugodnejših življenjskih razmer, kot tudi prave podzemne vrste, ki kolonizirajo to cono, saj je ta bogatejša s hrano kot freatik (Danielopol 1991). Že v hiporeiku prisotnost nekaterih izrazito površinskih skupin močno upade. Najbolj očitno je to pri ličinkah žuželk. Po drugi strani pa kaže tudi na to, da je bil odvzem vzorcev pravilno izveden in da je bila kontaminacija s površinskimi združbami minimalna. Ta cona lahko služi tudi kot pribežališče bentoškim vrstam (vrste, ki živijo na rečnem dnu) ob neugodnih razmerah, kot so poplave, suše, plenilci ali poslabšanje kakovosti vode (Palmer s sodelavci 1992). Meja med conama se spreminja v času in kraju in je odvisna od nihanja nivoja podtalnice in površinskega toka vode (Williams 1993).

V freatični coni so prevladovale podzemne vrste (*stigobionti*), in sicer od globine 100 cm navzdol. To pomeni, da je prehodna cona med površinskimi in podzemnimi okolji zelo tanka in v rekah ne presega nekaj decimetrov. Vse aktivnosti, ki določajo kakovost podtalnice, se zgodijo v tej ozki prehodni coni. Zato je fizična sestava te cone in z njo povezane biološke združbe ključnega pomena za njeno kakovost. Tako so gliste (*Nematoda*) in maloščetinci (*Oligochaeta*) pomembni predstavniki favne v podtalnici, saj s svojim načinom prehranjevanja pospešujejo bakterijsko učinkovitost in preprečujejo, da bi se prostorčki med delci proda zamašili (Danielopol 1989). Maloščetinci iz družine Naididae so sposobni razgrajevati celo celulozo (Danielopol 1980). Večino organskih snovi v podtalnici razgradijo do mineralnih snovi bakterije, preostala favna ima bolj vlogo predelovanja organske snovi do takšne oblike, da so jo te sposobne mineralizirati. Pomembna je predvsem vloga mehanskega drobljenja.

V primerjavi s kraško podzemno favno, ki je v Sloveniji dokaj dobro raziskana (Pipan 2003), je vrstno bogastvo ceponožcev v podtalnici, ki smo jo preučevali, nekoliko manjše. Upoštevati moramo, da potekajo raziskave jamske favne v Sloveniji precej dalj časa kot raziskave podtalnice v prodiščih. Dvajset let trajajoče raziskave podtalnice reke Donave pri Dunaju so pokazale, da je vrstno bogastvo podzemnih vrst v prodiščih primerljivo z vrstnim bogastvom v nekaterih kraških sistemih v Franciji in v postojnsko-planskem jamskem sistemu (Danielopol, Pospisil 2001).

Kljub temu da v Sloveniji živita dve vrsti podzemnih vodnih bolh (*Alona sketi*, Brancelj 1992, in *Alona stochi*, Brancelj 1992), jih v raziskovani podtalnici nismo našli. Verjetno sta vrsti vezani na jamske habitate. V podtalnici reke Rone v Franciji živi podzemna vrsta vodnih bolh, *Alona phreatica*, ki je vezana izključno na prodišča in naj bi bila krajevni endemit (Dole-Olivier s sodelavci 1994), vendar se je v naslednjih letih izkazalo, da je ta vrsta splošno razširjena v intersticijskih vodah od jugovzhodne Španije vse do severozahodnega dela Belgije (Brancelj, lastna opazovanja). To nakazuje, da intersticijska favna le ni tako redka, kot smo si doslej predstavljali, ampak da je bila zgolj prezrta oziroma da so pri vzorčenju uporabljali neustrezne metode.

Večina vrst ceponožcev in vse vrste vodnih bolh, ki živijo v podtalnici štirih raziskovanih rek v Sloveniji, so vrste s široko geografsko razširjenostjo. Takšne vrste so harpaktikoidi *Elaphoidella elaphoides*, *Bryocampus dacicus*, *Bryocampus zschokkei*, *Echinocampus pilosus* in ciklopoid *Gratiellia unisetigera*.

Tudi drugi avtorji ugotavljajo, da v podtalnici aluvialnih vodonosnikov živijo predvsem vrste s široko razširjenostjo. Povezave med rekami so se skozi čas, predvsem v pleistocenu spreminjale, vrste so se razširjale skozi prodišča vzdolž toka rek, posledica pa so široki areali teh vrst (Rundle s sodelavci 2002). Nasprotno živi v kraški podtalnici veliko število vrst z omejeno razširjenostjo (Danielopol, Pospisil 2001, Sket 1994, Dole-Olivier s sodelavci 1994). Zaradi razdrobljenosti in večje izoliranosti habitatov je število krajevnih endemitov visoko. Bogata je zlasti nezasičena cona (Danielopol s sodelavci 2000). V Sloveniji spadajo med take specialiste slepa jamska postranica *Niphargobates orophobata* (Sket 1981) in pa verjetno tudi harpaktikoid *Elaphoidella franci* (Brancelj 2001), ki sta znana le iz enega samega curka vode v postojnsko-planinskem jamskem sistemu. Drug tak primer sta že omenjeni slepi jamski vodni bolhi, od katerih je ena znana le iz Kompoljske jame (Brancelj 1997), druga pa iz Osapske jame (Brancelj 1992).

Zaradi bližine dinarske regije vsebuje favna raziskovane podtalnice tudi vrste s centrom razširjenosti na Balkanu (*Bryocamptus pyrenaicus*, *Elaphoidella charon*, *Elaphoidella jeanelli*, *Nitocrella hirta*, *Parastenocaris nollii alpina*, *Acanthocyclops hispanicus*, *Acanthocyclops sambugarae* in *Acanthocyclops venustus stammeri*). Zanimiva je najdba še neopisane vrste *Elaphoidella millennii* (Brancelj v tisku), ki je bila doslej posamično najdena v jami Velika pasjica nad Iškim Vintgarjem in v Županovi jami pri Turjaku (Brancelj 2002, Pipan 2003), v podtalnici Iške in Borovnišči pa je široko razširjena in relativno številna. Pričakujemo lahko še nove najdbe te vrste drugod po Sloveniji.

Želimeljščica, ki je bila najbolj bogata z vrstami v hiporeiku, je enako kot Iška najmanj obremenjena zaradi človekove dejavnosti. Vendar ima v nasprotju z Iško manjši pretok in strmec, zato je sestava prodišč drugačna, organskega materiala je v hiporeični zoni Želimeljščice precej več kot v Iški in s tem tudi hrane. Za polovico manjše število vrst v freatiku Želimeljščice pa je verjetno posledica neprepustnih plasti v prodišču, ki niso najbolj ugodno okolje za organizme.

Podobnost freatične cone, ki je bila izračunana na podlagi prisotnosti ceponožcev in vodnih bolh, pri treh rekah – Želimeljščica, Iška, Borovniščica – in razmeroma velika nepodobnost s Podlipščico kaže, da so globlje plasti vodonosnika na južnem obrobju Ljubljanskega barja med seboj relativno dobro povezane in da omogočajo relativno neomejeno širjenje nekaterih skupin organizmov. Po drugi strani pa kaže, da imajo naplavine Podlipščice zaradi svoje geomorfološke zgradbe (prevladovanje gline) pa tudi zaradi regulacijskih del in obremenjenosti s kmetijsko dejavnostjo, nekoliko drugačno sestavo favne. Razlike v vrstnem bogastvu in sestavi vrst med posameznimi rekami so verjetno posledica krajevnih geomorfoloških in hidroloških lastnosti rek (Châtelliers 1991). Vpliv človeka na favno se kaže v majhnem deležu podzemnih vrst tako v hiporeiku kot v freatiku. Zaradi večje organske obremenjenosti je hrane dovolj in površinske vrste izrinejo stigobionte, ki so uspešnejši v energetsko revnem okolju (Sket in Velkovrh 1980). Danielopol (2001) je primerjal delež podzemnih vrst v podtalnici reke Donave na območju, kjer ni bila izvedena regulacija struge, s prisotnostjo podzemnih vrst v podtalnici Rena, ki je bila podvržena človekovemu delovanju (Steenken 1998). V prvem primeru je bil delež stigobiontov precej višji kot v podtalnici reke Ren. Druga značilnost favne v podtalnici Podlipščice je številčna prevlada samo nekaj vrst, na primer med ceponožci, kar nakazuje, da je ta sistem pod stresom (Odum 1971).

6.5 SKLEPI

Podtalnica ni izoliran sistem, ampak skupaj z rečno strugo in obrežnim pasom tvori kompleksen in medsebojno prepleten ekosistem, ki je spremenljiv tako v času kot v prostoru (Ward s sodelavci 1998). Mehanski, kemijski in biološki procesi mineralizacije, ki se odvijajo v prvih nekaj decimetih ali metrih v produ, ki so v neposrednem stiku s površinsko vodo, so zelo pomembno »čistilna naprava«, ki izboljšuje kakovost površinske vode ob vstopu v podzemno okolje. Kakovost podtalnice se precej določi prav na tem ozkem prehodnem pasu. Tukaj se mora mineralizirati večji del organske snovi. V nasprotnem primeru se lahko kakovost vode zelo poslabša. V globljih plasteh produ, kjer so temperature nizke, so tudi biološki procesi bistveno bolj počasni. To lahko vodi do kopičenja organske snovi, zato pa tudi do pomanjkanja kisika.

Podtalnica je bogata s favno. Treba jo je varovati ne samo zaradi kakovostne pitne vode, ampak tudi zato, ker je to okolje neizčrpen vir podatkov o sestavi naše favne ter o filogenetskih odnosih med vrstami (Sket 1996a). Najbolj številčna komponenta te favne so raki, predvsem ceponožci, sledijo maloščetinci in prostoživeče gliste. Največja gostota organizmov je v prehodni coni hiporeika, v kateri se izmenjujeta površinska voda in podtalnica. Ta pas je bogat s hrano in dobro nasičen s kisikom. Prevladujejo površinske vrste. V freatiku, ki je v slabšem kontaktu s površino, revnejši s hrano in v katerem je manj kisika, živijo manj številčne populacije podzemnih živali, ki so prilagojene na energetsko revnejše okolje.

Večina vrst ceponožcev in vodnih bolh, ki živijo v podtalnici na južnem in jugovzhodnem robu Ljubljanskega barja, so vrste s široko geografsko razširjenostjo, pojavljajo pa se tudi vrste, ki so značilne samo za ožji prostor Slovenije in Balkana. Favna ceponožcev in vodnih bolh podtalnice štirih rek na južnem robu Ljubljanskega barja si je podobna tako po vrstni sestavi kot po vrstnem bogastvu. Krajevne geomorfološke in hidrološke značilnosti rek vplivajo na razlike v številčnosti in prostorski porazdelitvi favne.

Opaziti je človekov vpliv na združbe v podtalnici, ki se kaže kot prevlada majhnega števila vrst, ki so ekološko najbolj uspešne ob hkratnem upadu števila podzemnih vrst. Te so bolj uspešne od površinskih v energetsko revnejšem okolju, ob vnosu dodatnih količin hrane pa morajo tekmovati s površinskimi vrstami, ki so v takem primeru uspešnejše.

7 OBREMENJENOST PODZEMNE VODE

Vodonosnik Ljubljanskega polja leži pod Ljubljano z visoko gostoto poselitve, prometne infrastrukture (cestne in železniške povezave), kmetijsko dejavnostjo na obrobju mesta, razvito industrijsko in obrtno dejavnostjo. Podtalnico obremenjujejo razpršeni in točkovni viri onesnaženja. Med razpršene prištevamo kmetijstvo (nitrati, pesticidi), poselitev (nitrati, kalij, ortofosfati ...) in deloma promet (mineralna olja, policiklični aromatski ogljikovodiki, metil-terc-butil-eter ...), med točkovne pa industrijo in obrtno dejavnosti (halogenirane organske spojine, organofosforne spojine, težke kovine ...), deponije odpadkov (širok spekter onesnaževal) ter prometne nesreče (razlitja naftnih derivatov in različnih kemikalij).

Za vodonosnik Ljubljanskega polja je značilno, da je zaradi principa napajanja kakovost podzemne vode močno odvisna od opazovalnega mesta, to je od oddaljenosti mesta od napajalnega območja reke Save in od oddaljenosti kraja vzorčenja od virov onesnaževanja na Ljubljanskem polju, ki jih padavinska voda izpira skozi humusni pokrov in nezasičene plasti v zasičeno cono vodonosnika. Kljub odvisnosti dinamike podzemne vode na Ljubljanskem polju od dinamike reke Save se vpliv dogajanja na površini vodonosnika na polju samem bistveno bolj kaže v kakovosti podzemne vode kot pa vpliv kakovosti infiltrirane rečne vode. Dinamika razširjanja onesnaženja skozi humusne pasti in nenasičeno cono vodonosnika nam ni dovolj znana, vendar lahko na podlagi opisanih opazovanj sklepamo, da so procesi izredno hitri, kar pomeni veliko nevarnost za vodni vir, hkrati pa hitro razširjanje onesnaženj skozi zgornje nezasičene plasti pomeni tudi relativno hitro odstranitev onesnaženja.

Onesnaževala pridejo v nasičeno cono s pronicanjem padavin s površine, z dotoki vode v vodonosnik iz njegovega hidrografskega zaledja ali pa z infiltracijo površinskega vodotoka. Neposredni iztoki odpadnih voda v podzemne vode niso dovoljeni, kar pa ne pomeni, da ne obstajajo, zato se jih pri določanju vira onesnaženja ne more izključiti. Transport onesnaževal, ki dosežejo nasičeno cono s kraja največjega onesnaženja v okolico, je mogoče napovedati na podlagi modelov in terenskih meritev (Prestor s sodelavci 2002; Teutsch s sodelavci 2000). Tok podzemne vode v vodonosnikih z medzrnsko



ALEŠ SMREKAR

Slika 53: Na kakovost podzemne vode vpliva tako mestna kot tudi industrijska raba prostora.

poroznostjo je razmeroma počasen in znaša od nekaj metrov do 100 m na dan ter se prilagaja propustnosti vodonosnika. Vodonosne plasti niso homogene, ampak vključujejo tudi plasti ali leče slabše prepustnih materialov. Zaradi počasnega toka podtalnice (kvazistacionarno stanje) ter kamenin in huminskih substanc v nezasičeni in zasičeni coni prihaja do različnih fizikalnih in kemijskih procesov, kot so adsorpcija, kemisorpcija, kompleksiranje, okluzija ... (Krajnc 1995), ko se začasno ali trajno vežejo določena onesnaževala. Zavedati pa se je treba tudi obratnega procesa, ko se v spremenjenih razmerah (na primer pH, koncentracija raztopljenega kisika ...) iz nezasičene in zasičene cone, ki je zbirnik neznane kapacitete, nečistoče spirajo v podtalnico. Za vzdrževanje čim boljše kakovosti najpomembnejšega vira pitne vode je preprečevanje vsakršnega onesnaževanja krovnih plasti plitvih aluvijalnih vodonosnikov nujno.

Prednost tega vira pitne vode je sterilnost, zato odstranjevanje mikroorganizmov z mehanskimi postopki (ultrafiltracija) ali z dezinfekcijo (pretežno s plinastim klorom ali klorovimi spojinami) ni potrebno ali pa je uporaba kemikalij za dezinfekcijo majhna. Ob dezinfekciji s plinastim klorom se z organskimi spojinami, ki so prisotne v vodi, tvorijo nevarne organohalogene spojine, predvsem trihalometani (Lapajne, Osvald 2000).

Posledica obremenjevanja na prispevnem območju vodonosnika je obremenjenost oziroma onesnaženost podtalnice v vodonosniku. Ugotavljamo jo s sistematičnim sledenjem – monitoringom kakovosti podtalnice. Ko obremenjenost preseže sprejemljive meje, govorimo o ogroženosti vodonosnika. Po sprejeti zakonodaji za podzemne vode (Uredba o ... 2002) je določitev ogroženosti vodonosnika podlaga za sprejetje ukrepov celovite sanacije prispevnega območja.

7.1 VRSTE MONITORINGOV

Pod izrazom monitoring pojmuje *organiziran sistem meritev, opazovanj stanja, pojavov, sprememb kakovosti okolja in njegovih sestavin, na primer zraka, vode, prsti, ki omogoča vrednotenje kakovosti okolja in določitev ukrepov za njegovo varstvo.*



ALEŠ SMREKAR

Slika 54: Onesnaženje z nitrati kaže trend naraščanja tudi v neposrednih zaledjih vodarn.

Emisijski monitoringi so pomembni za ugotavljanje obremenjevanja voda. V Sloveniji se najpogosteje izvajajo neposredno na izpustih industrijskih ali komunalnih odpadnih voda v okolje, predvsem v površinske vodotoke. Monitoringe morajo zagotoviti onesnaževalci, ki so zavezanci po direktivi Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). Ob večjih odlagališčih odpadkov, ki so potencialni točkovni vir onesnaženja, se izvaja monitoring podzemne vode, da se oceni onesnaženje podzemne vode zaradi izcednih voda. Monitoringe izvajajo pooblaščen laboratoriji, podatki pa se zbirajo v bazi podatkov na Agenciji Republike Slovenije za okolje. Emisijski monitoringi in poznejše ocene pritiskov ne zajamejo precejšnega dela obremenitev, ki izhajajo iz manjših, a zelo številnih onesnaževalcev, nelegalnih izpustov in izcednih voda iz skritih bremen (prekrita odlagališča odpadkov).

Imisijski monitoring je sistematično spremljanje kakovosti podzemne vode na merilnih mestih vodonosnika, kjer ni neposrednega vpliva onesnaženja iz točkovnih virov. Cilj tega monitoringa je ugotavljanje obremenjenosti oziroma onesnaženosti podzemne vode v celotnem vodonosniku. To je mogoče, če elementi monitoringa (mreža merilnih mest, frekvenca vzorčenja in analiz ter izbor analiziranih parametrov) zadoščajo pogojem, navedenim v nadaljevanju.

V Sloveniji potekajo naslednji programi imisijskih monitoringov kakovosti podzemne vode: državni monitoring na 19 aluvijalnih vodonosnikih in 23 izviri se izvaja na podlagi letnega programa, ki ga je sprejel minister, pristojen za okolje, krajevni monitoringi mestnih občin Ljubljana in Maribor ter monitoringi upravljalcev večjih vodovodnih sistemov.

Na Ljubljanskem polju se izvajajo vsi trije sistemi monitoringa kakovosti podzemne vode, in sicer: državni monitoring od leta 1990, monitoring Mestne občine Ljubljana od leta 1997 in monitoring Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija.

Poleg teh monitoringov upravljaavec vodovodnega sistema v Ljubljani že celo desetletje izvaja interne preiskave podtalnice na prispevnih območjih črpališč. Dolgoročni načrti rabe vodnih virov morajo namreč temeljiti na poznavanju dinamike podtalnice kot tudi njene kakovosti. Zaradi problematike fitofarmaceutskih sredstev (FFS) in njihovih razgradnih produktov (PDP) od leta 2000 potekajo sistematične interne preiskave organskih snovi s poudarkom na teh spojinah, v zadnjem letu pa se tudi poostreno nadzira lahkohlapna klorirana topila. Namen preiskav je predvsem ugotoviti mesta vnosa, časovne vrste koncentracijskih nivojev in hitrost odstranjevanja ostankov onesnaževal iz vodonosnika. Tipična predstavnik fitofarmaceutskih sredstev sta atrazin (AT) in njegov razgradni produkt desetilatrazin (DAT). Pri spremljanju fitofarmaceutskih sredstev se ugotavlja tudi prisotnosti novih onesnaževal, s poudarkom na spojinah iz skupine fitofarmaceutskih sredstev in njihovih razgradnih produktov.

Izvajalci monitoringa podzemne vode na Ljubljanskem polju so laboratoriji Agencije Republike Slovenije za okolje (Kemijsko-analitski laboratorij) Inštituta za varovanje zdravje Republike Slovenije, Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor – Inštituta za varstvo okolja in Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija.

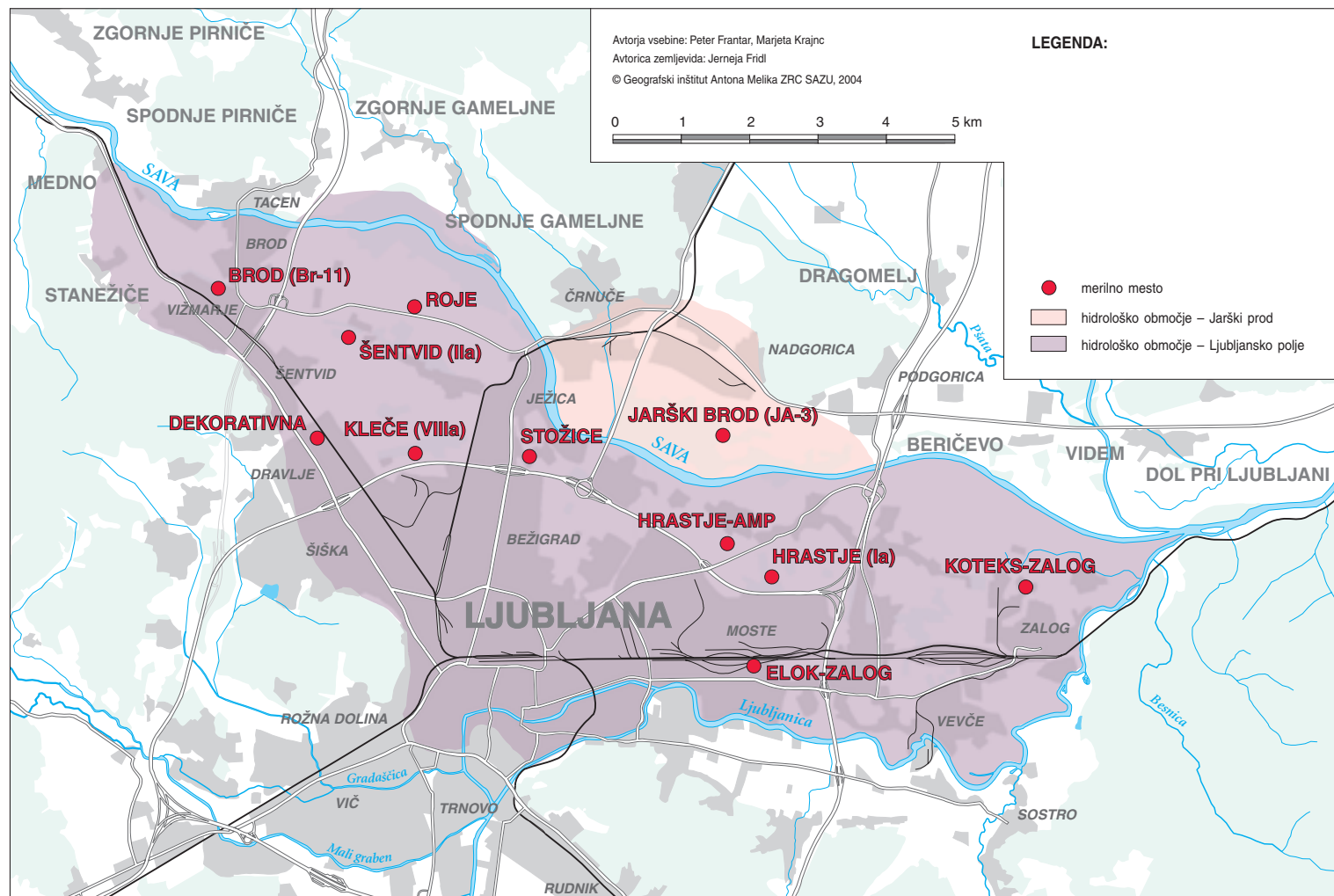
7.2 ELEMENTI IMISIJSKEGA MONITORINGA PODZEMNE VODE

Elementi imisijskega monitoringa, ki so pomembni za pravilno oceno obremenjenosti vodonosnika, so: mreža merilnih mest, pogostost vzorčenja in analiz in izbor analiziranih parametrov.

Na pravilnost rezultatov monitoringa vplivajo vsi elementi monitoringa kot tudi vse posamezne faze monitoringa, vendar največje napake izhajajo iz napačno zastavljene mreže merilnih mest in vzorčevanja, ki ne upošteva zahtev standarda.

Izpolnjeni morajo biti pogoji: za reprezentativnost mreže in zadostno število merilnih mest (vsaj tri merilna mesta na vodonosniku), vzorčevanja, skladno s standardom SIST ISO 5667-11; transporta in hranjenja vzorcev, skladno s SIST ISO 5667-3; in izvedbe analiz, skladno z zahtevami zagotavljanja kakovosti in kontrole.

Slika 55: Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na Ljubljanskem polju.



Pri zasnovi imisijskega monitoringa mora biti najprej določeno, katere vodonosne plasti želimo opazovati – plitve »odprte« vodonosnike, ki so zelo ranljivi za onesnaženje s površja, ali globlje ležeče vodonosnike, pred onesnaženjem zaščitene z manj propustnimi ali nepropustnimi plastmi. Ta izbira je vselej odvisna od pomembnosti vodonosne plasti za preskrbo s pitno vodo, kar v 7. členu zahteva tudi evropska okvirna direktiva za vode (Water Framework Directive 2000). V Sloveniji se za preskrbo s pitno vodo črpajo predvsem podtalnice plitvih aluvijalnih vodonosnikov, zato so ti tudi predmet monitoringa. Globlje ležeče vodonosne plasti se v programu državnega monitoringa spremljajo le na 4 merilnih mestih. V naslednji fazi je pomembno, kateri del izbrane vodonosne plasti želimo opazovati. Ta odločitev je zlasti pomembna za plitve podtalnice z debelejšimi vodonosnimi plastmi, kot je na primer vodonosnik Ljubljanskega polja. Če želimo ugotavljati dotok onesnaževal v nasičeno cono, je najprimernejše spremljanje gornjih plasti vodonosnika, kjer so koncentracije onesnaževal v podtalnici najvišje. Ta koncept monitoringa zagotavlja najboljše spremljanje onesnaževanja vodonosnika, ne omogoča pa dobre primerljivosti z drugimi državami v Evropi. V večini evropskih držav je preskrba, če kot vir pitne vode upoštevamo le podzemne vode, vezana na globlje ležeče vodonosnike, manj obremenjene z onesnaževali, ki izhajajo iz človekovih aktivnosti. Primerjava Slovenije z drugimi evropskimi državami, ki izvajajo monitoring kakovosti podzemne vode, je pokazala navidezno večjo obremenjenost slovenskih podzemnih voda, kar pa je v nasprotju z dejanskim stanjem (Okolje v ... 2003).

Pri **mreži merilnih mest** na vodonosniku je pomembno njihovo število oziroma gostota in enakomernost porazdelitve v prostoru, ki zagotavlja reprezentativnost mreže merilnih mest. Za statistične obdelave rezultatov za celoten vodonosnik oziroma telo podzemne vode je potrebno zadostno število reprezentativnih merilnih mest, vendar ne manj kot tri.

Reprezentativnost mreže merilnih mest se izraža z R_U (%) in se izračuna po formuli (Water ... 2001): $R_U = 37,7 / \text{dist}_{\text{ave}} \sqrt{k / \text{Area}}$, pri čemer je dist_{ave} povprečna razdalja med merilnimi mesti, izražena v ki-



MARJETA KRAJNC

Slika 56: Avtomatska merilna postaja v Hrastju.

MARJETA KRAJNC



Slika 57: Nekdanji industrijski vodnjak Dekorativna ob trgovinskem središču Mercator.

MARJETA KRAJNC



Slika 58: Vrtina Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija na Brodu.

*Preglednica 9: Parametri, na podlagi katerih se določa kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode, enote, v katerih so izraženi, in mejne vrednosti teh parametrov (Uredba o kakovosti ... 2002; * – vsota pesticidov in njihovih metabolitov: organoklorni, triazinski, organofosfori pesticidi, derivati fenoksi ocetne kisline, ** – vsota lahkih alifatskih halogeniziranih ogljikovodikov: triklorometan, tribromometan, bromodiklorometan, dibromodiklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, tetrakloroeten, trikloroeten, 1,1,1-trikloroeten, 1,1,2-trikloroeten, 1,1,2,2-tetrakloroeten, triklorofluorometan in difluorodiklorometan).*

parametri podzemnih voda	nomenklatura organskih spojin po IUPAC	enota	mejna vrednost
amonij		mg NH ₄ ⁺ /l	0,06
kalij		mg K ⁺ /l	10
nitriti		mg NO ₂ ⁻ /l	25
orto-fosfati		mg PO ₄ ³⁻ /l	0,2
alaklor	2-kloro-2',6'-dietil-N-metoksimetilacetanilid	µg/l	0,06
metolaklor	(aRS,1RS)-2-kloro-6'-etil-N-(2-metoksi-1-metiletil)acet-o-toluidid	µg/l	0,06
atrazin	6-kloroN(2)-etil-N(4)-izopropil-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,1
desetil-atrazin	6-kloroN(2)-izopropil-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,1
desizopropil-atrazin	6-kloroN(4)-etil-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,06
simazin	6-kloro-N(2),N(4)-dietil-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,06
prometrin	N(2),N(4)-di-izopropil-6-metiltio-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,06
propazin	6-kloro-N(2),N(4)-di-izopropil-1,3,5-triazin-2,4-diamin	µg/l	0,06
bromacil	5-bromo-3-sec-butil-6-metil-uracil	µg/l	0,06
vsota pesticidov *		µg/l	0,5
diklorometan		µg/l	2,0
tetraklorometan		µg/l	2,0
1,2-dikloroeten		µg/l	3,0
1,1-dikloroeten		µg/l	0,5
trikloroeten		µg/l	2,0
tetrakloroeten		µg/l	2,0
vsota lahkih alifatskih halogeniranih ogljikovodikov **		µg/l	10
mineralna olja		µg/l	10
krom		µg/l	30

lometrih, k je število merilnih mest, Area pa je površina vodonosnika v km². Mreža je reprezentativna, če je R_{ij} enak ali večji kot 80 %.

Zelo pomembna je tudi izvedba merilnih objektov, ki mora zagotavljati, da vzorčimo svežo podtalnico iz določene globine v okolici merilnega mesta. To je mogoče pri namensko projektiranih in izvedenih objektih – piezometrih, ki imajo filtre na tisti globini podtalnice, ki jo želimo opazovati. Piezometri morajo biti izdelani iz inertnih materialov, ki v vzorec ne vnašajo nečistoč. Vzorcevanje podtalnice je začetna faza pri analizi vzorcev podtalnice, ki največ prispeva k pravilnosti rezultatov. Zahteve standarda za vzorcevanje podzemne vode (SIST ISO 5667-11) določajo, da je pred odvzemom vzorca treba iz objekta prečrpati toliko podtalnice, da se vzpostavi konstantna temperatura, električna prevodnost in pH (približno 3–6 volumnov vodnega stolpca).

Mreža merilnih mest na Ljubljanskem polju je sestavljena predvsem iz obstoječih objektov, največ iz vodnjakov na črpališčih pitne vode, ki zaradi večje izdatnosti črpajo podtalnico iz širšega dela vodonosnega sloja. Leta 2003 se je v mrežo vključil sodobno projektiran večnivojski namenski objekt – avtomatska merilna postaja Hrastje, ki jo je Agencija Republike Slovenije za okolje postavila s pomočjo sredstev Republike Slovenije in sredstev PHARE. Na tej merilni postaji so štiri vrtnice s filtri na različnih globinah vodonosnika. Opremljene so s sondami za tekoče spremljanje temperature, električne prevodnosti, pH,

Preglednica 10: Seznam parametrov, ki se spremljajo v programu državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na Ljubljanskem polju.

skupine parametrov	parametri
parametri, merjeni na terenu	temperatura vode, pH, električna prevodnost (20 °C), vsebnost kisika, nasičenost s kisikom, redoks potencial
temeljni parametri	barva, motnost, kemijska potreba po kisiku s kalijevim permanganatom, skupni organski ogljik, amonijak (prosti), amonij, nitriti, nitrati, sulfati, kloridi, ortofosfati, natrij, kalij
onesnaženja kovine in nekovine	mineralna olja, poliklorirani bifenili, organsko vezani halogeni, sposobni adsorpcije mangan, železo, bor, aluminij, arzen, baker, cink, kadmij, krom (6+), krom (skupni), nikelj, svinec, živo srebro
pesticidi – triazini, organofosforni in drugi (metoda GC/MS, pH = 7)	acetoklor, alaklor, atrazin, azoksistrobin, cianazin, desetil-atrazin, desizopropil-atrazin, diklobenil, 2,6-diklorobenzamid, dimetenamid, endosulfan-alfa, endosulfan-beta, endosulfan sulfat, metazaklor, metolaklor, napropamid, paration-metil, paration-etil, pendimetalin, prometrin, propazin, simazin, terbutilazin, terbutrin, trifluralin dodatno: bromopropilat, diklorfos, fenitroton, fention, heksazinon, klorbenzilat, klorfenvinfos, malation, mevinfos, pirimikarb, prosimidon, sekbumeton, tetradifon, triadimefon, vinklozolin
pesticidi-fenoksi alkanojski herbicidi, bentazon in hidroksibenzonitrili (GC/MS, pH = 2)	bentazon, dicamba, 2,4-D, 2,4-DB, 2,4-DP, MCPA, MCPB, MCPP, silveks, 2,4,5-T dodatno: bromoksinil, joksini
pesticidi-fenilurea, bromacil, metribuzin (HPLC pri pH = 7)	bromacil, klorotluron, metobromuron, metamitron, izoproturon, metribuzin, linuron dodatno: klorbromuron, monolinuron, monuron
lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki (LHCH)	triklorometan, tribromometan, bromdiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroetan, 1,2-dikloroetan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, tetrakloroeten, trikloroeten, 1,1,1-trikloroetan, 1,1,2-trikloroetan, 1,1,2,2-tetrakloroetan, triklorofluorometan, difluorodiklorometan, triklorobenzen, heksaklorobutadien
aromske spojine	benzen, toluen, ksilen, mezitilen

vsebnosti kisika in nitratov. Zagotovljena je avtomatska povezava izhoda teh sond s centralnim računalniškim sistemom Agencije Republike Slovenije za okolje, tako da v centru spremljamo polurne rezultate meritev petih parametrov. Iz centra se krmili tudi delovanje črpalk in avtomatskega vzorčevalnika. V vrtnah se spremlja nivo podtalnice, znotraj postaje sta tudi meteorološka postaja in merilnik padavin.

Med naštetimi objekti le avtomatska merilna postaja Hrastje ustreza merilom za sodobni namenski objekt za monitoring podzemne vode, to merilno mesto je celo nadstandardno. Merilna mesta monitoringa Mestne občine Ljubljana so bila do leta 2003 ista kot za državni monitoring, vendar brez vrtnine Brod in avtomatske merilne postaje Hrastje.

Pogostost odvzema vzorcev in analiz je za spremljanje kakovosti podzemne vode zelo pomembna, prilagaja pa se pomembnosti merilnega mesta. Najvišja je na najpomembnejših črpališčih pitne vode za Ljubljano (Kleče, Hrastje). Leta 2003 je bila pogostost meritev na teh dveh mestih 28-krat na leto (monitoring Mestne občine Ljubljana 24-krat na leto, monitoring Agencije Republike Slovenije za okolje 4-krat na leto), na črpališčih Šentvid in Jarški prod pa 16-krat na leto (monitoring Mestne občine Ljubljana 12-krat, monitoring Agencije Republike Slovenije 4-krat). Na drugih merilnih mestih je pogostost nižja, 4- do 8-krat na leto.

V podzemni vodi Ljubljanskega polja se na vseh mestih **analizira 23 parametrov**, ki omogočajo določitev kemijskega stanja.

Parametri kemijskega stanja so temelj državnega monitoringa kakovosti podzemne vode, poleg teh se analizirajo še številni drugi, ki pomenijo nevarnost onesnaženja podzemne vode. Do leta 2002 se je v okviru državnega monitoringa na vseh merilnih mestih v podtalnici dvakrat na leto analiziralo 100–120 različnih fizikalnih in kemijskih parametrov. Program Mestne občine Ljubljane pa je zastavljen

tako, da se na posameznih merilnih mestih pogosteje spremljajo tista onesnaženja, ki so bila pred letom 1997 ugotovljena na podlagi državnega monitoringa.

Od leta 2003 je program državnega monitoringa usklajen s predpisi za podzemne vode, sprejetimi leta 2002 (Uredba 2002, Pravilnik 2002) in dopolnjen z izkušnjami, pridobljenimi med monitoringom kakovosti podzemne vode. S tem letom se je razširil seznam pesticidov, ki je odslej prilagojen dejanski porabi fitofarmaceutskih sredstev. Sledenje večine onesnaževal v podtalnici Ljubljanskega polja je mogoče od leta 1990. Vsi rezultati analiz so v poročilih izvajalcev programov državnega in lokalnega monitoringa ter v bazi podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje.

7.3 NAČIN OCENJEVANJA ONESNAŽENOSTI PODZEMNE VODE

Uredba o kakovosti podzemne vode določa nov pristop ocenjevanja kakovosti podzemne vode, skladen z zahtevami evropske okvirne direktive za vode (Water ... 2000). Za vodno telo podzemne vode oziroma za vodonosnik se določa kemijsko stanje, dolgoročne trende rasti ali zniževanja parametrov kemijskega stanja ter se na podlagi teh ugotavlja čezmerno obremenjenost. Cilj držav članic je, da vse podzemne vode do leta 2015 dosežejo dobro kemijsko stanje. Čezmerno obremenjenost podzemne vode se ugotovi tako, da se določi kemijsko stanje vodonosnika in trende rasti parametrov kemijskega stanja. Kemijsko stanje se določi na podlagi statistične obdelave enoletnih rezultatov na vseh merilnih mestih vodonosnika.

Za vse parametre kemijskega stanja se določi letna povprečna vrednost parametra na vseh merilnih mestih vodonosnika CL_{AM} (meja zaupanja za aritmetično povprečje za vodno telo podzemne vode – letna povprečna vrednost parametra) po spodaj navedenih zvezah (Uredba o kakovosti podzemne vode 2002), pri čemer so: $AM0$ spodnja vrednost letne aritmetične sredine na merilnem mestu (rezultati pod $LOD = 0$), $AM100$ zgornja vrednost letne aritmetične sredine na merilnem mestu (rezultati pod $LOD = LOD$), AM letna aritmetična srednja vrednost parametra na merilnem mestu, CL_{AM} meja zaupanja za aritmetično povprečje za vodno telo podzemne vode (letna povprečna vrednost parametra), t Studentov faktor, s standardni odklon pri normalni porazdelitvi in N število merilnih mest.

Vodno telo podzemne vode oziroma vodonosnik dosega dobro kemijsko stanje, če za vseh 23 parametrov kemijskega stanja velja, da je $CL_{AM} \leq MV$ (Uredba o kakovosti podzemne vode 2002), pri čemer je MV mejna vrednost parametra. Vodonosnik ne dosega dobrega kemijskega stanja, če za enega ali več parametrov zgornji pogoj ni izpolnjen. Vodno telo podzemne vode je čezmerno obremenjeno, kadar za enega ali več parametrov velja: $CL_{AM} > MV$ (za nitrata $CL_{AM} > 2 \times MV$) ali kadar imajo trije parametri kemijskega stanja dolgoročni trend naraščanja.

Mreža merilnih mest na vodonosniku Ljubljanskega polja je v primerjavi z drugimi aluvijalnimi vodonosniki dovolj gosta in reprezentativna, da zagotavlja zanesljivo statistično obdelavo rezultatov.

Določitev kemijskega stanja upošteva samo letne povprečne vrednosti za 23 parametrov. Poleg določevanja kemijskega stanja vodonosnika in dolgoročnih trendov rasti se onesnaženje še vedno ugotavlja na posameznem merilnem mestu, na katerem se ocenjujejo vsi preiskani parametri. Če za parametre v Uredbi o kakovosti podzemne vode niso navedene mejne vrednosti, se jih vrednoti po standardih za pitno vodo (Pravilnik 2004).

7.4 KEMIJSKO STANJE VODONOSNIKA

Na podlagi statističnih obdelav so se za parametre kemijskega stanja določile letne povprečne vrednosti leta 2003. Primerjava rezultatov državnega monitoringa kakovosti 13 aluvijalnih vodonosnikov v Sloveniji, za katere je bila mogoča statistična obdelava rezultatov, pokaže, da je podtalnica Ljubljanskega polja med manj obremenjenimi v Sloveniji (Poročilo 2004). V podtalnici Ljubljanskega polja je v primerjavi z drugimi vodonosniki manj amonija, nitratov in atrazina. Po onesnaženju s tetrakloroetenom pa je vodonosnik na Ljubljanskem polju na tretjem mestu, za Spodnjo Savinjsko dolino in Krškimi poljem.

Preglednica 11: Aritmetične srednje vrednosti (AM) na posameznih merilnih mestih, aritmetične srednje vrednosti za celoten vodonosnik, letne povprečne vrednosti (CL_{AM}) za vodonosnik in mejne vrednosti (NO_3 – nitrati, Cr – krom, AT – atrazin, DAT – desetil-atrazin, BA – bromacil, FFS – fitofarmacevtska sredstva, C_2HCl_3 – trikloroeten, C_2Cl_4 – tetrakloroeten, LHCH – lahkohlapni halogenirani ogljikovodiki).

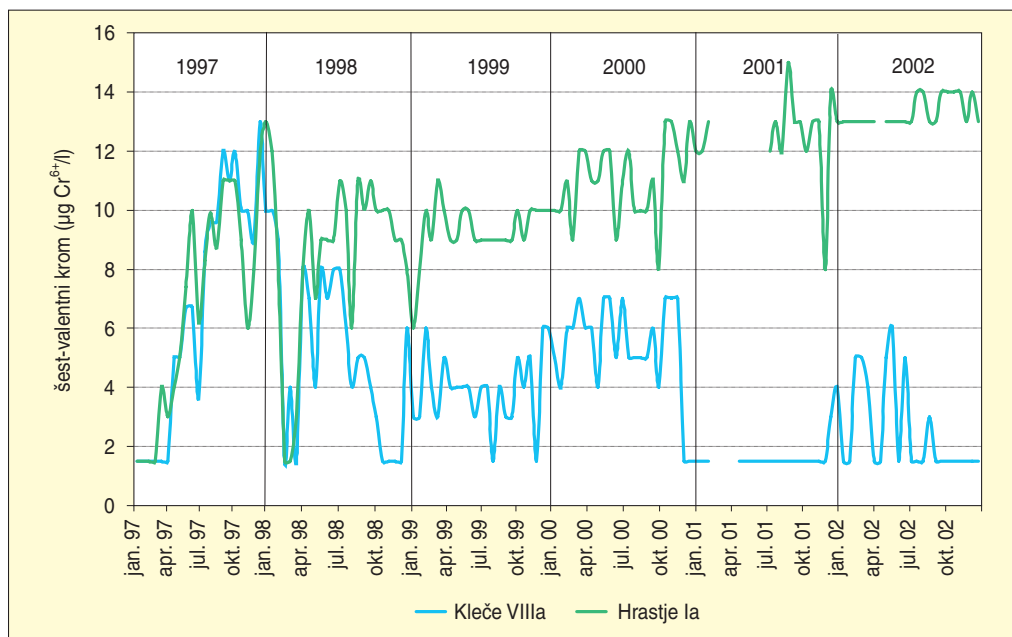
	NO_3	Cr	AT	DAT	BA	vsota FFS	C_2HCl_3	C_2Cl_4	vsota LHCH
	mg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Brod	15,9	1,3	0,03	0,05	0,010	0,07	0,25	0,01	0,00
Roje	7,7	0,8	0,01	0,02	0,010	0,02	0,25	0,01	0,00
Šentvid	16,1	0,5	0,04	0,06	0,010	0,10	0,25	0,01	1,04
Dekorativna	33,5	0,8	0,04	0,06	0,010	0,09	0,25	0,95	0,95
Kleče	13,0	3,3	0,04	0,06	0,010	0,10	0,25	0,04	0,04
Stožice	9,7	0,8	0,02	0,02	0,010	0,03	0,25	0,01	0,00
Hrastje la	22,7	15,0	0,16	0,17	0,051	0,44	1,07	1,57	3,50
Elok	8,8	0,8	0,03	0,03	0,010	0,05	0,25	0,28	0,28
Koteks	13,6	4,0	0,07	0,06	0,010	0,13	0,43	1,95	2,25
AMP Hrastje	11,9	0,5	0,02	0,03	0,010	0,04	0,25	5,60	5,77
AM za Ljubljansko polje	15,3	2,8	0,04	0,05	0,014	0,11	0,35	1,04	1,4
CL(AM)	19,4	5,3	0,07	0,08	0,022	0,17	0,50	2,03	2,5
CL(AM)/AM50	1,3	1,9	1,6	1,4	1,6	1,6	1,4	1,9	1,8
mejne vrednosti	25,0	30,0	0,10	0,10	0,060	0,50	2,00	2,00	10,0

Vodonosnik Ljubljanskega polja leta 2003 ni dosegel zahtev za dobro kemijsko stanje, ker je letna povprečna vrednost za tetrakloroeten presegla mejno vrednost 2 µg/l. Analiza vsebnosti parametrov kemijskega stanja na posameznih merilnih mestih kaže, da je najbolj obremenjeno merilno mesto vodnjak la črpališča v Hrastju. Tam so bile ugotovljene previsoke vsebnosti atrazina in desetilatrazina. Podtalnica je vsebovala tudi pesticid bromacil, katerega uporaba je v Sloveniji že dalj časa prepovedana, in tetrakloroeten. Najvišje vsebnosti tetrakloroetena (3,50 do 6,90 µg/l) so bile analizirane v vrtni na avtomatski merilni postaji Hrastje, na kateri se spremlja zgornji sloj podtalnice. V vodnjaku Hrastje la so bile določene najvišje vsebnosti kroma, predvsem v VI-valentnem stanju, ki pa še niso presegle mejnih vrednosti. VI-valentni krom se je pred 20 leti pojavil v zelo visokih koncentracijah v črpališču Kleče. Koncentracije kroma se v Klečah znižujejo, povišale pa so se v črpališču Hrastje.

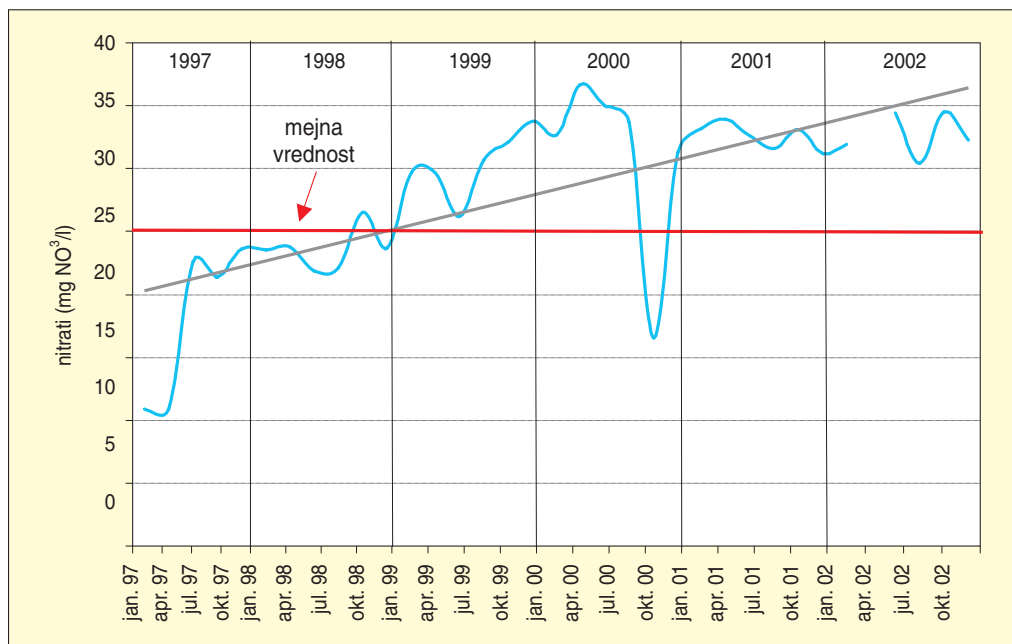
Pesticid diklobenil (2,6-diklorobenzonitril) se po kratkem času razgradi v 2,6-diklorobenzamid. Visoke vsebnosti te spojine so na nekaterih merilnih mestih konec leta 2000 prvič analizirali v laboratoriju Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija. Laboratoriji Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija, Zavoda za zdravstveno varstvo Maribor in Inštituta za varovanje zdravja Republike Slovenije so leta 2001 spremljali 2,6-diklorobenzamid na več merilnih mestih (Auersperger, Kus 2003), od leta 2002 je ta metabolit vključen tudi v državni monitoring kakovosti podzemne vode. Uporaba fitofarmacevtskega sredstva Casaron G, ki vsebuje aktivno komponento 2,6-diklorobenzonitril, je bila leta 2002 na vodovarstvenih območjih prepovedana z odlokom. Leta 2003 so bile najvišje koncentracije, ki do 3-krat presegajo mejne vrednosti za posamezni pesticid, analizirane v vodnjaku la v vodarni Hrastje, na drugih merilnih mestih pa so bile vsebnosti pod mejo določljivosti analizne metode. Nitrati so v podtalnici Ljubljanskega polja v dopustnem območju, razen v vodnjaku Dekorativna ob hipermarketu Mercator. Na tem merilnem mestu je od leta 1997 ugotovljeno zviševanje nitratov od nizkih pa do preseženih vrednosti.

Analiza gibanja za obdobje 1993–2003 pokaže zniževanje vsebnosti atrazina in zviševanje koncentracije tetrakloroetena.

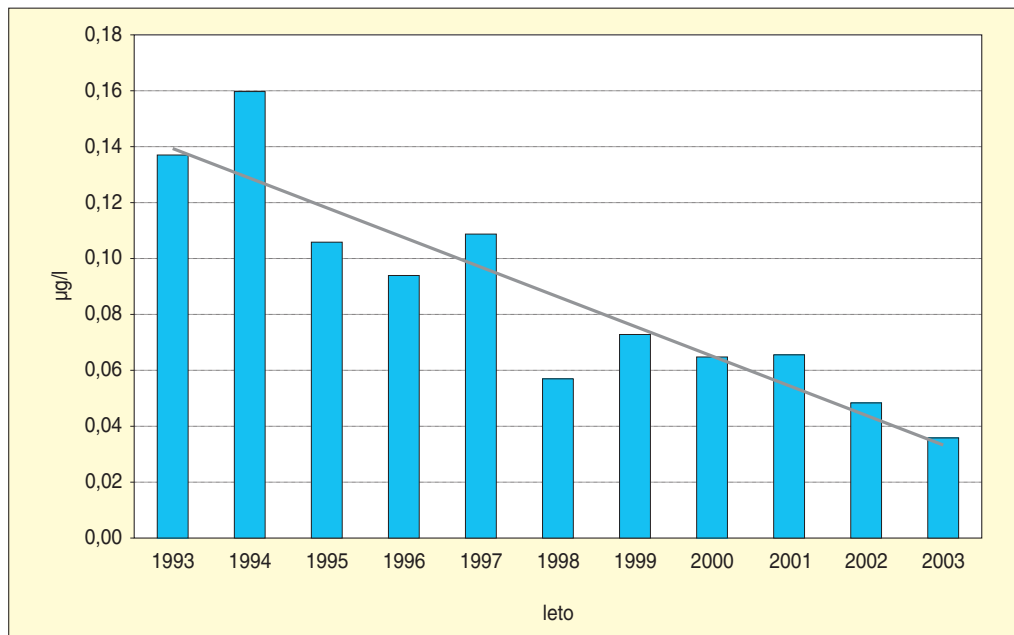
Preiskave laboratorija upravljavca vodovodnega sistema potekajo v krajših časovnih intervalih in hkrati ciljano ter jih je moč hitro prilagoditi trenutnemu opazovanju na terenu, kar je bistvena prednost v primerjavi z že uveljavljenimi monitoringi kakovosti podzemnih voda.



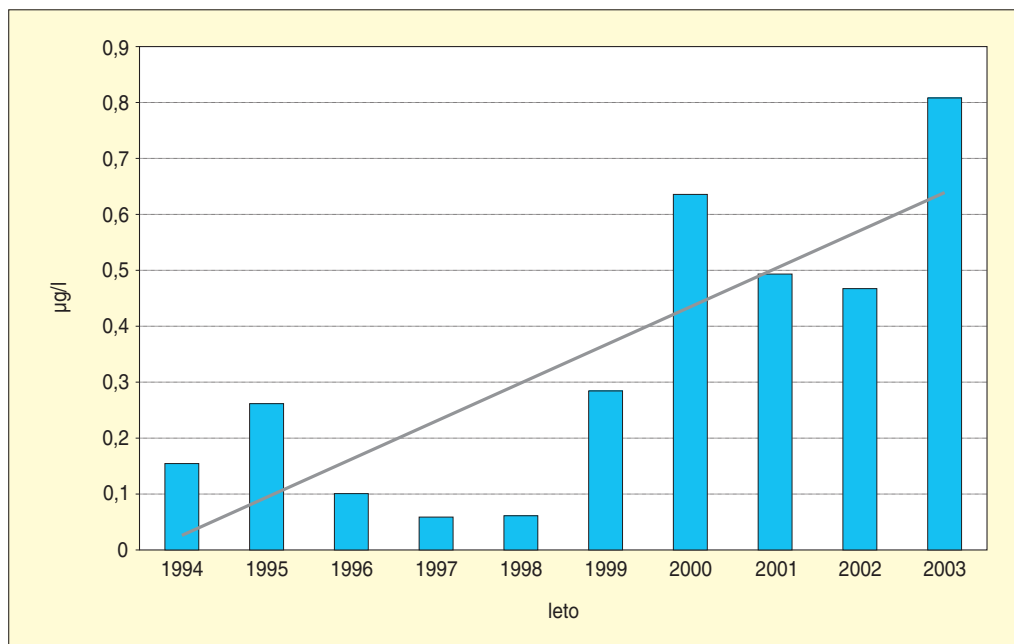
Slika 59: Spremljanje vsebnosti kroma v črpališčih Hrastje in Kleče od leta 1997 do 2002 (Mestna občina Ljubljana 2003).



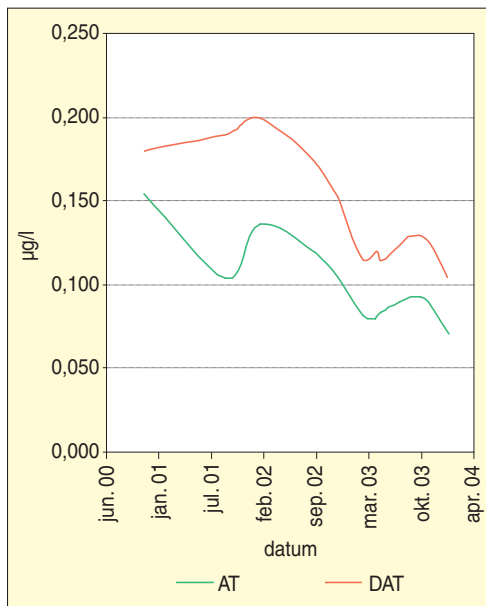
Slika 60: Spremljanje vsebnosti nitratov v industrijskem vodnjaku Dekorativna od leta 1997 do 2002 (Mestna občina Ljubljana 2003).



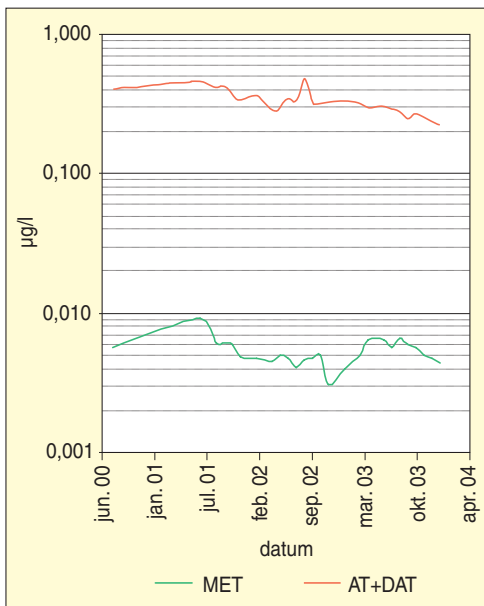
Slika 61: Gibanje zniževanja vsebnosti atrazina v podtalnici Ljubljanskega polja za obdobje 1993–2003 (Mestna občina Ljubljana 2003).



Slika 62: Gibanje rasti vsebnosti tetrakloroetena v podtalnici Ljubljanskega polja za obdobje 1994–2003 (Mestna občina Ljubljana 2003).



Slika 63: Spremembe koncentracije atrazina in desetil-atrazina na zahodnem delu vodarne Kleče. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 0,1 µg/l, za vsoto pesticidov pa 0,5 µg/l.



Slika 64: Spremembe koncentracije metolaklor in desetil-atrazina na zahodnem delu vodarne Hrastje. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 0,1 µg/l, za vsoto pesticidov pa 0,5 µg/l.

Čeprav je problematika prisotnih organskih spojin v podtalnici Ljubljanskega polja, predvsem pesticidov in njihovih razgradnih produktov pa tudi lahkihloriranih ogljikovodikov poznana in tudi sistematično spremljana že več desetletij, se Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija s problematiko v zadnjih nekaj letih še bolj poglobljeno ukvarja (Auersperger, Kus 2002). Koncentracija vseh pomembnejših opazovanih onesnaževal: nitratov, mikroelementov, predvsem kroma v šestvalentni obliki pa tudi pesticidov in njegovih razgradnih produktov, ter lahkihloriranih ogljikovodikov je najnižja v neposredni bližini reke Save. Ta pojav se povezuje z relativno kratkim časom zadrževanja podzemne vode v vodonosniku in torej manjšo možnostjo, da se vodonosne plasti »obogatijo« s padavinsko vodo z večjo vsebnostjo onesnaženj s površine.

V vodarni Kleče ni opaziti naraščanja koncentracije nitratov, ti pa so zaznavni v vodarni Hrastje. V vodarni Kleče so koncentracije nitratov v osrednjem delu vodarne nizke (okrog 10 mg/l), kar je povezano z visokim odstotkom rečne vode, ki jo zajemajo vodnjaki, na skrajnem zahodnem delu in v vodarni Hrastje pa se približujejo koncentraciji 25 mg/l.

Najvišje vrednosti za krom v šestvalentni obliki so bile leta 2003 ugotovljene na vodnjaku Hrastje 1a (do 17 µg/l), na vodnjaku 4 (do 19 µg/l) in na odvzemnem mestu Kleče vodnjak 11 (do 10 µg/l). Upadanje koncentracije kroma na zahodni strani vodarne Kleče se opaža že tretje desetletje, postopno pa še vedno narašča koncentracija kroma v vodarni Hrastje, in sicer od južnih proti severnim vodnjakom.

Ugotovljeno je zniževanje koncentracije atrazina na zahodnem delu podtalnice Ljubljanskega polja, ki je bil zaznan že konec leta 2002 in potrjen tudi z meritvami v letih 2003 in 2004 (Auersperger, Kus 2003). Ta vpliv se je najprej pokazal v nekaterih plitvejših vodnjakih, hišnih vodnjakih na draveljskem območju in v raziskovalnih vrtinah od Šentvida do severne ljubljanske obvoznice. Poleg zniževanja koncentracije atrazina in desetil-atrazina v raziskovalnih vrtinah je to opazno tudi na zahodnem robu vodarne Kleče, kjer je bila v preteklih letih opazna večja obremenjenost od povprečne v tej vodarni.

Gibanje zniževanja koncentracij je bilo zaznано tudi proti vodarni Hrastje. Meritve nakazujejo veliko verjetnost rabe atrazina južno od vodarne Kleče kljub prepovedi, kar vpliva na počasnejše zniževanje koncentracije atrazina in desetil-atrazina na južnem robu vodarne Hrastje. V podzemni vodi južnih vodnjakov vodarne Hrastje se opaža večji delež atrazina proti desetil-atrazinu, kot bi ga pričakovali, če nedavne rabe atrazina ne bi bilo. Kljub temu je zniževanje koncentracije atrazina in desetil-atrazina ob hkratnem zaznavanju sledi metolaklor in terbutilazina dobro znamenje in potrjuje velik napredek predvsem v delu kmetijskih svetovalnih služb.

Zniževanje koncentracije atrazina in desetil-atrazina v vodarni Hrastje leta 2003 ni samo posledica sušnega obdobja, ker je bilo hkrati zaznано povišanje koncentracije metolaklor, ki ga ni spremljalo sočasno zvišanje koncentracije atrazina.

Skupna značilnost preparatov, ki nadomeščajo atrazin, je večja razgradljivost, nekateri pa so manj mobilni oziroma manj vodotopni, kot na primer terbutrin, terbutilazin (Tappe 2002). To hkrati pomeni, da se vežejo na zemljo in se zelo malo spirajo. Že dve leti se v pomladnem obdobju spremlja koncentracija terbutilazina in njegov razgradni produkt desetilterbutilazina v nekaterih površinskih vodah, v plitvi podtalnici v Šiški, v vrtinah na Ljubljanskem polju in v vodnjakih vodarn. Izmerjene so bile koncentracije v obsegu nekaj tisočink $\mu\text{g/l}$. V nekaterih površinskih vodah je bila zaznana raba terbutrina z metolaklorom. Ta pripravek v Sloveniji ni registriran, vendar pa je za uporabo primernejši kot atrazin, ker se ne spira v podtalnico. Uporaba terbutrina je dovoljena tudi v Nemčiji.

Izsledki kažejo, da terbutilazin v tem trenutku ne pomeni pomembnejšega tveganja za vnos v podtalnico. Ker se pričakuje njegova povečana raba v prihodnjih letih, bo v sklopu preiskav JP Vodovod-Kanalizacija redno nadzorovan. Poleg desetilterbutilazina lahko nastane pri razgradnji terbutilazina desizopropil-atrazin, ki ga je bilo mogoče zadnje čase zaznavati v nekoliko višjih koncentracijah na nekaterih lokacijah v plitvi podtalnici v Šiški.

Prednost razgradljivih fitofarmaceutskih sredstev je, da transport na daljavo, ki je značilen za atrazin, nima pomembnejše vloge. Terbutilazin je po dosedanjih naših in tujih ugotovitvah (EURAU 2001) primernejši za uporabo kot atrazin. Problem je morebitni nastanek obstojnih in vodotopnih razgradnih produktov, ki se lahko spirajo v podtalnico in nato širijo na večjo razdaljo. Primer nastanka tovrstnega razgradnega produkta je razgradni produkt herbicida diklobenila (Casoron G), 2,6-diklorobenzamid, ki je bil ugotovljen v podtalnici v prejšnjih letih, vzrok pa je bila njegova nekmetijska raba. Z administrativno prepovedjo rabe Casoron G februarja 2002 se je stanje v podtalnici že v dveh letih po prepovedi bistveno izboljšalo.

Pri večji rabi uronskih preparatov se lahko pričakuje akumulacija kloro in dikloroanilinov v podtalnici. Primer je nastanek 3,4-dikloroanilina iz linurona in diurona. Kloroaniline v sledih so že zaznavali na določenih predelih podtalnice, so pa tudi na seznamih onesnaževal v Evropski uniji.

Identifikacija organskih spojin s tehniko plinske kromatografije z masno selektivnim detektorjem (GC-MS) dokazuje prisotnost estrov fosforjeve kisline v sledih v večini preiskovanih lokacij, kar je dokaz vpliva človekovih dejavnosti na površini prispevnih območij in pomembno opozorilo, da moramo varovati vodne vire.

Spomladi 2004 se je interni nadzor nad kakovostjo podtalnice poostрил na prispevnem območju vodarne Hrastje, saj je bilo v februarju 2004 na opazovalnih mestih BŠV-1/99 in BŠP-1/99, ki sta približno 3 km jugozahodno od vodarne Hrastje, ugotovljeno čezmerno krajevno onesnaženje z lahkohlapno klorirano spojino 1,1,2-trikloroeten. Koncentracija je tu presegla $600 \mu\text{g/l}$. Koncentracije tetrakloroetena na prispevnem območju vodarne Hrastje so se po podatkih pred zaznavanjem nedavnega onesnaženja gibale nad koncentracijo trikloroetena, v povprečju med 1 in $2 \mu\text{g/l}$. Onesnaženje s trikloroetenom se je v maju 2004 že pomaknilo proti vzhodu in približno 200 m južno od vodarne Hrastje preseglo koncentracijo $30 \mu\text{g/l}$, v južnih vodnjakih vodarne pa je bilo opazno naraščanje koncentracije trikloroetena, ki je že preseglo koncentracijo tetrakloroetena. Stanje v vodarni Hrastje so začeli spremljati s povečanim obsegom analiz na trikloroeten in tetrakloroeten. Onesnaženje na prispevnem območju vodarne Hrastje bo vplivalo na oceno stanja kakovosti podzemne vode še vrsto let.

7.5 SKLEPI

Za vodonosnik Ljubljanskega polja je v primerjavi z drugimi aluvijalnimi vodonosniki, pomembnimi za oskrbo pitne vode v Sloveniji še vedno značilna visoka izdatnost in nižja čezmerna obremenjenost.

Celoten vodonosnik Ljubljanskega polja je onesnažen s tetrakloroetenom, najvišje koncentracije so bile določene v črpališču Hrastje (vodnjak Ia) in na avtomatski merilni postaji Hrastje (plitvi vodnjak). Leta 2004 odkrito onesnaženje s trikloroetenom bo sliko kakovostnega stanja v prihodnjih letih močno spremenilo.

Onesnaženje z nitrati je ugotovljeno predvsem na severozahodnem delu vodonosnika (vodnjak Dekorativna), interne preiskave pa dokazujejo naraščanje koncentracije na severnem delu vodarne Hrastje, na drugih merilnih mestih so koncentracije v dopustnih mejah.

Vsebnosti atrazina in njegovega razgradnega produkta desetil-atrazina so stalno visoke na južnem delu črpališča v Hrastju, v črpališčih Kleče in Šentvid pa so večinoma pod mejnimi vrednostimi. V vodarni Hrastje so bile leta 2003 določene previsoke vsebnosti metabolita 2,6-diklorobenzamida, prisoten pa je tudi pesticid bromacil. Koncentracije 2,6-diklorobenzamida se hitro znižujejo.

Krom je kot posledica onesnaženja v sredini 80-tih let 20. stoletja še vedno prisoten v sledeh, opazno pa je tudi naraščanje v vodarni Hrastje od juga proti severu.

Analiza dolgoročnih gibanj kaže na zniževanje vsebnosti atrazina, posebno pozorno pa bo v prihodnjih letih treba spremljati trikloroeten in tetrakloroeten, katerih koncentracija v zadnjem desetletju narašča, ter tudi prisotnost drugih spojin iz skupine kloriranih organskih topil.

8 JAVNA OSKRBA S PITNO VODO

Že pred mnogo stoletji je prostor, kjer danes leži mesto Ljubljana, z obiljem vode, s številnimi površinskimi vodotoki in izviri na Ljubljanskem polju in Barju ponujal ugodne možnosti za naselitev. Zaradi osrednje lege v državi in geografskih značilnosti leži v precepu številnih interesov rabe prostora in je območje, na katerem se prepletajo interesi urbanizacije, industrije, prometa, kmetijstva in oskrbe s pitno vodo. Javna oskrba s pitno vodo je nujen pogoj za kakovostno življenje v mestu in bližnji okolici in hkrati omejevalni ter usmerjevalni faktor razvoja mesta, saj vodni viri, namenjeni oskrbi prebivalstva, ležijo v njegovi neposredni bližini in celo pod njim.

V stotih letih se je Ljubljana iz kraja z dvajset tisoč prebivalci razvila v mesto s 300.000 prebivalci in se razširila čez velik del Ljubljanskega polja ter se v svoji rasti spojila z bližnjimi vasmimi. Prvotna kmetijska raba se je precej umaknila poselitvi, v zadnjih desetletjih pa delež kmetijske dejavnosti ostaja nespremenjen, zahvaljujoč varovanju prostora za javno oskrbo s pitno vodo. Kmetijstvo in oskrba s pitno vodo v Ljubljani zato že desetletja živita z roko v roki. Sicer pa je mogoče opaziti, da je načrtovanje rabe prostora v Ljubljani že desetletja v nepremostljivem konfliktu z varovanjem vodnih virov, vendar ni nujno, da je tako. Če pristanemo na dejstvo, da v vsakem razvoju mesta pripada varovanju vodnih virov posebna obravnava in ga obravnavamo kot robni pogoj, potem bi se bilo mogoče stalnim konfliktnim situacijam celo izogniti.

Koncept oskrbe z vodo za mesto Ljubljana, zasnovan pred več kot stoletjem, velja še danes. Glavni vodni vir mesta je podtalnica Ljubljanskega polja, čeprav so načrti oskrbe usmerjeni tudi na južno predmestje Ljubljane, na Ljubljansko barje. Pomen vodonosnika Ljubljanskega polja je v njegovi izdatnosti in še vedno tudi v kakovosti podtalnice, ki jo hrani.

Ljubljanski vodovodni sistem ima tipičen konzervativni značaj, saj se večje spremembe v načinu njegovega delovanja zgodijo zgolj občasno. Vendar je načrtovanje izboljšav, sprememb v delovanju in



ALEŠ SMREKAR

Slika 65: Detajl vodnjaka na Kongresnem trgu, Boris Kobe, 1941.

nadgradnji ter spremljajoča diskusija nujna sestavina uspešnega vsakodnevnega upravljanja sistema oskrbe s pitno vodo. Danes stojimo glede oskrbe s pitno vodo v Ljubljani pred pomembnimi odločitvami. Brez ustreznih odločitev in sprememb v sistemu bi varnost in zanesljivost oskrbe v prihodnjih letih lahko nazadovala. Odgovornost upravljavca in pristojnih lokalnih in državnih institucij je velika, saj se bodo posledice današnjih odločitev zaznavale še desetletja.

8.1 RIMSKA EMONA, LJUBLJANA KONEC 19. STOLETJA IN RAZVOJ VODOVODNEGA SISTEMA DO DANES

Vodni vir so prebivalci rimske Emone našli v hriboviti okolici njihovih domov, odpadna voda pa je po zbirnih kanalih odtekala v Ljubljanico. Vodovod, ki je tekel izpod Golovca proti Mestnemu trgu, je bil uporaben dolga stoletja, po nekaterih virih celo do potresa 1511. Če smo se kdaj vprašali, zakaj so prav vasi Dravlje, Koseze in Šiška že dolgo naseljene, je odgovor tu. Rimljani so do teh naselij speljali vodovod iz izvira Zlatek v Podutiku, ki je bil v rabi še leta 1737. Pod Rožnikom, za sedanjim Cekinovim gradom, je bilo pomembno zajetje, ki je pozneje napajalo vodnjak na Mestnem trgu. Javna oskrba z vodo nato ni napredovala, tako da se je v srednjeveških zgodovinskih obdobjih in pred njimi mesto oskrbovalo z vodo iz studencev in krajevnih vodnjakov. V hiše so jo nosili v vrčih in po uporabi zlivali v bližnje jarke po dvoriščih in vrtovih. Ko je mesto zraslo, je onesnažilo mestne vodnjake. Pomanjkanje pitne vode je bilo v Ljubljani v tistih časih občutno, čiste pitne vode je prebivalec mesta primanjkovalo, meščani so obolevali za črevesnimi boleznimi in mestni svetniki so si belili glave s tem, kje in kako zasnovati varno oskrbo meščanov Ljubljane. V mestu je bilo v osemdestih letih 19. stoletja 12 javnih vodnjakov, ki pa niso zadostovali, zato so prebivalci vodo zajemali tudi v zasebnih vodnjakih, ki naj bi jih bilo 305 (Sonc 1934). Lastniki so odvzem dovoljevali le, kadar je bilo vode dovolj. »Komisija za pregledovanje vodnjakov« je leta 1876 ugotovila, da je voda v Ljubljani »pokvarjena« in »polna škodljivih mrčesov«. Komisija je predlagala izdelavo novega javnega vodnjaka na Marijinem trgu kot zaključek vodovoda s »Tivoljskega hriba« ter vodnjak na Križevniškem trgu s »podzemeljsko vodo«. Komisija je celo sklenila, da ni smiselno razmišljati o vodovodu, ki bi preskrboval vse mesto. Sklep o novih javnih vodnjakih je bil sprejet, a ni bil nikoli izveden.

Potrebno je bilo še nekaj let, da so si svetniki upali utemeljiti in uresničevati širše vizije oskrbe s pitno vodo. Med nekaterimi prebivalci pa tudi mestnimi svetniki je vladalo odkrito nasprotovanje proti modernemu vodovodnemu omrežju, predvsem zaradi pričakovanih visokih cen pa tudi strahu, da vode ne bo dovolj za vse oziroma da ne bo dobra. Da pomeni javni vodovod velik tehnološki napredek in olajšanje gospodinjstvom v primerjavi s prenašanjem vode v škafih, so v tistih časih razumeli in zagovarjali le redki vizionarji.

Leta 1881 je bil na seji mestnega zdravstvenega sveta sprejet sklep inž. Rudolpha Wagnerja o izvedbi »splošnega vodovoda«. Kljub temu da je bila ugotovitev seje, da »glede na izkušnje, kako se v mestnem zboru ravna z zdravstvenimi vprašanji, ni gojiti prevelikih nad«, je ta sklep privedel do pomembnih dogodkov, ki zaznamujejo življenje mesta Ljubljana še danes. Leta 1882 je mestni odbor in poznejši župan Ivan Hribar predlagal ustanovitev »vodovodnega odbora«. Vodil ga je predlagatelj in na svoji prvi seji sprejel sklep o gradnji mestnega vodovoda.

Izdelana je bila obsežna hidrogeološka študija, v kateri so bile opisane različne možnosti oskrbe, tako iz studencev kot tudi podtalnice. Sklepe raziskav je podal v tistih časih najvišji strokovni urad v avstro-ogrski monarhiji – Državni geološki inštitut na Dunaju – in jih objavil v tiskani publikaciji takratnega podravnatelja, prof. Dionysa Stuhra z naslovom O vprašanju oskrbe z vodo deželnega glavnega mesta Ljubljane (Stur 1886). Med branjem študije se nam razkriva, kako dolgoročne vizije oskrbe mesta so imeli takratni strokovnjaki. Ob tehtanju najbolj primernih možnosti oskrbe so namreč razmišljali, ali bo ustrezna tudi čez 100 let. Ob tem se moramo vprašati, kakšna so naša videnja oskrbe v prihodnje. Generaciji, ki danes upravlja vodni vir, je težko predvideti prihodnji stoletni razvoj, pa vendar se moramo zavedati, da je bila za naše predhodnike prihodnost prav tako težko ali pa še težje predvidljiva, kot je za nas danes.

Stur je v svojem poročilu predlagal kot najprimernejši vir studenčnice pri Skaručni, podtalnico na Ljubljanskem polju pa je označil kot »jako okusno, čisto, hladno in zdravo«, vendar je bil mnenja, da se bo Ljubljana širila proti Savi in »bo podtalnico onesnažila«. Njegovo mnenje je bilo, da voda na Ljubljanskem polju nima povezave z reko Savo in da se napaja iz Skaručenskega polja med Šmarno goro in Rašico. Njegovo zmotno razmišljanje je veljalo še vrsto let. Njegova raziskava je tudi opozorila, da je izvirna voda pri Kamni gorici, Babinem dolu, pri Studencu, Bizoviku in Dobrunjah bolj spremenljive kakovosti od podtalnice. Preiskovani izviri so imeli v poletnem času previsoko temperaturo pa še premalo izdatni so bili.

Na končno izbiro črpališč so vplivali stroški, povezani s premagovanjem višinske razlike med črpališči in oskrbovanim območjem, pa tudi stroški, povezani z dolžino vodovoda. Strokovnjaki so zato izbirali med dvema možnostma: med vodo s Skaručenskega polja, ki leži severno od reke Save med Šmarno goro in Rašico, in vodo Ljubljanskega polja, ki leži na desnem, južnem bregu reke. Tehnica se zaradi oddaljenosti in pričakovanih tehničnih težav, povezanih s prečkanjem reke Save, ni nagnila k prvi možnosti, ampak k drugi.

Na Ljubljanskem polju je bila ugotovljena smer toka podtalnice, ki se je pretakala v neposredni okolici takrat naseljenega območja, danes pa celo pod njim. Izdelana je bila prva karta hidroizohips in določena smer toka podtalnice, na podlagi katere so se odločili, da bo črpališče ležalo na neposeljenem območju, od katerega je podtalnica tekla proti urbanim površinam takratnega mesta. Stoletni razvoj mesta je pokazal, da je bila izbira pravilna, saj bi lokacija črpališč dolvodno od naseljenega območja zaradi pretoka podtalnice pod njim povzročila, da podtalnica ne bi bila ustrezne kakovosti. Z današnjim znanjem in informacijami se zdi takratna odločitev samoumevna, vendar se moramo zavedati, da je bilo njihovo delo pionirsko, saj niso razpolagali z izkušnjami iz preteklosti tako kot mi danes.

Leta 1885 se je s preiskavami kakovosti površinskih in podzemnih voda v okolici Ljubljane začel ukvarjati tudi prof. Baltazar Knapitsch; ocenil je izdatnost vodnih virov in lastnosti voda povezal z geološkimi lastnostmi (Knapitsch 1886). Napisal je poročilo »o preiskovanju nekaterih studenčnic, ki bi se na slučaj dale porabiti v pitno vodo ljubljanskega mesta«. Prof. Knapitsch je v uvodu o starem veku razmiš-



ALEŠ SMREKAR

Slika 66. Leta 1890 je v prvih 606 hiš že pritekla pitna voda.



ALEŠ SMREKAR

Slika 67: Upravna stavba vodarne Kleče iz leta 1890.

ljal podobno, kot včasih mi razmišljamo o njegovem strokovnem delu pred enim stoletjem: »V onih časih so brez težavnih znanstvenih zapiskov, brez znanja kemične sestave vode in brez drobnogleda izvajali vprašanja o pitni vodi. Človek bi menil, da je dandanes dokaj lažje lotiti se take zadeve in ker nam je znanost odprla globokejši pogled v delavnico prirode, bi pričakovali, da prodira navdušenje za sodelovanje in izvršitev tako nujnega vprašanja v širši krogi – vendar je stvar dostikrat vsa drugačna, naša znanstvena doba še zmirom zaostaja daleč za nerazsvetljenim starim vekom. Tej čudni prikazni je pač vzrok to, da smo do zdaj bili vajeni vodo dobivati zastonj. Nihče ne izdaje rad denarja za stvar, ki se v toliki množini pretaka skozi naše mesto, vrh tega pa ljudstvo še vedno ne zna, da mu je voda neprecenljiv in prepotreben živež.« V poročilu zasledimo enega prvih (danes bi rekli) pravilnikov o pitni vodi, ki med drugim pravi: »Voda mora biti čista, brez barve in brez duha.«

Leta 1888 je v okviru »vodovodnega odseka občinskega sveta ljubljanskega« prišlo do odločitve, da se 3 km severno od naseljenih površin mesta po načrtih inženirja Oskarja Smrekerja iz Mannheima, »priznanega veščaka na polji vodovodnih zgradb« in pod nadzorstvom vodovodnega odseka z mestnim inženirjem Jaroslavom Hanušem zgradi črpališče Kleče kot galerija s štirimi vodnjaki, primarni vodovod v dolžini 27.326 m in rezervoar na Rožniku s prostornino 3.030 m³. Glavni vodnjak je imel v premeru 5 m, premer drugih je bil pol manjši, globoki pa so bili približno 20 m, skupna zmogljivost je znašala 3.384 m³/dan. Kopani vodnjaki so bili z natega v podzemnem rovu povezani z jaškom, v katerem je bila batna črpalka na pogon s parnim strojem. Dve leti po odločitvi, 17. maja 1890, je v prvih 606 hiš že pritekla voda. Celotni stroški so znašali 485.486 goldinarjev. Od odločitve do izvedbe je torej preteklo dve leti. Vse do danes je ostala prvotna lokacija črpališč srce vodovodnega sistema mesta Ljubljane. Ivanu Hribarju so za izredne zasluge pri izvedbi vodovoda podelili naslov častnega meščana.

Potres leta 1895 mestnemu vodovodu ni povzročil škode. Poraba vode pa je v rastočem mestu hitro naraščala, zato so v letih 1908–1910 razširili vodarno Kleče z novim vodnjakom in zgradili nov 5,2 km dolg povezovalni cevovod od Kleč do Rožnika, premera 400 mm. Leta 1910 je bilo na vodovod priključenih že 1.368 hiš.

Do leta 1930 je dnevna poraba vode iz prvotnih 3.000 m³ narasla v dneh največje porabe tudi na 21.000 m³. Prvi dve parni črpalke sta bili z električno centrifugalno črpalko za 250 l/s zamenjani leta 1936, leta 1940 pa so parne kotle ugasnili, ker je bila nameščena še druga, rezervna električna črpalka. Vodarna Kleče je imela leta 1950 šest vodnjakov, leta 1970 že petnajst in leta 1989 sedemnajst. Od takrat se kapaciteta vodarne Kleče ni spreminjala.

Vodarna Hrastje je začela s štirimi vodnjaki obratovati leta 1953, dve leti pozneje pa je začela obratovati vodarna Šentvid, ki danes obratuje s tremi vodnjaki. Leta 1975 je bila kapaciteta vodarne Hrastje podvojena in danes je na tej lokaciji deset vodnjakov.

Vodovarstveno območje v Vižmarjih je služilo zgolj raziskovalnemu delu.

Leta 1982 je začela z obratovanjem vodarna Jarški Brod, četrta vodarna centralnega vodovodnega sistema na Ljubljanskem polju, ki danes obratuje s tremi vodnjaki.

Mesto je dodaten vodni vir našlo tudi na svojem južnem obrobju. Raziskave, ki so bile v šestdesetih letih tega stoletja izvedene na Barju, so pokazale, da so pod barjanskimi glinasto-melnimi usedlinami debele plasti proda s podtalno vodo pod pritiskom. Leta 1981 je bila zgrajena vodarna Brest na vršaju reke Iške, ki je prvotno izkoriščala le vodonosne sloje v zgornjih, holocenskih sedimentih, danes pa izkorišča tudi podzemno vodo spodnjih vodonosnih plasti.

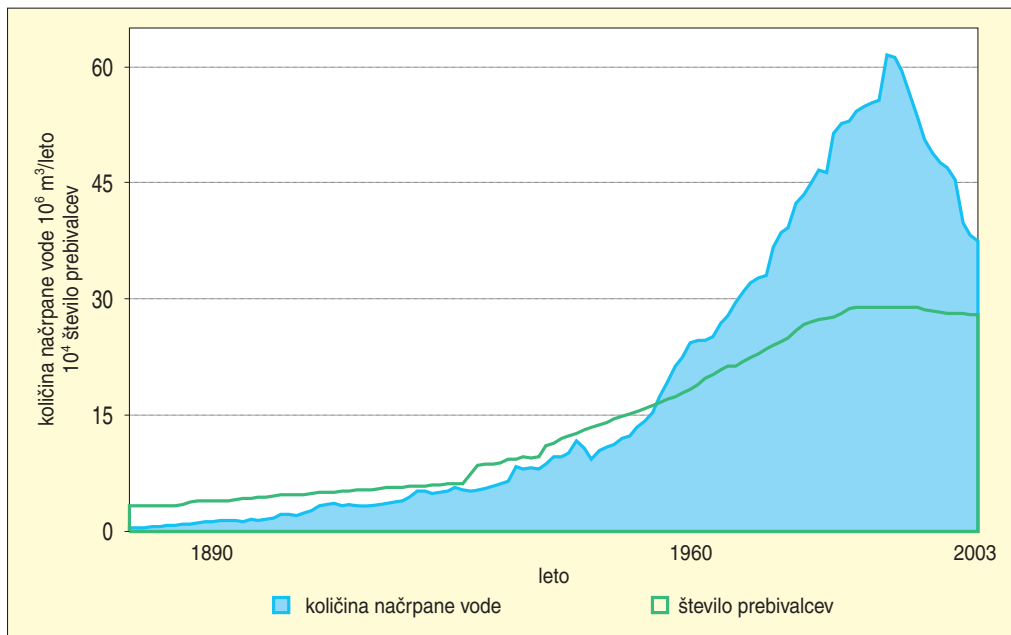
8.2 OSKRBA S PITNO VODO DANES

Oskrba s pitno vodo spada med tiste gospodarske javne službe, od katerih je močno odvisna kakovost vsakdanjika prebivalcev Ljubljane. Utrip življenja bi se dobesedno ustavil, če ne bi delovala, kot bi morala. Koliko neprijetnosti bi doživeli, če bi bile naše pipe suhe. Oskrba s pitno vodo je zasnovana tako, da je pravzaprav ne opazimo, seveda pod pogojem, da deluje brez motenj.



ALEŠ SMREKAR

Slika 68: Rezervoarji na mestnih vzpetinah, kot je vodohran na Rožniku, opravljajo vlogo vodnih stolpov, ki jih poznamo iz drugih ravninskih območij.



Slika 69: Načrpane količine vode in število prebivalcev v Ljubljani v zadnjem stoletju.

Današnji upravitelj vodovodnega sistema, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, upravlja z več kot 1.100 km dolgim vodovodnim sistemom, ki se oskrbuje iz štirih vodarn Ljubljanskega polja in vodarne Iškega vršaja, ki obsegajo skupno 39 aktivnih vodnjakov. Na Ljubljanskem polju obratujejo vodarne Kleče, Hrastje, Šentvid in Jarški Brod. V literaturi naletimo na različna imena zadnje vodarne. V arhivskih dokumentih najdemo ime Jarški Brod, zaradi česar se v zadnjem času vračamo k uporabi tega imena. Pojavlja se tudi naziv Jarški prod, ki izhaja iz lastnega zemljepisnega imena ravnice, kjer vodarna leži. Do poenotenja imen bo preteklo še nekaj časa. Podtalnica se črpa iz vodnjakov, ki segajo od 40 do 100 m globoko. V vodnjake, od katerih ima največji premer 800 mm, so vstavljene potopne črpalke, ki odvisno od izdatnosti vodnjaka in vodonosnika črpajo od 15 l/s pa vse do 100 l/s. Klasične črpalke z elektromotorjem v strojnici vodnjakov so pred desetletjem zamenjale potopne črpalke. Vodarna Kleče, ki se v dolžini več kot 1 km razteza od Dravelj proti vzhodu, to je naseljenim površinam Bežigrada, je vse stoletje ostala osrčje vodovodnega sistema mesta. Dva dela ločuje prometna Saveljska cesta, ki izgublja lokalni prometni značaj. Na južni strani teče ob njej severna obvozna cesta, prispevna območja na severu pa so pretežno kmetijska, kljub temu se nekaj zazidanih območij krepko ugreza v kmetijski prostor.

Vodarna Hrastje se deli v dva dela, med seboj oddaljena okrog 350 m, ki potekata v smeri sever-jug med Šmartinsko in severno obvozno cesto. Območji ležita severno od industrijsko trgovske cone BTC, na vzhodu pa se ji približa vzhodni del ljubljanskega avtocestnega obroča. Na zahodu vodarno obdajajo intenzivno obdelovane kmetijske površine, ki jih seka Šmartinska cesta.

Vodarna Šentvid leži med kmetijskimi površinami, vendar se ji z vzhoda in jugozahoda poseljena območja Šentvida močno približujejo. Mimo vodarne potekata z obeh strani prometni cesti, ki povezujeta Ježico in Savlje s Šentvidom oziroma z gorenjsko avtocesto. Blizu zajetja je tudi nekdanja upravna stavba, ki jo obdaja pogozdena površina.

Vodarna Jarški Brod je edina izmed vodarn, ki leži na levem bregu reke Save južno od industrijske cone ob Brnčičevi ulici. Je na z nizkim drevjem in grmičevjem poraslem območju vzhodno od mostu, kjer Štajerska cesta prečka reko Savo.

Vodarne so strogo varovano območje, obdano z zaščitno ograjo in pod stalnim nadzorom varnostne službe. Osebe je stalno prisotno le v vodarni Kleče, druge vodarne so upravljane na daljavo. Neposreden dostop do črpališč je mogoč le v spremstvu pooblaščenih oseb. Delovanje objektov je pod nadzorom ene osebe, ki upravlja vodovodni sistem iz dispečarskega centra v vodarni Kleče, kjer je upravljaljski center. Objekti so daljinsko nadzorovani in obratujejo povsem samostojno. Visoko zmogljiv in zanesljiv krmilnik na podlagi vhodnih podatkov procese krmili povsem avtonomno. Podatki o trenutnem delovanju objektov, kot so vodnjaki, prečrpalnice in vodohrane, se prenašajo v nadzorni sistem. Operater z nadzoranim sistemom preverja delovanje vodovodnega sistema in na podlagi trenutnega stanja na omrežju izvršuje potrebne ukaze za optimalno delovanje vodovodnega sistema. Delovanje črpalk vodnjakov je prilagojeno trenutnim potrebam v omrežju in tarifi električne energije. Vodovod je eden največjih porabnikov električne energije v mestu. Med nizko električno tarifo obratuje večje število vodnjakov, ki presežeke načrpane vode črpajo v rezervoarje, tako imenovane vodohrane, ki imajo skupno prostornino okrog 20.000 m³. Okolica Ljubljane je hribovita, zato rezervoarji ležijo na pobočjih obroba mesta, na primer na Rožniku, nad Črnučami in nad Pržanom. V Ljubljani ne poznamo tako imenovanih vodnih stolpov, kot jih poznajo mesta, ki ležijo na ravninskih območjih. Višje ležečim predelom, na primer na Grajskem hribu, se voda dobavlja s pomočjo prečrpalnih postaj. Voda se na poti iz črpališč do uporabnikov v omrežju ne zadržuje dalj kot nekaj ur. Iz vodarn izstopa načrpana voda po cevovodih, od katerih ima največji premer 700 mm. Obratovalni tlak vodarn na izhodu iz vodarn doseže 5 barov. Na poti do uporabnikov se vodovodno omrežje širi, omrežje je vse bolj podobno velikanskemu razvejanemu drevesu, premer vodovodnih cevi se od primarnih cevovodov velikih premerov zoži na sekundarno omrežje in se pri uporabnikih skrči na 20 mm. Tlak, ki še zadošča za nemoteno oskrbo najbolj oddaljenih uporabnikov, znaša 2,5 bara. V vodovodnem sistemu je vgrajeno približno 35.000 vodomero, ki so v lasti uporabnikov in katerih odčitki služijo obračunu porabljene vode.

Hkrati z rastjo prebivalstva v Ljubljani je v zadnjem stoletju naraščala potreba po vse večjih količinah pitne vode. Začelo se je v prvih dveh desetletjih po drugi svetovni vojni, širila se je industrijska dejavnost, hkrati pa se je močno povečalo tudi število gospodinjstev v mestu. Krivuljam rasti količin načrpane vode in števila prebivalstva se med dvigovanjem življenjskega standarda spremenita strmini, vendar krivulji načrpanih količin bolj kot krivulji rasti prebivalstva. Z rastjo življenjskega standarda se je namreč povečevala tudi poraba pitne vode na prebivalca. Količine načrpane vode se v zadnjem desetletju zmanjšujejo predvsem zaradi usihanja porabe v gospodarskih dejavnostih in vojaških ustanovah pa tudi v gradbeništvu in gostinstvu. Število prebivalcev, ki se oskrbuje iz centralnega vodovodnega sistema, se bistveno ne spreminja, opazno pa je povečevanje porabe na obrobju sistema in upad porabe v osrednjem delu mesta zaradi preseljevanja mestnega prebivalstva na obrobje mesta.

Vodarna Kleče je osrednji del sistema, saj je leta 2003 prispevala kar 55 % vseh načrpanih količin, kar pomeni 20,6 milijona m³ ali v povprečju 650 l/s. Sledijo vodarna Brest s 4,9 milijona m³, Hrastje s 4,5 milijona m³, Jarški Brod s 4,3 milijona m³ in Šentvid s 3,2 milijona m³.

Različni predeli Ljubljane dobijo vodo iz različnih vodarn – Šentvidčani iz vodarne Šentvid, Bežigrajčani iz vodarne Kleče, Črnučani iz vodarne Jarški Brod, prebivalci Murgel in ob Tržaški cesti, zahodno od Dolgega mosta, iz vodarne Brest, vmes pa so območja, na katera v odvisnosti od tlačnih razmer priteka voda iz več vodarn. V ljubljanskem sistemu oskrbe s pitno vodo zaradi zagotavljanja zdravstvene ustreznosti danes ni več območja, ki bi bilo oskrbovano izključno iz vodarne Hrastje. Količina porabljene vode na osebo se v Ljubljani med posameznimi območji zelo razlikuje in znaša 150–250 l na osebo na dan.

Cilj upravljanja vodovodnega sistema je stalna, varna in zdrava oskrba s pitno vodo v zadostnih količinah, skladna s pravnimi normami in tehničnimi predpisi. Upravljevalec vodovodnega omrežja ima pomembno vlogo gospodarja, ki skrbi za premoženje, ki je pretežno položeno skrito očem nekaj metrov pod površjem. Omrežje se vsak dan nadzira, pregleda se trase vodovoda, delovanje zapiral in hidrantov, jaškov in naprav v njih, odzračevalnih ventilov. S posebnimi napravami se spremljata pretok in tlak na posameznih točkah sistema, razlike med izmerjenimi in pričakovanimi ali izračunanimi vrednostmi



ALEŠ SMREKAR

Slika 70: Zmanjševanje izgub v vodovodnem sistemu, ki je skoraj tretjinsko, je pomembna naloga prihodnjih let.

pa dokazujejo, da je treba območje, kjer je bila meritev opravljena, podrobneje pregledati. Terenske ekipe so v stalni pripravljenosti, da ob okvari na določenem odseku posredujejo kar najhitreje.

Pri upravljanju vodovodnega omrežja se poslužujemo hidravličnega modela omrežja. To je matematično orodje, ki je v pomoč pri iskanju optimalnega načina vodenja sistema. Poleg tega je hidravlični model orodje, s katerim projektiramo in tako načrtujemo dolgoročni razvoj vodovodnega omrežja v mestu. S pomočjo hidravličnega modela napovedujemo spremembe v delovanju omrežja zaradi priključevanja novih porabnikov, rekonstrukcij cevovodov in v posebnih razmerah, kot je na primer izpad črpalšč zaradi motene oskrbe z električno energijo, kar se lahko zgodi ob intenzivnih snežnih padavinah, ali zaradi nenadnega onesnaženja podtalnice.

Zmanjševanje izgub, ki v ljubljanskem sistemu znašajo okrog 30 % načrpane vode, je pomembnejša naloga prihodnjih let. Vodovodne izgube so posledica starosti cevovodov in tesnilnih materialov, neakovostnega materiala, korozije, fizičnih poškodb kot posledic prometne obremenitve, gradbenih posegov v okolici vodovodne mreže in drugo, s čimer se bolj ali manj uspešno otepa vsak sistem oskrbe s pitno vodo. Mesto se je v prvih desetletjih po vojni hitro razvijalo, vgrajeni so bili materiali s kratko življenjsko dobo, obstoječe omrežje pa se ni dovolj obnavljalo, tako da so nekateri deli omrežja stari 70 in več let.

Stanje komunalne infrastrukture je pomemben kazalec razvitosti družbe. Od uspešnega gospodarjenja s premoženjem preteklih generacij ni odvisen samo življenjski standard sedanjih prebivalcev Ljubljane, ampak je odvisno tudi to, kako visoka bodo vlaganja v vodovodno omrežje čez čas, ko bodo vajeti gospodarjenja prevzeli naši otroci.

Slika 71: Vodovodno omrežje vodarn na Ljubljanskem polju.



Zmanjševanje vodovodnih izgub ne pripomore samo k zmanjšanim obratovalnim stroškom, ampak tudi k večjim zalogam vodnega vira. To pomeni, da se zmanjšajo stroški, povezani z iskanjem novih kakovostnih vodnih virov. Tudi omejevanje potreb je z dolgoročnega vidika bolj gospodarno kot pa hlastanje po novih vodnih zalogah, seveda izključno pod pogojem, da se cena pitne vode ravna po tržnih zakonitostih in ne spada v socialno kategorijo.

8.3 ZDRAVSTVENA USTREZNOST PITNE VODE

Zdravstveno ustrezna pitna voda je temelj našega preživetja. Pitna voda je eno najbolj strogo in pogosto nadzorovanih živil. Pitna voda je zdravstveno ustrezna, kadar so njene mikrobiološke in fizikalno-kemijske lastnosti skladne s predpisi, ki urejajo to področje.

Danes kakovost pitne vode v Ljubljani še vedno uvrščamo med prednosti življenja v glavnem mestu. V Ljubljani pijemo kakovostno, povsem naravno pitno vodo brez tehničnih postopkov prečiščevanja, tudi brez kloriranja.

Pitna voda ljubljanskega vodovoda je bistra in hladna (povprečna temperatura pri viru je 11 °C) ter dobro prezračena. Zaradi ravno pravi vsebnosti proste ogljikove kisline pa je rahlo osvežujoča. Sred-

Preglednica 12: Lastnosti pitne vode v Ljubljani med letoma 2002 in 2004 (– Pravilnik o pitni vodi (Uradni list Republike Slovenije 19/2004, 35/2004), ** – vzrok za morebitni pojav je neustrezno hišno vodovodno omrežje).*

parameter	enota	mejna vrednost*	območje
temperatura	°C	do 25 °C	10–14
pH		6,5–9,5	7,2–7,6
elektroprevodnost	µS/cm (20 °C)	2500	380–550
kalcij	mg/l		55–75
magnezij	mg/l		15–25
natrij	mg/l	200	2–9
kalij	mg/l		0,5–1,5
skupna trdota	°N		11–17
karbonatna trdota	°N		10–14
hidrogenkarbonat	mg/l		250–350
sulfat	mg/l	250	5–25
klorid	mg/l	250	2–20
nitrat	mg/l	50	12–22
nitrit	mg/l	0,5	pod mejo poročanja
amonij	mg/l	0,5	pod mejo poročanja
krom	µg/l	50	pod mejo poročanja do 15
svinec	µg/l	10	pod mejo poročanja**
železo	µg/l	200	pod mejo poročanja
atrazin	µg/l	0,1	pod mejo poročanja do 0,1
desetilatrazin	µg/l	0,1	pod mejo poročanja do 0,14
2,6-diklorobenzamid	µg/l	0,1	pod mejo poročanja do 0,11
vsota pesticidov	µg/l	0,5	pod mejo poročanja do 0,3
trikloroeten in tetrakloroeten	µg/l	10	pod mejo poročanja do 3
mineralna olja	µg/l		pod mejo poročanja do 6
escherichia coli	v 250 ml	0	0
koliformne bakterije	v 100 ml	0	0
število kolonij 22 °C		brez sprememb	0
število kolonij 37 °C	v 1 ml	100	0



Slika 72: Oskrbovalec pitne vode zagotavlja nadzor nad njeno zdravstveno ustreznostjo.

nja trdota ljubljanske pitne vode je okoli 15 nemških trdotnih stopinj. pH vrednost, ki pove, ali je voda kisla ($\text{pH} < 7$) ali bazična ($\text{pH} > 7$), je v rahlo bazičnem območju. Hladna pitna voda ni korozivna in ne povzroča čezmernega nastajanja vodnega kamna. Po količini so najpomembnejši ioni kalcij, magnezij in hidrojenkarbonat. Koncentracija snovi v vodi pri uporabnikih ni stalna, temveč se spreminja znotraj meja, razpon pa je odvisen od vodnega vira, iz katerega se območje napaja.

Organske snovi se pojavljajo le v sledovih kot številne naravne snovi in tudi sintetične spojine, ki so posledica človekove dejavnosti. Izvor organskih snovi je lahko čisto naraven, onesnaženje pa bi povzročil vdor komunalnih odpadkov v vodonosnik ali katera od kemičnih spojin, ki se uporabljajo v industriji, kmetijstvu ali jih prevažamo po cestah.

Čeprav se sledi ostankov pesticidov in njihovih razgradnih produktov občasno pojavljajo nad mejno vrednostjo, ki jo dovoljuje pravilnik, danes največja grožnja kakovosti pitne vode v Ljubljani vendarle ni več uporaba fitofarmacevtskih sredstev, saj je v kmetijstvu neprimerno bolj usmerjena in nadzorovana kot pred desetletjem. Hkrati se ostro nadzoruje raba drugih nevarnih kemikalij, kar bo preprečilo nedovoljene in nenadzorovane izpuste v okolje. Velika nevarnost za kakovost pitne vode pa so še vedno kemikalije, ki so bile nenadzorovano odložene v okolje v povojnih desetletjih. Kakovost podtalnice se izboljšuje, zato se postopoma izboljšuje tudi kakovost pitne vode. Danes pijemo bolj kakovostno vodo, kot smo jo pred desetletjem. Zakonski mehanizmi nam bodo omogočili, da bomo to kakovost tudi ohranili in jo še izboljšali. Prehodnega obdobja, v katerem bomo v pitni vodi še zaznavali posledice nerazumnih, okolju škodljivih dejanj iz preteklosti ne moremo preseči čez noč, vendar zaradi tega zdravje prebivalcev Ljubljane ni v nevarnosti.

8.4 KRONOLOŠKI PREGLED SPREJEMANJA VODOVARSTVENIH OBMOČIJ

Metodologije določanja vodovarstvenih območij oziroma varstvenih pasov, kot so se imenovali v preteklosti, imajo v Sloveniji bogato zgodovino. Vse so sledile spoznanjem in potrebam časa, v katerem

so nastajale. Dosedanji pristopi so temeljili na vrsti omejitev in ukrepov ter na nedvoumni prepovedi posamezne rabe prostora. Naravnim danostim in pravočasni zaščiti vodnih virov se lahko zahvalimo, da so Ljubljanci tudi danes oskrbovani z naravno pitno vodo. Uspeh stroke je izjemen, če upoštevamo jeklene čase, v katerih ni bilo prostora za okoljevarstveni pogled na svet, tako da je stroka morala sčasoma popustiti pod političnimi pritiski.

V Ljubljani se je pristopilo k varovanju vodnih virov na Ljubljanskem polju dovolj zgodaj, da je v obdobju nagle rasti mesta že veljalo varovanje vodnega vira z varstvenimi pasovi (Breznik 1988).

8.4.1 ODLOK O ZAŠČITNEM PASU IZ LETA 1955

Po letu 1945 se je Ljubljana začela širiti proti severu, povečale so se primestne vasi, ki so se desetletja pozneje zile z mestom. V letih od 1947 do 1949 je nastopila kriza v preskrbi s pitno vodo, odpravili so jo s povečanjem črpališča Kleče in z novimi črpališči v Šentvidu in Hrastju. Ob povečanih količinah načrpane pitne vode in zaradi že dolgo uveljavljenih principov urbanizacije se je pojavila težnja po varovanju podtalnice in leta 1955 je bil sprejet Odlok o zaščitnem pasu.

Zaščitni pas vodarn Kleče in Šentvid je bil nezazidljiv in ga je bilo mogoče uporabljati le v kmetijske namene. Izjema sta bili vasi Kleče in Savlje, kjer je bila dovoljena zazidava na podlagi minimalnega zazidalnega načrta. Zaščitni pas vodarne Hrastje je bil majhen in v celoti nezazidljiv. V odloku ni bilo člena, ki bi zahteval gradnjo kanalizacije, le v obrazložitvi odloka je bila poudarjena potreba po upoštevanju najstrožjih sanitarnih predpisov glede odvajanja odpadnih in fekalnih voda.

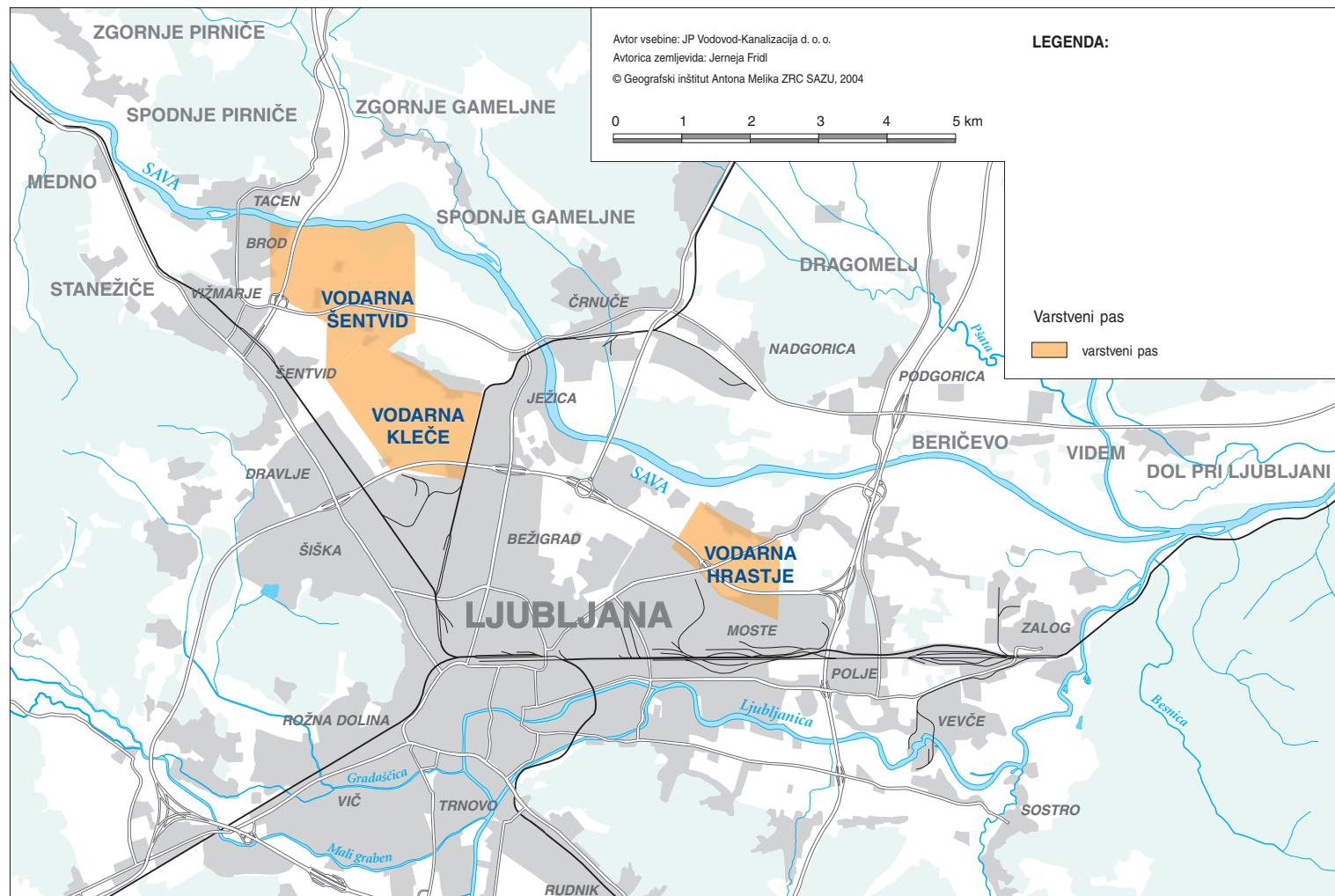
Vloga odloka iz leta 1955 je zelo velika, saj je pravočasno preprečil pozidavo vplivnega območja vodarne Kleče in ožjega območja vodarne Hrastje, kjer pa je bil zaščitni pas premajhen. Odločbe odloka so se strogo izvajale več kot deset let, nato pa so pod pritiskom popustili in z generalnim urbanističnim načrtom leta 1966 dovolili gradnjo novih sosesk vzhodne Savlje, južne Kleče in Sneberje ter večje število hiš v vaseh ob Savi na območju vodarne Hrastje. Lokacijske odločbe za nove hiše so izdajali z zahtevo po obveznem priključku na kanalizacijo, ki je bila le načrtovana in se je gradila veliko pozneje. V tem obdobju je nastalo »črno naselje« Tomačevo z greznicami, ob stanovanjske hiše se je zakopavalo nezaščitene cisterne za kurilno olje, dovoljena je bila gradnja vojašnice ob Letališki cesti in povečal se je promet z naftnimi derivati zaradi skladišča v Zalogu. Zaradi nastalih razmer je sanitarna inšpekcija leta 1971 zahtevala izdajo novega odloka in zaostritev zaščitnih ukrepov.

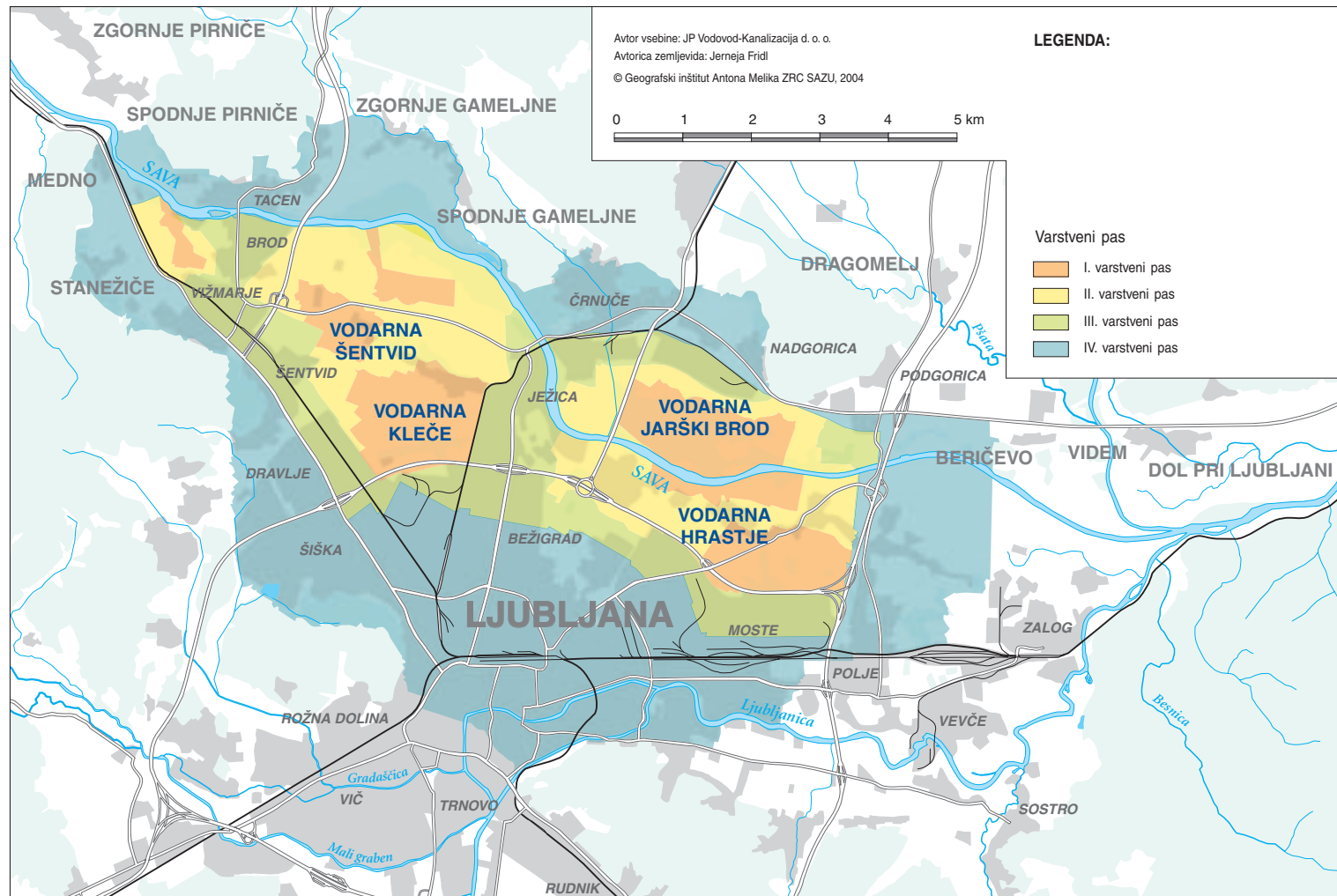
8.4.2 ODLOK O VARSTVENIH PASOVH VODNIH VIROV V LJUBLJANI IN UKREPIH ZA ZAVAROVANJE VODA IZ LETA 1977

Odlok (Uradni list Socialistične Republike Slovenije 18/1977) je določeval meje varstvenih pasov vodarn Kleče in Šentvid, Hrastje, Jarški Brod, Brest na Iškem vršaju ter črpališča Bokalce. Novi črpališči Jarški Brod in Brest sta bili v tem obdobju v fazi raziskovanja in idejne zasnove. Ti vodarni sta pomenili decentralizacijo vodnih virov in sta še danes pomemben člen v strategiji zaščite, saj je malo verjetno, da se onesnažijo vsi vodni viri naenkrat.

Na podlagi analiz domačih in tujih nesreč ter zaradi slabšanja kakovosti vode je bil podan predlog o takojšnji ustavitvi gradnje v najožjem in ožjem varstvenem pasu. To je veljalo predvsem za nedovoljeno pozidavo, saj so bili nepozidani varstveni pasovi zelo privlačni za črnograditelje. Poudarjala se je nujnost gradnje javne kanalizacije v najožjem in ožjem varstvenem pasu, saj so komunalne odpadne vode neposredno ogrožale črpališča. Po predlogu naj bi bile na javni vodovod priključene le tiste zgradbe, ki so priključene tudi na javno kanalizacijo. Količina odpadka se je v zgradbah, priključenih na vodovod močno povečala, lastniki so prebili greznice in komunalno odpadno vodo ponikovali.

Slika 73: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1955.





Slika 74: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1977.

V obrazložitvi odloka so bila analizirana obstoječa črpališča, hidrogeološke razmere z oceno zmogljivosti podtalnice, prihodnja poraba vode ter potrebno povečanje takratnih črpališč in gradnja novih. Analize kakovosti podtalnice in porabe vode iz sedemdesetih in osemdesetih let preteklega stoletja so nakazovali, da bo na začetku novega tisočletja na območju Ljubljane primanjkovalo zdravstveno ustrezne pitne vode. V tem obdobju se je pri dnevni porabi 550 l/osebo/dan načrtovalo, da bo leta 2020 Ljubljana potrebovala za oskrbo 450.000 prebivalcev okrog 90 milijonov m³/leto (leta 2003 je bilo načrpano 37,4 milijona m³). Po teh predvidevanjih bi bilo izkoriščanje vodonosnika na Sorškem polju za potrebe Ljubljane nujno že leta 1993. Napovedi so bile pretirane, saj niso upoštevale vseh procesov in gibanja porabe vode v zadnjih desetih letih, ki so posledica spremenjenih družbenopolitičnih razmer in okoljske politike, ki jo narekuje Evropska unija.

V sedemdesetih letih je bila ekološka zavest prebivalcev Ljubljane nizka, saj so ostrejši zaščitni ukrepi novega odloka povzročili nezadovoljstvo prebivalcev, ti so na zborih občanov zahtevali preverjanje strokovne usposobljenosti sestavljavcev odloka. Predlagani zaščitni ukrepi s prepovedmi in omejitvami v posameznih varstvenih pasovih so se morali omiliti. Sprejet odlok je bil kompromis med stroko in tem, kar je bilo za prizadete in občino sprejemljivo.

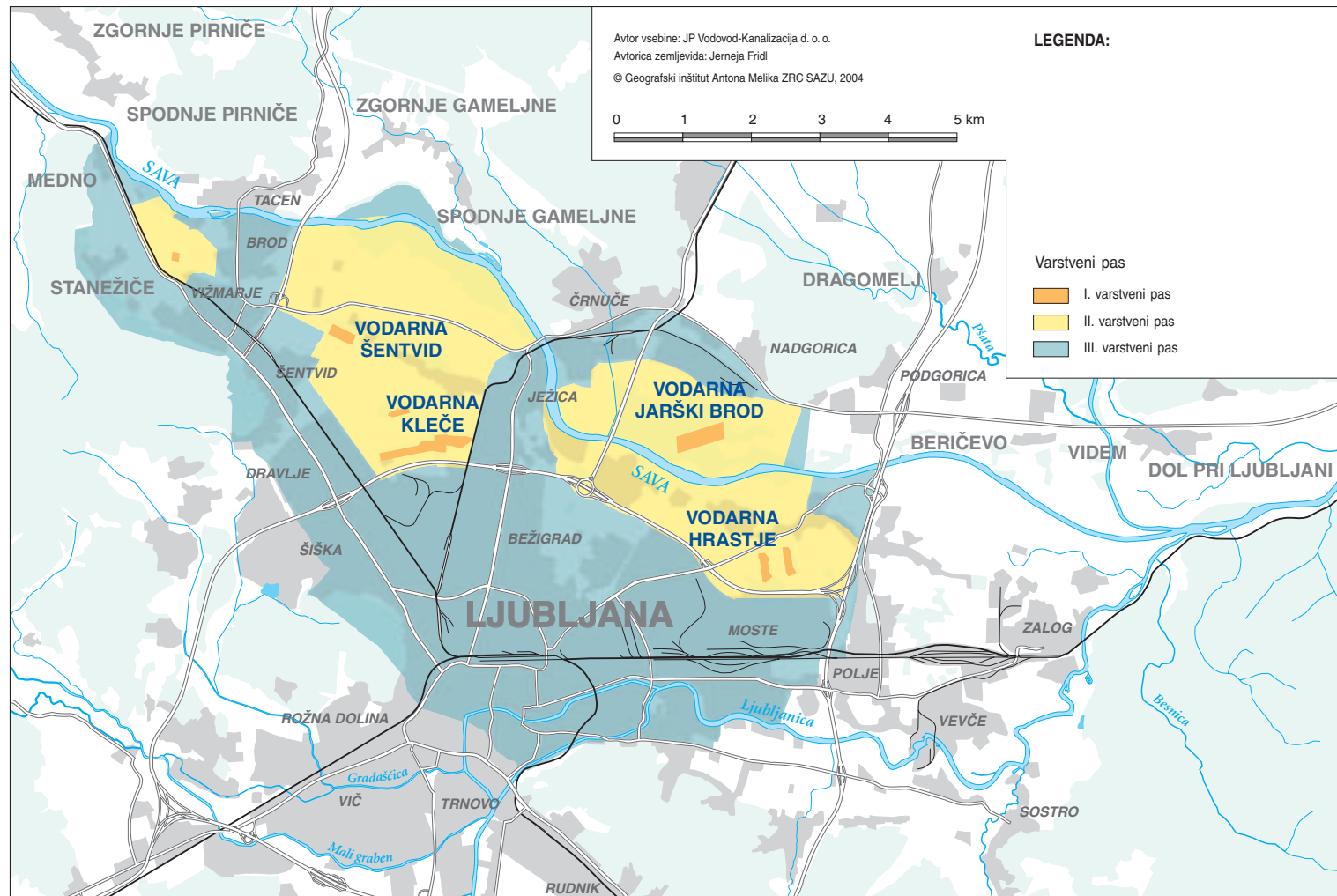
8.4.3 ODLOK O VARSTVU VIROV PITNE VODE IZ LETA 1988

Odlok iz leta 1977 se je dopolnjeval in prilagajal zahtevam novih pravilnikov in zakonov. Nakopičilo se je več dodatkov in dopolnitev in odlok ni bil več pregleden (Uradni list Socialistične Republike Slovenije 17/1981, 30/1981, 15/1983, 15/1984). Izvršni svet mestne skupščine je odločil, da se pripravi nov odlok, katerega podlaga je bil odlok iz leta 1977, ki se je v določenih točkah spremenil in dopolnil. V tem časovnem obdobju so bile sprejete pomembne urbanistične rešitve, ki so vplivale na razvoj mesta, kot so opredelitev območij urejanja za proizvodne dejavnosti, za stanovanjska območja in druge dejavnosti ter gradnja obvoznic. Manj skrbno varovanje v neposredni bližini vodarn je žal pripeljalo do rabe prostora za industrijo in obrt in jo preveč približalo občutljivemu vodovarstvenemu območju.

Do leta 1982 so bile opravljene obsežne raziskave podtalnice Ljubljanskega polja, na podlagi katerih je bilo zaradi potreb mesta po prostoru predlagano zmanjšanje in prekatégorizacija tedanjih varstvenih pasov. Najožji varstveni pas, I. varstveni pas, je odlok skrčil na vodarno. Širši, III. varstveni pas, in vplivni, IV. varstveni pas, je odlok združil v širši, III. varstveni pas, z blagim režimom varovanja in dovoljeno gradnjo na območju, ki je opremljeno s kanalizacijo. Zmanjšal se je obseg varovanja na levem bregu Save. Med zaostrene zaščitne ukrepe, ki jih je uvajal novi odlok, spada prepoved vgradnje toplotnih črpalk in povečava lovilnih skled nevarnih in škodljivih snovi. Novi odlok je dopuščal pozidavo vrzeli med obstoječimi hišami in pozidave ter dozidave hiš v vaseh ob Savi, pod pogojem, da se bistveno ne poveča število prebivalcev na tem območju. Ta olajšava je bila namenjena lokalnim prebivalcem.

Odlok je mnogo bolj kot prejšnja dva opredeljeval dolžnosti pri sanacijah razmer v varstvenih pasovih. Upravljalavec sistema oskrbe s pitno vodo je bil zadolžen za izdelavo smernic sanacije, ki so bile leta 1991 tudi izdelane, vendar ne potrjene (Karpe, 1991).

Mesto Ljubljana je prišlo v konflikt z varovanjem virov pitne vode ob gradnji severne obvozne ceste ter vzhodne avtoceste. Ureditev prometa z obvoznicami je bila zasnovana že v Generalnem planu urbanističnega razvoja (Glasnik 6/1966) in v Odloku o urbanističnem programu za območje mesta Ljubljane (Uradni list Socialistične Republike Slovenije 28/1972). Omeniti velja, da je bilo pri razpravah o zasnovi ureditve prometa varovanje vodnega vira tako podcenjeno, da so bile nekatere zasnove v Generalnem planu urbanističnega razvoja Ljubljane izdelane celo z opustitvijo največje vodarne Ljubljanskega vodovodnega sistema, to je vodarne Kleče. Čas je pokazal, da je bila zavrnitev te ideje prava odločitev. V odloku o varstvenih pasovih, sprejetem leta 1977, je bila severna obvozna cesta umeščena v najožji varstveni



Slika 75: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1988.

pas z zahtevo, da se pri gradnji vseh cest prek najožjega varstvenega pasu upošteva najstrožja zaščita pred onesnaženjem podtalnice. Odlok iz leta 1988 pa je prepovedoval gradnjo magistralnih in regionalnih cest v II. varstvenem pasu in tako se gradnja severne obvoznice ne bi mogla nadaljevati. Zato je bila leta 1993 sprejeta sprememba odloka z obrazložitvijo, da je prišlo ob javni razgrnitvi do tehnične napake v zvezi s prikazom varstvenih pasov in trase načrtovanih cest. Do spremembe odloka je prišlo zaradi upoštevanja vseh ukrepov, ki zmanjšujejo ogroženost vodarne.

Zunanja meja varstvenih pasov poteka od Medanskih vrat vzdolž Save do vzhodnega kraka obvoznice in avtoceste proti Mariboru, v severnem delu teče po Savi, ki jo v ozkih pasovih prečka med Tacnom in Gameljnam ter Črnučami in Nadgorico. Na zahodu in jugu meja poteka po vznožju Medanskega in Dvorskega hriba ter Trat, od koder se nadaljuje proti jugovzhodu čez Šišenski hrib in Grajski grič, od tam pa sledi vznožju Golovca proti vzhodu, kjer se pri Fužinah nasloni na Ljubljano, pri Studencu pa na Zaloško cesto in železnico Ljubljana–Zidani Most, nato se pri Novem Polju preusmeri v smer sever–jug.

Odlok iz leta 1988 (Uradni list Socialistične Republike Slovenije 13/1988) je imel kljub zastarelosti in nekaterim pomanjkljivostim vse do danes izjemen vpliv na varovanje vodnega vira na Ljubljanskem polju. Če ne bi bile kršene zahteve in omejitve, ki jih je zahteval, kakovost podtalnice ne bi bila ogrožena. Nadzor in kazenska politika, ki ju je odlok zahteval, sta bila neučinkovita tudi zaradi spremenjenih družbenopolitičnih razmer, v čemer lahko poiščemo vzrok za neizvedene sanacijske programe, saj je vzpostavitev novih odnosov med odgovornimi institucijami zahtevala svoj čas. To seveda ni opravičilo, upamo pa, da so ti časi vendarle že preteklost.

8.4.4 UREDBA O VODOVARSTVENEM OBMOČJU ZA VODNO TELO VODONOSNIKA LJUBLJANSKEGA POLJA

Varovanje vodnih virov je danes ena pomembnih nalog nacionalnega programa varstva okolja (Uradni list Republike Slovenije 83/1999). Je del celostnega gospodarjenja z vodami, katerega temelj je ohranjanje naravnih procesov, ki služijo človeku, usmerjanje človekovih dejavnosti na območja, kjer je vpliv na vodo čim manjši, in izvajanje zaščitnih ukrepov, med katere uvrščamo tudi uvajanje varstvenih režimov. Sprejetje Zakona o vodah (Uradni list Republike Slovenije 67/2002) bo po pričakovanjih prineslo težko pričakovane spremembe tudi v zaščiti vodnih virov v Ljubljani. Dolgoročni načrti za izkoriščanje in izvajanje ukrepov za zaščito vodnih virov pa bodo tudi v prihodnosti tesno povezani z razvojem urbaniziranih predelov mesta, komunalnim urejanjem, infrastrukturo, industrijo in splošno rabo prostora.

Usklajevanje interesov pri oblikovanju vodovarstvenih območij je zahteven postopek, ki ga vodijo predstavniki državne uprave, v njem pa sodelujejo tako predstavniki mestne uprave, podjetja, ki so zadolžena za oskrbo z vodo, strokovnjaki za upravljanje voda ter vsi uporabniki prostora, katerih delo je odvisno od prepovedi, omejitev in zahtev na vodovarstvenih območjih. Med vsemi vpletenimi stranmi potekata intenziven dialog in izmenjava informacij. Kako občutljivo področje je spreminjanje vodovarstvenih območjih, kaže podatek o letu sprejetja zadnjega odloka pa tudi dejstvo, da je bil že leta 1997 izdelan projekt Izdelava preveritve in dopolnitve strokovnih osnov za določitev varstvenih pasov sedanjih in perspektivnih vodnih virov za območje mesta Ljubljane in okolice (Drobne s sodelavci 1997). Zbrani, dopolnjeni in novelirani so bili podatki o varovanih območjih črpališč. Namen naloge je bil evidentirati vse vodne objekte, obstoječe perspektivne vodne vire in obstoječe varstvene pasove na ozemlju Mestne občine Ljubljana, jih na podlagi novih podatkov dopolniti in izdelati predlog sanacije. Rezultati novih raziskav so kazali potrebo po določeni prerazporeditvi zaščitnih ukrepov na zelo ogroženem območju vodnih virov in v povezavi s tem je bil izdelan predlog za uvedbo dodatnega, III. A, varstvenega pasu, v katerem so zaščitni ukrepi po omejitvah med II. in III. varstvenim pasom. Ideja o vmesnem varovanem območju naj bi zaživela s sprejeto uredbo.



ALEŠ SMREKAR

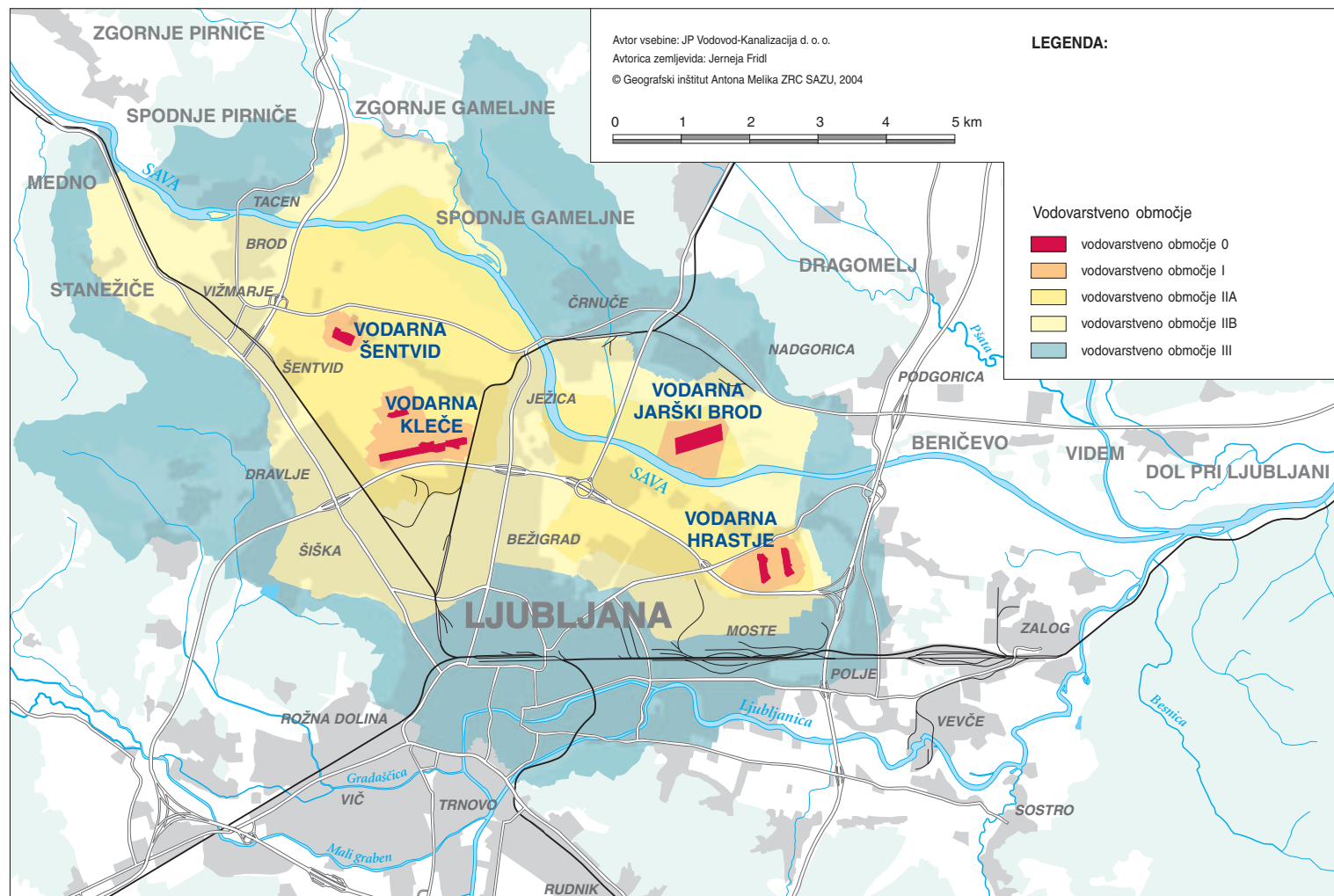
Slika 76: Vodovarstvena območja zahtevajo zaščitne ukrepe, ki se še nezadostno izvajajo.

Strokovne podlage so se leta 2002 ponovno preverile in dopolnile (Prestor s sodelavci 2002), treba je omeniti rezultate matematičnega modela podtalnice Ljubljanskega polja (Refsgaard, Gustavsson 2000). Na tem raziskovalnem delu temelji Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja (Uradni list Republike Slovenije 120/2004), ki bo prevetrila pristop k varovanju vodnega vira v Ljubljani in temelji na splošno veljavnih kriterijih za določitev vodovarstvenega območja. V vsem vmesnem obdobju so potekali intenzivni pogovori med vpletenimi stranmi, končni rezultat pa je kompromis vseh predlogov.

Na vodovarstvenem območju Ljubljansko polje poteka meja od Medanskih vrat severno od Grmade in Šmarne gore, severno od Gameljna, prek Rašice, do severnega roba Črnuč. Meja poteka še naprej prek Soteškega hriba in Šentjakoba, kjer preči Savo in avtocesto ter se usmeri proti jugu. Vzhodno od Novega Polja zavije proti zahodu, preči Golovec in Grad, po Aškerčevi cesti z južne strani obide Tivoli pa z vzhodne Šišenski hrib ter nadaljuje mimo Kosez proti Podutiku. Od tam poteka meja proti zahodu do Toškega čela, nato proti severu po grebenu Dvorskega in Medanskega hriba do Medanskih vrat.

Nekatere dejavnosti, ki so bile po odloku, veljavnem do leta 2004, prepovedane, so v uredbi pogojno dopuščene. Analize tveganja in obremenjenosti in iz njih izhajajoči zaščitni ukrepi morajo zagotavljati večjo varnosti, kot jo poznamo danes. Ali je to dovolj, bo pokazal čas. Z uveljavljanjem drugih predpisov o varstvu okolja, ki so v okviru evropske zakonodaje, predvsem kmetijstva, komunalnega urejanja prostora in industrije, ki so pomembni dejavniki rabe prostora, se bodo po pričakovanih obremenitvah okolja in tudi podtalnice pomembno zmanjšale. Med najpomembnejše spremembe, ki jih Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja prinaša, uvrščamo usmerjanje industrijske in obrtne dejavnosti na občutljivih območjih v poslovno-stanovanjsko dejavnost. Iz primerjave obsega varovanih območij druge polovice 20. stoletja in uredbe iz leta 2004 lahko sklenemo, da se z obsegom varovanja vračamo tja, od koder smo se pod pritiski morali umakniti.

Slika 77: Vodovarstvena območja na Ljubljanskem polju po uredbi iz leta 2004.



8.5 SKLEPI

Prvi aksiom odgovornih za oskrbo s pitno vodo se glasi: Vodni vir ima neprecenljivo vrednost. Javna oskrba mesta Ljubljane s pitno vodo bo tudi v prihodnje temeljila na sedanjem načinu oskrbe z vodo. Varnost oskrbe s pitno vodo je vrednota, za katero je vredno vložiti veliko dela in finančnih sredstev. Varna oskrba je pogosto v nasprotju z razvojnimi načrti in potrebami prebivalcev, ki so oskrbovani, in mesto Ljubljana je v tem vzorčni primer. Popolne varnosti žal ni v nobenem sistemu oskrbe s pitno vodo, vendar je moč varnost povečati. Zato je treba v prvi fazi izvesti vse potrebne ukrepe znotraj sedanjega sistema oskrbe s pitno vodo in v vodovarstvenem območju, šele nato pa uvajati spremembe v koncept oskrbe. Mesto je že dvanaajsto desetletje oskrbovano z naravno pitno vodo in to je ena izmed vrednot, ki bo omogočila kakovostno življenje tudi našim potomcem pod pogojem, da bomo prav vsi ravnali skladno s predpisi, ki smo si jih napisali sami, pa tudi in predvsem skladno z etičnimi merili.

9 RABA TAL

Raba tal je odvisna od litološke zgradbe, nadmorske višine, naklona površja, zgodovinskih in socio-ekonomskih značilnosti obravnavanega območja. Na podlagi tega lahko posredno sklepamo o pritiskih na okolje oziroma na njegovo obremenjevanje. Skozi spremembe rabe zemljišč sledimo tudi stopnji obremenjevanja in njenim oblikam. Razlikujemo območja prevladujočih vplivov in učinkov posameznih dejavnosti na okolje ter učinkov na podtalnico. Temeljni viri obremenjevanja voda so po McKinneyju in Schochu (Plut 2003): kmetijstvo, industrija z energetiko in gospodinjstva.

Metodološki pristopi pri analizi rabe zemljišč se opirajo na podatke katastra (Gabrovec in Kladnik 1997, Petek 2004), statistike in interpretacije satelitskih posnetkov (Pavlin 1991, Rejec Brancelj 2003). Različne pristope opredeljuje tudi natančnost podatkovnih baz in njihova primernost za uporabo na različnih ravneh. Glede Ljubljanskega polja smo soočili rezultate vseh treh glavnih virov za analizo rabe zemljišč.

Pritiski kmetijske, industrijske in urbane rabe zemljišč so se od začetka izkoriščanja zalog podtalnice za oskrbo s pitno vodo spreminjali in v celoti gledano povečevali. Regionalno pomemben naravni vir, kar podtalnica Ljubljanskega polja nedvomno je, je bil zaradi tega nekajkrat ogrožen: razlitje nevarnih snovi, onesnaženost s pesticidi in neustrezno ravnanje pri odvajanju odpadnih voda.

9.1 POKROVNOST TAL

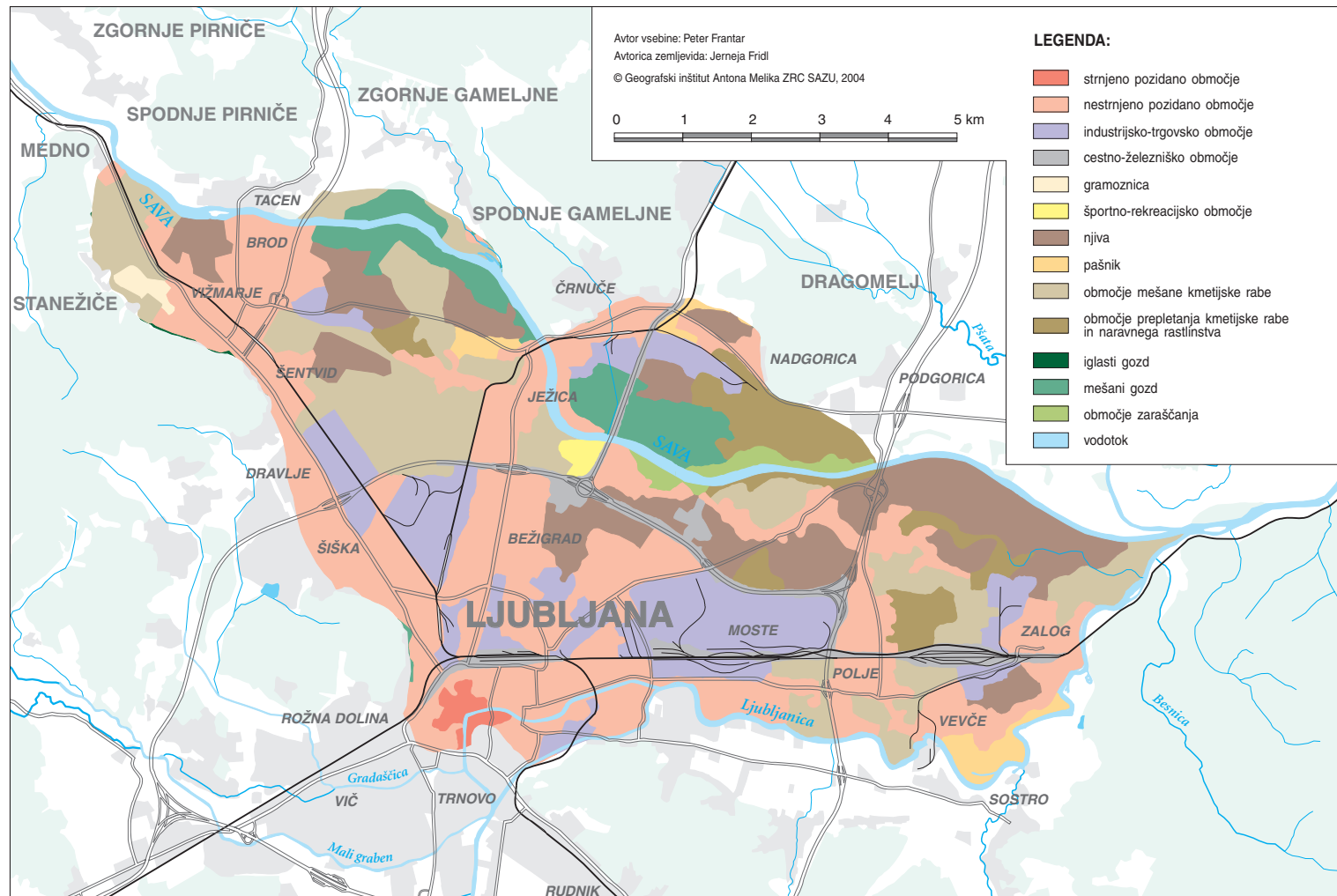
Pokrovnost tal prikazuje fizično oblikovanost zemeljskega površja, ne glede na namembnost. Razlikujemo naslednje temeljne kategorije: pozidana območja, kmetijska območja, gozdove in deloma ohranjena naravno območja, mokrišča in vode. Podatki se zajemajo iz satelitskih slik s teledetekcijo in iz pomožnih kartografskih podlag (ortofoto). Velikost najmanjše entitete, ki je zajeta na karti, je 25 ha, kot je primer pri Corine Land Cover Slovenija 2000 (MOPE 2003). Prikazana je prevladujoča pokrovnost tal v zajeti celici. Corine Land Cover omogoča tri različne ravni razvrščanja: 5 razredov na prvi ravni, 15 na drugi in 44 na tretji. V Sloveniji je bilo ugotovljenih 37 od 44 razredov. Za omenjeni podatkovni vir je značilno, da omogoča primerjave na evropski ravni.

Območje Ljubljanskega polja z Jarškim prodrom obsega skoraj 70 km² (69,7 km²). Analizirana je bila pokrovnost tal na vseh treh ravneh Corine Land Cover. Na prvi ravni so bili na Polju ugotovljeni 4 razredi.

Največji delež odpade na pozidana območja, ki zajemajo več kot polovico površja in zajemajo 37 km². Pripada jim skoraj celotni južni del Ljubljanskega polja. Kmetijska območja obsegajo 27 km², skoraj dve petini ozemlja, in prevladujejo med Mednim in Brodom, v širši okolici Kleč, Tomačevega in na severovzhodnem predelu polja ob reki Savi. Pokrovnost tal, ki kaže na veliko možnost obremenjevanja podtalnice, torej zajema nad 90 % površine vsega polja, skupaj 64 km². Ostalo površje poraščajo gozd in deloma ohranjeno naravno rastje; zajema le 6 % Ljubljanskega polja oziroma 4,4 km². Vode pokrivajo 2 % površine; zajemajo struge reke Save in Ljubljanice.

Preglednica 13: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).

razredi po Corine Land Cover I. raven	površina (km ²)	delež (%)
mokrišče in vode	1,5	2,2
gozd in deloma ohranjeno naravno območje	4,4	6,3
kmetijsko območje	26,6	38,2
pozidano območje	37,2	53,4



Slika 78: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).

Analiza pokrovnosti na drugi ravni je pokazala zastopanost 10 podrazredov na Ljubljanskem polju, na tretji ravni pa 14 podpodrazredov. Tako podrobneje predstavljamo samo tretjo raven s pripadajočimi kategorijami. Iz zastopanosti posameznih možnih podpodrazredov lahko sklepamo na sorazmerno monotonost pokrovnosti na obravnavanem območju, saj je prisotnih le 14 od 44 razredov, torej dobra tretjina.

Strnjeno in nestrnjeno pozidana območja zavzemajo več kot tretjino Ljubljanskega polja z gosto pozidanim mestnim območjem ob Celovski, Dunajski in Zaloški cesti ter starim mestnim jedrom Ljubljane. Industrijsko-trgovska območja pokrivajo skoraj 1300 ha, zlasti v Vižmarjih, Stegnah, Dravljah, Šiški, Črnučah, Mostah ter na manjših območjih v središču mesta. Cestno-železniškim območjem pripada 3 %. Ostale kategorije pozidanih območij so manjšega pomena.

Kmetijskim območjem na Ljubljanskem polju na tretji ravni pripadajo 4 kategorije. Največji delež imajo območja mešane kmetijske rabe, ki pokrivajo 16 %. Ta kategorija zajema večja območja okrog Mednega, Kleč, Polja in Zaloga. V okolici teh območij najdemo tudi njive, ki zavzemajo prav tako velik delež – 14 %. Območjem prepletanja kmetijske rabe in naravnega rastlinstva ter pašnikom pripada skupaj manjši delež, ki pa vseeno ni zanemarljiv – skoraj 8 %. Sem se uvršča vzhodni predel Jarškega proda, okolice vodarn, Zajčja dobrava, Zadobrova ter območje med Vevčami in Ljubljanico.

Mešani gozd na Ljubljanskem polju lahko najdemo na 357 ha oziroma 5 % površine. Pokriva savske aluvialne nanose med Tacnom in Črnučami, na Tomačevskem in Jarškemrodu. Iglastemu gozdu in območjem zaraščanja pripada le dober odstotek površja. Zarašča se območje ob Savi med Tomačevim in Šentjakobom, iglasti gozd pa najdemo na obronkih Medanskega hriba.



Slika 79: Prometnice zasedajo dvajsetino zemljišč.



ALEŠ SMREKAR

Slika 80: Kmetijske površine zavzemajo kar dve petini vseh zemljišč.



ALEŠ SMREKAR

Slika 81: Velike komplekse kmetijskih zemljišč prekinjajo območja naravne vegetacije.

Preglednica 14: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).

razredi po Corine Land Cover III. raven	površina (km ²)	delež (%)
nestrjeno pozidana območja	24,19	34,7
industrijsko-trgovska območja	8,99	12,9
strnjeno pozidana območja	0,48	0,7
športno-rekreacijska območja	0,26	0,4
gramoznice	0,25	0,4
cestno-železniška območja	3,04	4,4
mešani gozd	3,57	5,1
območja zaraščanja	0,76	1,1
iglasti gozd	0,03	0,0
območja mešane kmetijske rabe	11,38	16,3
njive	9,96	14,3
območja prepletanja kmetijske rabe in naravnega rastlinstva	4,11	5,9
pašniki	1,13	1,6
vodotoki	1,51	2,2

9.2 SPREMEMBE RABE TAL MED LETOMA 1827 IN 2000

Na posredno obremenjevanje okolja bolje kažejo spremembe v rabi tal kot stanje rabe. Tako lahko opazujemo stopnjevanje obremenjevanja ali njegovo zmanjševanje. Glede na nastale spremembe se pokažejo območja z različnimi procesi, kar je lahko podlaga za predvidevanja razvoja rabe tal in tako tudi potencialnega obremenjevanja okolja.

Pri spremembah rabe tal razlikujemo štiri temeljne procese (Medved 1970):

- intezifikacijo – raba se spremeni iz manj v bolj intenzivno, na primer iz travinja ali gozda v njive, sadovnjake, vinograde in podobno;
- ozelenjevanje – raba se spremeni v travinje, na primer iz njiv v travnike ali pašnike;
- ogozdovanje – raba se spremeni v gozd;
- urbanizacijo – raba se spremeni v urbanizirano zemljišče, na primer širjenje naselij, prometnic, odlagališč, rekreacijskih površin in podobno;
- zemljišča brez sprememb rabe razlikujemo kot dodatno kategorijo, ki pa ne označuje procesa.

Z vidika obremenjevanja okolja so obdelovalna zemljišča (njive, sadovnjaki, vrtovi, travniki in drugo) potencialno bolj problematična kot pašniki (oziroma ekstenzivni travniki), gozd in nerodovitna zemljišča (na primer močvirja). Zato tudi spremembe rabe z vidika obremenjevanja okolja in ohranjanja kakovostne kulturne pokrajine lahko označimo kot bolj ali manj problematične. V bistvu označujemo intezifikacijo in urbanizacijo kot procesa, ki nakazujeta večjo verjetnost razpršenega pa tudi točkovnega obremenjevanja prsti, podtalnice in vodotokov (Petek 2002). Predvsem urbanizacija pomeni tudi razkroj tradicionalne kulturne pokrajine, ki sicer z ustreznim razmerjem med kmetijskimi zemljišči, gozdom in urbano rabo pomeni trajnostno obliko pokrajine (Urbanc 2002, str. 71). Ozelenjevanje, še bolj pa ogozdovanje pomenita ekstenzifikacijo rabe in z vidika obremenjevanja okolja nista problematična. Ob sodobni tehniki kmetijstva pa lahko sprememba njiv v intenzivne travnike pomeni večje obremenjevanje okolja. Ekstenzifikacija je lahko neugodna z vidika razkroja in krčenja kulturne pokrajine, kar pa je za Ljubljansko polje le izjemen pojav. Ljubljansko polje na ravni Slovenije sodi med območja z moč-

no prevlado urbanizacije. Ob upoštevanju kmetijskih kategorij rabe tal pa med območja z močno ekstenzifikacijo. To pomeni, da se je površina kmetijskih zemljišč močno zmanjšala, in sicer na račun urbanizacije (Petek 2002).

Spremembe rabe tal smo za Ljubljansko polje ugotavljali iz dveh različnih virov: za leto 1825 iz map franciscejskega katastra (Arhiv Republike Slovenije) in za leto 1999 iz karte dejanske rabe tal (Ministrstvo za kmetištvo, gozdarstvo in prehrano 2002), ki je bila izdelana na podlagi letalskih fotografij oziroma ortofotoposnetkov. Iz primerjave deležev zemljiških kategorij za leti 1825 in 1999 so razvidne spremembe rabe. Najbolj očitni spremembi sta na eni strani precej manj njiv, leta 1825 jih je bilo 47 %, leta 1999 le še 20 %. Na drugi strani pa močan porast urbanih kategorij, teh je bilo leta 1825 2 %, leta 1999 pa 50 % celotne površine Ljubljanskega polja.

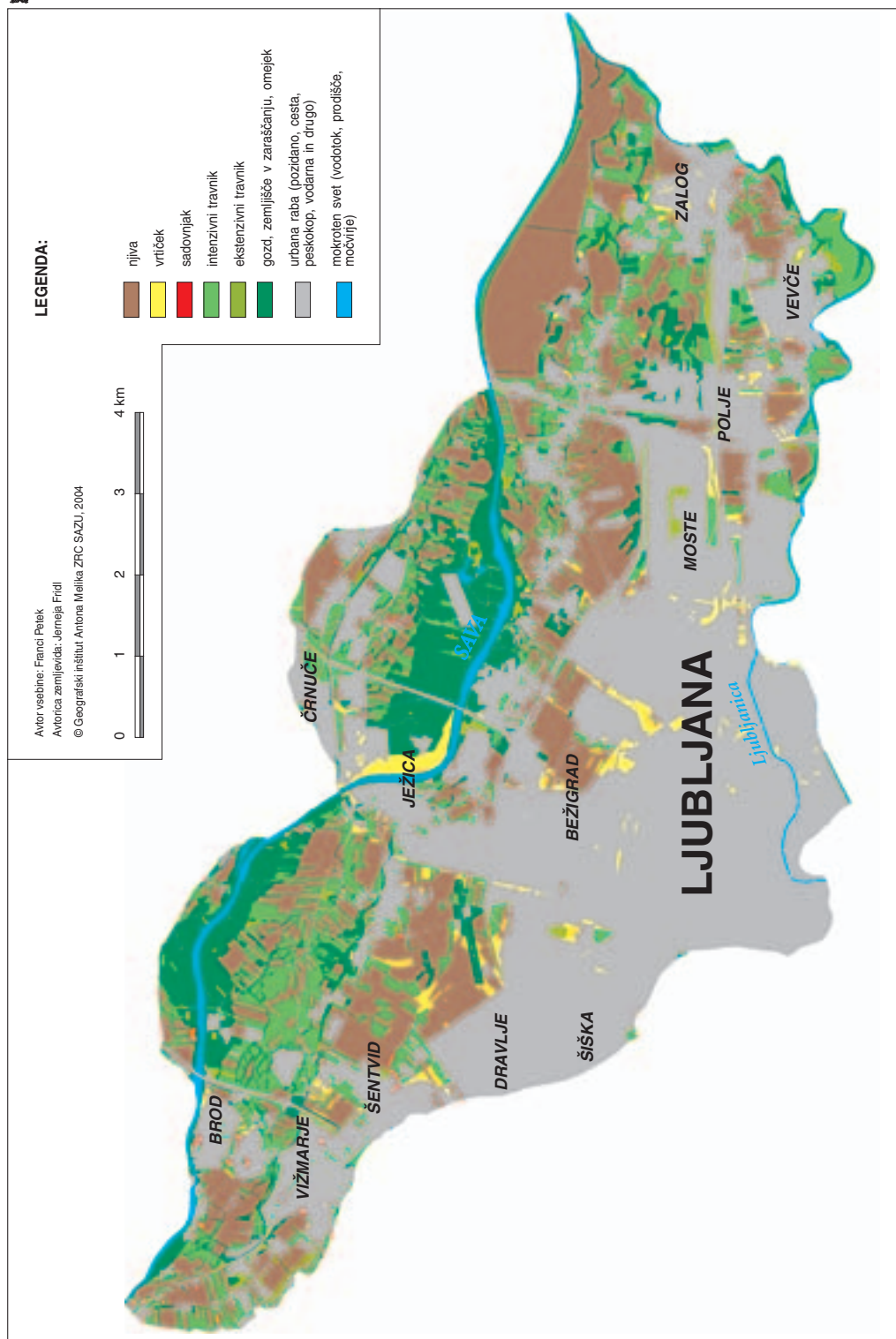
Preglednica 15: Primerjava deležev kategorij rabe tal na Ljubljanskem polju med letoma 1825 in 1999 (Arhiv Republike Slovenije 1825; Ministrstvo za kmetištvo ... 2002).

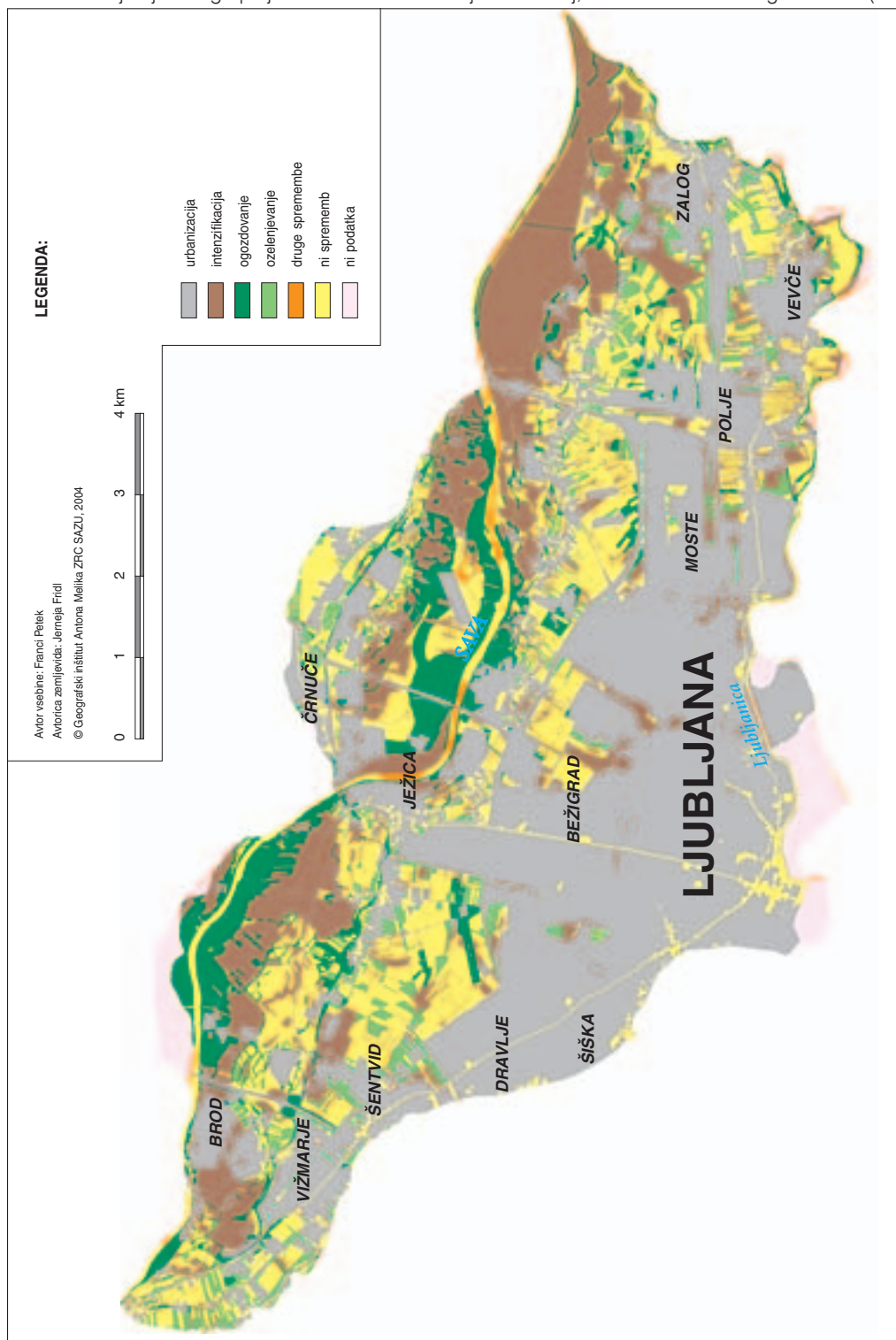
kategorija\leto	1825		1999	
	ha	%	ha	%
njive	3258,2	46,8	1437,4	20,6
vrtniki	ni pojava	ni pojava	135,0	1,9
sadovnjaki	169,6	2,4	9,9	0,1
travniki	1181,1	17,0	1021,3	14,7
pašniki	972,1	14,0	80,5	1,2
gozdovi	430,2	6,2	686,0	9,8
urbana raba	117,0	1,7	3448,3	49,5
vode in mokroten svet	639,2	9,2	147,7	2,1
ni podatka	198,7	2,9	/	/
skupaj	6966,2	100,0	6966,2	100,0

Spremembo rabe tal na Ljubljanskem polju je najbolj zaznamovalo širjenje Ljubljane proti severozahodu, severu in vzhodu ter regulacija savske struge. Primerjava rabe za leti 1825 in 1999 lepo pokaže, kako se je Ljubljana iz starega jedra širila predvsem na najboljše njive, ki so bile prvotno pomaknjene na višje terase. Od tu se je svet spuščal prek travnikov in pašnikov v obrečni gozd. Naslednji pas proti poplavnem območju in strugi so bili travniki, nato pašniki ali obrečni gozd. Regulacija savske struge pa je omogočila, da se je njivsko-travniški pas povsem približal rečni strugi, kar je najbolj očitno na Snebrskemrodu. To potrjuje tudi podatek, da je leta 1825 povprečna oddaljenost njiv od poplavnega območja ali struge znašala 1144 metrov, leta 1999 pa le še 902 metra. Zmanjšala se je tudi povprečna nadmorska višina njiv iz 296 metrov na 288 metrov. Na Ljubljanskem polju le petina površine od leta 1825 ni spremenila rabe. Ohranila se je petina nekdanjih njiv, četrtnina gozdov, tretjina travnikov, pašniki so skoraj izginili.

Med spremembami rabe tal močno prevladuje urbanizacija, ki pomeni 60 % vseh sprememb rabe tal na Ljubljanskem polju med letoma 1825 in 1999 in zavzema skoraj polovico celotne površine Ljubljanskega polja. Kar 30 % celotne površine polja pomeni urbanizacija njiv, po 6 % pa še urbanizacija travnikov in pašnikov, druge kombinacije zavzemajo manjši delež celotne površine. Drugi najobsežnejši proces s 17 % površin je intenzifikacija, ki se pojavlja kar v 25 kombinacijah. Le 6 kombinacij pa zavzema več kot odstotek celotne površine. Sprememba travnikov v njive pomeni 4 %, pašnikov v njive 3,5 %, pašnikov v intenzivne travnike 2,5 %, gozdov v njive 1,5 % in nekaj poplavnih površin

Slika 82: Raba tal na Ljubljanskem polju leta 1999.





Preglednica 16: Površine in deleži procesov sprememb rabe tal med letoma 1825 in 1999 na Ljubljanskem polju.

ime procesa	opis procesa leto 1825	leto 1999	ha	%
brez sprememb	vodotok, poplaven svet	vodotok, poplaven svet	94,9	1,4
	urbana raba	urbana raba	111,5	1,6
	gozdovi	gozdovi	122,4	1,8
	travniki	intenzivni travniki	374,3	5,4
	njive	njive	702,0	10,1
	drugo skupaj	drugo skupja	16,8	0,2
intenzifikacija	voda	njive	74,1	1,1
	njive	vrtnički	83,3	1,2
	gozd	njive	107,3	1,5
	pašniki	intenzivni travniki	175,2	2,5
	pašniki	njive	242,5	3,5
	travniki	njive	290,7	4,2
	drugo skupaj	drugo skupaj	202,7	2,9
	travniki	gozd	95,3	1,4
ogozdovanje	pašniki	gozd	114,5	1,6
	voda	gozd	264,1	3,8
	drugo skupaj	drugo skupaj	60,1	0,9
	njive	travniki	311,8	4,5
ozelenjevanje	drugo skupaj	drugo skupaj	56,8	0,8
	voda	urbana raba	113,4	1,6
urbanizacija	gozd	urbana raba	118,4	1,7
	sadovnjaki	urbana raba	144,2	2,1
	pašniki	urbana raba	382,9	5,5
	travniki	urbana raba	391,0	5,6
	njive	urbana raba	2067,9	29,7
	druge spremembe		57,3	0,8
ni podatka za leto 1825			190,7	2,7
skupaj			6966,2	100,0

v njive 1 %. Ta proces zelo nazorno potrjuje prejšnjo ugotovitev, da so kmetijska zemljišča danes bližje rečni strugi kot nekoč. Posebna vrsta intenzifikacije so spremembe njiv v vrtničke, takšnih sprememb je dober odstotek. Kategorija je značilna le za obrobja velikih mest, obremenjevanje okolja z vrtničkarstvo dejavnostjo pa je lahko zaradi zelo intenzivne pridelave zelo veliko. Ogozdovanje pomeni le 8 % celotne površine Ljubljanskega polja, kar je v primerjavi s splošnim gibanjem sprememb rabe tal v Sloveniji malo. Večina današnjih gozdov je bila leta 1825 poplavni svet. Ozelenjevanje pomeni 5 % Ljubljanskega polja, od tega največ sprememba njiv v travnike.

Iz analize sprememb rabe tal lahko sklepamo, da je za obremenjevanje voda, še posebej podtalnice, danes po obsegu najpomembnejša urbanizacija. Kljub temu da se je obseg kmetijskih zemljišč skrčil, se je kmetijska raba približala najintenzivnejšemu stiku s podtalnico. Intenzivna njivsko-travniška raba ob vodotoku je povsem nadomestila nekdanjo pasovito razvrstitev rabe tal s poplavnim svetom ob vodotoku in stopnjevanjem kmetijske rabe na višje ležeče terase prek pašnikov, travnikov in njiv.

Slika 83: Sprememba rabe tal na Ljubljanskem polju med letoma 1825 in 1999.



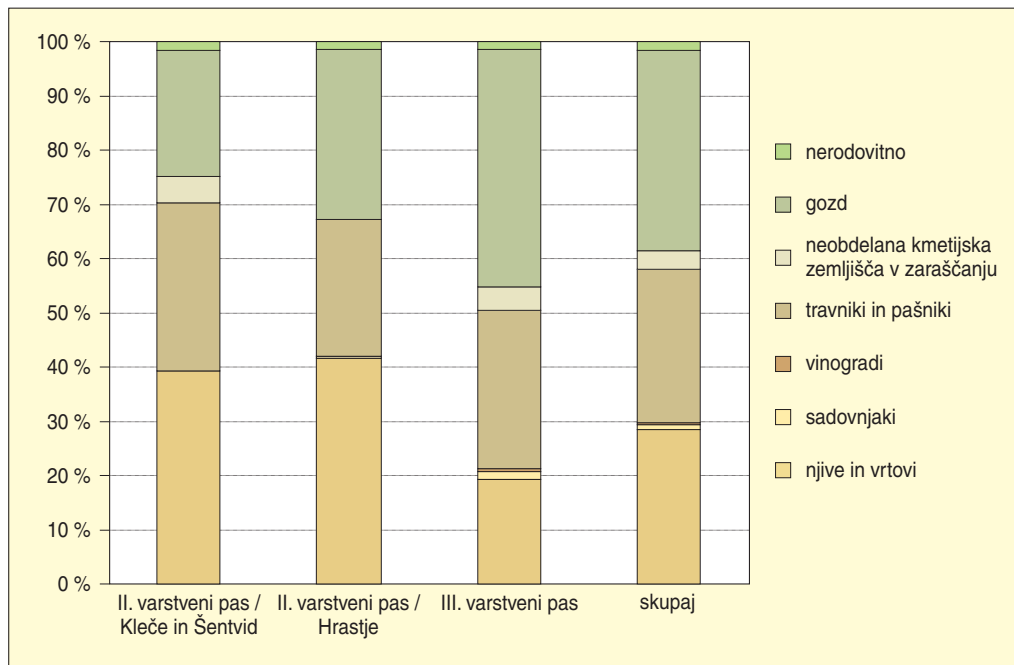
ALEŠ SMREKAR

Slika 84: Skoraj dve tretjini sprememb rabe tal v zadnjem stoletju predstavlja urbanizacija.

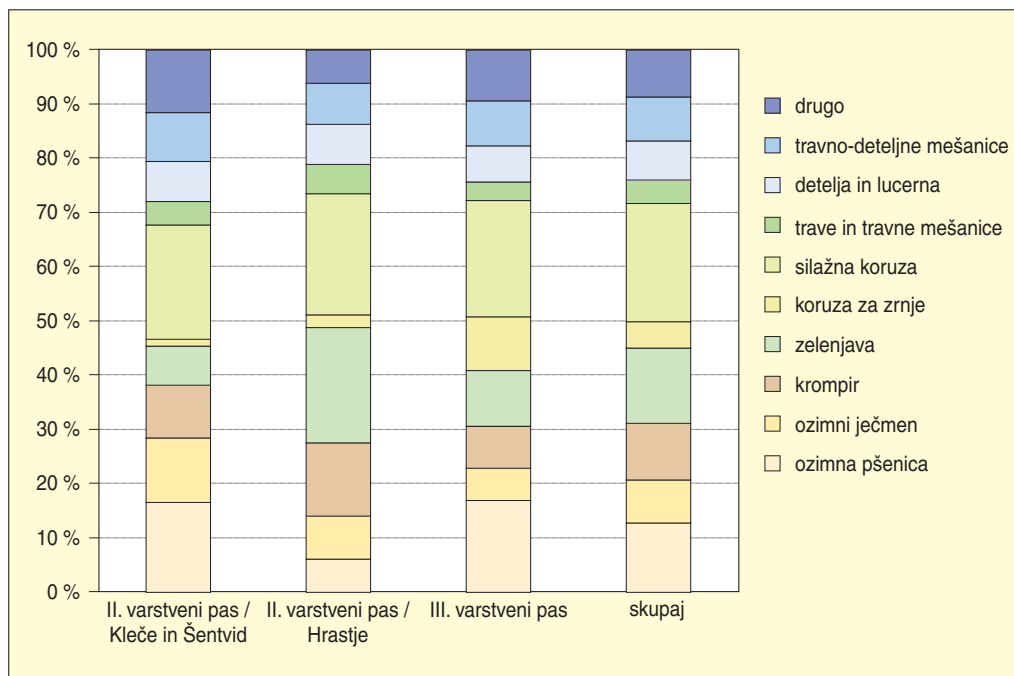
9.3 RABA TAL NA VODOVARSTVENIH PASOVIH

Na kmetijah vodovarstvenih pasov Ljubljanskega polja je med kmetijskimi zemljišči po rezultatih statističnega popisa iz leta 2002 v povprečju 55,6 % njiv in vrtov, upoštevaje vsa razpoložljiva zemljišča popisanih kmetij pa 35,7 %. Po pomenu druga zemljiška kategorija med kmetijskimi zemljišči so travniki. Po rezultatih popisa so leta 2002 zavzemali 31,4 %. Istega leta je bilo pašnikov 1,5 % in sadovnjakov 0,1 %. Popis leta 2000 je posebej izpostavil kategorijo neobdelana kmetijska zemljišča v zaraščanju, ki med zemljišči kmetij na vodovarstvenem območju v povprečju zavzema 3,3 %, vendar le 0,1 % na območju Hrastje in kar 5,0 % na območju Kleče in Šentvid. Med nekmetijskimi zemljišči je daleč prevladujoča zastopanost gozdov 31,1 %. Opazno je, da je zastopanost njiv bistveno večja na kmetijah II. vodovarstvenega pasu, pri čemer med območjema Kleče in Šentvid ter Hrastje ni bistvenih razlik. Podrobnejša razmerja med zastopanostjo posameznih zemljiških kategorij kmetij po vodovarstvenih pasovih so izračunana na podlagi rezultatov popisa 2002.

Setvena sestava na njivah je dokaj pestra in je posledica potreb po kolobarjenju. Med vsemi poljščinami je na kmetijah vodovarstvenega območja najbolj razširjena silažna koruza, ki je zasajena na 21,8 % razpoložljivih njiv. Po razprostranjenosti ji sledijo zelenjava (13,8 %), ozimna pšenica (12,7 %), krompir (10,4 %), travno-deteljne mešanice (8,2 %), ozimni ječmen (8,0 %), detelja in lucerna (7,1 %) ter koruza za zrnje (5,0 %). Delež vseh drugih poljščin je bistveno manjši. V prahi je 1,1 % razpoložljive površine njiv, največ v okolici Kleč in Šentvida (3,6 %) in najmanj v okolici Hrastja (0,2 %). Prepoznavna je velika vloga živinoreje na teh območjih. Za prehrano domačih živali je poleg travinja s travnikov in pašnikov namenjen tudi velik del pridelkov z njiv. Setvena sestava na posameznih vodovarstvenih območjih je podobna, večje razlike so pri zelenjavi, ozimni pšenici in ozimnem ječmenu. Pridelovanje vrtnin je zaradi bližine trga tržno zelo zanimivo, manj ugodno pa je, da poteka tudi na vodovarstvenih območjih Ljubljanskega polja, saj zahteva veliko intenzivnost pridelovanja.



Slika 85: Raba tal na vodovarstvenih pasovih leta 2000 (Kladnik, Smrekar 2002).



Slika 86: Setvena sestava na popisanih kmetijah leta 2000 (Kladnik Smrekar 2002).

Za zagotovitev časovno daljše pokritosti zemljišč z rastlinsko odejo je treba na vodovarstvenih pasovih po glavnih posevkih poljščin in tudi vrtnin sejati strniščne in prezimne dosevke. Dosevki so večinoma uporabni za prehrano živali, delno tudi za prehrano ljudi in zeleno gnojenje. Ugoden vpliv krmnih dosevkov na varstvo okolja je predvsem v zmanjševanju izpiranja hranil, časovno ugodnejši uporabi živinskih gnojil ter biološkem zatiranju plevelov in nekaterih škodljivcev. Za varovanje podtalnice so pomembni predvsem tako imenovani prezimni dosevki, ki morajo vidno pokrivati zemljišče od 1. novembra do 15. marca (Usmerjanje kmetijstva ... 2002). Obdelava podatkov popisa kmetijskih gospodarstev leta 2000 je razkrila, da se na preučevanih kmetijah strniščni posevki sadijo na 12,0 % njiv, in sicer v večjem obsegu na kmetijah znotraj II. vodovarstvenega pasu (v okolici Kleč in Šentvida na 20,4 %, Hrastja na 11,4 %) kot na kmetijah znotraj III. vodovarstvenega pasu (tam je zastopanost le 7,7 %).

Kmetovanje na vodovarstvenih pasovih se je nekaterim zahtevam dobre kmetijske prakse že približalo. To velja tudi za sorazmerno pestro kolobarjenje, ki ga premajhna posest sicer ovira, vendar mu je na drugi strani naklonjena razdrobljenost na majhne zemljiške kose. Kolobarjenje se podreja tudi značilnostim talne podlage, saj ni vseeno, ali je njiva na bolj prodnatih ali bolj ilovnatih tleh, kar je pomembno tudi z vidika poletne suše v zadnjih letih. Na leta 2002 popisani populaciji kmetij je prevladujoč naštiriletni kolobar (37,4 %), sledijo mu natriletni kolobar (28,3 %), nadveletni (17,2 %), napetletni (10,1 %), našestletni (4,0 %) in nasedemletni (3,0 %) (Kladnik in Smrekar 2003). V terenski analizi kmetovanja na kmetijah je bilo ugotovljeno, da se s podaljševanjem cikla kolobarja povečuje udeležba krmnih rastlin, zlasti raznih kombinacij travnih mešanic, detelje, lucerne, krmne pese in krmnega korenja. Kot značilen primer naštiriletnega kolobarja, ki tod prevladuje, navajamo kombinacijo silažna koruza–ječmen–krompir–zelenjava.

Pridelek krmnih posevkov na njivah dopolnjuje pridelek trave in sena na travnikih, vloga pašnikov in kmečkih sadovnjakov, kjer se tudi lahko občasno pase živina, pa je na vodovarstvenem območju skoraj zanemarljiva. Poleg gozda je najprimernejši način rabe tal za zagotavljanje kakovostne podtalnice trajno travinje. Vsесоkоzi živa rastlinska odeja namreč zagotavlja stalno porabo hranil in vode, s čimer



ALEŠ SMREKAR

Slika 87: Primer kmetijske rabe tal na Ljubljanskem polju.

se zmanjšuje nevarnost izpiranja. Kljub ugodnemu varovalnemu vplivu je treba zagotoviti primerno rabo travinja, ki naj hkrati zagotavlja uspešno varovanje podtalnice kot gospodarno rabo. Zakonodajne omejitve pri vnosu hranil pomenijo neskladnost za obstoječe kmetovanje na teh območjih, saj zahteva trajno travinje zmerno intenzivno gnojenje in temu prilagojeno intenzivnost košnje, da ne pride do razredčenja in poznejšega zapleveljenja travne ruše. Pri preoravanju se zaradi intenziviranja mineralizacije nevarnost izpiranja močno poveča (Usmerjanje kmetijstva ... 2002).

Na leta 2000 popisanih kmetijah prevladujejo intenzivni travniki (78,3 % od skupne površine travnikov v uporabi; grafikon 12). Bistveno manj je ekstenzivnih travnikov z enkratno košnjo na leto (15,2 %), še manj pa intenzivnih travnikov s štirikratno ali celo večkratno (6,5 %). Na kmetijah v III. vodovarstvenem pasu je opazen nadpovprečen delež tako pri ekstenzivnih kot pri intenzivnih travnikih, na kmetijah v II. vodovarstvenem pasu pa močno prevladujejo intenzivni travniki, ki so na kmetijah v okolici Hrastja celo edini zastopani (Kladnik in Smrekar 2003).

9.4 SKLEPI

Analiza rabe tal na Ljubljanskem polju je pokazala, da gre za značilno urbano regijo, saj zavzema jo pozidana območja več kot polovico vseh površin. Med njimi prevladujejo urbane površine z zelenicami, ki jih je več kot tretjina, več kot desetina pa je tudi industrijskih površin.

Zanimivo je, da tej rabi z več kot tretjino vseh zemljišč sledi kmetijska raba. Druge kategorije zasedajo le dobro desetino zemljišč, med njimi je največji delež gozda. Tako se srečujemo z vsemi tremi temeljnimi viri obremenitev: kmetijstvom, industrijo z energetiko in gospodinjstvi. Medsebojna razmerja in njihov delež je težje določljiv. V preteklosti je nedvomno ključno vlogo igralo kmetijstvo, ki je bilo razširjeno na več kot polovici površin. Spreminjanje rabe tal zaradi urbanizacije je povzročilo njegov premik na severni del obravnavanega območja Ljubljanskega polja, ob reki Savi. Podrobnejša analiza je pokazala, da se je nekdanja pasovitost v razporeditvi kmetijskih zemljišč od manj intenzivnih poplavnih površin ob reki do bolj intenzivnih na višje ležečih terasah v zadnjih letih obrnila. Sedaj so najintenzivnejše njivska in travniška zemljišča ob Savi bližje stiku s podtalnico, kar pomeni večjo možnost vpliva na njeno kakovost.

Posebna pozornost je bila namenjena rabi tal na vodovarstvenih območjih, ki je pokazala še vedno visok delež njivskih površin v drugem in tretjem vodovarstvenem pasu. Kljub uveljavljanju dobre kmetijske prakse na teh območjih je obstoječa setvena sestava s prevladujočo pridelavo silažne koruze in zelenjave ter intenzivnih travnikov z vidika okolja neugodna.

10 KMETIJSKO OBREMENJEVANJE

Med glavnimi onesnaževalci podtalnice Ljubljanskega polja je intenzivno kmetijstvo. Čeprav so kmetijski pridelki za prehrano človeka izjemnega pomena, je tudi pitna voda neobhodno bogastvo, brez katerega ni življenja. Bolj ko se posodablja kmetijstvo, pospešuje rast pridelkov z obilno uporabo organskih in mineralnih gnojil ter povečuje zaščita kulturnih rastlin s fitofarmaceutskimi sredstvi, bolj je prizadeta kakovost za pitje primernih vodnih zalog. Kakovostna pitna voda v primerno čistem vodonosniku pa je postala pravo razkošje. Ljubljanska pitna voda velja za eno od bolj kakovostnih v evropskih prestolnicah in drugih podobno velikih mestih (Brečko 1996).

Izpiranje neizrabljenega dušika v podtalnico zaradi presežka gnojil ali časovno neustreznega gnojenja povzroča povečane koncentracije nitratov in nitritov, gnojenje z organskimi gnojili pa tudi bakteriološko onesnaženje. K obremenjevanju podtalnice s kopičenjem in hranjenjem iztrebkov domačih živali v neurejenih oziroma premajhnih objektih ali celo neposredno na nezaščitenem poroznem površju in s čezmernim gnojenjem zaradi prevelikih obtežb kmetijskih zemljišč z živino, izdatno prispeva živinoreja. Pojavlja se tudi nedovoljeno gnojenje kmetijskih zemljišč v hladnem delu leta, ko lahko hranilne snovi hitro prodrejo v podtalnico, saj je samočistilna sposobnost vodonosnika zaradi počivanja rastlinstva bistveno zmanjšana. Pomemben obremenjevalec okolja je tudi vrtičkarstvo, prezreti pa ne bi smeli niti vloge zasebnih vrtov ob individualnih in vrstnih stanovanjskih objektih ter preveč intenzivno gnojenih rastlinjakov (Kladnik, Rejec Brancelj, Smrekar 2003).

Ožji varstveni pasovi črpališč pitne vode so še vedno intenzivno kmetijsko izrabljeni, uporaba fitofarmaceutskih sredstev in gnojil pa v praksi ni zadostno nadzorovana (Brečko, Kušar, Plut 2000). Izdelan je bil seznam prepovedanih sredstev za varstvo rastlin za uporabo v vodovarstvenih pasovih in izdana omejitev gnojenja z dušičnimi gnojili, ki pa se zaenkrat še premalo upošteva. Nova zakonodaja o varovanju vodovarstvenih območij bi ob doslednem izvajanju morala odpraviti večino obstoječih pomanjkljivosti.

10.1 METODOLOGIJA

Izvedene raziskave o kmetijstvu temeljijo na terenskem delu pa tudi na analizi raznih podatkovnih baz in vrednotenju sekundarnih virov.

Raziskava o rastlinjakih temelji na terenskem delu, to je na anketiranju njihovih lastnikov in kartiranju njihove lokacije. Spomladi leta 2000 je bilo na območju Mestne občine Ljubljana in v njenem neposrednem zaledju izvedenih 50 anket. Na preučevanem območju je bila zajeta dobra polovica površine proizvodno pomembnejših rastlinjakov. Drugo polovico sestavljajo tudi rastlinjaki ob individualnih hišah, ki so kot ljubiteljski, namenjeni samooskrbi, njihova površina običajno ne presega 20 m².

Z metodo vzorčenja je bilo v okviru raziskave o perspektivah kmetijstva znotraj Ljubljanskega avtocestnega obroča spomladi 2002 izpolnjenih tudi 40 vprašalnikov na tamkajšnjih proizvodno pomembnejših obratih, to pomeni približno tretjino celotne populacije tovrstnih kmetij.

Raziskava o gnojnih objektih ima značaj popisa, izvedenega leta 2002. Seznam potencialnih subjektov za popis je bil pripravljen na podlagi več baz podatkov. Seznam evropsko primerljivih kmetij je bil izdelan na podlagi statističnih (Popis prebivalstva, gospodinjstev in kmetijskih gospodarstev leta 1991, Popis sadjarstva 1997, Popis kmetijskih gospodarstev 2000, Popis vrtnarstva 2000 in razna vzorčna statistična raziskovanja) in administrativnih podatkovnih baz (Centralni register prebivalstva, Register teritorialnih enot, zemljiški kataster, baza upravičencev za subvencije Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano). Pripravljeni seznam so še pred izvedenim popisom preverili svetovalci Kmetijske svetovalne službe. Bazo kmetij, ki na vodovarstvenem območju oddajajo mleko, nam je posredoval Oddelek za zootehniko Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Upoštewane so bile tudi baze preteklih raziskovanj Inštituta za geografijo. Ob natančnem pregledu terena je bilo odkritih še nekaj kmetij, ki niso bile vključene v nobeno od podatkovnih baz.

Leta 2000 je bilo na vodovarstvenem območju 286 evropsko primerljivih kmetij, od tega so bile 103 v ožjem vodovarstvenem pasu (43 v Klečah in Šentvidu, 60 v Hrastju), v širšem vodovarstvenem

pasu pa jih je bilo 183. Po kriteriju posedovanja gnojnega objekta jih je bilo v popis leta 2002 vključenih 155; 79 med njimi jih je v II. vodovarstvenem pasu (31 v Klečah in Šentvidu, 48 v Hrastju) in 76 v III. vodovarstvenem pasu.

Za kontrolo s popisom zbranih podatkov in podrobnejših spoznanj nekaterih parametrov so bili obdelani tudi podatki Popisa kmetijskih gospodarstev v Republiki Sloveniji 2000, ki ga je izvedel Statistični urad Republike Slovenije. Obdelani so bili na podlagi digitalnega zapisa poligonov posameznih vodovarstvenih pasov. Statistične navedbe o zemljiščih po posameznih vodovarstvenih pasovih ne pomenijo, da gre za njihovo dejansko zemljiško rabo, ampak le za rabo tal kmetij s sedežem znotraj določenega primerjalnega območja, pri čemer imajo posamezni obrati običajno zemljišča tako znotraj ožjega in širšega vodovarstvenega pasu kot tudi zunaj vodovarstvenega območja. Zato je pri interpretaciji izračunov obremenjenosti zemljišč potrebna določena previdnost.

10.2 MESTO IN KMETIJSTVO

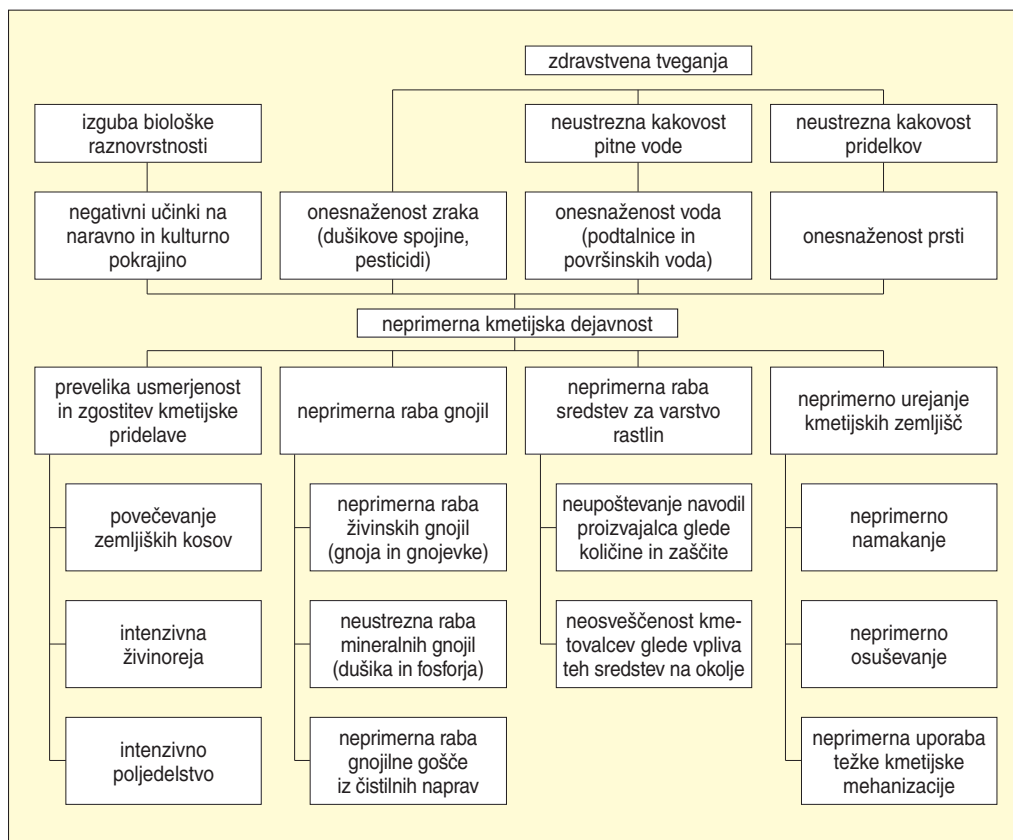
V zapletenem odnosu mesto–kmetijstvo se na eni strani ruralne prvine pojavljajo znotraj povsem mestnega, na drugi pa se kmetijstvo prepleta z rastočimi okviri mestnega (Kladnik 2003). Ob tem se spletajo posebna, medsebojno največkrat neskladna razmerja. Prepletanja interesov se nakazujejo tudi med kmetijstvom ter različnimi funkcijami (bivanje, delo), dejavnostmi (rekreacija, promet, industrija) in težnjami po zagotavljanju kakovostnega, čim manj onesnaženega okolja. Pri tem je povsem v ospredju varovanje kakovostnih virov pitne vode na območjih podtalnice, ki se praviloma prekrivajo z območji največje intenzivnosti kmetovanja.

Kmetijstvo je čedalje bolj kompleksna dejavnost, ki je ni moč uravnavati le s trgom živil. Zagotavljanje stabilne pridelave hrane sicer ostaja temeljna paradigma slovenskega kmetijstva, pri čemer njegovi posredni učinki na nekaterih območjih postajajo pomembnejši kot njegova prehranska vloga. Kmetijska zemljišča so namreč pomembna prvina zasnove rekreacije, delovanja zelenega sistema, kakovosti pokrajine, mestne zgradbe in nenazadnje ohranjanja mestne identitete (Prostorski plan Mestne občine Ljubljana 2001). V skladu z aktualno kmetijsko politiko v Sloveniji in Evropski zvezi je bila zasnovana nova razvojna paradigma, v kateri se poudarek s primarnih funkcij kmetijstva preusmerja na sekundarne (Maslo 2002).

Zaradi različnih omejitvenih dejavnikov je kmetijstvo v neposredni bližini velikih mest veliko bolj izpostavljeno in občutljivo kot kmetijstvo na drugih, večinoma ali izključno podeželskih območjih. Ranljivost kmetijstva je tako z ožjega prostorskega vidika, to je ranljivosti kmetijskih zemljišč kot temeljnega pridelovalnega potenciala, kot s širšega gospodarskega vidika, to je ranljivosti kmetijstva kot dejavnosti, največja prav v mestnem in primestnem okolju. Ovrednotiti jo je mogoče predvsem z vidika učinkov posameznih posegov v kmetijski prostor. Ti so seveda odvisni od obsega in vrste, z vsebinskega vidika pa jih je mogoče ločiti na učinke, ki pomenijo fizično spremembo v kmetijskem prostoru (na primer trajna ali začasna izguba zemljišč, spremembe rabe kmetijskega zemljišča, prizadetost ali razpad notranje kmetijske infrastrukture, odstranitev kmetijskih objektov), ter učinke, ki pomenijo korenite, trajne spremembe v širši proizvodni in družbenogospodarski sestavi kmetijstva (Cunder 2000).

Odziv na večjo občutljivost je večja prilagodljivost kmetijstva na območju tako imenovanega ruralno-urbanega kontinuuma. Hitre prilagoditve so zaradi splošnih strukturnih in socialnih sprememb, značilnih za to območje, z vidika njegovega obstoja pravzaprav nujne. Analiza razvojnih teženj kaže, da prilagajanje kmetijstva na strukturne, zlasti tržne razmere poteka veliko hitreje in bolj spontano kot v drugih, bolj podeželskih predelih. Pri tem se kmetijska dejavnost nenehno sooča z vrsto pozitivnih in negativnih dejavnikov, ki bolj ali manj vplivajo na njen nadaljnji razvoj.

S tržnega vidika je položaj kmetijstva poseben. Kmetije imajo zaradi bližine mesta kot pomembnega potrošnika zelo ugodne možnosti prodaje pridelkov neposredno uporabnikom. Zaradi prilagajanja povpraševanju se usmerjajo zlasti v delovno bolj intenzivne pridelovalne panoge, v okviru katerih pridelujejo predvsem hitro pokvarljive pridelke za sprotno porabo. S tem imajo sicer določeno razvojno prednost, a so lahko okoljsko zelo obremenjujoče (Cunder 2000).



Slika 88: Shema okoljske problematike v kmetijstvu (Rejec Brancelj 2001).

Na obseg in raven koriščenja temeljnih pridelovalnih zmogljivosti (zemljišče, zgradbe, kmetijski stroji) neposredno vpliva urbanizacija, ki lahko posredno vpliva tudi na posestno sestavo kmetij. Zaradi pozidave lahko povzroči manjši interes za naložbe dolgoročnejšega značaja, kar zavira tako razvoj kmetij kot kmetijstva nasploh. Predvsem pri uvajanju nekaterih spornih tehnologij in postopkov (na primer silaža, uporaba gnojevke) se lahko pojavijo resni konflikti med sicer avtohtonim kmečkim prebivalstvom in priseljenim nekmečkim prebivalstvom, stanujočim v bližnjih individualnih stanovanjskih hišah in v bližnjih na novo zgrajenih stanovanjskih soseskah (Cunder 2000).

Pojavijo se lahko tudi druge oblike prekrivanja interesov. V infrastrukturi je to prepletenost prometnic in velika gostota prometa, ki posredno ovirata normalen promet kmetijskih strojev, prevoz pridelkov in repromateriala, na drugi strani pa kmetijski stroji na nekaterih cestah lahko povzročijo zmanjšano pretočnost, povečajo zastoj ali vsaj upočasnijo potovalno hitrost drugih motornih vozil.

Nasprotja med kmetijstvom in drugimi dejavnostmi se običajno še najbolj izrazito kažejo v varstvu okolja, pri čemer je treba omeniti tudi neposredne škodljive vplive mestnega okolja na kmetijstvo. Kažejo se na primer kot onesnaženje kmetijskih zemljišč, kar vpliva na onesnaženost kmetijskih pridelkov in posredno hrane. Na drugi strani se stalno povečujejo zahteve po kakovostni in neoporečni hrani, s čimer se povečuje pritisk na neposredne pridelovalce. Predvsem v bližini mestnega jedra kmetovalci ne morejo zagotoviti neoporečnih pridelkov, s tem pa si posredno onemogočajo normalno trženje in za preživetje primeren dohodek (Cunder 2000).



Slika 89: Za vztrajanje v kmečkem načinu življenja na obrobju mesta je najpomembnejši vzrok ohranjanje tradicije.

Preveč intenzivno kmetovanje škoduje virom pitne vode v podtalnici, tako da je potrebno njeno aktivno varovanje z vodovarstvenimi pasovi, na katerih se predvidi primerna, torej možna kmetijska raba. Bolj ko se približujemo črpališčem, strožji je režim varovanja, zato tradicionalno usmerjene razdrobljene kmetije izgubljajo eksistenčno podlago. V zapletenih lastniških odnosih je pravzaprav edina kratkoročna možnost njihovega preživetja podpora v obliki denarnih nadomestil za izpadli dohodek.

Območje Ljubljane je z vidika družbenogeografskih značilnosti kmetijstva, ki jih vsaj deloma narekujejo tudi naravne lastnosti, mogoče razčleniti na naslednje značilne tipe, iz mestnega jedra usmerjene radialno navzven:

- **Mestno središče**, kjer je zaznati le še skromne preostanke kmetijske dejavnosti, bolj opazen pečat nekdanjih vaških naselbin okrog srednjeveškega jedra Ljubljane pa je prepoznaven v arhitekturni dediščini (na primer Vodmat, Selo, Spodnja Šiška).
- **Mestno obrobje**, ki zajema mestne in primestne predele, kjer je sicer še mogoče zaznati kmetijsko pridelavo, a ta bolj ali manj le še životari. Delež gospodinjstev na kmetijah je manjši kot 1 %. V to kategorijo spadajo izključno ravninski predeli (na primer Koseze, Dravlje, Štepanja vas) z najbolj kakovostnimi kmetijskimi zemljišči, ki so močno razdrobljena ter obremenjena z mestno in drugo infrastrukturo ter izpostavljena pozidavi. Posamezni drugi kmetovalci so s svojimi posestvi povsem utesnjeni sredi na gosto pozidanih mestnih predelih, ki kar prekipujejo od nekmetijskih dejavnosti (na primer Zgornja Šiška, Nove Jarše nasproti BTC-ja).
- **Močno urbanizirano obrobje**, ki obsega nekdanj samostojna vaška naselja na zelo kakovostnih ravninskih zemljiščih (na primer Brod, Šentvid, Savlje, Ježica, Stožice, Ježa pri Črnučah, Studenec). Zemljiška razdrobljenost je precejšnja, izključno kmetijski zemljiški kompleksi pa so kljub legi v tretjem vodovarstvenem pasu vedno manj obsežni, saj jih »goltajo« novi kompleksi pozidanih zemljišč, tako da so kmetije že izrazito utesnjene, njihova dejavnost pa je zaradi prepletanja interesov z nekmetijskimi dejavnostmi in bivalno funkcijo priseljencev ogrožena.

- **Ravninsko mešano in prevladujoče kmetijsko območje**, ki obsega nekdanja samostojna vaška naselja na najbolj kakovostnih kmetijskih zemljiščih z za kmetijstvo ugodnimi naravnimi razmerami. Zemljiška razdrobljenost je sicer precejšnja, so pa zato zemljiški kompleksi obsežni in zaradi strožjih varstvenih ukrepov vsaj v ožjem, drugem vodovarstvenem pasu manj podvrženi pozidavi. Naselbinska območja s kmetijami so ohranile še precej kmečki videz, ki pa ga sodobni urbanizacijski pritiski postopoma degradirajo. Gostota kmetij je še vedno velika, čeprav so vmes tudi številne propadle oziroma preobražene kmetije, katerih nasledniki so se preusmerili zlasti v storitvene dejavnosti (značilni primeri so Medno, Stanežiče, Kleče, Tomačevo, Jarše, Obrije, Šmartno ob Savi, Hrastje, Sneberje, Zadobrova).

10.3 ZAKONSKI PREDPISI O KMETIJSKEM OBREMENJEVANJU OKOLJA

Ena od pomembnih gonilnih sil intenzifikacije in specializacije evropskega kmetijstva je bila skupna kmetijska politika Evropske zveze, ki ima za posledico veliko obremenjevanje okolja. Kot odgovor na to so se pojavili tako imenovani kmetijsko-okoljski programi. Aprila 2001 je bil sprejet Slovenski kmetijsko okoljski program (SKOP). Njegov glavni namen je popularizacija takšne kmetijske pridelave, ki bo ustrezala potrebam potrošnikov, varovala njihovo zdravje, zagotavljala trajnostno rabo naravnih virov ter omogočala ohranjanje biotske pestrosti in značilnosti slovenskih pokrajin. Ob tem je glavni cilj ohranjanje obdelane in poseljene pokrajine s posebnim statusom. Vključuje 22 ukrepov, skladnih z načeli trajnosti in sonaravnosti, izobraževanje in promocijo (Rejec Brancelj 2003). Za kritje stroškov dodatnega dela zaradi okoljevarstvenih in krajinskih zahtev ter za ohranjanje tradicionalnih oblik kmetovanja se predvideva neposredno plačilo na površino zemljišča.

Za pridobitev tovrstnih sredstev morajo biti izpolnjeni določeni pogoji: vključeno mora biti celotno kmetijsko gospodarstvo, če ima sedež v vodovarstvenih pasovih, oziroma vsa tista zemljišča v uporabi, ki so v vodovarstvenih pasovih; uveden mora biti ustrezen kolobar; gnojiti se mora na podlagi gnojilnega načrta; biti mora celoletni zeleni pokrov (zanj so primerni posevki trav, detelj, travnodeteljnih mešanic, ozimnih žit, krmnih koševin, ozimne oljne ogršči); enkratni odmerk dušika ne sme preseči 30 kg/ha; uporaba mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev mora biti za 20 % manjša od priporočil dobre kmetijske prakse, ki ne sme biti kršena v nobenem primeru; možna je uporaba le na kmetiji pridelane organske mase (odpadkov); uporaba gnojevke in gnojnice je v skladu z gnojilnim načrtom mogoča največ 14 dni pred setvijo; gnojenje s hlevskim gnojem pa je mogoče le pred setveno obdelavo na njivah; travinje je mogoče gnojiti le s fosforjevimi in kalijevimi gnojili, gnojenje s hlevskim gnojem po zadnji košnji pa ni dovoljeno; obtežba z živino ne sme preseči 1,9 glave velike živine (GVŽ) na hektar kmetijskih zemljišč; obdelava zemljišč mora biti v skladu s posevkom, stanjem prsti in časom ter na travinju mora biti vsaj dvakrat na leto košnja.

Pri tem se redno kontrolira podtalnica glede vsebnosti nitratov, fosfatov in pesticidov; po spravilu pridelka in/ali pred zimo se v prsti ugotavljajo ostanki fosfatov; redno se analizira vsebnost fosforja in kalija v prsti ter njena pH vrednost, kontrolira se celoletni zeleni pokrov ter zahtevana raba gnojil in fitofarmacevtskih sredstev.

Za varovanje kakovosti podtalnice sta bili sprejeti Uredbi o kemijskem stanju površinskih voda (Uradni list Republike Slovenije 11/2002) in kakovosti podzemne vode (Uradni list Republike Slovenije 11/2002), pripravljena pa sta še pravilnika o monitoringu kemijskega stanja površinskih in podzemnih voda. Za izboljšanje kakovosti podtalnice sta bila izdana Uredba o določanju statusa zaradi fitofarmacevtskih sredstev ogroženega območja vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij ter o ukrepih celovite sanacije (Uradni list Republike Slovenije 97/2002) ter Odlok o območjih vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij, ogroženih zaradi fitofarmacevtskih sredstev (Uradni list Republike Slovenije 97/2002). Zdaj veljavni obseg vodovarstvenega območja na Ljubljanskem polju je določen na podlagi Odloka o varstvu virov pitne vode (Uradni list Socialistične Republike Slovenije 13/1988), precej bolj dodelan sistem varovanja podtalnice pa se predvideva z noveliranim odlokom.

Na vodovarstvenih območjih bodo veljale omejitve za kmetijstvo. Tako bo na primer v najožjem vodovarstvenem območju prepovedano vnašanje mineralnih in organskih gnojil v prsti, uporaba fitofarmacevtskih

sredstev in namakanje. Zemljišče naj bi bilo pogozdeno ali zatravljeno. Na ožjem vodovarstvenem območju z zelo strogim varovanjem bo na primer prepovedano graditi in postavljati namakalne sisteme, graditi živinorejske farme, rastlinjake, tople grede, ribnike in postavljati krmišča za divjad, preoravati travinja v njive, vrtničarstvo.

Na vodovarstvenih območjih bo obvezno izvajati monitoring onesnaženosti prsti in podtalnice ter vsebnosti hranilnih snovi v prsti. Za monitoring naj bi poskrbele ustrezne službe Mestne občine Ljubljana. Če bi v prsti ali podtalnici prišlo do povečanja vsebnosti onesnažil, ki bi lahko ogrozili vodni vir, bi za varstvo okolja zadolžen organ lahko postavil ostrejša kriterija o omejitvah vnosa posameznih onesnaževalcev v prst in podtalnico ter predlagal dodatne ukrepe za zaščito vira pitne vode.

Veljavno Strokovno navodilo o urejanju gnojišč in greznic je dokaj staro (Uradni list Socialistične republike Slovenije 10/1985). V njem so z vidika varovanja podtalnice pomembna zlasti naslednja določila:

- na območju podtalnice morajo biti gnojišča in gnojnične jame urejene tako, da ni nevarnosti pronicanja in prelivanja v podtalnico;
- živalski iztrebki se morajo skladiščiti na ustrezno urejenih gnojiščih ali v zbiralnikih;
- gnoj in gnojica se lahko skladiščita le na ustreznih gnojiščih in v gnojničnih jamah, gnojevka pa se lahko skladišči v ustreznih zbiralnikih ali lagunah;
- gnojišča morajo biti drenirana v gnojnične jame in ne smejo imeti odvoda v površinske vode ali podtalnico.

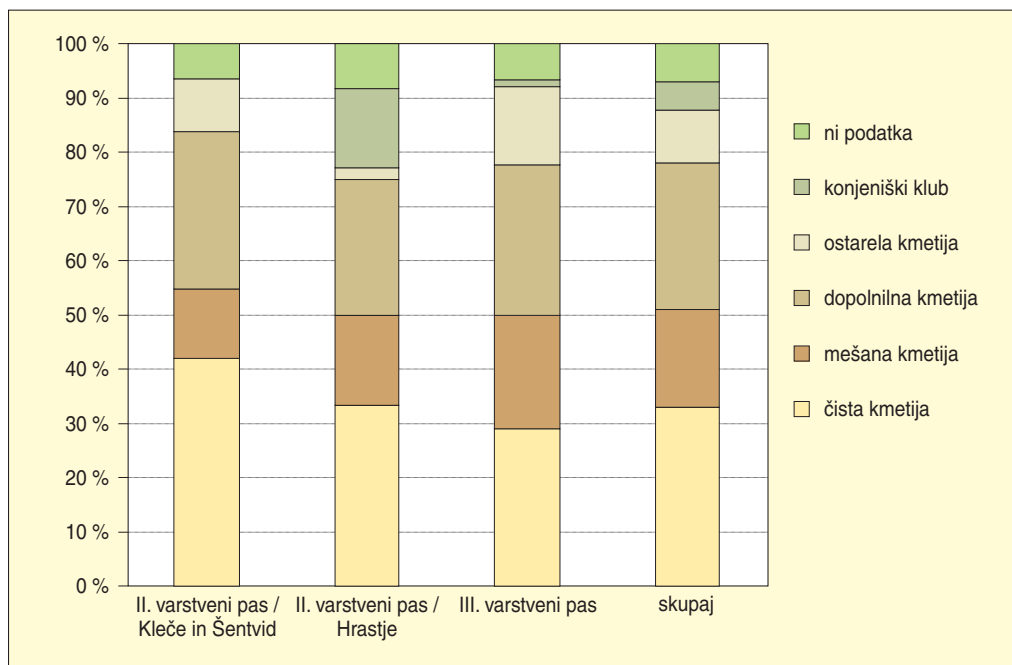
Navodila za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (Uradni list Republike Slovenije 34/2000) poleg zgornjih navedb predvidevajo še, da morajo biti objekti vodotesni in izdelani iz betona, odporne proti kislinam. Lagune morajo biti na notranji strani premazane s sredstvi, odpornimi proti kislinam in alkalijam, skladišni prostor za živinska gnojila pa mora zadoščati za premostitev obdobja, ko je vnos živinskih gnojil prepovedan ali ni mogoč. Za 1 GVZ je, odvisno od tehnologije odgnojevanja, treba zagotoviti vsaj 2 m² gnojnišne plošče za skladiščenje hlevskega gnoja, 3,5 m³ prostornine gnojne jame za skladiščenje gnojnice oziroma 8 m³ prostornine lagune za skladiščenje gnojevke.

Navodila za izvajanje dobre kmetijske prakse o gnojenju izpostavljajo še, da je treba s pravilnim skladiščenjem, zorenjem in porabo iztrebkov domačih živali večji del rastlinskih hranil vključiti v obtok hranil na kmetiji. Skrbeti je treba, da so vsi kanali za gnoj, gnojico in gnojevko iz neprepustnega betona, da ne bi že v hlevu prišlo do pronicanja v tla. Vodotesni morajo biti tudi vsi kanali, po katerih se gnoj in gnojevka spravljata do gnojišč in zbiralnikov za gnojevko. Velikost gnojiščnega prostora je treba uskladiti z načrtovanim številom živali, z načrtovanim praznjenjem gnojnega objekta ter s priporočenim in dovoljenim koledarjem trosenja živinskih gnojil. Pri določanju velikosti skladiščnega prostora je treba upoštevati najmanj štirimesečno dobo skladiščenja, za novogradnje in adaptacije pa je priporočilo kar šest mesecev.

Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list Republike Slovenije 68/1996, 35/2001, 29/2004) predpisuje tudi mejno vrednost letnega vnosa dušika z živinskimi gnojili na vodovarstvenem območju. Dovoljena je maksimalna vrednost 170 kg/ha, kakršno določa tudi evropska Nitratna direktiva (Council Directive ... 1991).

10.4 NEKATERE ZNAČILNOSTI DRUŽINSKIH KMETIJ

Raziskave so pokazale, da je pri odločanju o načinu kmetovanja in ravnanju v pokrajini nasploh pomembna razlika med posameznimi družbenogospodarskimi skupinami gospodinjstev na kmetijah (Rejec Brancelj 2001). Na primestnih območjih se je družbenogospodarska sestava kmetij dolgo kazala kot zelo stabilna, kar je bila gotovo posledica ugodnih možnosti za zaposlovanje ob razmeroma majhni, časovno in stroškovno znosni razdalji. Podoba v Ljubljani je bila že leta 1981 drugačna kot v Sloveniji kot celoti. Izstopal je velik delež mešanih kmetij, ki so se v primerjavi s čistimi pokazale kot bolj trdožive in elastične v prilagajanju intenzivnosti in obsegu pridelave (Kovačič 1985). Ker pa njihovo gospodarjenje največkrat ni temeljilo na ekonomičnosti, so se sčasoma prelevile v razvojno coklo, še zlasti zaradi pomanjkanja spodbud po prilagajanju kmetovanja sodobnim normativom razvitih dežel Evropske zveze. Skladno z njihovo vse bolj problematično dvoživkarsko vlogo se je v zadnjih letih pojavila težnja po polarizaciji na čiste kmetije in za prehransko bilanco bistveno manj pomembne dopolnilne kmetije.



Slika 90: Socioekonomska sestava na preučevanih kmetijah na vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

Med vzgibi, ki kmetovalce motivirajo za vztrajanje v kmečkem načinu življenja, je daleč najpomembnejši ohranjanje tradicije kmetovanja, ki praviloma zaposluje že več rodov. Ljudje namreč neradi prevzamejo odgovornost, da so prav oni izničili trud predhodnih generacij. Pomembni razlogi so še veselje do kmetovanja, želja po lastnih pridelkih in navezanost na zemljo. Po značaju so sicer raznorodni, vendar se pomen vseh povečuje skladno z naraščanjem velikosti kmetij. Brez dvoma se z njihovim povečevanjem krepi tudi vloga povsem tržnih vidikov, to je zagotovljenega trga ter možnosti dobrega zaslužka in zagotavljanja pomembnega dela zaslužka.

Med leta 2002 popisanimi obrati je 51 čistih kmetij, pri čemer je njihov delež na obeh območjih II. vodovarstvenega pasu večji kakor v III. vodovarstvenem pasu, kjer je poudarjeno velik delež mešanih kmetij, ki jim je kmetijstvo praviloma le še postranski vir zaslužka. Delež dopolnilnih kmetij, za katere je kmetovanje praviloma le še konjiček, je v obeh pasovih razmeroma izenačen, kar velja tudi za obe primerjalni območji znotraj ožjega vodovarstvenega pasu. 15 kmetij je ostarelih, največ v širšem vodovarstvenem pasu. Kot posebno kategorijo, ki pravzaprav ne sodi med družbenogospodarske tipe kmetij, so bili registrirani lastniki konj, združeni v tako imenovanem konjeniškem klubu. Popisanih je bilo 8 izključno konjerejskih obratov, med katerimi jih je 7 v Hrastju v II. vodovarstvenem pasu. Osredotočeni so v bližini hipodroma v Stožicah, kjer so konjušnice v lasti ljubljanske konjeniške policije.

Starostna sestava gospodinjstev na kmetijah se postopoma slabša. Mlada, do 20 let stara generacija je zastopana le v slabi polovici (49,6 %) preučениh kmetij, druge pa imajo še srednjo (od 20 do 59 let) in staro (60 let in več) generacijo. Starostna sestava čistih kmetij je v primerjavi z mešanimi kmetijami manj ugodna.

Znano je, da so mlajši ljudje praviloma podjetnejši od starejših, obenem pa je za uspešno gospodarjenje pomembna predvsem vloga gospodarja. Povprečna starost gospodarja na slovenskih družinskih kmetijah je 58,1 leta (Popis kmetijskih gospodarstev 2000), na anketiranih kmetijah znotraj avtocestnega obroča (Kladnik 2002) pa 53,5 leta in pove, da kmetije v upravljanje naslednikov prehajajo razmeroma

pozno. Marsikateri obrat še vedno vodi star gospodar, katerega idejnost, kreativnost, podjetnost, odločnost in ustvarjalna radovednost so dodobra izčrpane. 72,4 % gospodarjev je moškega spola (Popis kmetijskih gospodarstev 2000).

37,1 % gospodarjev ima status kmeta ali kmetijskega podjetnika (kar 71,1 % v Hrastju; Popis kmetijskih gospodarstev 2000), 22,6 % je zaposlenih (v III. vodovarstvenem pasu 26,0 %), 36,1 % gospodarjev pa je upokojencev. Kmečkih upokojencev je bistveno manj od tistih, ki dobivajo pokojnino iz nekdanje zaposlitve.

Sodobno kmetovanje zahteva raznovrstna posebna (kmetijska, živilska, veterinarska, mehanična, gozdarska) in kompleksna znanja, ki kmetovalca med drugim seznanjajo s pravilnim izborom poljščin, pravilnimi delovnimi postopki, uporabo kmetijske mehanizacije ter pravilno uporabo gnojil in fitofarmacevtskih sredstev. Problematični sta tako kmetijska kot splošna izobrazbena raven gospodarjev kmetij. Prevladujoča prвина kmetijske izobrazbe pri gospodarjih leta 2000 popisanih kmetij so praktične izkušnje, saj se z njimi ponaša kar 88,9 % gospodarjev. Le sedem jih ima dokončano srednjo kmetijsko šolo (štiri je na kmetijah v III. vodovarstvenem pasu in trije v II. vodovarstvenem pasu), trije dveletno poklicno kmetijsko šolo, dva triletno poklicno kmetijsko šolo, eden višjo kmetijsko šolo, dva pa sta si pridobila celo univerzitetno kmetijsko izobrazbo; oba sta iz III. vodovarstvenega pasu. Stanje se postopoma izboljšuje, na kar kaže ugotovitev, da se na leta 2002 popisanih kmetijah s takšno izobrazbo ponaša precej več naslednikov kot gospodarjev.

Ena od glavnih značilnosti slovenskega kmetijstva je precejšnja posestna in parcelna razdrobljenost. Leta 2002 popisane kmetije so v primerjavi s kmetijami, popisanimi dve leti prej, nekoliko večje in v povprečju razpolagajo z 11,05 ha zemljišči. Povprečno največje kmetije so na območju Hrastja (12,67 ha), najmanjše (10,29 ha) pa v II. vodovarstvenem pasu. Podrobnejše analize popisa iz leta 2000 razkrivajo, da kmetije v povprečju najemajo 1,2 ha zemljišč, 0,2 ha zemljišč pa dajejo v najem, torej je presežek zemljišč v uporabi nad zemljišči v lasti dober hektar (102 ara). Pri najemanju zemljišč je pomembna vloga Sklada kmetijskih zemljišč in gozdov, od katerega kmetije, ki najemajo zemljišča, dobijo v najem 40,4 % od vseh najetih njiv in 15,5 % od vseh najetih travnikov (Kladnik 2002). Nekatere večje kmetije od Sklada najamejo tudi več kot 10 hektarjev zemljišč.

Za navedenimi povprečji se skriva raznovrsten notranji ustroj. Med leta 2002 popisanimi kmetijami najdemo tako pritlikave obrate z manj kot hektarjem skupnih razpoložljivih zemljišč (skupaj 11, od tega 9 z manj kot pol hektarja) kot za naše razmere velike obrate z več kot 20 hektarji (skupaj 17). Največ kmetij je v srednjih velikostnih razredih; razpolagajo z zemljišči od 5 do 10 ha (42), od 10 do 20 ha (31) in od 2 do 5 ha (21). Zaznavna je osredotočenost največjih kmetij znotraj starih vaških jeder (Medno, Kleče, Tomačevo, Hrastje, Sneberje).

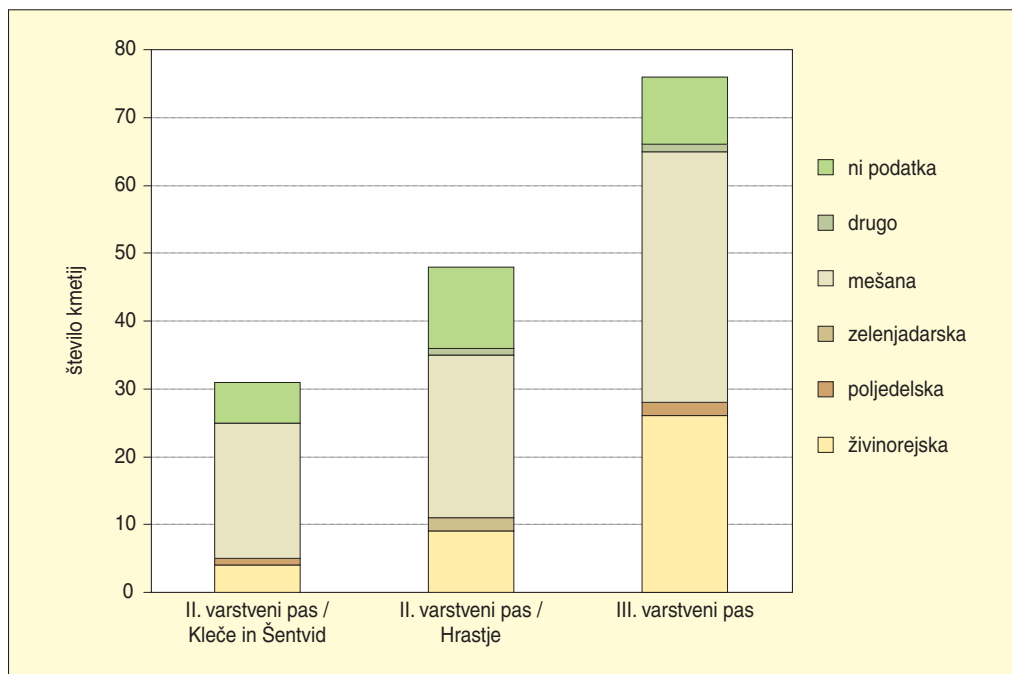
Kmetijam eksistenčno osnovo nenehno slabijo urbanizacijski pritiski, ki se kažejo v izgubi zemljišč zaradi pozidave, gradnje prometnic in druge infrastrukture. V zadnjih dveh desetletjih so anketirane kmetije znotraj avtocestnega obročja skupaj izgubile dobrih 58 ha zemljišč (Kladnik 2002). Od tega jih je bilo 61,9 % porabljenih za pozidavo, 35,2 % za gradnjo cest (več kot devet desetina za gradnjo avtocestnega obročja), preostalih 2,9 % pa za gradnjo druge infrastrukture. Zemljišča je odprodalo kar 27 od 40 anketiranih kmetij. 47,2 % izgubljenih zemljišč so bile njive, 45,0 % travniki in 7,8 % gozd.

Leta 2000 popisane kmetije razpolagajo s 46,9 % rodovitnimi zemljišči na vodovarstvenem območju, v II. vodovarstvenem pasu s 50,2 % in v III. vodovarstvenem pasu s 40,9 %. Kmetije, popisane leta 2002, imajo v povprečju 3,87 ha zemljišč v ožjem vodovarstvenem pasu, 1,27 ha zemljišč v širšem vodovarstvenem pasu in 3,48 ha zemljišč zunaj vodovarstvenih pasov. Kmetije iz II. vodovarstvenega pasu imajo kar 60,3 % zemljišč znotraj ožjega vodovarstvenega pasu, le 4,5 % znotraj širšega vodovarstvenega pasu, zunaj vodovarstvenih pasov pa 35,2 % zemljišč. Nasprotno imajo kmetije iz III. vodovarstvenega pasu v matičnem vodovarstvenem pasu le 27,5 % zemljišč, 23,5 % jih imajo v II. vodovarstvenem pasu, zunaj varstvenih pasov pa 49,0 %. Navedene vrednosti razkrivajo, da so zemljišča v ožjem vodovarstvenega pasu pomemben temelj kmetovanja ne le za kmetije z lego znotraj tega pasu, ampak tudi za bližnje in nekoliko bolj oddaljene kmetije v III. vodovarstvenega pasu, ki so marsikje že povsem ukleščene med stanovanjske hiše nekmetov.



ALEŠ SMREKAR

Slika 91: Več kot polovica kmetij na vodovarstvenih območjih je proizvodno mešanih kmetij z dopolnjevanjem živinorejske in poljedelske pridelave.



Slika 92: Usmerjenost kmetij po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

Kmetijska zemljišča zasebnih kmetij na vodovarstvenem območju zavzemajo 61,4 %. To ne pomeni, da je tolikšna tudi njihova dejanska razprostranjenost po posameznih vodovarstvenih pasovih. Delež kmetijskih zemljišč v II. vodovarstvenem pasu je močno prevladujoč zlasti v Klečah in Šentvidu ter na Vižmarskih tratah. III. vodovarstveni pas je v večjem delu na gosto pozidan, izjema so vaška zemljišča Stanežič in Mednega, območje med Tomačevim in Žalami, vaško zemljišče Studenca ter območje v trikotu med Sneberji, Savo in vzhodnim delom avtocestnega obroča.

Med leta 2002 popisanimi kmetijami je dobra polovica (52,3 %) nespecializiranih, proizvodno mešanih kmetij, na katerih se enakovredno dopolnjujeta živinoreja in poljedelstvo. Tovrstne kmetije so dokaj enakovredno zastopane v obeh vodovarstvenih pasovih, pri čemer je opazen izstopajoč delež v okolici Kleč in Šentvida v II. vodovarstvenem pasu. Po številu jim sledijo živinorejske kmetije (25,2 %). Njihov delež je precej večji v III. vodovarstvenem pasu (34,2 %) kot v II. (15,5 %). Drugačne usmeritve kmetij z živino se pojavljajo le v posameznih primerih. Registrirane so bile še tri poljedelske kmetije, dve zelenjadarski in ena vrtnarska.

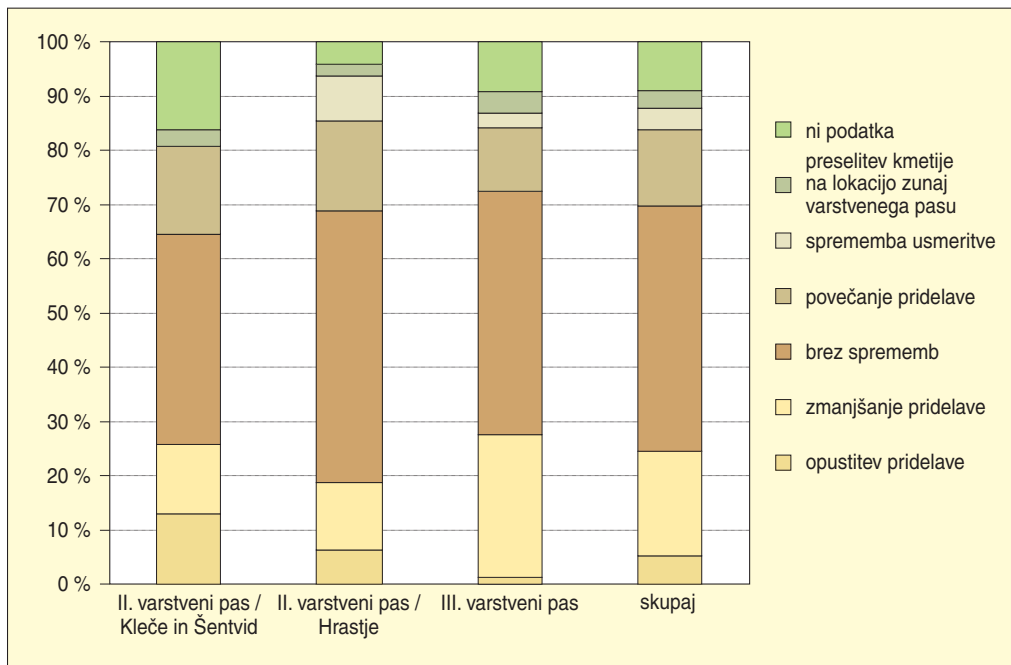
Del zelenjave se pridelava v rastlinjaki (Kladnik, Rejec Brancelj 2000), ki so namenjeni tudi vzgoji sadik. Rezultati analize popisa leta 2000 so pokazali, da se v zavarovanih prostorih pridelava le odstotek zelenjave, vendar je tovrsten delež v Klečah in Šentvidu kar 6,4 %, na III. vodovarstvenem pasu 1,3 % in v Hrastju le 0,1 %. Na prostem pridelane zelenjave se proda 42,0 % (ostanek se porabi doma), v rastlinjaki pridelane zelenjave pa le 37,5 %. Razkorak je posledica pomembne zastopanosti v rastlinjaki vzgojenih sadik za presajanje na prosto, kar slikovito ponazarja Hrastje, kjer je od vse v rastlinjaki pridelane zelenjave, namenjene prodaji na trgu, le 5,9 %, od zelenjave, pridelane na prostem, pa se proda skoraj polovica (47,4 %).

Za namakanje kmetijskih zemljišč se po podatkih popisa leta 2002 odloča 9 kmetovalcev, od tega dva v III. vodovarstvenem pasu, eden v II. vodovarstvenem pasu v Klečah in Šentvidu in kar šest v istem pasu na območju Hrastja. Po podatkih popisa iz leta 2000 je v celotnem varstvenem pasu 14 takšnih kmetij, od tega sedem v Hrastju. Štirje kmetovalci imajo lastne vrtine, dva črpata vodo iz Save, trije pa namakajo zemljišča z vodo iz javnega vodovodnega omrežja. Skupna letna količina za namakanje porabljene vode je po njihovih navedbah majhna, le 4790 m³.

Kmetije so dobro opremljene s kmetijskimi stroji. Opazno je, da imajo močnejše kmetije v lasti praviloma bolj ali manj popolne strojne linije, kar v poudarjeno velikih deležih velja za obe območji II. vodovarstvenega pasu. Trosilnike mineralnih gnojil, trosilnike hlevskega gnoja in cisterne za gnojevko ima približno polovica kmetij.

Odločitev o načinu pridelave in trženja je odvisna od poslovne motiviranosti, tržne spretnosti, razpoložljive delovne sile, bližine trga, tradicije in opremljenosti kmetije za pridelovanje določenih vrst in količin pridelka. Med preučeno populacijo 155 kmetij je 51,6 % takšnih, ki svoje pridelke in izdelke tudi prodajajo. Druge naj bi vse končne pridelke v pridelovalni verigi porabile bodisi za prehrano članov lastnega gospodinjstva bodisi za prehrano lastnih domačih živali. Med kmetijami v II. vodovarstvenem pasu je bila ugotovljena bistveno večja tržna naravnost (58,8 %) kakor med kmetijami v III. vodovarstvenem pasu (44,0 %). Meja med tržno pomembnimi in tržno nepomembnimi kmetijami je pri 5 ha veliki posesti, velike tržne viške (marsikje prodajo nad 90 % vrednosti od vseh pridelkov) pa pridelajo zlasti na kmetijah, večjih od 10 ha.

Na skoraj polovici (45,2 %) leta 2002 popisanih kmetij izjavljajo, da v bližnji prihodnosti v zvezi s kmetovanjem bistvenih sprememb ne načrtujejo. Na petini (19,4 %) kmetijskih gospodarstev predvidevajo, da se bo obseg kmetijske pridelave zmanjšal, na osmih naj bi kmetovanje povsem opustili. Predvideno zmanjšanje obsega pridelave na kmetijah v III. vodovarstvenem pasu (27,6 %) kot na kmetijah v II. vodovarstvenem pasu (11,4 %), kjer je nekaj več obratov s predvidenim povečanjem pridelave (razmerje 16,5 % proti 11,8 %). Na drugi strani je opustitev pridelave razen v enem primeru v celoti navezana na kmetije v 2. vodovarstvenem pasu. Povečanje pridelave se predvideva izključno na večjih kmetijah. V petih primerih naj bi se kmetovalci zaposlili v nekmetijskih dejavnostih, v treh naj bi kmetijo prodali. Povečan obseg pridelave načrtujejo na slabi šestini (14,2 %) kmetijskih gospodarstev, na katerih so praviloma prepričani, da bo vstop Slovenije v Evropsko zvezo povzročil preživetje le sodobnim, dovolj produktivnim in tržno usmerjenim obratom. Preselitev na lokacijo zunaj vodovarstvenih pasov predvidevajo v petih



Slika 93: Načrti v zvezi s kmetovanjem na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

primerih. Kot primerno območje za izpolnitev njihovih pričakovanj vidijo zlasti območje Agroemone vzhodno od Zadobrove, med Savo in Ljubljano.

Zagotovljenega naslednika ima le 48 ali 31,0 % leta 2002 popisanih kmetij. V 34 primerih (21,9 %) še ni povsem jasno, kako se bo predvideni naslednik odločil, v 15 (9,7 %) pa je gospodar še mlad, zato o problematiki nasledstva še ne razmišljajo. Kar 37 kmetij (23,9 %) je brez naslednika; nekaj več jih ima sedež v II. vodovarstvenem pasu. Največ kmetijskih gospodarstev brez zagotovljenega naslednika je med dopolnilnimi in ostarelimi kmetijami (28,6 % oziroma 60,0 %). Opazno je, da se s povečevanjem kmetij povečuje delež z zagotovljenim prevzemnikom. Meja, ko število pozitivnih navedb preseže število negativnih, je pri 5 ha razpoložljivih zemljišč.

10.5 OKOLJSKA PROBLEMATIKA

Kmetijstvo vpliva na kakovost naravnih virov, biološko raznovrstnost pa tudi na spremembe v pokrajini. Podatkov o njegovem vplivu na okolje je čedalje več, tako posrednih kot neposrednih (meritve), saj se v zadnjem času tej problematiki namenja vse večja pozornost. Pri kmetijskem obremenjevanju okolja razlikujemo onesnaževanje iz točkovnih virov (povzročajo ga neustrezno urejeni, premajhni in neustrezno zavarovani gnojni objekti, silosne jame, odlagališča gnojil in sredstev za varstvo rastlin, mesta za čiščenje škroplilnic in cistern, silažni kupi, črpališča vode za namakanje, morebitne delovne nesreče, rastlinjaki, vrtički ...) in iz razpršenih virov, to je kmetij kot uporabnikov kmetijskih zemljišč. Poleg prevelike rabe fitofarmaceutskih sredstev je za kakovost vode problematično zlasti gnojenje. Izpiranje neizrabljenega dušika v podtalnico zaradi presežka gnojil ali časovno neustreznega gnojenja povzroča povečane koncentracije nitratov in nitritov, gnojenje z organskimi gnojili pa tudi bakteriološko onesnaženje. Zaradi svoje prostorske razsežnosti je kmetijstvo tako za vode kot prsti najpomembnejši ploskovni vir obremenjevanja.

Najizrazitejši kmetijski pritiski so torej v obliki snovnih in energetskih vnosov. Tovrstna obremenjevanja je teoretično sicer mogoče hitro zmanjšati, vendar trenutne razmere v slovenskem kmetijstvu še niso naravnane za ekonomsko-okoljski pristop, saj so odločitve o načinu kmetovanja pogosto prepuščene posameznim kmetovalcem, in ne kmetijski politiki z natančno opredeljenimi cilji in izoblikovanimi mehanizmi, ki naj bi usmerjali celotno pridelavo (Lampič 2000).

Značilna so nasprotja med kmetijstvom in nekmetijskimi dejavnostmi. Odnosi med kmetovalci in drugimi mestnimi porabniki prostora so na območjih prepletanja večnamenske rabe lahko konfliktni. Kot glavna problema, ki ju kmetovanje povzroča okolici, se navajata smrad, ki se širi okrog hlevov z živino, in hrup, ki ga povzroča uporaba kmetijskih strojev, zlasti dosuševalnih naprav in motornih žag. Kmetijski stroji na cestah (traktorji s priključki, kombajni) povzročajo prometne zamaške, kar velja zlasti za prometne koridorje na obrobju središča mesta, kjer se promet zgošča na ozkih prometnicah, ki zagotavljajo pretočnost iz enega dela mesta v drugega in jih zaradi najemanja ter nakupov zemljišč v različnih delih mesta uporabljajo tudi kmetovalci. Za problematične veljajo Hradeckega cesta, Vodnikova cesta in Litijška cesta, kar se pokaže zlasti v prometnih konicah ob košnji sena in žetju silažne koruze. Nekateri so mnenja, da kmečko okolje s svojim navideznim neredom kvari videz mestnega okolja.

Škodljivi vplivi mestnega okolja na kmetijstvo se kažejo v onesnaževanju kmetijskih zemljišč, kar vpliva na slabšo kakovost kmetijskih pridelkov in posredno hrane, ki se prideluje na zemljiščih v neposredni bližini mesta in znotraj njega. Kmetovalci so bili pri navajanju težav, ki jim jih povzroča urbano okolje, precej zavzeti. Najbolj jih moti škoda, ki jo na njihovih zemljiščih in posevkih povzročajo občani. Po številu navedb so v ospredju lastniki psov, ki se s svojimi ljubljenci sprehajajo vseprek, pri čemer za psi ostajajo neodstranjeni iztrebki. Pritožujejo se tudi nad krajo pridelkov, igranjem nogometa na travnikih in nespoštovanjem zasebne lastnine nasploh. Zaradi gostega prometa je otežen dostop na parcele, ki so pri marsikomu tudi zelo oddaljene od sedeža kmetije. Anketirance le malo moti onesnaževanje pridelkov drugih obremenjevalcev okolja, prav tako se redko pritožujejo zaradi pretirane posestne razdrobljenosti, ki pa so jo zaradi navajenosti očitno že vzeli kot neizogibno dejstvo. Le v posameznih primerih se pritožujejo nad negativnimi vplivi hrupa na počutje živine.

Niti kmetovalci niti vodovod doslej niso imeli težav s sožitjem. Kmetije so zaradi varovanja virov pitne vode obdržale kmetijska zemljišča, ki bi bila najbrž že pozidana, ob tem pa s svojim kmetovanjem dolgo niso pretirano ogrožale vodnega vira. Z intenziviranjem pridelave je kmetijska dejavnost v vodovarstvenih pasovih postala problematična, kar odpira vprašanja okoljsko-prostorske, pravne, gospodarske in družbeno-socialne narave. Dolgoročno in trajno razrešitev konflikta nedvomno pomeni soglasje o poudarjenem varstvu vodnih virov na eni strani in ustreznem načinu usmerjanja kmetijske dejavnosti na drugi. V ta namen bi bilo najbolje odkupiti vsa zemljišča, kjer kmetijska pridelava ni mogoča, to je v pasu 300 m od zajetja vodnega vira, na območjih zmanjšane rabe rastlinskih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev pa ohraniti kmetijsko pridelavo tudi z namakanjem in rastlinjaki (Maslo 2002).

Analiza rezultatov popisa kmetijskih gospodarstev leta 2000 je razkrila, da je na vodovarstvenem območju ena sama kmetija, na kateri preusmeritev v ekološko kmetovanje potrjuje pridobljeni certifikat. Sedem kmetij je bilo v postopku preusmeritve (šest v širšem vodovarstvenem pasu in ena na območju Hrastja v ožjem), nadaljnjih 24 ali 8,4 % pa jih preusmeritev v ekološko kmetovanje načrtuje (18 med njimi jih je v III. vodovarstvenem pasu, preostalih 6 v II. vodovarstvenem pasu, od tega 5 na v Hrastju).

10.5.1 ZNAČILNOSTI ŽIVINOREJE

Pri kmetijskem obremenjevanju okolja ima zelo pomembno vlogo živinoreja. Njena vloga je kompleksna, saj je ne moremo enostransko opredeliti zgolj kot negativen dejavnik. Ker na živinorejskih kmetijah praviloma pridelujejo več koruze, je z živinorejo posredno povezana tudi nevarnost onesnaženja pitne vode z atrazinom. Na drugi strani je predvsem za govedorejske kmetije značilna velika zastopanost travinja, kar je z vidika onesnaževanja podtalnice z nitrati ugodno, saj je zaradi trajne ozelenitve njihovo

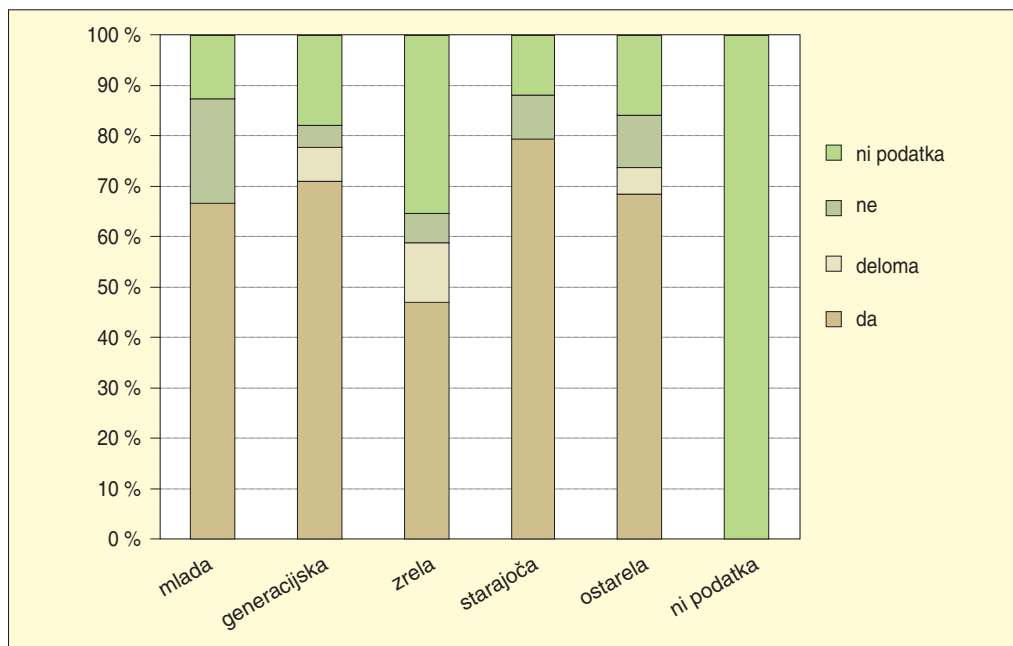
izpiranje na travinju manjše kot na njivah. Živinoreja omogoča tudi izkoriščanje krmnih dosevkov in tako zagotavlja boljše možnosti ter manjše stroške ozelenitve njiv prek zime (Usmerjanje kmetijstva ... 2002).

Po podatkih popisa leta 2000 je bilo v vodovarstvenih pasovih skupaj 1529,8 glave velike živine (GVŽ), po podatkih popisa leta 2002 pa je število GVŽ nazadovalo na 1414,5 ali za 7,5 %. V III. vodovarstvenem pasu se je s 674,1 zmanjšalo na 570,0 GVŽ (za 14,4 %), v II. vodovarstvenem pasu pa z 855,7 na 844,5 GVŽ (za samo 1,3 %).

Na leta 2002 popisanih kmetijah na vodovarstvenem območju redijo povprečno 8,86 GVŽ, na kmetijah, popisanih leta 2000, pa le 5,35 GVŽ (razlika gre na račun majhnih kmetij brez živine, ki v zadnji popis niso bile vključene). Kmetije v III. vodovarstvenem pasu redijo v povprečju 7,38 GVŽ (leta 2000 3,68 GVŽ), kmetije v II. vodovarstvenem pasu v Klečah in Šentvidu 7,48 GVŽ (leta 2000 7,40 GVŽ) in kmetije v II. vodovarstvenem pasu v Hrastju 12,11 GVŽ (leta 2000 8,95 GVŽ). K celotni vrednosti GVŽ je leta 2002 tričetrtinski delež (75,6 %) prispevala goveja živina, od tega kar 55,2 % odraslo govedo. Še pomembnejša je bila vloga goveje živine v sestavi GVŽ leta 2000, ko je govedo prispevalo kar 87,3-odstotni delež.

Z okoljevarstvenega vidika je pomembno razmerje med gostoto živine in razpoložljivimi kmetijskimi zemljišči. Od njega je odvisno, ali se pojavljajo presežki živalskih izločkov oziroma z njimi povezani degradacijski pojavi. To področje urejata in postavljata določene zahteve za kmetovalce Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list Republike Slovenije 68/1996) in Navodilo za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (Uradni list Republike Slovenije 34/2000). Poleg obsega živinorejske pridelave je pomembno tudi poznavanje načina skladiščenja živinskih gnojil na gnojiščih in/ali v gnojničnih jamah ter zadostnih površin oziroma prostornin, ki morajo zadoščati za obdobja, ko je njihov vnos na zemljišča prepovedan. Novi predpisi zahtevajo izdelavo letnih gnojilnih načrtov. S seznanjenostjo kmetovalcev z navedeno problematiko smo lahko le deloma zadovoljni.

Povprečna živinorejska gostota v Sloveniji znaša 1,6 GVŽ na hektar kmetijskih zemljišč, kar je tudi povprečje ravninskih pokrajin (Rejec Brancelj 2001). Na podlagi popisa leta 2002 izračunane obremenitve



Slika 94: Seznanjenost kmetovalcev po vodovarstvenih pasovih z dovoljeno obremenitvijo živine na površinsko enoto zemljišča (Kladnik, Smrekar 2002).

na vodovarstvenem območju Ljubljanskega polja so povsem v okviru zgornjega povprečja, saj je na tamkajšnjih kmetijah povprečna obremenjenost hektarja kmetijskih zemljišč 1,57 GVŽ. Obremenitev na kmetijah v ožjem vodovarstvenem pasu (1,58 GVŽ/ha) je le neznatno večja od obremenitve na kmetijah v III. vodovarstvenega pasu (1,55 GVŽ/ha). Zaradi drugačnih izhodišč (upoštevane so tudi kmetije brez živine in majhni pridelovalni obrati) za popisno leto 2000 se za takrat izračunane obremenitve bistveno razlikujejo. So znatno manjše, v povprečju vsega 1,02 GVŽ/ha, pri čemer so na kmetijah v II. vodovarstvenega pasu opazno večje kot na kmetijah v III. vodovarstvenega pasu. Večina (61,9 %) informatorjev v popisu leta 2002 je zatrnila, da je seznanjena z dovoljeno obremenitvijo živine na površinsko enoto kmetijskega zemljišča.

Na vodovarstvenem območju se intenzivne paše zaradi nevarnosti točkovnega onesnaženja z dušikom ne priporoča. Kjer se živina dlje in bolj pogosto zadržuje (napajališča, poti ...), je namreč večja nevarnost poškodb travne ruše, kar skupaj z večjimi količinami izločenega seča in blata še poveča nevarnost točkovnega onesnaženja (Usmerjanje kmetijstva ... 2002). Analiza rezultatov popisa iz leta 2000 je razkrila, da na vseh kmetijah na vodovarstvenem območju pasejo 416 glav goveje živine (22,5 % od celotne populacije govedi). V populaciji govedi na kmetijah v III. vodovarstvenem pasu se pase 43,8 % živali, na kmetijah v II. vodovarstvenega pasu pa je delež manjši od 5 %.

10.5.2 GNOJENJE

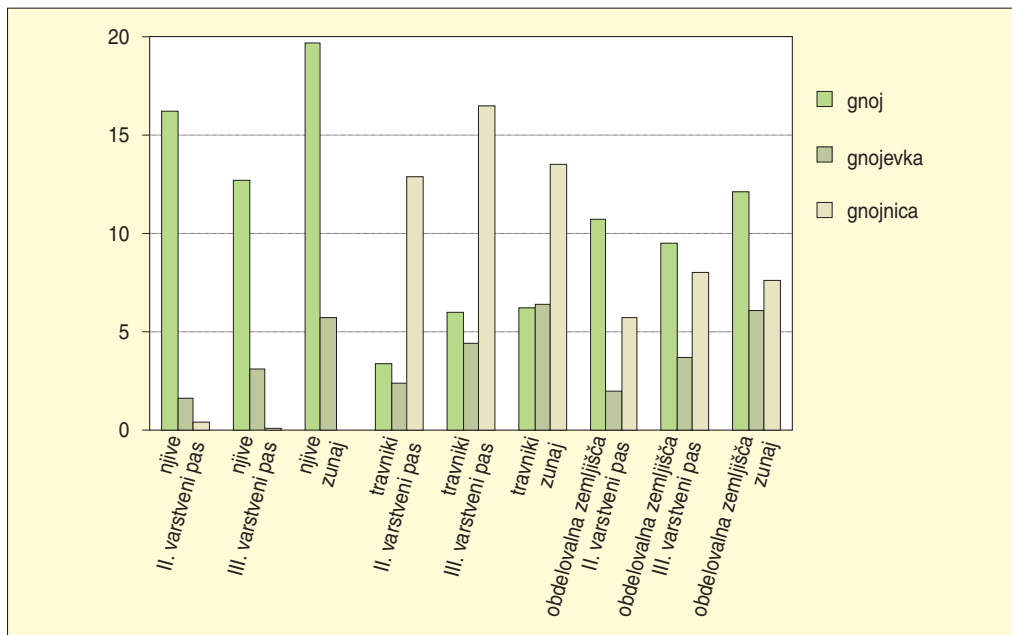
Na večini kmetij obdelovalna zemljišča gnojijo tako z organskimi kot mineralnimi gnojili. Zadostne količine gnoja in gnojevke potrebo po mineralnih gnojilih zmanjšujejo. Zaradi polikulture usmerjenosti večjega dela kmetij je razpoložljiva količina gnoja in gnojevke odigrala okoljevarstveno pomembno vlogo. Sama količina gnoja ne bi smela povzročati okoljevarstvenih problemov, ki so predvsem posledica neustrezno urejenih gnojnih jam ter neustrezne uporabe gnoja in gnojevke na vodovarstvenih območjih. Poseben problem je nezadostno poznavanje kmetovalcev glede onesnaževanja z nitrati. Pri rabi dušičnih gnojil je namreč treba upoštevati hranila, ki se v tla vnašajo tako z organskimi kot z mineralnimi gnojili (Rejec Brancelj 2001).

Leta 2002 popisani populaciji kmetij so leto poprej porabili 11.984 m³ hlevskega gnoja, 2.705 m³ gnojevke in 5.637 m³ gnojnice. V sestavi hlevskega gnoja je s 66,0 % močno prevladoval goveji gnoj, kar 32,2 % je bilo konjskega gnoja, deleža prašičjega in perutninskega gnoja sta znašala po 0,7 %.

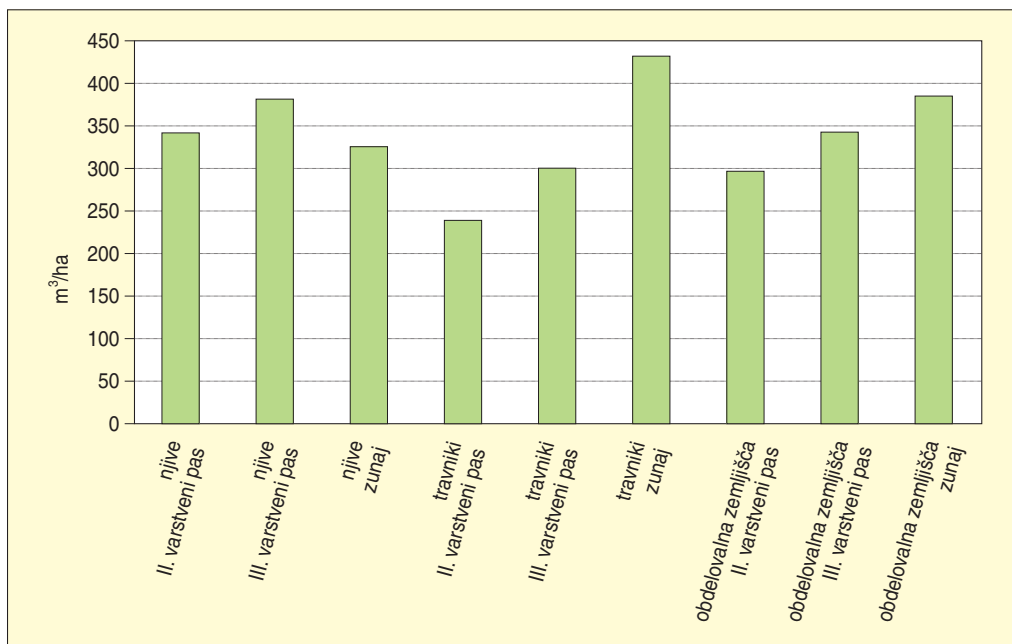
V povprečju so kmetije na vodovarstvenem območju hektar obdelovalnih zemljišč pognojile s 14,5 m³ hlevskega gnoja. Njegova povprečna poraba v Sloveniji leta 1996 je znašala 13,1 m³/ha obdelovalnih zemljišč, pri čemer je bil povprečen vnos dušika z gnojem 66 kg/ha obdelovalnih zemljišč (Rejec Brancelj 2001). Z njim se precej bolj izdatno gnoji na kmetijah v ožjem vodovarstvenem pasu, kar je z vidika varovanja podtalnice neugodno. Leta 2001 so kmetovalci v povprečju hektar obdelovalnih zemljišč v II. vodovarstvenem pasu pognojili z 10,7 m³ hlevskega gnoja, 2,0 m³ gnojevke in 5,7 m³ gnojnice. V primerjavi s porabo na obdelovalnih zemljiščih v III. vodovarstvenem pasu je opazna nekoliko večja poraba hlevskega gnoja ter precej manjša poraba gnojevke in gnojnice. S hlevskih gnojem in gnojevko se sicer najbolj izdatno gnojijo obdelovalna zemljišča zunaj vodovarstvenih pasov, poraba gnojnice tam pa je približno enaka kot na zemljiščih v II. vodovarstvenem pasu.

S hlevskim gnojem gnojijo predvsem njive (na njivah v II. vodovarstvenem pasu se ga povprečno porabi 16,2 m³/ha, na njivah III. vodovarstvenega pasu 12,7 m³/ha in na njivah zunaj vodovarstvenih pasov 19,7 m³/ha), poraba gnojevke na njivah in travnikih pa je skorajda uravnotežena (nekoliko večja je na travnikih in se z oddaljevanjem od ožjih vodovarstvenih pasov povečuje). Gnojnico uporabljajo skoraj izključno na travnikih. Z njo najbolj izdatno gnojijo travnike v III. vodovarstvenem pasu (16,5 m³/ha), precej manj pa na travnikih zunaj vodovarstvenih pasov (13,5 m³/ha) in na travnikih v II. vodovarstvenem pasu (12,9 m³/ha).

Mineralna gnojila so predvsem v vlogi dognojevanja kulturnih rastlin s hranilnimi snovmi. V Sloveniji je bila leta 2001 povprečna poraba mineralnih gnojil 412 kg/ha obdelovalnih zemljišč, vendar na družinskih kmetijah le 370 kg/ha (Statistični letopis, 2002). Z njimi najbolj intenzivno gnojijo zemljišča na ravninah, kjer na hektarju raztrosijo povprečno 578 kg mineralnih gnojil (Rejec Brancelj 2001). Leta 2002 popisane kmetije so leto poprej na hektaru obdelovalnih zemljišč porabile povprečno 330,8 kg mineralnih gnojil.



Slika 95: Povprečna poraba organskih gnojil na hektar obdelovalnih zemljišč na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

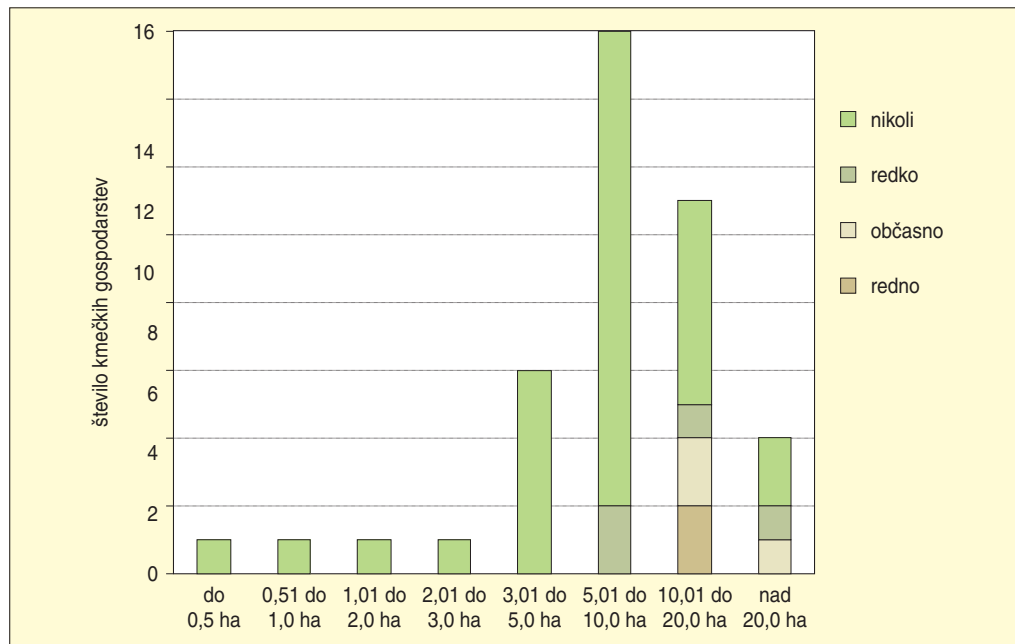


Slika 96: Povprečna poraba mineralnih gnojil na hektar obdelovalnih zemljišč na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

V obeh vodovarstvenih pasovih se izračunane vrednosti skoraj ne razlikujejo (334,6 kg/ha na kmetijah v II. vodovarstvenem pasu in 325,6 kg/ha na kmetijah v III. vodovarstvenega pasu), pri čemer kmetovalci obdelovalna zemljišča v II. vodovarstvenem pasu z njimi manj izdatno gnojijo (povprečno 296,7 kg/ha na leto) kakor obdelovalna zemljišča v III. vodovarstvenem pasu (povprečno 342,0 kg/ha na leto), ta pa manj intenzivno kot obdelovalna zemljišča zunaj vodovarstvenih pasov (povprečno 384,5 kg/ha na leto). Medtem ko so pri njivah razlike v uporabi mineralnih gnojil med posameznimi območji manj izrazite in je poraba na njivah v obeh vodovarstvenih pasovih celo večja kakor na njivah zunaj varstvenih pasov (oži vodovarstveni pas 341,7 kg/ha, širši vodovarstveni pas 381,3 kg/ha, zunaj vodovarstvenih pasov 325,4 kg/ha), so bistveno večje razlike pri travnikih. Intenzivnost njihovega gnojenja se povečuje skladno z manj strogim varovalnim režimom. V povprečju se travnike v II. vodovarstvenem pasu na leto pognoji z 238,7 kg mineralnih gnojil, travnike v III. vodovarstvenem pasu z 299,7 kg in travnike zunaj vodovarstvenih pasov kar s 431,4 kg.

Glede na sorazmerno majhno obremenjenost kmetijskih zemljišč z živalskimi gnojili in glede na stroge predpise o uporabi gnojil na vodovarstvenem območju bi bilo pričakovati, da se v prsti ne pojavljajo previsoke vsebnosti rastlinskih hranil. A očitno ni tako, saj raziskave, opravljene v obdobju 1996–2002, kažejo, da raven rastlinam lahko dostopnega kalija (K_2O) in fosforja (P_2O_5) v obdelovalnem sloju prsti (do globine 30 cm) narašča, kar je še posebej izrazito glede fosforja (Sušin s sodelavci 2003).

Pri obremenjevanju okolja s hranilnimi snovmi je poleg pretirane količine dodanih mineralnih gnojil problematičen tudi čas njihovega dodajanja glede na potrebe kulturnih rastlin. Ob ustreznem gospodarjenju s hranilnimi snovmi ne prihaja do njihovega izpiranja in izgub. 73 % kmetovalcev opravlja zgolj osnovno gnojenje ob setvi ali tik pred njo, 27 % pa se odloča tudi za dopolnilno gnojenje (Rejec Brancelj 2001). S spoznanji o gnojilni praksi kmetovalcev ne moremo biti zadovoljni. Njihova ozaveščenost o potrebnem natančnem odmerjanju gnojil je premajhna, zato občasno prihaja do čezmernih vnosov. Zato bo treba večji poudarek nameniti izobraževanju kmetovalcev (tečaji, predavanja) in njihovem obveščanju po javnih glasilih (radio, televizija, časopisi).



Slika 97: Analiziranje prsti na kmetijah po vodovarstvenih pasovih glede na posebno sestavo (Kladnik, Smrekar 2002).

Samoiniciativni kmetovalcev je preveč prepuščena tudi škropilna praksa. Zahteve, ki jih postavlja trg s svojimi zakonitostmi, je z obvezami, ki jih narekuje ohranjanje kakovostne podtalnice, težavno uskladiti. Zaenkrat se namreč rabi fitofarmacevtskih sredstev še ni mogoče povsem odpovedati, lahko pa se pripomore k zmanjšanju kopičenja snovi in njihovih razkrojnih produktov v prsteh in podtalnici, kar se doseže z njihovo pravilno izbiro in uporabo.

Analiza letne porabljene količine sredstev za varstvo rastlin na slovenskih družinskih kmetijah je pokazala povprečno porabo 3,4 kg/ha obdelovalnih zemljišč (Rejec Brancelj 2001). Na vodovarstvenem območju Ljubljanskega polja so jih leta 2002 glavnino porabili na njivah. Na hektarju njiv v II. vodovarstvenem pasu se povprečno porabi 2,05 kg zaščitnih sredstev na leto, v III. vodovarstvenem pasu 2,14 kg in zunaj vodovarstvenega območja precej manj, le 1,36 kg na leto (povprečna vrednost v Sloveniji je 5 kg/ha njiv, na ravninskih njivah pa le 2 kg/ha). Tam je opazna večja poraba zaščitnih sredstev na travnikih (0,2 kg/ha/na leto), ki je na travnikih v obeh vodovarstvenih pasovih le simbolična. Velika večina popisanih kmetovalcev je izjavila, da upošteva karenco. Pri odločitvah o izboru zaščitnih sredstev ter količini in času njihove uporabe jih največ sledi zgolj navodilom proizvajalcev. Večina (60) informatorjev je izjavila, da nimajo nobenih ostankov škropiv, če pa jih že imajo, jih v enaindvajsetih primerih uporabijo naslednje leto, v enajstih jih vržejo v smetnjak, v šestih jih odstranijo ob organiziranem odvozu nevarnih odpadkov, v enem primeru pa jih enostavno zlijejo v tla.

10.5.3 GNOJNI OBJEKTI

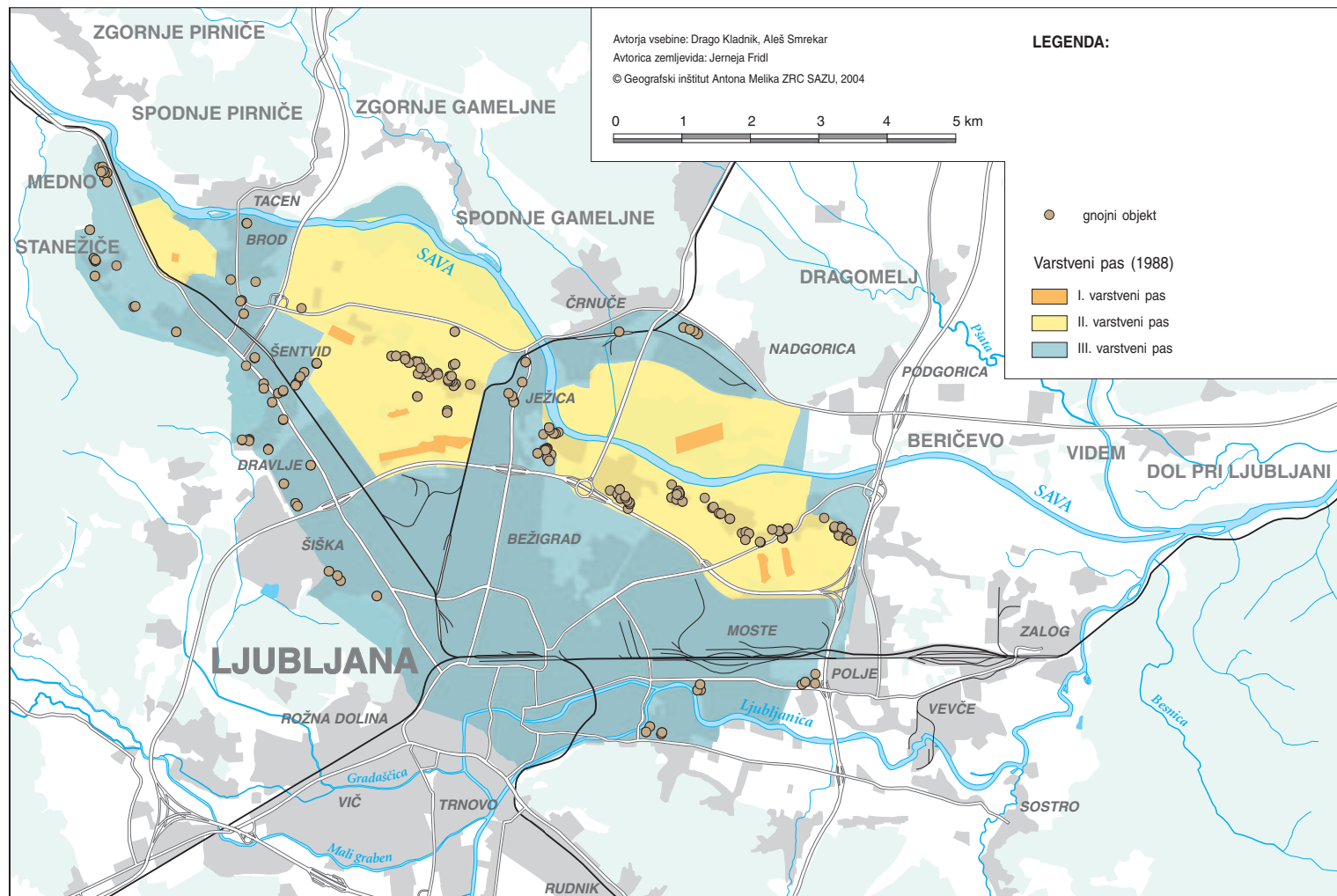
Živinska gnojila se smejo skladiščiti le v ustreznih zbiralnikih, kot so gnojišča, gnojnične jame in lagune. Zbiralniki morajo biti vodotesni in izdelani iz betona, odpornega proti kislinam. Gnojišča morajo biti drenirana in ne smejo imeti odtoka v površinske oziroma podzemne vode (Usmerjanje kmetijstva ... 2002).

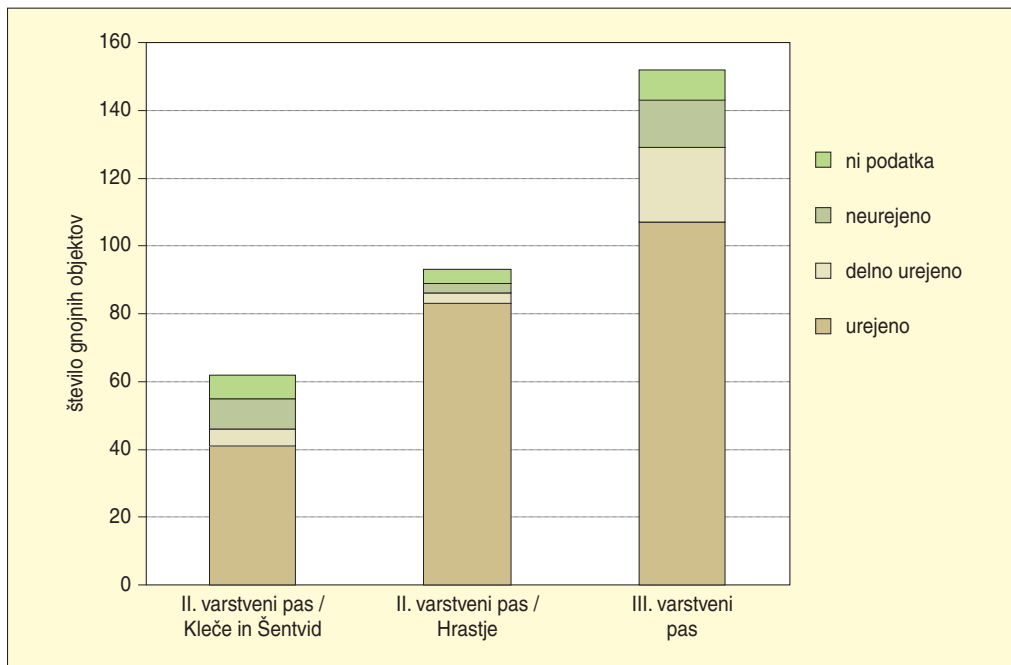


ALEŠ SMREKAR

Slika 98: Na vodovarstvenih pasovih je 307 gnojnih objektov, ki ne smejo imeti prostega odtoka.

Slika 99: Lokacije gnojnih objektov na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).





Slika 100: Urejenost gnojnih objektov po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

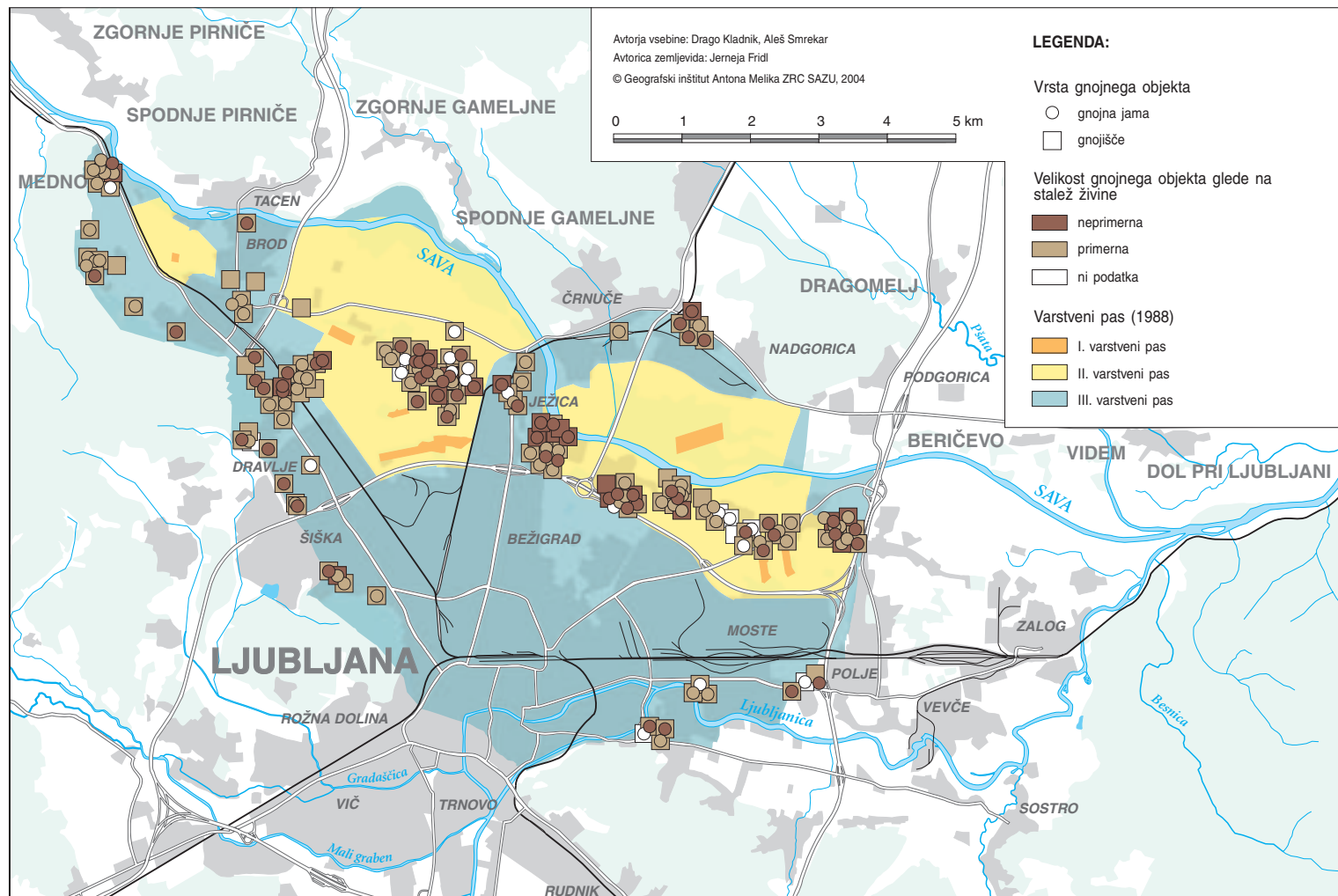
Načini vhlavljenja domačih živali lahko vplivajo na izpiranje nitratov v podtalnico neposredno (izpusti iz hlevov in skladišč) in posredno, z razliko med čvrstimi in tekočimi gnojili pri gnojenju. Ločeno zbiranje blata z nastiljem in seča (hlevski gnoj–gnojnica) je z vidika izpiranja nitratov v podtalnico praviloma ugodnejše od gnojevke (Usmerjanje kmetijstva ... 2002).

Od leta 2002 155 popisanih kmetij na vodovarstvenem območju jih ima v vodovarstvenih pasovih gnojne objekte 153, en kmetovalec odlaga (konjski) gnoj pri sosedu, eden pa ga odvažna na nekaj kilometrov oddaljene gnojne objekte zunaj vodovarstvenega območja (Kladnik, Smrekar 2002). Skupno je bilo na kmetijah registriranih 307 gnojnih objektov, od tega 151 gnojišč in 156 gnojnih jam, pri čemer je pri več kot 85 % hlevov urejeno ločeno zbiranje gnoja z nastiljem in gnojnico. Prevladuje torej tradicionalni način skladiščenja živinskih gnojil z gnojišči nad gnojnimi jamami. Sodobnejši, do okolja manj prijazen način zbiranja živinskih gnojil z gnojevko je urejen na 16 kmetijah, pri čemer se jih kar 13 pojavlja v drugem vodovarstvenem pasu ob črpališču Hrastje. Ob njem je osredotočena tudi skoraj tretjina (49) vseh hlevov na območju varovanja ljubljanske podtalnice.

Urejenost objektov se je ugotavljala predvsem s poizvedovanjem o vodoprepustnosti podlage in oboda ter urejenosti iztoka. S popisno metodo pridobljene podatke je treba ustrezno tolmačiti. Zlasti ugodno stanje naj bi bilo pri gnojnih jamah, vendar pa se popisovalci niso mogli prepričati o dejanskem stanju teh objektov. Skupno naj bi bilo na vodovarstvenem območju kar 231 oziroma tri četrtine urejenih objektov, od tega jih je več kot polovica v II. vodovarstvenem pasu. Delno urejenih naj bi bilo 30 objektov, neurejenih pa 26; devet med njimi jih je v Klečah in Šentvidu.

Urejenih je 110 oziroma 72,8 % gnojišč, največ (86,4 %) takšnih je v drugem vodovarstvenem pasu v Hrastju. Delno urejenih je 18 (11,9 %) gnojišč, neurejenih pa 23 (15,2 %). Popisni podatki o urejenosti

Slika 101: Primernost kapacitete gnojnih objektov po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).

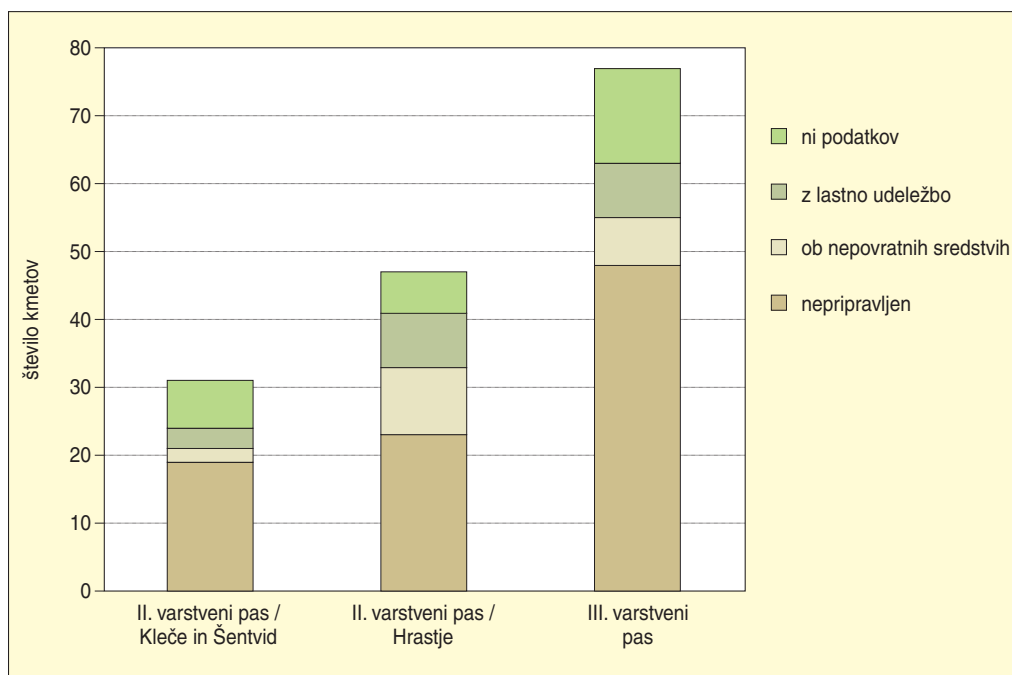


gnojnih jam še bolj presenečajo, saj jih je kar 77,6 % urejenih in samo 8 (5,2 %) naj bi jih bilo vodoprepustnih. Ker je povprečna starost objektov kar 37 let, 25 jih je bilo urejenih celo pred 2. svetovno vojno, se pojavlja dvom o njihovi dejanski ustreznosti.

Posebne pozornosti je potrebnih devet najbolj neurejenih gnojišč, ki nimajo niti betoniranega dna niti oboda, tako da tekoči del živinskih gnojil neposredno pronica v prst in naprej v podtalnico. Praviloma se pojavljajo na kmetijah z manj kot 4,0 GVŽ, v enem primeru pa gre tudi za kmetijo z 12 GVŽ. Štirje objekti so v II. vodovarstvenem pasu (po dva v Hrastju ter Šentvidu in Klečah), prav tako štirje so v III. vodovarstvenem pasu. Povsem neurejeni objekti k sreči niso osredotočeni na majhnem območju.

Preglednica 17: Neurejena gnojišča brez betoniranega dna na vodovarstvenem območju (Kladnik, Smrekar 2002).

vodovarstveni pas	območje, ulica	GVŽ	površina v m ²
II. vodovarstveni pas / Kleče in Šentvid	Savlje	1,0	6
II. vodovarstveni pas / Kleče in Šentvid	Obvozna cesta	12,0	100
II. vodovarstveni pas / Hrastje	Cesta v Šmartno	5,3	30
II. vodovarstveni pas / Hrastje	Cesta v Šmartno	ni podatka	10
III. vodovarstveni pas	Stožice	2,0	20
III. vodovarstveni pas	Stožice	ni podatka	10
III. vodovarstveni pas	Stanežiče	0,7	8
III. vodovarstveni pas	Šentvid	3,0	60
III. vodovarstveni pas	Pržan	ni podatka	40



Slika 102: Pripravljenost kmetovalcev po vodovarstvenih pasovih za obnovo hlevov s pripadajočimi objekti (Kladnik, Smrekar 2002).

Poseben problem je časovna prepoved uporabe živinskih gnojil na vodovarstvenem območju. Večina kmetovalcev ima namreč premajhne kapacitete za kopičenje živinskih gnojil, tako da ne zadoščajo za skladiščenje med oktobrom in februarjem, ko je vnos dušika prepovedan. Ker se kapacitete v tem času napolnijo, kmetovalci s praznjenjem gnojišč kršijo Uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih gnojil v tla (Uradni list Republike Slovenije 68/1996). Po normativih je za skladiščenje hlevskega gnoja 1 GVŽ treba zagotoviti vsaj 2 m² površine, jamo prostornine 3,5 m³ za gnojnico oziroma 8 m³ za skladiščenje gnojevke (Dobra kmetijska praksa pri gnojenju, 2000). Skupna površina leta 2002 popisanih gnojišč znaša 5.585 m² ali 36,9 m² na kmetijo. Po podatkih popisa iz leta 2000 je skupna površina 6.194 m², torej je bila večja za 9,8 %.

Po zbranih popisnih podatkih ima na celotnem vodovarstvenem območju primerno kapaciteto več kot tri četrtine oziroma 116 gnojišč. Zlasti ugodno stanje je v III. vodovarstvenem pasu, v katerem je delež kar 87 %. Premajhnih je 13 objektov, pri čemer je stanje najmanj ugodno v okolici Hrastja, kjer je ustrezno velikih gnojišč le 60 %. Med gnojnimi jamami jih ima primerno kapaciteto manj kot polovica oziroma 73 od 156 (46,8 %). Najmanj ugodno je stanje v Klečah in Šentvidu v II. vodovarstvenem pasu, kjer ima primerno kapaciteto le petina gnojnih jam. Gnojni objekti so le izjemoma pokriti, tako da so že tako premajhne kapacitete ob letni namočenosti okrog 1400 l/m² še manj ustrezne (Kladnik, Rejec Brancelj, Smrekar 2003a). 10 kmetovalcev priznava, da zavestno kršijo prepoved vnosa živinskih gnojil na kmetijska zemljišča in pozimi odvažajo nezoren gnoj na kmetijska zemljišča. Tam v kupih shranjujejo povprečno 38,9 m³ hlevskega gnoja.

Zanimivo je mnenje kmetovalcev popisanih kmetij o morebitnem vplivu njihovih gnojnih objektov na okolje. Da se pojavlja kakršenkoli vpliv, meni le 21 oziroma 13,5 % informatorjev. Večini (15) se zdi najbolj problematičen smrad, po mnenju treh objekti onesnažujejo površinsko vodo, le eden pa meni, da odplake iz njegovega gnojnega objekta onesnažujejo podtalnico.

Ob očitno slabšem stanju gnojnih objektov na vodovarstvenem območju, kot ga je bilo mogoče ugotoviti z analizo mnenj popisanih kmetovalcev, se zastavlja vprašanje, na koliko kmetijah in pod kakšnimi pogoji so hleve s pripadajočimi gnojnimi objekti pripravljeni obnavljati (grafikon 13). Rezultati poizvedovanja niso ravno spodbudni. Na posodobitve je pripravljena manj kot četrtina kmetovalcev, polovica med njimi izključno ob nepovratnih sredstvih, druga polovica pa tudi z lastno udeležbo.

Na drugi strani na nekaterih kmetijah samoiniciativno razmišljajo o gradnji novih gnojišč in/oziroma gnojnih jam. Takšnih obratov je 20, to pa pomeni, da načrtuje gradnjo skoraj polovica kmetij, ki imajo po lastnih zagotovilih objekte urejene skladno s predpisi. Očitno se nekateri kmetovalci zelo dobro zavedajo, čeprav tega praviloma ne priznavajo, da bodo vse strožji predpisi za varovanje podtalnice kot vira pitne vode, ki izhajajo iz Okvirne direktive o vodah (2000) kot temeljnega dokumenta politike Evropske zveze o vodah, vse bolj vplivali na nadaljnji razvoj kmetijstva tudi na varovanem območju Ljubljanskega polja.

10.5.4 RASTLINJAKI

Rastlinjaki se uporabljajo za gojenje sadik, podaljševanje sezone gojenja, boljše zaposlitev razpoložljive delovne sile v daljšem časovnem razdobju, povečanje pridelka in manj tvegano pridelovanje. Na splošno se pri naprednih vrtnarsko usmerjenih kmetovalcih v Ljubljani gojenje vrtnin na prostem dopolnjuje z gojenjem nekaterih vrtnin v zavarovanih prostorih, ki je lahko zunajsezonsko ali celoletno.

S pridelavo v rastlinjaki se mogoče zmanjšati uporabo sredstev za varovanje rastlin, gnojiti in namakati pa le toliko, kolikor potrebujejo rastline. Ob tehnologiji integrirane in biološke pridelave ter nadzoru nad uporabo gnojil, sredstev za zaščito rastlin in količine vode za namakanje se preprečuje spiranje nevarnih snovi in s tem ogrožanje podtalnice (Maslo 2002).

Posebno pri monokulturah, kjer je kolobar zanemaren, lahko pride do pretirane založenosti s posameznimi hranili. Pri intenzivni pridelavi vrtnin je v primerjavi s poljedelskim kolobarjem njihov odvzem iz prsti dvakrat do trikrat večji, zato je nekajkrat večja tudi poraba gnojil in zaščitnih sredstev na površinsko enoto zemljišča. V zelenjadarstvu namreč za trg pobirajo mlade, s hranili bogatejšje rastline, pri čemer je pridelava skozi celotno rastno dobo skorajda nepretrgana. Za gojenje v rastlinjaki je zelo priporočljiva



ALEŠ SMREKAR

Slika 103: Rastlinjaki so območja največje intenzivnosti kmetovanja in so ob neustreznem gospodarjenju pomembni točkovni obremenjevalci.

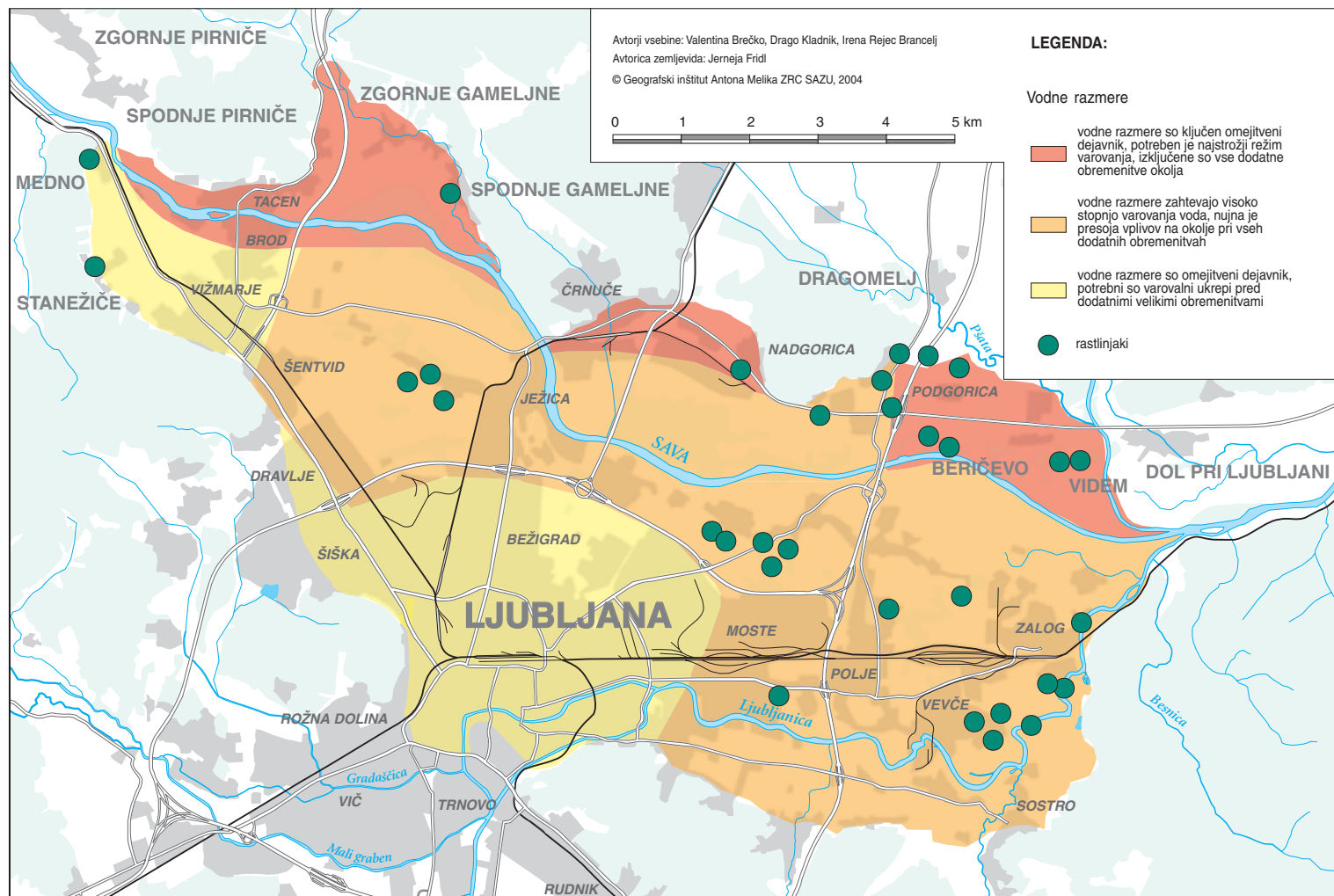
sodobna metoda hidroponike, ki je zaradi bolj zdravih rastlin in manjše izpostavljenosti škodljivcem na skoraj sterilnem substratu z natančnimi odmerki hranil okoljsko bistveno manj problematična od klasičnega pridelovanja kultur v prsti; pri nas je njen razvoj še povsem v eksperimentalni fazi.

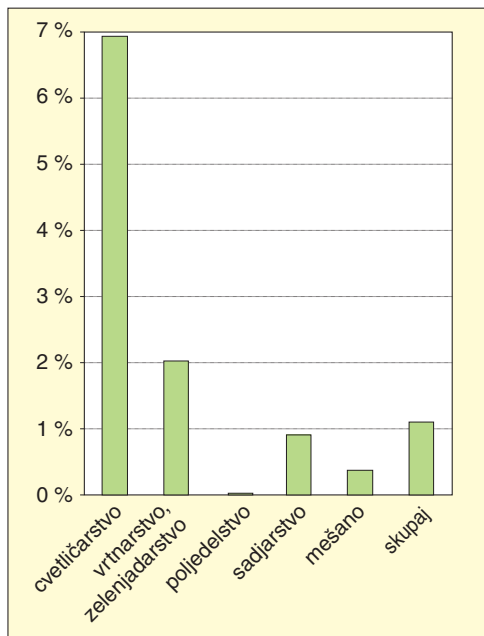
Rastlinjaki na Ljubljanskem polju so sorazmerno nov pojav. Velike plastične in steklene gmote so se razmeroma vpadljivo zarisale v silhuete tistih primestnih delov, ki so bili nekoč samostojne vasi in jih je Ljubljana sčasoma »vsrkala vase« (Kladnik 2000). Največ rastlinjakov na Ljubljanskem polju je na najbolj rodovitnih zemljiščih, ki so še vedno intenzivno zelenjadarsko izrabljena. Za območja njihove osredotočenosti veljajo Savlje, Šmartno ob Savi, Hrastje, Sneberje ter Zgornji in Spodnji Kašelj.

V preučeni populaciji kmetovalcev z rastlinjaki (Kladnik, Rejec Brancelj; 2000) je bilo podrobno preučenih 159 rastlinjakov, med njimi 126 plastenjakov, 24 visokih tunelov in 9 steklenjakov. Skupaj prekrivajo 41.933 m² ali dobre 4 hektarje obdelovalnih zemljišč. Od celotne površine zavarovanih prostorov so plastenjaki zavzemali 80,5 %, plastični tuneli 12,6 % in steklenjaki le 6,9 %. Čeprav je najstarejši ljubljanski rastlinjak star že nekaj več kot 100 let, je umestna trditev, da so se rastlinjaki razmahnili v zadnjih nekaj letih. Po letu 1994 je bilo namreč postavljeno kar 71,0 % od celotne površine vseh zavarovanih prostorov, registrirane do konca marca leta 2000.

Na povprečnem preučenem pridelovalnem obratu rastlinjaki prekrivajo 852 m² obdelovalnih zemljišč. Izračun glede na usmerjenost pridelave pove, da imajo povprečno največ zavarovanih prostorov (1360 m²) na sadjarskih kmetijah (jagode!), ki jim s 1254 m² sledijo cvetličarski in z 990 m² kombinirani vrtnarsko-cvetličarski obrati. Povprečna površina na kmetijah z mešano usmeritvijo je mnogo manjša, le 537 m². Na celotni preučeni populaciji rastlinjaki v povprečju prekrivajo 0,94 % razpoložljivih obdelovalnih zemljišč. Daleč v ospredju je cvetličarski tip (6,93 %), velik delež (2,02 %) je tudi pri vrtnarsko-zelenjadarskem tipu, pri tipu mešane usmerjenosti pa je mnogo manjši (0,37 %).

Slika 104: Območja rastlinjakov in vodne razmere (Kladnik, Rejec Brancelj 2000).





Slika 105: Delež rastlinjakov od površine obdelovalnih zemljišč glede na usmerjenost pridelave (Kladnik, Rejec Brancelj 2000).

Po navedbah kmetovalcev sta glavni spodbudi pridelovanja v rastlinjakih doseganje višje cene v nesezoni in zagotovljena prodaja zaradi bližine Ljubljane. Pomembno vlogo imata še veliko povpraševanje po pridelkih in velika intenzivnost pridelave na sicer majhni kmetiji. Več kot četrtina anketiranih kmetovalcev namerava povečati obseg tovrstne pridelave, tretjina pa jih že ima v načrtu postavitev novih rastlinjakov.

Za večino pridelovalcev v rastlinjakih pomeni trženje pridelkov pomemben vir preživetja. Več kot polovica kmetij oziroma obratov prodaja nad 90 % vseh pridelkov za končno uporabo, skoraj četrtina pa med 80 % in 90 %. Tržna vloga rastlinjakov je najbolj očitno izražena pri cvetličarjih. Na kmetijah z mešano usmeritvijo so rastlinjaki namenjeni predvsem vzgoji lastnih sadik za zelenjadarski del pridelave, ki je pozneje prestavljen na prosto. Ta ugotovitev deloma velja tudi za vrtnarje in zelenjadarje, pri katerih pa je tržna vloga rastlinjakov pomembnejša, saj je pri njih živinoreja potisnjena v ozadje.

Med različnimi pridelki so tržno najbolj zanimivi različna zelenjava (prodaja jo 62 % od vseh anketiranih gospodinjstev), solata (48 %), krompir (46 %), razno cvetje (34 %), sadike in potaknjenci (28 %), mleko in mlečni izdelki (24 %) ter meso (tudi 24 %). Gledano z vidika zastopanosti v vrednosti celotne prodaje sta najpomembnejša tržna artikla cvetje (24,5 %) in različna zelenjava (22,5 %), ki jima sledijo solata (13,0 %), sadike (11,4 %), krompir (9,0 %), mleko in mlečni izdelki (7,7 %), jagode (4,6 %), meso (2,6 %), jajca (1,6 %), drugo sadje (1,3 %) in pšenica (1,0 %).

Glavna oblika prodaje je neposredna prodaja na tržnici (nanjo odpade 40,9 % od vrednosti vseh prodanih pridelkov, še 6,7 % od vrednosti prodanega blaga se na njej prodaja po posrednikih). Skoraj četrtino (23,5 %) od vrednosti prodanih pridelkov prodajo trgovci in grosisti. Pomembni obliki prodaje sta še prodaja na domu (13,5 %) in v zadrugi (12,4 %; v glavnem gre za prodajo mleka in mesa). 2,5 % zavzemajo druge oblike prodaje (od vrat do vrat, prek trgovskih posrednikov, prodaja v domači trgovini, poraba v domači gostilni), le 0,5 % pa neposredna prodaja v živilske obrate, zlasti pa v vrte in šole.

Za zagotovitev zgodnejšega in obilnejšega pridelka lastniki precej rastlinjakov ogrevajo. Med podrobno preučeniimi je takšnih 98, ki zavzemajo 63,8 % od celotne površine rastlinjakov. Opazno je, da so z ogrevalnimi napravami opremljeni predvsem steklenjaki, a tudi vse več novejših plastenjakov. Namakajo 85 %

vseh rastlinjakov. Obdobje namakanja se pri posameznih kmetovalcih razlikuje. Desetino rastlinjakov namakajo vse leto in skoraj polovico več kot polovico leta. Drugod po Sloveniji so glavni vodni viri za namakanje vodotoki, na obravnavanih kmetijah pa sta glavna vodna vira vodovod in kapnica, s katerima se napaja po četrtna rastlinjakov. Po pomenu jima sledi talna voda, iz katere se oskrbuje šestina vseh rastlinjakov. Kmetovalci namakanje uporabljajo tudi za dognojevanje. Čezmerno namakanje povečuje spiranje hranil, povzroča premočne ohladiitve, glivičnih bolezni in lahko poslabša strukturo prsti.

V nasprotju s prevladujočim ploskovnim obremenjevanjem kmetijstva gre pri rastlinjakih za točkovne obremenitve. V preučeni rastlinjaki se večinoma gnoji kombinirano, z organskimi in mineralnimi gnojili. Povprečno se na hektaru površine porabi 131 m³ hlevskega gnoja na leto; desetino se gnoji z od 300 m³/ha do 400 m³/ha gnoja na leto, dvajsetino celo z več kot 400 m³/ha. Povprečna poraba mineralnih gnojil je bila 1842 kg/ha zemljišč v rastlinjakih. V petini so porabili med 1600 in 3200 kg na ha, v petini pa več kot 3200 kg/ha. Na kmetijah z rastlinjaki se je zunaj rastne dobe izpralo 43 % dušika, med njo pa 57 % (Rejec Brancelj 2000a).

Preglednica 18: Primerjava nekaterih parametrov intenzivnosti kmetovanja v rastlinjakih, na ravninah Slovenije in Sloveniji kot celoti (Rejec Brancelj 2000a; Rejec Brancelj 2001).

	rastlinjaki	ravnine	Slovenija
energetska intenzivnost	55,0 GJ/ha	35,6 GJ/ha	30,5 GJ/ha
poraba organskih gnojil	54 m ³ /ha	23 m ³ /ha	15 m ³ /ha
poraba mineralnih gnojil	1842 kg/ha	439 kg/ha	311 kg/ha

V gnojilni praksi je zelo pomembno usmerjanje gnojenja na podlagi meritev vsebnosti mineralnega dušika v tleh. Analize prsti so pomembne tudi z vidika primerne izbora kultur in uporabe primernih pridelovalnih tehnik. Izvajanje analiziranja prsti na anketiranih kmetijah ni zadovoljivo. Skoraj polovica kmetijskih gospodarstev z rastlinjaki ni vzorcev prsti doslej nikoli dala v analizo. Tretjina se za analizo odloča občasno in le desetina redno. Stanje se izboljšuje z naraščanjem posesti. Očitno se številni kmetovalci, sledeč izkustveni metodi, bojijo zmanjšanja pridelkov, če ne bodo obilno gnojili; zato se odločajo po načelu »vsakega po malo ne more škoditi«.

Tako ni presenetljivo, da so bile leta 2002 pri meritvah v dveh rastlinjakih (tega leta so bili rastlinjaki prvič vključeni v monitoring) odkrite izredno visoke vrednosti ostankov nitratnega dušika v prsti (338 in celo 2450 kg NO₃-N/ha). Omenjeno dejstvo nakazuje možnost, da je uporaba gnojil v rastlinjakih lahko zelo problematična, za vodne vire bistveno bolj nevarna kot uporaba gnojil na kmetijskih zemljiščih (Sušin s sodelavci 2003).

Kljub temu je strah pred pretirano uporabo zaščitnih sredstev in mineralnih gnojil le deloma utemeljen, saj je v rastlinjakih velik del pridelave organiziran na delovnih mizah ali, kot na primer vzgoja sadik, v platonih. Tam, kjer se prideluje na delovnih mizah, so tla navadno prekrita z zastirko, ki preprečuje rast plevelov in ustvarja primerno delovno okolje. Tudi pri gojenju na tleh za preprečevanje rasti plevelov mnogi uporabljajo zastirke, nekateri manjši pridelovalci pa si pomagajo kar s pokrivanjem s cunjami, spet drugi, prav tako manjši, ki odklanjajo uporabo škropiv, odstranjujejo plevel s pletvijo.

Povprečna poraba sredstev za varstvo rastlin je bila 3,23 kg/ha. Večji problemi so zunaj rastlinjakov, kamor se presajajo sadike in vzgajajo odrasle rastline za prodajo. Tudi zaradi te dvojnosti vseskozi poudarjamo potrebo po ustreznem izobraževanju pridelovalcev. Le na treh od petdesetih anketiranih obratov z rastlinjaki so zatrdili, da sredstev za varstvo rastlin ne uporabljajo. Pri odločanju za škropljenje večina sledi navodilom proizvajalca sredstva in lastnim izkušnjam. Po nasvetih pospeševalca, prodajalca in po strokovnih predavanjih se jih ravna petina. 38 kmetovalcev je odgovorilo, da nima ostankov škropiv, četudi nekateri še dodatno poškropijo pridelke, da jim škropivo ne ostaja. Dobra desetina vprašanih odvečna škropiva vrne prodajalcem.

Mnenja o negativnih vplivih agrokemičnih sredstev na okolje razkrivajo, da anketiranci izpostavljajo zlasti škodljiv vpliv na kakovost kmetijskih pridelkov, le malo redkeje se pojavlja trditev o škodljivosti za kakovost podtalnice. Vse druge navedbe, negativen vpliv na živalski svet, kakovost prsti, kakovost hrane in kakovost tekočih voda, so bistveno redkejše.

Energetska intenzivnost kmetij pomaga pri iskanju skupnega imenovalca za kmetijsko obremenjevanje okolja. Prag, ko se začneja kmetijsko obremenjevanje, ki sega prek meja posamezne kmetije, je bil na podlagi izkušenj zahodnoevropskih kmetij postavljen na 15 GJ/ha (Rejec Brancelj 2000b). Kmetije s pridelavo v rastlinjakih se v slovenskem merilu s povprečnim energetskim vnosom 55 GJ/ha uvrščajo med najbolj intenzivne, k čemur prav gotovo prispeva dodatno ogrevanje rastlinjakov.

10.5.5 VRTIČKI

Kot posebna, zelo številna kategorija uporabnikov kmetijskega prostora so se s svojevrstnimi obdelovalnimi in drugimi navadami uveljavili vrtničkarji. Vrtničkarstvo je ljubiteljsko vrtnarstvo, v razvitem delu sveta razširjeno zlasti na obrobjih večjih mest, na za to posebej odrejenih in urejenih območjih. Tako naj bi bilo tudi pri nas, praksa v Ljubljani pa kaže, da gre za enega od najbolj stihijskih porabnikov dragocenega mestnega prostora. Vrtničkarstvo ima po svojem značaju le deloma kmetijski značaj. Zaradi neprivlačnega videza ne spada med vzdrževalce kulturne pokrajine, zaznavna je tudi njegova vloga pri slabšanju kakovosti okolja. Res pa je, da vsaj deloma aktivira neproduktivna območja vzdolž prometnic, daljnovodov in onesnaženih vodotokov, ki bi bila sicer namenjena ekstenzivnejši, manj »produktivni« rabi.

Vrtničkarstvo v Ljubljani uveljavlja načelo potrebe nad vsemi drugimi načeli urejanja in načrtovanja mestnega prostora in življenja. Glavni problemi (Simoneti s sodelavci 1997), ki jih dejavnost poraja, so: velika prostorska razširjenost; nepredvidljiva dinamika prostorske širitve; nenačrtovana, nenadzirana in pogosto povsem neformalna prostorska raba; zasedanje zemljišč, ki so okoljevarstveno problematična (ožji vodovarstveni pasovi, tudi neposredna bližina prvega, pasovi ob cestah, železnicah, vodotokih,



ALEŠ SMREKAR

Slika 106: Vloga vrtničkarstva je v pridelavi hrane sicer majhna, vendar predstavlja nenačrtovan in nenadzorovan vir obremenjevanja.

onesnažena zemljišča, bližina visokonapetostnih daljnovodov); izrivanje drugih prostorskih rab z mestnega območja; neurejen videz; postavljanje raznovrstnih objektov na vrtičkih in njihovo koriščenje za začasno bivanje; komunalna neurejenost (ni odvoza smeri, sanitarij ter vode za pitje in marsikje tudi za zalivanje); kopičenje odpadnega materiala; nekontroliran dostop avtomobilov ter nenazadnje zaradi nestrokovne pridelave negativni vplivi na podtalnico.

Vrtičkarstvo se umešča na zelo različne lokacije. Zunaj strogega mestnega središča se pojavlja ob ograjah poslovnih območij, na nasipih železniških prog, obrežjih vodotokov, ostankih neizkoriščenih gradbenih parcel, med njivami in travniki, na robu gozda in pred stanovanjskimi bloki.

Število majhnih, izsiljenih lokacij iz leta v leto narašča. Značilno zanje je, da so odsev velike potrebe uporabnikov po obdelavi vrta, pri čemer ni nikakršnega nadzora lastnika ali upravitelja prostora nad njegovo rabo oziroma videzom. Gre za območja, ki so ostala neizkoriščena po gradnji, ki so dolgoročno predvidena za gradnjo in posamezna kmetijska območja, na katerih je upadel interes za kmetijstvo, v posameznih primerih pa tudi za rekreacijska območja, ki čakajo na konkretnije ureditvene posege za javno rekreacijsko ponudbo. Le posamezna območja, ki so bila načrtno namenjena vrtičkarstvu, so primerno urejena in kot takšna že dolgo v vrtičkarski rabi. Taki sta na primer lokaciji ob Litostroju in Centralnem stadionu, ki sta se razvili sočasno s postavitvijo tamkajšnje stanovanjske soseske, novejši primer pa je opuščen vojaški odpad pri Savljah.

V doslej edini resni raziskavi (Simoneti s sodelavci 1997) je bilo zelo grobo ocenjeno, da je z vrtičkarstvom povezano vsaj 12.000 Ljubljčanov. Realnejša se zdi številka 13.500; med katerimi so mnogi ekonomsko odvisni od svojih pridelkov. Vrtičkarji so predvsem prebivalci blokov, kajti prebivalci individualnih hiš imajo vrtove okrog stavb. Večina vrtičkarjev ni organizirana oziroma povezana. Odločitev posameznika za lastno pridelovanje zelenjave je lahko ekonomska nuja, želja po bolj zdravi in bolj okusni zelenjavi, kot jo je mogoče kupiti na tržnici, ali pa je le posledica želje po dejavnem preživljanju prostega časa. Še največkrat gre za prepletanje različnih razlogov.

Leta 2000 so vrtički na vodovarstvenem območju zavzemali 135 ha zemljišč ali 1,9 % od celotne površine območja. Pojavljajo se na od 10 m² do več hektarjev velikih območjih. Znotraj avtocestnega obroča je bilo ugotovljenih 242 različnih lokacij s skupno površino 86,32 ha, kar je 1,6 % od celotne površine območja. Manjša območja vrtičkov je težko razlikovati od zasebne vrtnarske rabe na njivah v bližini kmečkih domov.

Na manjših območjih je vrtičkarstvo največkrat stihijno, na večjih pa je vsaj nekoliko odsev organizirane dejavnosti. Optimalno velikost vrtičkarstvu namenjenega območja je težko opredeliti, vsekakor pa velja, da so v splošnem interesu zaokrožena vrtičkarska območja, ker jih je lažje podrediti sprejetim načelom urejanja in nadzora. Po mnenju večine je optimalna velikost družinskega vrtička, ki ga v prostem času ob koncu tedna in v popoldnevih obvlada povprečno dejavna družina, 50 m² (Simoneti s sodelavci 1997).

Najbolj prostrana območja vrtičkov so na območjih med Šentvidom in Stegnami, vzhodno od Stegen, južno od Kleč, ob črpališču južno od Savelj, Litostroja, industrijske cone Šiška, vzhodno od Vojkove ceste, okrog Žal, na levem bregu Save med črnuškim mostom in Štajersko cesto ter med Letališko cesto in železnico v Mostah.

Vrtičkarji imajo zemljišča v najemu od Sklada kmetijskih in gozdnih zemljišč Republike Slovenije, zasebnikov, Sklada stavbnih zemljišč mesta Ljubljana in posameznih podjetij. V sodobnih razmerah se kot pomemben problem pojavljajo denacionalizacijski upravičenci, ki vplivajo na negotovost dejavnosti oziroma na nejasnost pogojev delovanja. Cena najema pri Skladu kmetijskih in gozdnih zemljišč je v povprečju dvakrat višja kot pri najemu vrtičkov na zemljiščih zasebnikov (Simoneti s sodelavci 1997). Zapleteno, nejasno in neurejeno lastniško problematiko slikovito potrjuje tudi navedba iz Mladinega članka (Hahonina 2004): »... Že štirideset let sem tu. Moj oče je bil tu. Polovica zemljišča tukaj naokoli je državne, nekaj je zasebne, za nekaj zemlje pa nihče ne ve, čigava je...«

Čeprav je vloga vrtičkarstva v pridelavi hrane majhna, je z zornega kota varovanja okolja lahko opredeljeno kot kmetijstvo v malem, saj vrtičkarji prav tako uporabljajo gnojila in fitofarmacevtska sredstva. Opazovanja kažejo, da so kmetovalci pri uporabi sredstev za varstvo rastlin praviloma zmernejši kot vrtičkarji; mnogi med slednjimi se s kemičnimi pripravki lotevajo tako rekoč vsake rastline posebej, pri čemer jih vodi želja po obilnem in privlačnem pridelku, medtem ko je gospodarnost pridelave potisnje-



Slika 107: Vrtniki pri vodarni Kleče (Mestna občina Ljubljana 1999).

na v ozadje. Takšnim pridelovalcem je okoljska problematika tuja. Med vrtničkarji pa so tudi takšni, ki se v želji po ekološko neoporečnem pridelku odpovedo vsakršni rabi mineralnih gnojil in fitofarmaceutskih sredstev. Nedvomno velja, da je večina vrtničkarjev o pridelavi vrtnin le laično poučena. O vsem tem pričata tudi naslednja citata (Hahonina, 2004): »... Če dobro pognojiš, zraste vse ...« in »... Zdaj pravijo, da vrtničkarji onesnažujemo podtalnico. Ma, kje pa. Vsi se borimo, da bi bilo čim bolj čisto, saj gojimo zase ...«

Ker je nadzor nad uporabo gnojil in zaščitnih sredstev na vrtničkih pravzaprav nemogoč in ker so tako gnojila kot sredstva za varstvo rastlin na teh zemljiščih pogosto uporabljena nestrokovno in v previsokih odmerkih, je povsem na mestu prizadevanje, da na ožjem vodovarstvenem območju vrtničkov ne bi bilo. Za zdaj pa jih marsikje najdemo celo neposredno ob meji najstrožje varovanega I. vodovarstvenega pasu.

In kako doseči prepotrebne izboljšave v vrtničkarstvu? Morda bi mesto za začetek meščanom ponudilo kakšno vzorčno vzorno urejeno lokacijo za vrtnarjenje in tako pokazalo, kaj želi. Če bi to izvedlo na katerem od degradiranih zemljišč in bi hkrati dodalo še kakšnega od drugih prostočasnih programov za otroke in mladino, bi lahko imel tovrsten pristop še večjo sporočilno moč (Simonet s sodelavci 1997).

10.5.6 ZASEBNI VRTOVI

Z vidika varovanja podtalnice je zanimivo tudi obdelovanje vrtov okrog individualnih hiš, tako prosto stoječih kot vrstnih. Ker se zasebni vrtovi pojavljajo povsod po mestu na območjih individualnih hiš, četudi so za ograjami manj vpadljivi in bolj prikriti od vrtničkov, zavzemajo kot celota sorazmerno velik obseg, ki ga je zaradi raznovrstnosti stanovanjskih sosesk z različnim gmotnim položajem in različnimi življenjskimi navadami stanovalcev brez temeljitejših preučitev težko natančneje opredeliti.

Tovrstna problematika je še docela neraziskana, v svojih razmišljanjih je tudi nihče ne omenja kot dejavnik izrabe prostora ali obremenjevanja okolja. Vendar opazovanja kažejo, da je zaradi precejšnje intenzivnosti pridelave, ki je po svojih vzgibih in navadah precej podobna vrtničarskim, vredna večje pozornosti. Opazovanja kažejo, da vrtovi na stavbnih parcelah običajno zavzemajo površine od 10 do 100 m². Na zasebnih vrtovih je mogoče najti tudi raznovrstne kmetijske objekte, na primer do nekaj 10 m² velike plastenjake, steklenjake in tople grede pa hleve za rejo domačih živali.

Verjetno je tudi med obdelovalci zasebnih vrtov mogoče razlikovati med dvema skrajnima skupinama, tisto, ki zaradi neznanja z uporabo gnojil in sredstev za varstvo rastlin močno pretirava, in ono, ki zaradi okoljske ozaveščenosti prisega na metode biološke pridelave. Vmes je še množica tistih, ki se nagibajo k eni ali drugi skrajnosti oziroma so v mejah povprečja. Kljub temu so zaradi velike intenzivnosti pridelave še vedno omembe vreden porabnik vode za zalivanje, onesnaževalec podtalnice oziroma tekočih voda in zaradi neustreznega ravnanja z odpadki tudi zastrupljemalec komunalnih deponij in divjih odlagališč odpadkov.

Novejše individualne hiše premožnejših slojev običajno obkrožajo zelenice. Ker lastniki privlačno travno rušo pogosto vzdržujejo s herbicidi, tudi njihova vloga ni neoporečna.

10.6 SKLEPI

V celoti lahko povemo, da so bili na Ljubljanskem polju storjeni nekateri koraki za zmanjševanje kmetijskega obremenjevanja okolja, ki precej izvira iz neugodne sestave kmetij in premajhne ozaveščenosti o negativnih dejavnikih, o čemer poročajo številne študije, opravljene v zadnjem desetletju.

Njihova rdeča nit je spoznanje, da mora kmetijstvo obdržati svojo večfunkcionalno vlogo, pri čemer pa ne sme bistveno obremenjevati okolja. Splošno intenziviranje pridelave je vsaj na vodovarstvenih območjih okoljsko problematično in s stališča varovanja podtalnice ne more biti dolgoročen cilj strategije razvoja kmetovanja. Kot perspektivne se navajajo naslednje pridelovalne usmeritve s potrebnimi spremljajočimi ukrepi (Usmerjanje kmetijstva ... 2002):

- uvajanje sonaravnega kmetovanja, ki s svojimi pridelovalnimi postopki kar najmanj obremenjuje okolje (integrirana pridelava, različne oblike organiziranega ekološkega kmetovanja, neformalne oblike ekstenzivnega kmetovanja);
- povečevanje dohodka družinskih kmetij, pri čemer naj bo to v prvi vrsti posledica večanja zemljišč, ki jih kmetija obdeluje, ne pa intenziviranja pridelovanja. Dohodek na kmetijah se lahko poveča tudi z uveljavljanjem neposrednih plačil in nadomestil;
- vključevanje kmetovalcev v pridelovalne sisteme, ki jih podpira Slovenski kmetijski okoljski program;
- razvijanje dopolnilnih dejavnosti na kmetijah (reja konj v rekreacijske namene, prodaja kmetijskih pridelkov in izdelkov na domu, pridelovanje zdravilnih zelišč in začimb);
- v vrtnarstvu je smiselno nadomeščanje vrtnarske pridelave na prostem z integrirano pridelavo v obsegu, ki ne pomeni bistvenega povečanja obsega vrtnarske pridelave. S primerno pridelavo v rastlinjakih, ki so zaprti sistemi, se lahko možnost onesnaženja podtalnice močno zmanjša;
- organiziranje pridelovalcev za uspešnejši nastop na trgu, gospodarnjšo izrabo skladišč, hladilnic in pridelovalnih možnosti, cenejše in bolj kakovostno dodatno izobraževanje in boljšo izrabo kmetijskih strojev.

Program varstva okolja predvideva torej uveljavljanje pridelave po načelu trajnosti. Tako naj bi obvladovali intenzivno pridelavo, porabo gnojil in kemičnih pripravkov, predvsem pa naj bi več vlagali tudi v izobraževanje kmetovalcev in uporabnikov hrane. Dozdajšnje izkušnje nakazujejo, da naj bi zlasti vlaganja v izboljševanje znanja kmetovalcev močno pripomogla, da bo kmetijstvo tudi okoljsko gospodarno, torej za okolje čim manj obremenjujoče.

Kmetovalci menijo, da lahko vključitev Slovenije v Evropsko zvezo povzroči korenite pretese v njihovem kmetovanju in slovenskem kmetijstvu nasploh. Prevladujejo pesimistične ocene. Zanimivo je, da se z naraščanjem velikosti posesti pesimizem stopnjuje, za manjše, netržne obrate pa je videti, da jih tovrstna tematika ne zanima poglobljeno, zato (vsaj zase) večjih sprememb ne pričakujejo.

11 RODOVITNOST TAL

Uporaba ter ravnanje z gnojili in fitofarmaceutskimi sredstvi ima na varstvenih pasovih virov pitne vode pomembno vlogo pri zagotavljanju kakovosti vodnih virov. Njihova nestrokovna uporaba namreč lahko kaj hitro povzroči obremenjevanje vodnih virov, zato je treba biti pri načrtovanju njihove uporabe še posebej pazljiv. Zaradi zapisanega tudi v Sloveniji obstajajo Navodila za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju (Uradni list Republike Slovenije 34/2000) in Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list Republike Slovenije 68/1996, 35/2001, 29/2004). Predpisi so usklajeni s predpisi Evropske unije (Council Directive ... 1991). Pri izvajanju predpisov nemalokrat prihaja do težav, saj so nekatera določila zaradi različnih vzrokov v praksi težje izvedljiva pa tudi seznanjenost kmetov s predpisi povsod še ni na zavidljivem nivoju.

Zaradi omenjenega se kmetijska stroka s strokovnimi izobraževanji in številnimi raziskavami trudi izboljšati obstoječe stanje, kar velja tudi za vodovarstvene pasove na Ljubljanskem polju. Na omenjenem območju že vrsto let izvajamo različne raziskave rodovitnosti tal, ki se nanašajo predvsem na uporabo gnojil in fitofarmaceutskih sredstev. Svetovanje glede uporabe je prilagojeno načinu kmetijske pridelave na posameznem območju.

11.1 PREGLED STANJA KMETIJSKE PRIDELAVE ZNOTRAJ VARSTVENIH PASOV

Ožji vodovarstveni pasovi na Ljubljanskem polju, na katerih smo v preteklih letih delali raziskave rodovitnosti tal, obsegajo zaledja štirih vodaren: Vižmarske trate z bruto površino 91,5 ha, Kleče in Šentvid z bruto površino 924,4 ha, Hrastje z bruto površino 569,7 ha in Jarški prod z bruto površino 398,5 ha.

Po podatkih Osnovnega obrazca o kmetijskem gospodarstvu za uveljavitev subvencij je leta 2000 največji delež zemljišč na vodovarstvenih pasovih zavzemala njivska raba tal s 63,5 % vseh zemljišč, sledijo ji travniki in pašniki z 32,5 % (Čergan s sodelavci 2003).

Preglednica 19: Pregled in struktura rabe zemljišč.

raba zemljišča	površina (ha)	delež (%)
njiva	498,3	63,5
travnik, pašnik	255,1	32,5
neznano	12,4	1,6
zemljišče v zaraščanju	8,9	1,1
druga neobdelovalna kmetijska zemljišča	6,3	0,8
ekstenzivni sadovnjak	1,7	0,2
špargljišče	1,0	0,1
plantaža gozdnega drevja	0,7	0,1
intenzivni sadovnjak	0,2	0,0
skupaj	784,7	100,0

Če pogledamo strukturo pridelave po posameznih kulturah, ki je razvidna iz prijav subvencij za leto 2000, ugotovimo, da prevladujejo krompir (33,7 %), trave (22,9 %), pšenica (17,1 %), ječmen (8,3 %) in travno-deteljne mešanice (5,1 %). Delež drugih kultur ne presega 4 %. Omenjena struktura verjetno ne izraža dejanskega stanja na terenu, saj kmetje za subvencije niso prijavljali vseh kultur, še posebej velja omeniti krompir in zelenjavo z izjemo integrirane pridelave.

S stališča obremenjevanja vodnih virov je v vodovarstvenih pasovih zelo pomembna tudi obremenitev kmetijskih zemljišč z živinskimi gnojili. Na podlagi analize obrazcev za subvencije leta 2000 ugotavljamo, da je najbolj razvita panoga živinoreje na tem območju govedoreja. Po podatkih Govedo-

Preglednica 20: Površina ter struktura prijavljenih kultur leta 2000.

vrsta kulture	površina (ha)	delež (%)
koruza	292,75	33,7
trave	198,92	22,9
pšenica	149,01	17,1
ječmen	71,88	8,3
travno-deteljne mešanice	44,58	5,1
drugo	31,47	3,6
vrtnine na prostem	25,89	3,0
neznano	12,48	1,4
ajda	10,17	1,2
detelje	9,46	1,1
sladkorna pesa	8,75	1,0
tritikala	4,46	0,5
oves	2,17	0,2
sončnica	1,64	0,2
proso	1,16	0,1
krmni ohrovt	0,99	0,1
šparglji	0,99	0,1
rž	0,80	0,1
travniški sadovnjak	0,58	0,1
krmna pesa	0,42	0,0
fižol za zrnje	0,36	0,0
vrtnine v zavarovanem prostoru	0,26	0,0
skupaj	869,19	100,0



ALEŠ SMREKAR

Slika 108: Povprečna obremenitev zemljišč z dušikom v obliki živinskih gnojil je najmanjša v Hrastju in največja na Jarškemrodu, vendar pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi.

rejske službe Slovenije je povprečna mlečnost krav, ki so vključene v kontrolo proizvodnosti, 5.842 kg mleka na laktacijo, kar je za približno 15 % več kot povprečna mlečnost kontroliranih krav v Sloveniji. Povprečna obremenitev zemljišč z dušikom v obliki živinskih gnojil je najmanjša v Hrastju (69 kg N/ha njiv in travnikov na leto), največja pa na Jarškemrodu (91 kg N/ha). To ustreza 1,0 do 1,3 glave velike živine (GVŽ)/ha, kar je precej manj od slovenskega povprečja, ki znaša 1,6 GVŽ/ha. Vnos dušika v obliki živinskih gnojil je torej precej manjši, kot dovoljujejo mejne vrednosti letnega vnosa pri najpomembnejših kmetijskih kulturah, ki jih gojijo na živinorejskih kmetijah (travnje in koruza, 170 kg N/ha). Ker pa dopuščamo tudi možnost, da kmetije v obrazcih za subvencije niso prijavili vseh zemljišč, kamor sicer razvažajo živinska gnojila, je dejanska obremenitev zemljišč z dušikom verjetno še manjša. Če bi živinska gnojila enakomerno porazdelili po vseh kmetijskih zemljiščih na vodovarstvenih pasovih, bi bila obremenitev z dušikom še nižja, in sicer med 40 do 60 kg N/ha ali 0,60 do 0,85 GVŽ/ha.

11.2 MONITORING RASTLINSKIH HRANIL V TLEH

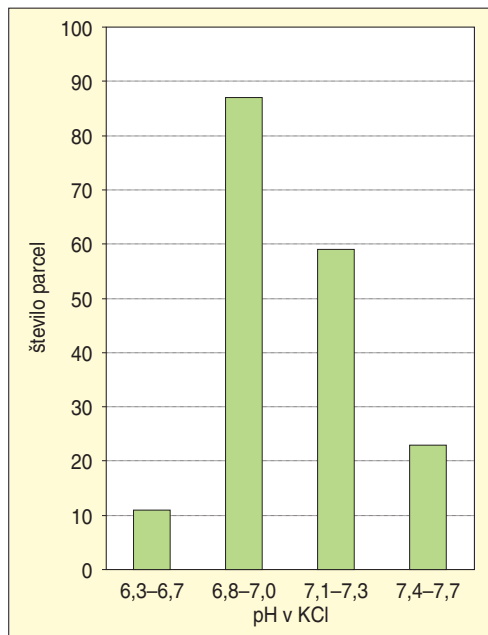
Sistematične raziskave rodovitnosti tal smo na vodovarstvenih pasovih začeli izvajati leta 2001 (Sušin s sodelavci 2002a). V obdobju do leta 2003 smo v monitoring vključili 180 zemljišč oziroma 60 zemljišč na leto leto (Sušin s sodelavci 2002b, 2003b). Monitoring nadaljujemo tudi leta 2004, ko bomo v nadzor nad rodovitnostjo tal vključili še zadnjih 60 zemljišč, kar pomeni, da bomo v monitoring skupno vključili 240 zemljišč. Od leta 2005 načrtujemo periodično, štiriletno vzorčenje tal na vseh 240 zemljiščih, kar nam bo omogočilo spremljanje dinamike obravnavanih parametrov rodovitnosti tal v daljši časovni skali.

Rodovitnost tal spremljamo s pomočjo reakcije tal (pH), vsebnosti rastlinam lahko dostopnega fosforja (P_2O_5), kalija (K_2O), magnezija (Mg) in nitratnega dušika (NO_3-N) ter s pomočjo vsebnosti organske snovi v tleh. Vzorčenje zemljišč je enakomerno porazdeljeno med območja Hrastje, Jarški prod, Kleče in Šentvid, pri tem pa poleg obsega kmetijske pridelave upoštevamo tudi vrste kmetijskih rastlin, ki pretežno

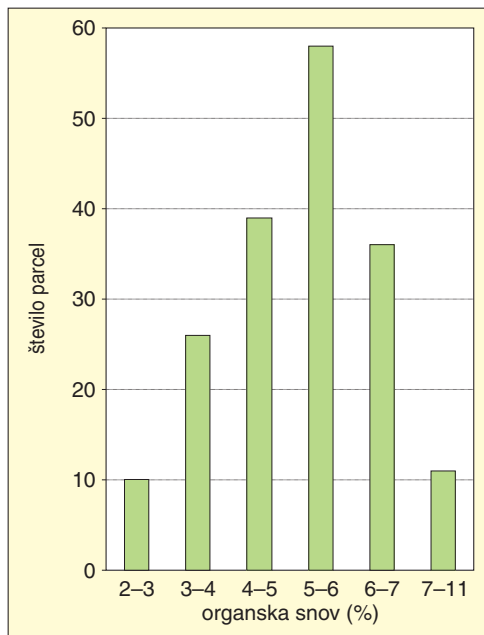


VERONIKA KMECL

Slika 109: Aparat za določanje vsebnosti rastlinam lahko dostopnih oblik dušika (nitrat, amonij in nitrit) v tleh.



Slika 110: Reakcija tal.



Slika 111: Organska snov v tleh.

uspevajo znotraj II. vodovarstvenega pasu. Vzorčenje tal opravimo jeseni po spravi pridelka v treh globinah, in sicer 0–20 cm, 20–40 cm ter 40–60 cm oziroma do globine, ki vzorčenje še omogoča.

Zaradi karbonatne matične podlage je reakcija tal pretežno v območju nevtralnih tal. Velika večina vzorčnih parcel (94 %) ima reakcijo tal v območju nad 6,8, meritve pa smo opravili v območju med 6,3 in 7,7. Med obravnavanimi območji ni izrazitih razlik.

Tla so na vodovarstvenih pasovih dobro založena z organsko snovjo, saj niti na enem zemljišču nismo ugotovili vsebnost organske snovi pod 2 %, ki je sicer najnižja, še priporočljiva raven organske snovi v tleh. Povprečna vsebnost organske snovi v tleh je 5,2 %, posamezne meritve pa smo opravili v območju med 2,2 % in 11,0 %. Najmanjšo povprečno vsebnost organske snovi ugotavljamo na območju Jarškega proda (4,1 %), sledita pa ji območji Hrastje (5,2 %) ter Kleče in Šentvid (5,4 %).

Raziskave oskrbljenosti obdelovalnega sloja tal (0–20 cm) z rastlinskimi hranili kažejo, da so tla v obdelovalnem sloju v povprečju izrazito pregojena z rastlinskimi hranili. Povprečna vsebnost fosforja v tleh namreč znaša 64,6 mg P_2O_5 /100 g tal, kalija 33,1 mg K_2O /100 g tal ter magnezija 28,6 mg Mg/100 g tal. Za lažje razumevanje rezultatov naj omenimo, da je optimalna raven fosforja v tleh 13–25 mg P_2O_5 /100 g tal, kalija 20–30 mg K_2O /100 g tal ter magnezija 10–20 mg Mg/100 g tal (Leskošek 1993, Leskošek, Mihelič 1998).

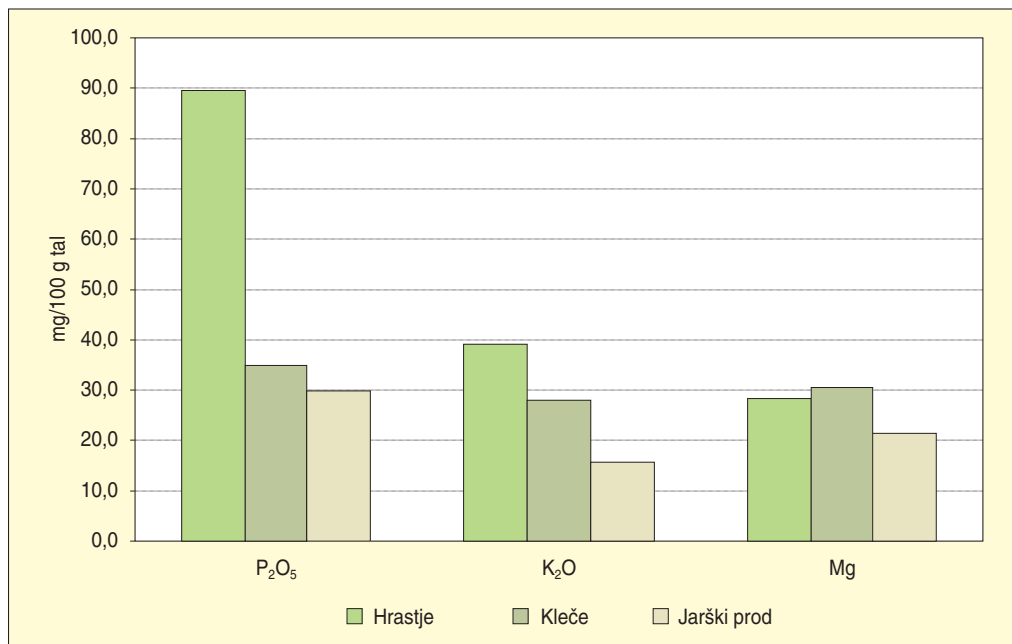
Razlike v oskrbljenosti tal z obravnavanimi rastlinskimi hranili (A-siromašna, B-srednja, C-optimalna, D-čezmerna, E-ekstremna) ugotavljamo tako med območji kot tudi med posameznimi skupinami kultur, ki jih pridelujejo znotraj ožjih vodovarstvenih pasov. Najvišje vsebnosti hranil so v okolici Hrastja, sledi Kleče in Jarški prod. Izrazit problem je predvsem vodovarstveni pas Hrastje, kjer je optimalna vsebnost fosforja v obdelovalnem sloju tal presežena za okoli štirikrat. Raven magnezija je na vseh treh območjih prav tako previsoka, a gre omenjeno stanje prej pripisati naravni rodovitnosti tal kot pa nestrokovni uporabi gnojil z magnezijem.

Še bolj so razlike vidne, če rezultate vsebnosti hranil v tleh primerjamo glede na skupine posameznih kultur, ki rasejo na posameznih zemljiščih. Na vrtninah tako opažamo izrazito preveč fosforja in kalija v tleh, saj smo kar 86 % parcel z vrtninami uvrstili med ekstremno oskrbljena tla s fosforjem, s kalijem

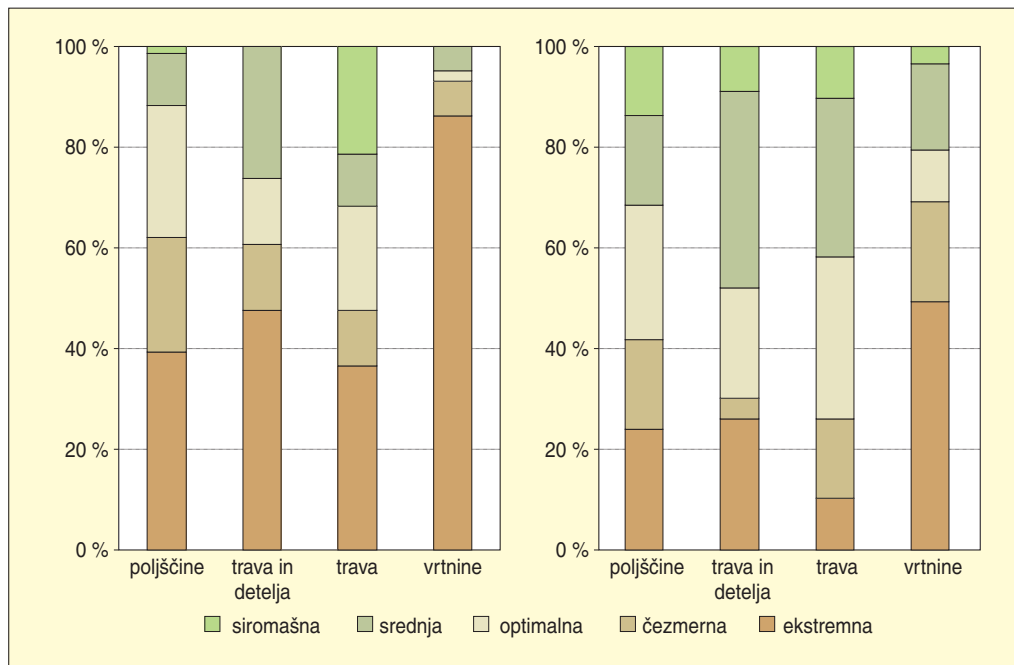


ALEŠ SMREKAR

Slika 112: Raven fosforja in kalija v tleh je previsoka na zemljiščih z vrtninami, medtem ko je na poljščinah in travno deteljnih mešanicah bolj enakomerna.



Slika 113: Oskrbjenost tal s fosforjem, kalijem in magnezijem po ožjih vodovarstvenih pasovih.



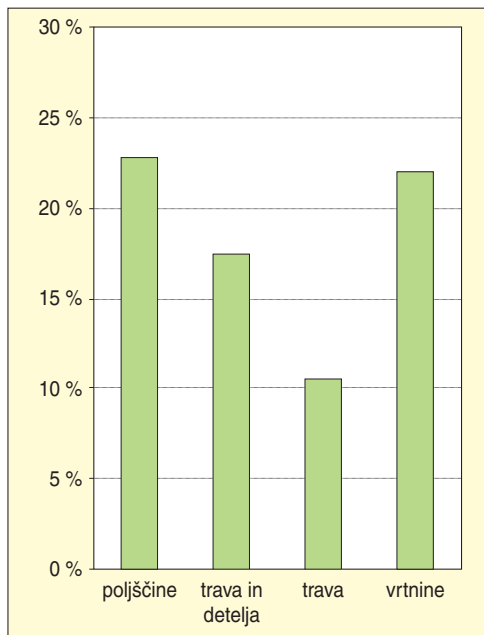
Slika 114: Oskrbljenosti tal s fosforjem (desno) in kalijem (levo) po posameznih skupinah kultur.

pa je bilo takšnih parcel 49 %. Optimalno oskrbljenih tal s fosforjem pa je bilo zgolj 2 %, s kalijem pa 10 %. Porazdelitev oskrbljenosti tal s fosforjem in kalijem je pri poljščinah in travno-deteljnih mešanicah veliko bolj enakomerna kot pri vrtninah. Kar se tiče magnezija, ni opaziti značilnih razlik v porazdelitvi oskrbljenosti glede na posamezne kulture.

Povečane vsebnosti nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v tleh smo jeseni po spravilu pridelka ugotovili na 37 zemljiščih. V okolici Hrastij smo ugotovili 16 takšnih zemljišč, v okolici Kleč je bilo takšnih primerov 20, na Jarškemrodu pa je bil samo en takšen primer.

Preglednica 21: Porazdelitev vzorčnih parcel glede na vsebnost nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v tleh (zemljišča s povečanimi vsebnostmi nitratnega dušika v tleh so označena osenčeno).

kultura	vodovarstveni pas globina	Hrastje kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$			Kleče kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$			Jarški prod kg $\text{NO}_3\text{-N/ha}$		
		0–40	40–60	> 60	0–40	40–60	> 60	0–40	40–60	> 60
poljščine	< 40 cm	22	2		11	5	5	8	1	
	> 40 cm	1		1	9	6	4	4		
travno-deteljna mešanica	< 40 cm	8	1		7	3				
	> 40 cm		1		2			1		
travnik	< 40 cm	9			6	2		1		
	> 40 cm	1								
vrtne	< 40 cm	37	2	4	4	1				
	> 40 cm	4		6	1					



Slika 115: Delež zemljišč s povečanimi ostanki nitratnega dušika v tleh po posameznih skupinah kultur (v %).

Zaradi različnega števila odzemnih mest znotraj posameznih vodovarstvenih pasov je primernejši kazalec obremenjenosti tal z ostanki nitratnega dušika relativni delež parcel s povečanimi vsebnostmi nitratnega dušika znotraj posameznega območja. Na območju Hrastij smo tako ugotovili 16 % parcel



Slika 116: Raziskave rodovitnosti tal kažejo, da gnojilne navade kmetov v veliki večini niso v skladu z navodili dobre kmetijske prakse pri gnojenju.

s povečanimi ostanki nitratnega dušika v tleh, na območju Kleč je ta delež znašal 30 %, na Jarškem produ pa 7 %.

Razlike glede ostankov nitratnega dušika v tleh so precej odvisne tudi od kulture, ki jo na posameznem zemljišču pridelujejo. Največ ostankov v tleh smo ugotovili pri poljščinah (22,8 %) in vrtninah (22,0 %), sledijo jim površine s travno-deteljno mešanico (17,4 %). Najmanj zemljišč s povečanimi ostanki nitratnega dušika v tleh smo ugotovili pri travnikih (10,5 %).

Pri spremljanju rodovitnosti tal smo opazili ne najbolj strokovno rabo mineralnih gnojil, posledica je preveč kalija, fosforja in magnezija v tleh. Še posebej to velja za fosfor na zemljiščih, kjer pridelujejo vrtnine. Stanje glede nitratnega dušika v tleh se počasi izboljšuje, kar gre pripisati tudi stalnemu delovanju Kmetijske svetovalne službe na terenu (Sušin s sodelavci 2003a). Zaradi objektivnosti predstavljenih rezultatov pa je treba tudi dodati, da podatki za obdobje 2001–2003 vključujejo šele tri četrtine vzorčnih parcel (180 od 240), ki jih nameravamo vključiti v monitoring. Zato dopuščamo možnost, da predstavljeni rezultati v celoti še ne zrcalijo dejanskega stanja; celovito sliko bomo pridobili šele po vključitvi dodatnih 60 parcel leta 2004. Kljub temu pa do sedaj pridobljeni rezultati že kažejo na nekatere težave pri uporabi in ravnanju z gnojili, ki jih bo treba čim prej odpraviti.

11.3 OCENA OBREMENITVE TAL IN PODTALNICE S FITOFARMACEVTSKIMI SREDSTVI

Tako v svetu kot tudi v Sloveniji smo priča čedalje bolj odklonilnemu stališču javnosti do uporabe fitofarmacevtskih sredstev. Zaradi zahteve javnosti po čim manj obremenjeni hrani s raznovrstnimi kemikalijami smo soočeni s številnimi omejitvami njihove uporabe. Ker je uporaba fitofarmacevtskih sredstev še vedno nujen ukrep pri ekonomsko upravičeni pridelavi gojenih rastlin v Sloveniji, je treba v zvezi z njihovo uporabo poskrbeti, da ti ne bi vplivali na slabšo kakovost pridelkov in okolja (onesnaževanje tal in pitne vode ter ne ciljnih organizmov). Ob tem pa je treba poudariti, da smo pri nas še vedno priča precej populističnemu pristopu glede ocen tveganja kot tudi uporabe ter prepovedi posameznih fitofarmacevtskih sredstev. Zato je spremljanje in nadzor uporabe fitofarmacevtskih sredstev izrednega pomena za strokovno oblikovanje priporočil ter zakonodaje o njihovi uporabi na celotnem območju Slovenije in še posebej na občutljivih območjih z njihovo omejeno rabo.

Slovenija je glede reliefa kot tudi vrste tal izredno heterogena. Velik del naših pridelovalnih zemljišč leži na občutljivih območjih, kjer uporaba vseh pri nas sicer uradno dovoljenih fitofarmacevtskih sredstev ni primerna. Na posameznih območjih, kot so na primer ožja vodozbirna območja, pa je njihova uporaba kot seveda tudi številnih drugih industrijskih kemijskih snovi sploh vprašljiva. V Sloveniji še vedno nimamo v celoti izdelane karte vodozbirnih območij po občinah, saj te tovrstnih območij še niso v celoti določile.

Širše območje Mestne občine Ljubljana je v tem pogledu prej izjema kot pravilo, saj je podatkov, geohidroloških in pedoloških študij dovolj, da lahko na njihovi podlagi in na podlagi drugih znanih podatkov, kot so podnebne razmere in podatki o rabi tal, ocenimo tveganje za okolje za posamezne kmetijske ukrepe. Kot drugod v Sloveniji je tudi na Ljubljanskem polju prišlo do preobremenitve tal in podtalnice in tudi pitne vode z ostanki atrazina in njegovih razgradnih produktov (Simončič 2003, 2004, Simončič s sodelavci 2004a, 2004b). Posamezne vrednosti so bile naenkrat bistveno presežene, ko smo s 1. januarjem 2003 začeli upoštevati evropsko zakonodajo s tega področja: poostriili najvišje dopustne vrednosti za ostanke posameznih aktivnih snovi (pri atrazinu z 2 µg/l na 0,1 µg/l) kot tudi za skupno vsoto ostankov fitofarmacevtskih sredstev, ki je sedaj 0,5 µg/l. Ker so se dovoljene vrednosti precej znižale, je bilo zaradi ponedaj precej preseženih vrednosti ostankov fitofarmacevtskih sredstev treba takoj ukrepati. Vsem znan ukrep v zvezi z omejitvami uporabe je bila najprej prepoved uporabe enokomponentnih pripravkov na podlagi atrazina leta 1996 (prepoved je začela veljati junija 1997) in nato leta 2003 še odjava registracij drugih večkomponentnih pripravkov, ki vsebujejo atrazin.

V reševanje omenjene problematike se predstavniki mestnih oblasti v Ljubljani že nekaj zadnjih let aktivno vključujejo in z različnimi ukrepi vzdržujejo ustrezno kakovost podtalnice in pitne vode. Opravljenih je bilo precej aktivnosti za ohranitev kakovosti podtalnice in pitne vode.



ALEŠ SMREKAR

Slika 117: Največjo obremenitev s fitofarmacevtskimi sredstvi še vedno predstavljajo triazini in sicer atrazin ter destilatrazin.

Da bi ohranjali kakovost pitne vode, smo ocenili kmetijsko pridelavo in uporabo fitofarmacevtskih sredstev ter hkrati ugotavljali vsebnost ostankov fitofarmacevtskih sredstev v tleh in podtalnici.

11.3.1 ANALIZA UPORABE FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV

Tveganje za podtalnico in pitno vodo zaradi uporabe fitofarmacevtskih sredstev sta na obravnavanem območju le poljedelska in vrtnarska pridelava. Druga pridelava ob upoštevanju zakonodaje in dobre kmetijske prakse zaradi izredno majhnih površin, ki so jim namenjene, ne more vplivati na slabšanje kakovosti podtalnice.

Od **poljedeljskih kultur** pomeni koruza ob trajnem travinju še vedno največji delež površin. V Hrastju je ocenjen delež koruze 10 %, v Klečah in Savljah 25 % in na Jarškemrodu 30 %. Prevladuje pridelovanje koruze za silažo, ki jo je okoli 80 %, drugo je koruza za zrnje. S takšnim deležem je koruza še vedno največje tveganje za podtalnico. Ob upoštevanju, da na vodovarstvenih pasovih prevladujejo lahka peščena tla, je pridelovanje koruze ob uporabi rezidualnih herbicidov še toliko večje tveganje. Analizirali smo porabo fitofarmacevtskih sredstev v Sloveniji za zadnjih 10 let in ugotovili, da je bilo uporabljenih daleč največ triazinskih pripravkov, med katerimi je zavzemal prvo mesto atrazin. Druge aktivne snovi z izjemo metolaklora so bile uporabljene v izredno majhnih količinah in niso pomenile večjega tveganja za okolje. Tudi v zadnjih letih se stanje glede porabe fitofarmacevtskih sredstev ni bistveno spremenilo. V primerjavi s prejšnjimi leti se počasi manjša delež koruze in travinja, povečuje pa se delež vrtnin.

Pridelovanje **vrtnin** se v Mestni občini Ljubljana razvija precej hitreje kot velja to za celo Slovenijo. To je razumljivo, saj je Ljubljana velik tržni potencial. Težava je le dejstvo, da je večina površin, na katerih pridelujejo vrtnine, na ožjih varstvenih pasovih virov pitne vode. Največji delež vrtnin je v okolici Hrastja in Kleč. Precej manj vrtnin pridelujejo po podatkih svetovalne službe v Savljah (črpališče Šentvid), Šmartnem (črpališče Hrastje) in na Jarškemrodu.

Preglednica 22: Ocena letne porabe posameznih aktivnih snovi (kg) na podlagi podatkov o prodaji fitofarmacevtskih sredstev, površinah gojenih rastlin ter anketah pridelovalcev v letih med 1990 in 2002.

aktivna snov	letna poraba aktivnih snovi (kg)							
	1990–95	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
alaklor (koruza)	–	–	–	–	–	–	–	–
atrazin (koruza)	450	400	250	150	90	70	50	20
bentazon (koruza, krompir, vrtnine)	15	20	20	25	25	30	30	30
dikamba (koruza, žita)	10	20	20	20	20	20	20	20
diklobenil (nekmetijska zemljišča)	–	–	–	–	–	–	–	–
diuron (nekmetijska zemljišča)	–	–	–	–	–	–	–	–
flurokloridon (koruza, krompir, vrtnine)	10	15	20	20	20	20	25	15
fluroksipir (žita, koruza, travinje)	25	30	40	40	50	45	40	40
izoproturon (žita)	15	20	20	30	50	60	70	70
kloridazon (pesa)	15	20	25	25	25	25	30	30
klortoluron (žita)	200	180	180	170	160	150	150	130
linuron (vrtnine)	–	10	10	15	20	20	20	20
metamitron (pesa)	10	15	15	20	20	20	20	20
metazaklor (vrtnine)	10	10	15	15	15	15	20	20
metolaklor (koruza, pesa)	450	430	350	250	150	100	100	100
metribuzin (krompir)	40	40	35	35	30	30	30	30
nikosulfuron (koruza)	1	2	3	4	4	4	4	4
oksifluorfen (vrtnine)	5	6	8	10	10	15	15	15
pendimetalin (žita, koruza, krompir, vrtnine)	60	80	100	120	120	130	130	130
piridat (koruza, vrtnine)	25	20	20	15	15	–	–	15
prometrin (krompir, vrtnine)	75	70	65	60	50	40	30	25
rimsulfuron (koruza, krompir)	0,3	0,6	0,8	1	1	1	1	1
simazin (koruza, nekmetijska zemljišča)	50	50	50	40	40	50	50	50
terbutilazin (koruza)	–	–	–	50	75	100	120	130
tifensulfuron-metil (žita, travinje)	–	0,25	0,3	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6
triasulfuron (žita)	12	11	11	11	10	10	10	8
2,4-D (koruza, travinje, žita)	230	200	200	180	180	180	180	180

Razširjeno je predvsem pridelovanje zelenjadnic na prostem, zaščiteneh prostorov (rastlinjakov, plastenjakov, tunelov) je zelo malo. Na prostem prevladuje pridelovanje zelja in solatnic (solata, endivija, radič, motovilec), v manjšem obsegu pa je razširjeno tudi pridelovanje kapusnic (cvetača, brokoli, kolerabica, ohrovt) in čebulnic, med katerimi prevladuje čebula. V zadnjih letih je bilo zasnovanih tudi nekaj špargljišč (1 ha), ki pa se ne širijo.

Travinje pomeni kljub temu, da gre za mestno območje, velik delež. V Mestni občini Ljubljana porašča travinje približno eno tretjino vseh kmetijskih zemljišč. S stališča tveganja za okolje pa te površine zaradi uporabe fitofarmacevtskih sredstev niso veliko tveganje. Menimo, da je sedanja raba travinja s tega vidika ugodna, saj po našem mnenju na manj kot 20 % travnih površin uporabljajo herbicide, ki ne pomenijo večjega tveganja za podtalnico in pitno vodo.

Na **železnicah** je zatiranje plevelov s herbicidi še vedno najbolj razširjen ukrep za zatiranje vegetacije. V preteklosti so za to uporabljali precej fitofarmacevtskih sredstev, ki so bila manj primerna. Do leta 1990 so delavci v okviru hrvaških železnic škropili železniške tire tudi v Sloveniji, pri čemer so uporabljali pripravke, kot so amitrol, arsenal, atrazin, hyvar-X in ustineX special. Nekatere aktivne snovi, ki

Preglednica 23: Ocena površin in struktura gojenih rastlin leta 2002 ter predvidena poraba fitofarmacevtskih sredstev po posameznih gojenih rastlinah.

vrsta gojene rastline	površina (ha)	aktivne snovi	fitofarmacevtska sredstva	ocena deleža uporabljenih aktivnih snovi (%)
koruza	300	terbutilazin + S-metolaklor S-metolaklor flurokloridon pendimetalin	Primextra TZ gold Dual gold 960 Racer 25 EC Stomp 330 EC	50 5 10 15
travinje	300	fluroksipir	Starane 250	20
pšenica	150	triasulfuron + klortoluron	Dicuran forte 80 WP	60
ječmen	70	triasulfuron + klortoluron	Dicuran forte 80 WP	60
travno-deteljne mešanice	45	bentazon		
vrtnine na prostem	50	prometrin flurokloridon pendimetalin metribuzin	Basagran 600 Racer 25 EC Stomp 330 EC Sencor 70 WP	20 20 50 5
krompir	30	metribuzin	Sencor 70 WP	50
ajda	10			
metuljnice	15	bentazon	Basagran 600	25
sladkorna pesa	10	S-metolaklor	Dual gold 960	30
tritikala	5	triasulfuron + klortoluron	Dicuran forte 80 WP	40
oves	4			
sončnica	2			
proso	2			
krmni ohrovt	2			
šparglji	1			
travniški sadovnjak	2			
krmna pesa	3			
fižol za zrnje	2			
vrtnine v zavarovanem prostoru	1			
drugo	50			

izhajajo iz teh pripravkov, lahko še danes najdemo v podtalnici na Ljubljanskem polju (diuron), čeprav je od zadnje uporabe preteklo že več kot 12 let. Od leta 1995 v Sloveniji uporabljamo za zatiranje vegetacije na železnici le še pripravke na podlagi glifosata in glufosinata, ki pa ne pomenita povečano tveganje za podtalnico in pitno vodo. Dovoljenje za uporabo na železnici ima tudi diklobenil (casoron G), ki pa ga zaradi zamudne in drage aplikacije (za trosenje granulotov nimajo ustrezne tehnične opreme) na železnicah z redkimi izjemami ne uporabljajo.

Leta 2001 sta je v podtalnici na širšem območju Ljubljane pojavila diklobenil in njegov metabolit 2,6-diklorbenzamid (Casoron), ki je posledica uporabe pripravka casoron na **pokopališčih**. Manj so omenjeni pripravek verjetno uporabljali tudi oskrbovalci **parkov** in posamezni prebivalci Ljubljane na svojih dvoriščih. Od lanskega leta pripravki na podlagi diklobenila v MOL niso več dovoljeni, zato lahko v naslednjih dveh letih pričakujemo, da bo vsebnost 2,6-diklorbenzamida v celotni MOL padla pod 0,05 µg/l in ne bo več onesnaževal podtalnice.



Slika 118: Na prostem prevladuje med vrtninami pridelovanje zelja in solatnic, zlasti na ožjih varstvenih pasovih virov pitne vode.

11.3.2 PRIPRAVA KATASTRA ONESNAŽEVALCEV S FITOFARMACEVTSKIMI SREDSTVI

Na obravnavanem območju že vrsto let ugotavljamo, da neposredna kmetijska pridelava v smislu dobre agronomske prakse ni najpomembnejši onesnaževalec v prostoru. Nenamenska raba fitofarmacevtskih sredstev po našem mnenju prispeva bistveno večji delež k skupnemu onesnaževanju tega območja. V največ primerih gre za točkovna onesnaževanja, za izpuščanje ostankov škroplilne brozge ob koncu njiv ali po njivskih cestah kolovozih kot tudi pri praznjenju in čiščenju škroplilnic na dvoriščih. Na vodovarstvenih pasovih je teh kmetij precej, ki niso samo izvor obremenitev okolja s fitofarmacevtskimi sredstvi, temveč tudi izvor najrazličnejših komunalnih in industrijskih odpadkov.

Potencialni onesnaževalci so tudi vrtničkarji, zato bomo poskušali v prihodnje natančneje določiti površine, ki jih ti obdelujejo ter oceniti tveganje za onesnaževanje podtalnice na podlagi analize ugotavljanja pridelovanja posameznih gojenih rastlin in uporabe fitofarmacevtskih sredstev.

11.3.3 ANALIZA IN OCENA DOSEDANJIH MONITORINGOV PODTALNICE IN PITNE VODE GLEDE NA RABO TAL IN FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV

V Sloveniji se v zadnjih letih v podzemnih vodah glede na razpoložljive podatke spremljajo atrazin, desetil-atrazin, desizopropil-atrazin, acetoklor, alaklor, aldrin, DDT in derivati, bromacil, endrin, dicamba, dieldrin, diuron, alfa, beta in delta HCH, gama HCH, endosulfan, heksaklorbenzen, heptaklor, heptaklorepoxid, MCPA, MCPP, MCPB, metalaksil, metamitron, metazaklor, metolaklor, metribuzin, paration-etil, paration-metil, piridat-M, prometrin, propazin, sebutilazin, silvex, simazin, terbumeton, terbutrin, terbutilazin, lindan, cianazin, bromacil, 2,4-D, 2,4-DB, 2,4-DP, 2,4,5-T. V zadnjem obdobju so k tem aktivnim snovem dodali ponekod še diklobenil, 2,6-diklorbenzamid in klortoluron.

Izmed omenjenih aktivnih snovi se v podtalnici redno in na večini odvzemnih mest najdejo atrazin in njegov metabolit desetil-atrazin ter ponekod metolaklor, simazin in prometrin. Pri drugih aktivnih snoveh gre izključno ali vsaj v veliki večini primerov za točkovna onesnaževanja.

Po podatkih Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija so največji problem pri varstvu podtalnice na Ljubljanskem polju atrazin in njegovi metaboliti. Atrazin in desetil-atrazin sta bila prisotna v Hrastju in Klečah. Vir atrazina je po našem mnenju izključno v kmetijski pridelavi (koruza), vendar pa je ob tem treba poudariti, da rezultati internega nadzora Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija kažejo jasno zmanjševanje. Lani je prišlo do umika registracije pripravkov na podlagi atrazina (Aspect SC 500, Primextra gold 720 SC in Primextra 500, tekoči), kar pomeni, da novih virov onesnaženja ni pričakovati. Kljub temu pa bomo morali še nekaj časa ugotavljati vrednost atrazina in desetil-atrazina, katerega razgradnja bo trajala še nekaj časa. Leta 2002 sta se atrazinu in njegovim metabolitom pridružila še diklobenil (Casoron-G) in njegov razgradni produkt 2,6-diklorbenzamid.

Nekaterih aktivnih snovi že vrsto let ni več v uporabi v Sloveniji, precej pa je tudi takšnih, ki se ne uporabljajo na obravnavanem območju. Zaradi precejšnjih sprememb v okviru tehnologij pridelovanja gojenih rastlin in z njimi povezanih ukrepov varstva rastlin menimo, da so nekatere aktivne snovi, ki bi jih bilo treba uvrstiti na listo za spremljanje v podtalnici. Med temi so na primer klortoluron, izoproturon, pendimetalin, dimetenamid, flufenacet, fluroklordon, triasulfuron in imidakloprid.

11.3.4 UGOTAVLJANJE VSEBNOSTI OSTANKOV FITOFARMACEVTSKIH SREDSTEV V VZORCIH TAL IN PODTALNICI

Leta 2003 smo prav tako v štirih že prej omenjenih ožjih varstvenih pasovih virov pitne vode ugotavljali trenutno stanje onesnaženosti tal in podtalnice na Ljubljanskem polju (Simončič 2003, 2004).

Za ugotavljanje ostankov fitofarmacevtskih sredstev v tleh smo na začetku vegetacije, to je v februarju in aprilu 2003 (odvisno od vrste gojenih rastlin), opravili prvo vzorčenje za tako imenovano stanje »nič«, drugič, to je po izvedbi ukrepov varstva rastlin, pa smo vzorčili konec junija in na začetku julija 2003. V raziskavo je bilo vključenih 33 lokacij iz širšega ljubljanskega območja. Na podlagi obeh vzorčenj smo ugotavljali vsebnost fitofarmacevtskih sredstev v tleh in uporabo posameznih fitofarmacevtskih sredstev.

Raziskavo o vsebnosti fitofarmacevtskih sredstev v podtalnici smo izvajali v oktobru in novembru leta 2003. Lokacije odvzemnih mest so vključevale uradna odvzemna mesta, ki služijo izvajanju monitoringov kakovosti podzemnih voda Agencije Republike Slovenije za okolje, Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija kot tudi lokacije individualnih virov podtalnice (javna in privatna črpališča oziroma vodnjaki). S takšnim izborom odvzemnih mest smo želeli hkrati ugotoviti primerljivost rezultatov različnih vzorčenj na določenih območjih. Na omenjenih območjih in lokacijah smo na 25 odvzemnih mestih v dveh jesenskih terminih opravili skupaj 50 analiz na ostanke fitofarmacevtskih sredstev.

Rezultati analize ostankov v tleh so pokazali, da na Ljubljanskem polju so največja obremenitev tal s fitofarmacevtskimi sredstvi še vedno triazini, med katerimi je na prvem mestu atrazin, ki mu sledi njegov razgradni produkt desetil atrazin. Desizopropil atrazina v tleh v nasprotju s podtalnico nismo našli. Vrednosti so sicer nekoliko povišane, vendar v vseh primerih ugotavljamo zmanjševanje (glede na rezultate iz prejšnjih let), hkrati pa lahko iz rezultatov analiz ugotovimo, da so vrednosti pri drugem vzorčenju enake oziroma manjše v primerjavi s prvim vzorčenjem. Iz tega lahko z veliko gotovostjo sklepamo, da se atrazinski pripravki leta 2003 niso več uporabljali. Še posebej pomembno je, da ostankov atrazina nismo našli v vodovarstvenem pasu vodarne Hrastje, kjer je podtalnica najbolj obremenjena. V nasprotju z atrazinom pa smo v posameznih vzorcih ugotovili prisotnost metolaklora in terbutilazina, ki mu bo v prihodnje treba nameniti več pozornosti, saj ob metolakloru pomeni na vodozbirnih območjih precejšnje tveganje za podtalnico in pitno vodo zaradi potencialno velike uporabe. Precej uporabnikov pripravka Primextra 500, ki sta ga sestavljala atrazin in metolaklor, se je po umiku atrazina iz prodaje preusmerilo k uporabi novega pripravka Primextra TZ gold, ki ob metolakloru vsebuje terbutilazin. V Hrastju in Sneberjih smo v posameznih vzorcih ugotovili pendimetalin, ki postaja ena najpogostejše uporabljenih

aktivnih snovi pri pridelovanju vrtnin kot tudi pri pridelovanju poljščin. Zaradi njegove vsestranske uporabe bo treba v prihodnje omenjeni pripravke redno spremljati.

Na splošno lahko sklepamo, da kmetijski pridelovalci precej upoštevajo navodila in priporočila strokovnih služb. Stanje se je v primerjavi z rezultati iz prejšnjih let (vsebnosti ostankov fitofarmacevtskih sredstev spremlja kmetijski inšpektorat) izboljšuje. Kljub vsemu pa bo treba še vsaj dve do tri leta, da v tleh ne bomo več zasledili atrazina in njegovega razgradnega produkta desetil atrazina. Ob tem nas je pozitivno presenetilo dejstvo, da nismo v nobenem izmed vzorcev našli ostankov prometrina in simazina, ki sta še pred nedavnim skupaj z atrazinom pomenila najpogostejše najdeni aktivni snovi v tleh, podtalnici in pitni vodi. Na območju virov pitne vode je priporočljivo spremljati predvsem tista fitofarmacevtska sredstva, ki se glede na vrsto rabe kmetijskih površin po posameznih območjih najpogostejše uporabljajo.

Iz rezultatov spremljanja vsebnosti ostankov fitofarmacevtskih sredstev v podtalnici lahko razberemo, da smo pri prvem kot tudi drugem vzorčenju v oktobru 2003 ugotovili dokaj dobro stanje podtalnice, saj smo le v redkih vzorcih ugotovili vsebnost fitofarmacevtskih sredstev. Med temi sta sicer po pričakovanju še vedno na prvem mestu atrazin in njegov razgradni produkt desetil atrazin. Največjo vsebnost omenjenih dveh aktivnih snovi smo ugotovili v Hrastju, kjer so vrednosti tako za atrazin kot tudi desetil atrazin presegle najvišjo dopustno vrednost $0,1 \mu\text{g/l}$. Povišane vrednosti, vendar pod dopustno mejo, smo ugotovili na ožjem vodovarstvenem pasu vodarne Kleče. Na nekaterih drugih območjih so bile te aktivne snovi sicer ugotovljene, vendar so bile vrednosti okrog $0,05 \mu\text{g/l}$ ali manj, kar je že zelo blizu meje detekcije. Obe aktivni snovi sta posledica uporabe atrazina v preteklosti. To nam potrjujejo tudi vzorčenja tal, v katerih smo ugotovili, da so pomladanske vrednosti aktivnih snovi pred vegetacijo večje ali enake poletnemu vzorčenju ob koncu ukepov varstva pred plevi. Glede na vsebnost obeh aktivnih snovi v podtalnici lahko ugotovimo upadanje vrednosti ob primerjavi s podatki prejšnjih let. Kljub temu pa lahko z veliko verjetnostjo računamo, da bomo tako atrazin kot tudi desetil atrazin v naslednjih dveh do treh letih še vedno ugotavljali tudi v podtalnici na območjih, kjer še vedno v kmetijski pridelavi prevladuje koruza, kljub temu da atrazina ni v prodaji že tretje leto.

Ob že omenjenem atrazinu in desetil atrazinu smo v treh vodnjakih ugotovili še metolaklor, ki pa je bil v okviru dopustnih vrednosti. Omenjeno aktivno snov smo ugotovili v privatnih vodnjakih, kar bi lahko pomenilo, da je pri tem prišlo do točkovnega onesnaževanja, saj te aktivne snovi v vzorcih iz črpališč javne oskrbe nismo ugotovili. Ravno tako te aktivne snovi niso ugotovili v okviru monitoringa Agencije Republike Slovenije za okolje kot tudi v okviru spremljanja kakovosti podzemnih voda na območju Mestne občine Ljubljana. Hkrati lahko to tudi pomeni, da majhne vrednosti bistveno ne vplivajo na stanje celotne podtalnice.

Dimetenamid smo našli pri prvem vzorčenju, medtem ko ga pri drugem vzorčenju konec novembra nismo. Tako kot metolaklor tudi dimetenamida nismo našli v okviru dosedanjega rednega spremljanja kakovosti podzemnih voda.

Čeprav smo predvsem v Hrastju in Sneberjah pričakovali, da bomo ugotovili katero izmed aktivnih snovi, ki jih uporabljajo pridelovalci pri pridelovanju vrtnin, se to ni zgodilo. Pri nobenem izmed vzorčenj nismo ugotovili nekaterih pogosto uporabljenih aktivnih snovi, kot so pendimetalin, prometrin, metazaklor in metribuzin.

11.4 SKLEPI

Raziskave rodovitnosti tal na varstvenih pasovih virov pitne vode na Ljubljanskem polju kažejo, da gnojilne navade kmetov v veliki večini niso v skladu z navodili dobre kmetijske prakse pri gnojenju. To potrjuje čedalje višja povprečna raven rastlinam lahko dostopnega fosforja in kalija v obdelovalnem sloju tal. S stališča varovanja vodnih virov je vsekakor pomembna ugotovitev o zmanjševanju ostankov nitratnega dušika v tleh jeseni po spravilu pridelkov.

Kmetovalci na vodovarstvenih pasovih so seznanjeni s predpisi glede kmetovanja na teh območjih. Menijo, da je prav, da so pravila napisana, moti pa jih občutek, da jim država ne omogoča vse nujno

potrebne pomoči pri uresničevanju zakonskih določil. Pri tem mislijo predvsem na finančno pomoč pri gradnjah in adaptacijah obstoječih gnojnih objektov ter predvsem na poenostavitev postopkov za pridobitev dovoljenj za omenjene posege v prostor. Posledica tega je relativno velika nezainteresiranost kmetov za reševanje omenjene problematike, saj po podatkih popisa gnojnih objektov znotraj vodovarstvenih pasov kar 58 % kmetov ni pripravljeno vlagati v posodobitev gnojnih objektov, samoiniciativno pa o tem razmišlja zgolj 13 % kmetov (Kladnik, Smrekar 2002).

Rezultati analiz ostankov fitofarmaceutskih sredstev tako v tleh kot tudi v podtalnici so v skladu z drugimi primerljivimi monitoringi na tem območju. Potrdili so, da se stanje onesnaženosti okolja v zadnjih letih opazno izboljšuje, čeravno vsi vzorci še niso v okviru dopustnih vrednosti. Največjo obremenitev okolja s fitofarmaceutskimi sredstvi še vedno predstavljajo triazini, med katerimi je na prvem mestu atrazin, ki mu sledi njegov razgradni produkt desetil atrazin. V posameznih vzorcih tal smo sicer ugotovili tudi prisotnost pendimetalina ter metolaklora in terbutilazina, ki jim bo v prihodnje zaradi njihove precejšnje uporabe treba nameniti več pozornosti. Podobno sliko smo ugotovili tudi v vzorcih podtalnice, kjer sta edini omembe vredni aktivni snovi atrazin in desetil atrazin. Vrednosti so sicer ponekod nekoliko povišane in še vedno nad dopustno mejo, vendar v vseh primerih ugotavljamo zmanjševanje v primerjavi s preteklimi leti. Desizopropil atrazina proti pričakovanju nismo našli na nobeni izmed preučevanih lokacij. V podtalnici smo v posameznih vzorcih ugotovili prisotnost metolaklora in dimetenamida, ki jima bo v prihodnje ravno tako treba nameniti več pozornosti, saj sta obe aktivni snovi namenjeni uporabi pri gojenju koruze, sladkorne pese in krompirja (dimetenamid) in zato pomenita na vodozbirnih območjih povečano tveganje za podtalnico in pitno vodo bolj zaradi potencialno velike uporabe kot pa slabih ekotoksikoloških lastnosti.

V prihodnje bo nujno treba vložiti še več znanja in skupnih moči v izobraževanje kmetov, pa tudi prisluhniti njihovim težavam in pomislekom. V ta namen so bili izdani tehnološki listi s priporočili za kmetovanje, pripravljena predavanja za kmete in svetovalce ter demonstracijski poskusi na terenu. Omenjene aktivnosti bo treba še poglobiti in jih kar najbolj aplicirati tudi v dobro kmetijsko prakso.

12 VPLIVI INDUSTRIJE IN OBRTI

Industrijska in obrtna dejavnost je pomemben dejavnik preobrazbe pa tudi degradacije okolja na Ljubljanskem polju. Je vir plinastih emisij, prahu, odplak, odpadkov in hrupa ter tako prispeva k onesnaženju zlasti zraka in vode. Je pomemben porabnik vode, energije in prostora nad podtalnico. Danes sta na tem območju dve večji industrijski coni, in sicer ena v Mostah in druga v Dravljah, med gorenjsko in kamniško progno ter za Bežigradom.

Gospodarstvo Ljubljane je pestro, tesno povezano z gospodarskim prostorom cele države. Močno je povezano z okolico in bližnjimi središči, s katerimi se vedno bolj funkcijsko prepleta in povezuje. Posledica tega je tudi intenzivna dnevna migracija delovne sile, saj se v Ljubljano na delo vsak dan vozi okrog 50.000 ljudi. Več kot polovica dnevnih migrantov je iz drugih naselij nekdanjih mestnih občin, druga polovica pa še od dlje. Gost lokalni promet povečuje pomen prometa v ljubljanskem gospodarstvu in prostoru.

12.1 ZGODOVINSKI RAZVOJ

V Ljubljani se tudi med industrializacijo in urbanizacijo Srednje Evrope industrija ni močnejše uveljavila. V 18. stoletju in prvi polovici 19. se pojavijo prvi industrijski objekti. V obdobju od potresa leta 1895 do konca prve svetovne vojne se oblikujejo prva industrijska območja (Rebernik 2000). Najstarejše je bilo območje v Zeleni jami ob Šmartinski cesti (Kolinska) in v Mostah med Kajuhovo in Pokopališko cesto (Kemična tovarna). Posamezni starejši industrijski in drugi proizvodni obrati so bili locirani na robu mestnega središča in v starejših predmestjih (Kartonažna tovarna, Tobačna tovarna, Ilirija, klavnice na Poljanah, Pivovarna Union, Fructal in Slovin v Spodnji Šiški), pozneje so se postopoma zapirali ali selili na nove lokacije. Med prvimi s takšno usodo sta bili tovarna sladkorja na Poljanah (Cukrarna) in mestna elektrarna na Kotnikovi ulici.

Po letu 1918 je Ljubljana v industrializaciji zaostajala za drugimi slovenskimi mesti: Mariborom, Kranjem in Celjem. Imela je večje število manjših industrijskih obratov, ki so večinoma zrasli iz obrti. Primanjkovalo je tudi krajevnih surovin. Še največ je bilo gline za opekarne ob Glinščici in Gradaščici ter lesa za številne male lesne obrate. V industriji je v tem obdobju delalo le 29 % mestnega prebivalstva, v najbolj industrijskih predmestjih do okrog 40 %, kar je v primerjavi z drugimi slovenskimi industrijskimi središči malo.

Leta 2001 je bilo v Ljubljani 157.000 zaposlenih, 40,0 % v terciarnih, 32,8 % v sekundarnih in 26,4 % v kvartarnih dejavnostih. Največ, četrtnina, jih je zaposlenih v industriji, narašča delež zaposlenih v finančnih in drugih poslovnih storitvah, krepijo pa se tudi upravne, izobraževalne in druge dejavnosti.

12.2 INDUSTRIJA

V preteklosti so Ljubljani primanjkovala surovine in električna energija, da bi se razvila v močnejše industrijsko središče. Zaradi njene lege sta se izmed gospodarskih dejavnosti močnejše razvijali predvsem trgovina in promet. Hitrejšo industrializacijo je prineslo šele obdobje po drugi svetovni vojni, ko se je majhnima hidrocentralama pri Fužinah in Tacnu pridružila še hidrocentrala v Medvodah. Leta 1956 je bilo v Ljubljani 93 industrijskih podjetij z 21.473 zaposlenimi (Melik 1959). Le dve novi podjetji, Litostroj in Telekomunikacije v Pržanju pri Šentvidu, sta imeli več kot 1000 zaposlenih.

V šestdesetih letih je v ljubljanski industriji prednjačila kovinska industrija s 26,4 % zaposlenimi. Na drugem mestu je bila nova elektroindustrija s 16,6 % industrijskih delavcev, sledili pa sta tekstilna z 12,6 % in živilska industrija z 11,5 %. Druge industrijske panoge so precej zaostajale po številu zaposlenih in po številu obratov. Papirna in lesna industrija sta imeli 6,2 % zaposlenih, kemična in grafična industrija 5,2 % ter industrija gradbenega materiala 4,4 % (Melik 1959).

Industrijska cona v Mostah med železnico in Šmartinsko cesto je dobila nove industrijske obrate. Številni so nastajali na povsem novih lokacijah v različnih predelih Ljubljane, v Šiški, v Šentvidu, Vižmarjih, Tacnu in Gameljnah. Industrija se je naselila tudi ob kamniški proggi, v Črnučah na severnem bregu Save in v Savljah. Na Viču je bilo industrije manj, bila je bolj razpršena, nekaj obratov se je naselilo predvsem



ALEŠ SMREKAR

Slika 119: Industrija se je naselila po vsem mestnem obrobju, ena najpomembnejših je industrijska cona v Mostah.



ALEŠ SMREKAR

Slika 120: Med gorenjsko in kamniško železniško progo se je ob Litostroju namestilo več industrijskih obratov.



Slika 121: Nevarne snovi dovažajo do industrijskih objektov tudi po železnici nad vodonosnikom.

ob Tržaški cesti. Leta 1968 je industrija zaposlovala nad 33.000 delavcev, kar je znašalo 40 % vseh zaposlenih v Ljubljani.

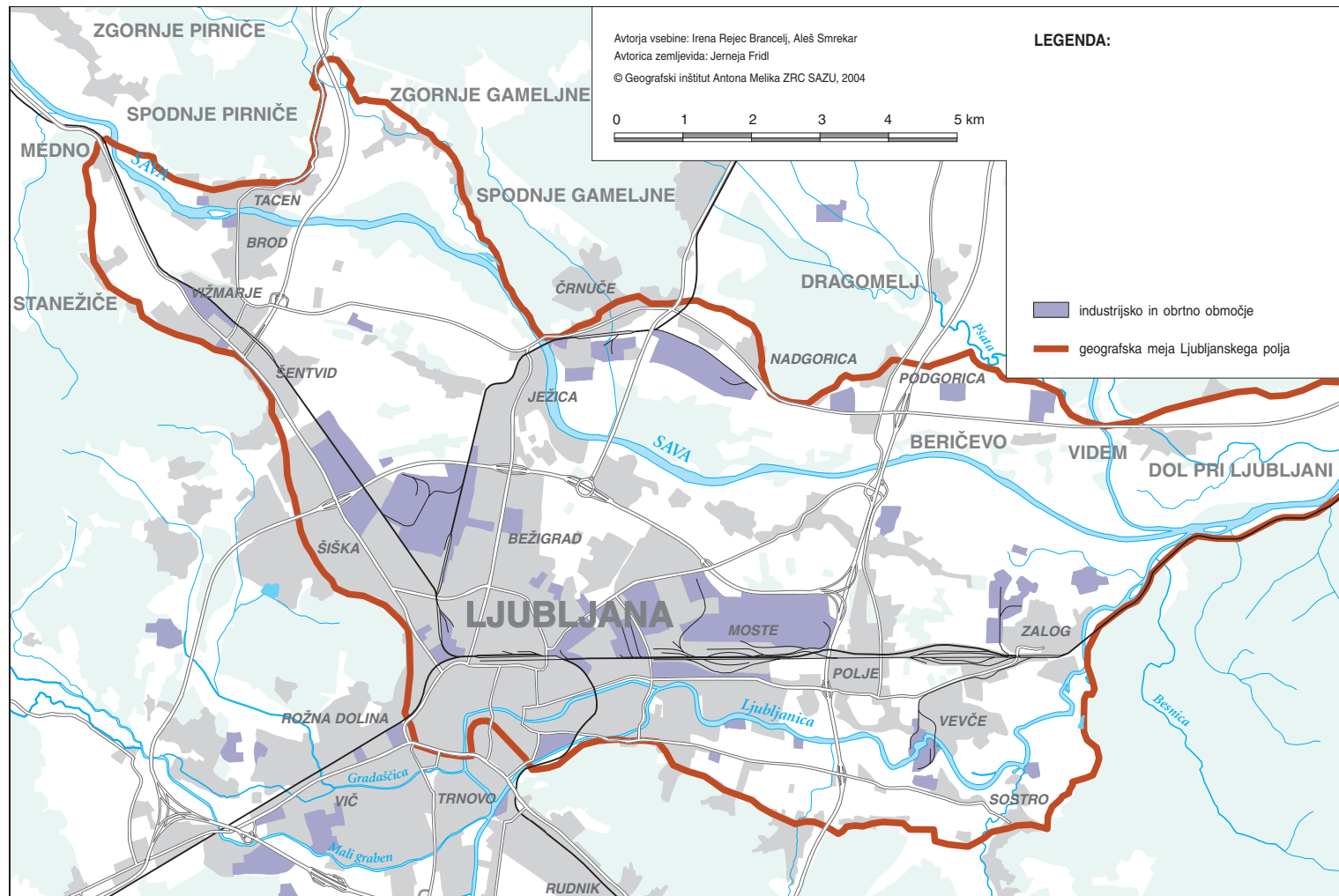
Industrija je napredovala predvsem v zadnjih dvajsetih letih, ko se je število industrijskih delovnih mest povečalo na 49.000 v nekdanjih mestnih občinah, v samem mestu pa na okrog 40.000. Še vedno so močno prevladovali mali obrati, bilo jih je več kot 130, in le redki so presegli 1000 zaposlenih. Med slednjimi so prednjačili Litostroj z okrog 4000 zaposlenimi, Avtotehna, Tekstil, Žito, Lek in Kartonažna z okrog 2.000, nad 1000 so jih imeli še Rog, Saturnus, Kolinska in Dekorativna. V številnih obratih Iskre jih je bilo več kot 10.000. V ospredju je bila kovinska industrija pred elektroindustrijo, živilsko, tekstilno in kemično.

Industrija se je naselila po vsem mestnem obrobju in v nekaterih obmestnih naseljih. Industrijski coni v Mostah so se pridružila Javna skladišča, razvilo se je več novih območij, pa tudi posamezne industrijske lokacije. Med gorenjsko in kamniško železniško progo se je ob Litostroju namestilo več industrijskih obratov. Proti severozahodu so se številni industrijski in drugi proizvodni pa tudi servisni obrati razširili še na drugo stran železniške proge proti Celovski cesti.

Družbenoekonomske spremembe in z njimi povezani procesi so po letu 1989 prinesli velike novosti tudi v industrijo. Število industrijskih delovnih mest se je zmanjšalo na 31.000, podjetja so se reorganizirala in predvsem razdrobila. Pojavila so se nova mala podjetja. Nekatera so izgubila industrijski značaj, zato se je močno spremenila tudi struktura obratov v industrijskih predelih, narasla pa sta število in delež storitvenih dejavnosti.

V ospredju je še vedno kovinska industrija z okrog četrtno zaposlenih, z okrog 15 % ji sledita živilska in elektroindustrija, z manjšim deležem pa še kemična, tekstilna in grafična industrija. Raznovrstnost se je še povečala, število zaposlenih pa močno zmanjšalo. Poleg Litostroja ima nad 1.000 zaposlenih še Lek, nekaj manj pa Saturnus, Rog, Tobačna tovarna, Tiskarna Mladinska knjiga in Papirnica Vevče.

Gradbeništvo, ki je leta 2001 zaposlovalo več kot 10.000 delavcev v velikih podjetjih, Gradis, Slovenija ceste in drugih, je močno nazadovalo. Gospodarske težave in s tem zmanjšane investicije v novogradnje so deleža aktivnih in zaposlenih v gradbeništvu zmanjšali pod 5 %.



Slika 122: Razporeditev industrijskih in obrtnih dejavnosti v Ljubljani.

12.3 STORITVENE DEJAVNOSTI

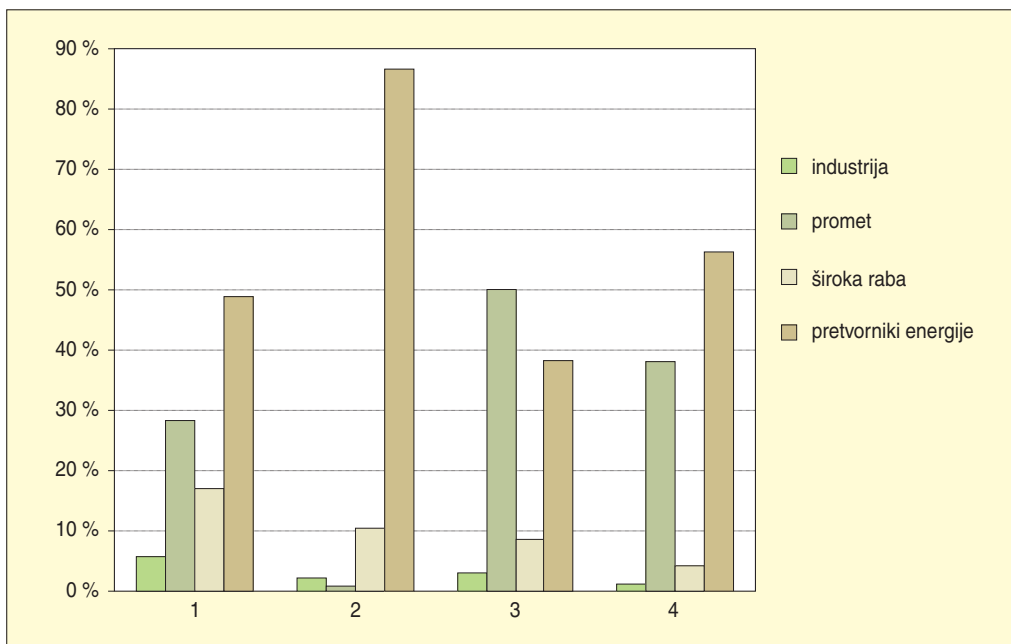
Po številu zaposlenih, nagli rasti števila prodajaln in po dohodku je trgovina pomembna gospodarska panoga, saj zaposluje okrog 22.000 delavcev, ki ustvarjajo kar 35 % dohodka gospodarstva mesta. Kakovostni razvoj in gradnja novih nakupovalnih središč privlači potrošnike iz širšega zaledja Ljubljane. Leta 2001 je kar 14,1 % ljubljanskega aktivnega prebivalstva delalo v trgovini. Za potrebe mesta in njegovih prebivalcev so se razvile številne storitvene dejavnosti, od različnih lokalov do kemičnih čistilnic, pralnic avtomobilov in drugih podpornih dejavnosti.

Ljubljana leži na prometnem križišču, zato je tu še posebno v ospredju tranzitni promet, ki je hitro naraščal. Leta 1991 so ga politični dogodki zaradi prometne zaprtosti proti jugovzhodu zmanjšali za polovico. Zmanjšala sta se število potnikov in obseg tovarnega prometa.

12.4 VPLIVI NA OKOLJE

12.4.1 EMISIJE ONESNAŽIL V ZRAK

Okoljski trendi v devetdesetih letih 20. stoletja kažejo na stagnacijo onesnaževanja mestnega okolja. Primerjava onesnaženosti okolja Ljubljane je pokazala boljšo kakovost okolja od Celja in slabšo od Maribora. Največji napredek je pri zmanjševanju onesnaževanja z žveplovim dioksidom in prašnimi delci, povečujejo pa se emisije toplogrednega ogljikovega dioksida (Plut 2000). Boljša kakovost ljubljanskega zraka je predvsem posledica uporabe kakovostnejšega premoga v Termoelektrarni-Toplarni Ljubljana pa tudi razširjanja daljinskega ogrevanja in plinifikacije.



Slika 123: Deleži emisij ogljikovega dioksida, žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in prašnih delcev po sektorjih leta 1998 (Spremljanje izvajanja ... 1999).

Na podlagi podatkov Agencije Republike Slovenije za okolje o emisijah v zrak za leto 2002 je razvidno, da ljubljansko ozračje najbolj onesnažujejo ogljikov dioksid (8296 ton/leto), dušikovi oksidi (1605 ton/leto), žveplov dioksid (428 ton/leto), dušikov monoksid (226 ton/leto) in prašni delci (162 ton/leto).

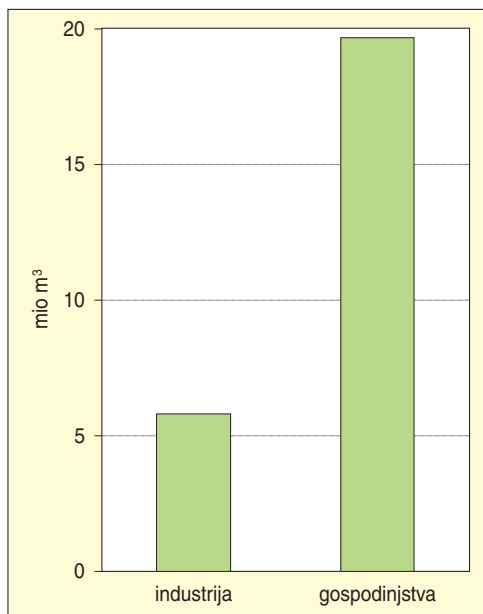
Energetska bilanca Ljubljane iz leta 1998 je opredelila vir onesnaženja po dejavnostih. Kot glavni obremenjevalci so bili opredeljeni industrija, promet, široka poraba in pretvorniki energije. Med njimi sta zlasti Termoelektrarna-Toplarna Ljubljana in Toplarna Šiška. Leta 1998 sta prispevali 49 % emisij ogljikovega dioksida, 87 % emisij žveplovega dioksida, 38 % dušikovih oksidov in 56 % prašnih delcev. Glavni vir emisij je bila Termoelektrarna-Toplarna Ljubljana tudi leta 2002, saj je prispevala več kot devet desetih vseh omenjenih emisij. Emisije žveplovega dioksida in prašnih delcev od leta 1990 upadajo, emisije dušikovih oksidov pa stagnirajo z vmesnim povečanjem v letih 1997 in 1998. Podatki za emisije ogljikovega monoksida kažejo, da skoraj 90 % tovrstnega obremenjevanja izhaja iz Termoelektrarne-Toplarn Ljubljana.

Promet je naslednji pomembni obremenjevalec okolja in je leta 1998 prispeval 28 % emisij ogljikovega dioksida 50 % dušikovih oksidov in 38 % prašnih delcev. Njegov prispevek je torej največji pri emisijah dušikovih oksidov. Industrija je k deležu najpomembnejših emisij prispevala le neznatno – 6 % ogljikovega dioksida, 2 % žveplovega dioksida, 3 % dušikovih oksidov in 1 % prašnih delcev. Leta 2002 je industrija prispevala še emisije organskih spojin (40 ton), amonijaka (16 ton) in hlapne organske spojine, brez metana (13 ton).

12.4.2 EMISIJE ONESNAŽIL V VODE

Industrija obremenjuje vodne vire z rabo vode in vnosom snovi in toplote v vodno okolje. Vire obremenitev v grobem delimo na točkovne in razpršene. Točkovni viri so izpusti odpadnih voda iz proizvodnih objektov in čistilnih naprav ter odlagališča odpadkov. Med razpršenimi viri je najpomembnejše kmetijstvo, mednje pa uvrščamo še poselitev in cestne površine.

Leta 1997 je bila skupna količina prodane vode v Javnem podjetju Vodovod-Kanalizacija 25,5 milijona m³ ali 51,6 % načrpane podtalnice. Gospodarstvu so prodali 5,8 milijonov m³ ali 22,6 % in



Slika 124: Količina prodane vode v Javnem podjetju Vodovod-Kanalizacija (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, po Brečko 1998).



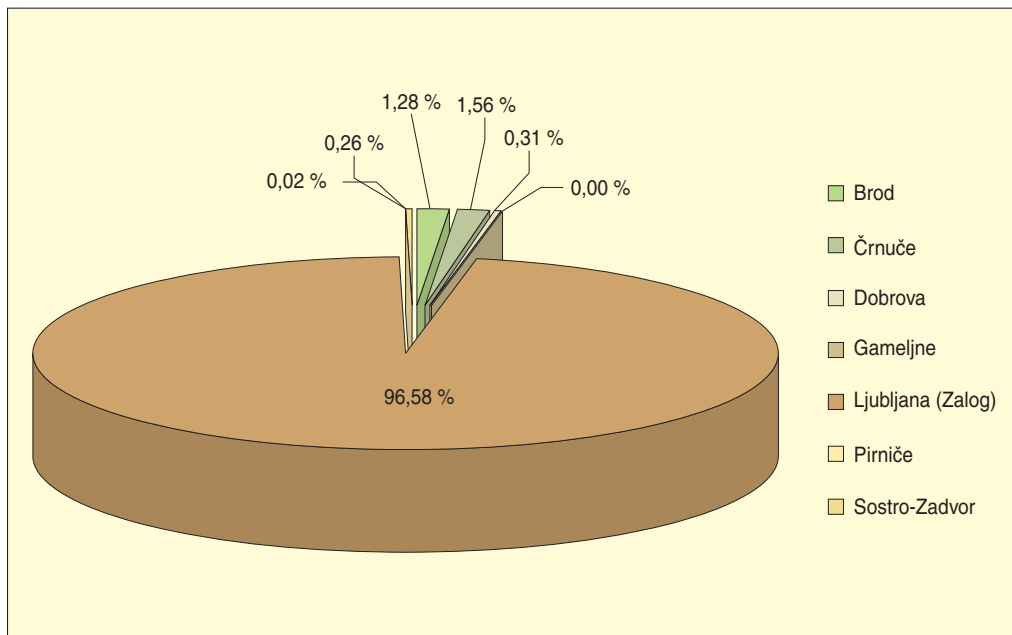
Slika 125: Živilska industrija je pomemben obremenjevalec tako vode kot tudi zraka.

gospodinjstvom z drugimi uporabniki 19,7 milijonov m³ ali 77,4 % (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, po Brečko 1998). Industrija na Ljubljanskem polju torej porabi komaj petino vse prodane vode. Gospodinjstva so trikrat večji porabnik vode na tem območju od industrije.

Na Ljubljanskem polju je več individualnih črpališč podtalnice za industrijo: Pivovarna Union, Ljubljanske mlekarne, Delo, Yulon in Termoelektrarna-Toplarna Ljubljana. Poleg teh je še več manjših porabnikov na širšem območju mesta: za Belinko pod Šentjakobom, za Emono Klavnico, KOTO, Jato, Saturnus, tovarno železniško postajo in Petrol v Zalogu, za Papirnico v Vevčah. Količine načrpane vode se med podjetji precej razlikujejo, več pa je tudi takih, ki so lastne vodnjake opustili. Skupna letna količina načrpane vode iz individualnih industrijskih vodnjakov je leta 1993 presegla 2,2 milijona m³, vendar je bila za polovico manjša kot leta 1987, ko je znašala 4,2 milijona m³ (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, po Brečko 1998). V Mestni občini Ljubljana je bilo leta 1995 14 vodnjakov za živilsko industrijo, 32 za tehnološko vodo, 2 za požarno vodo in 60 za klimatske in hladilne naprave ter toplotne črpalke (Brečko 1998).

Nadzor nad izvajanjem obratovalnega monitoringa odpadnih voda izvaja v skladu z veljavno zakonodajo Agencija Republike Slovenije za okolje. Zato na Agenciji Republike Slovenije za okolje zbirajo poročila o obratovalnem monitoringu odpadnih voda iz točkovnih virov onesnaževanja. Podatke iz poročil se vnaša v podatkovno zbirko, v kateri je trenutno 679 zavezancev. To so zavezanci, ki morajo zagotavljati emisijski monitoring v skladu s predpisi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja.

Po kemijski potrebi po kisiku (KPK) sta bila v letu 2002 na Ljubljanskem polju največja onesnaževalca Pivovarna Union (42 % vseh emisij) in Ljubljanske mlekarne (35 % vseh emisij). V odplake je izpuščenih 3713 ton takšnih emisij na leto. Biorazgradljivih snovi v odplakah je letno 1861 ton, Pivovarna Union jih prispeva 45 % in Ljubljanske mlekarne 31 %. Organskih spojin (izraženih kot celotni organski ogljik) je 467 ton na leto, največ jih na tem območju prispeva Pivovarna Union, in sicer 81 %. S sulfatom najbolj



Slika 126: Delež posameznih čistilnih naprav glede na količino čiščene odpadne vode (Emisije v ... 2002).

obremenjuje odpadne vode Belinka, ki prispeva 80 % vseh emisij, ki skupaj znašajo 328 ton. Emisij klorida je 162 ton na leto, od tega prispevata Pivovarna Union 70 % in Lajovic Tuba embalaža 26 %. Težkohlapih lipofilnih snovi je okoli 140 ton na leto in 85 % emisij prispevajo Ljubljanske mlekarnice. Emisije v vode celotnega vezanega dušika, letno več kot 65 ton, prispevajo Ljubljanske mlekarnice 60 %, Belinka 18 % in KOTO 17 %.

Po podatkih Agencija Republike Slovenije za okolje se neposredno v Ljubljanico odvajajo odpadne vode iz večjega vira onesnaževanja – Papirnice Vevče, ki je v letu 2002 presegala mejne vrednosti za temperaturo, za kar je imela dovoljenje.

Naj na koncu navedemo še problematiko tetrakloroetena, pomembnega onesnaževalca podtalnice, ki izvira iz kemičnih čistilnic. To topilo se najpogosteje uporablja za kemično čiščenje tekstilnih izdelkov. Tehnološka opremljenost čistilnic je še precej skromna in ekološko sporna. Najpozneje do leta 2007 bodo morale preiti na uporabo modernejše tehnologije, to pomeni zaprtega sistema, v katerem so emisije v okolje minimalne. Kontaktno vodo, ki pri čiščenju nastaja, bo treba ustrezno očistiti ali odstraniti.

Odpadne vode zavezancev za poročanje o emisijah v vode iz baze Agencija Republike Slovenije za okolje se večinoma izpuščajo v kanalizacijo, ki ima izpust na komunalno čistilno napravo. Čistilna naprava je postavljena ob sotočju Save in Ljubljanice, vendar ima zaenkrat zgrajeno le mehansko stopnjo čiščenja s kapaciteto 360.000 PE. Slabo prečiščene odplake odteka v Ljubljanico. 49 naprav zavezancev za poročanje o emisijah v vode pa ima izpust v površinske vode. Poleg omenjene čistilne naprave je na tem območju še šest krajevnih čistilnih naprav s kapaciteto 17.750 PE.

Kot kažejo dosedanje izkušnje, industrija nima zadovoljivo rešenega odlaganja odpadkov. Podatki sicer kažejo na ustrezno ravnanje z odpadki. Žal izkušnje v praksi tega ne potrjujejo. Skladiščenje sodov z nevarnimi snovmi na tovarniškem dvorišču ali neustrezno odlaganje v gramoznice je doslej že večkrat ogrozilo vire pitne vode.

12.5 SKLEPI

K onesnaženju zraka na tem območju pomembno prispeva energetika oziroma tako imenovani pretvorniki energije, med njimi zlasti izstopa Termoelektrarna-Toplarna Ljubljana. Ta prispeva večji delež emisij v zrak: žveplov dioksid, ogljikov monoksid, dušikove okside in prašne delce. Emisije žveplovega dioksida in prašnih delcev so se v zadnjih dvajsetih letih odločilno znižale, emisije dušikovih oksidov stagnirajo, povečujejo pa se emisije ogljikovega dioksida. Prispevek drugih industrijskih dejavnosti je zanemarljiv in znaša po glavnih onesnažilih manj kot 5%.

Pomembnejši je prispevek industrijske dejavnosti k emisiji v vode. Kljub temu da industrija porabi le dobro petino vseh količin prodane vode, z odplakami pomembno prispeva k onesnaževanju voda. Velika večina odpadnih vod iz industrije na območju Ljubljane se steka v javno kanalizacijo, ki se zaključuje s Centralno čistilno napravo v Zalogu, ki pa trenutno opravlja le mehansko čiščenje. Kot je razvidno iz podatkov, industrija pomembno prispeva k emisijam kemijske potrebe po kisiku, organskih snovi, sulfata, klorida, težkohlapih lipofilnih snovi in celotnega vezanega dušika. Dvema predstavnikoma živilske industrije, se z manjšim deležem emisij pridružujeta še predstavnik kemijske industrije in proizvodnja embalaže. Seveda ne gre prezreti tudi posebnih onesnaževalcev, kot so kemične čistilnice, ki okolje onesnažujejo zaradi zastarele tehnologije. Zaradi povezanosti med rečno vodo in podtalnico lahko onesnažena površinska voda ogrozi tudi podtalnico.

13 MESTNA RABA TAL

Mestne ekosisteme označuje velik snovno-energetski pretok, ki ob omejeni nosilnosti okolja hitro privede do čezmerne onesnaženosti oziroma zmanjšane kakovosti življenja njegovih prebivalcev. Dejavnosti, ki tvorijo in oblikujejo mestna območja obenem tudi vplivajo na kakovost urbanega okolja. V mestnem okolju izraziteje prihaja do nenehnega križanja, nasprotovanja in redkeje tudi dopolnjevanja interesov raznovrstnih uporabnikov prostora. Agresivnejše dejavnosti (industrija, promet ...), ki so bile glavno gibalno razvoja posameznih mest, so hkrati sprožale vrsto negativnih prostorskih učinkov, zato je mestno okolje onesnaženo in degradirano, kažejo pa se tudi negativni vplivi na prebivalce (Špes, Lampič, Smrekar 2001).

Po Unescovih priporočilih (Vink 1983) so za vrednotenje kakovosti življenjskega okolja v mestih najpomembnejši dejavniki:

- geografska lega, izoblikovanost površja;
- podnebne značilnosti, kakovost ozračja;
- pretok vode skozi urbani ekosistem, oskrba s pitno vodo, kakovost voda (površinska, talna, pitna ...);
- odlaganje, ravnanje z odpadki;
- hrup;
- zelene površine.

Urbani ekologi opozarjajo, da se bo prihodnji uravnotežen razvoj mest moral najprej soočiti z zahtevami, ki imajo svojo potrditev in razlago v ekosistemskih mehanizmih ravnovesja (Vester 1991). Upoštevanje ekosistemskih načel razvoja je odvisno tudi od tega, kako prebivalci mest razumejo in sprejemajo kakovost bivalnega okolja in kaj jih v tem okolju moti, oziroma od tega, kako se na negativne spremembe v okolju odzivajo.

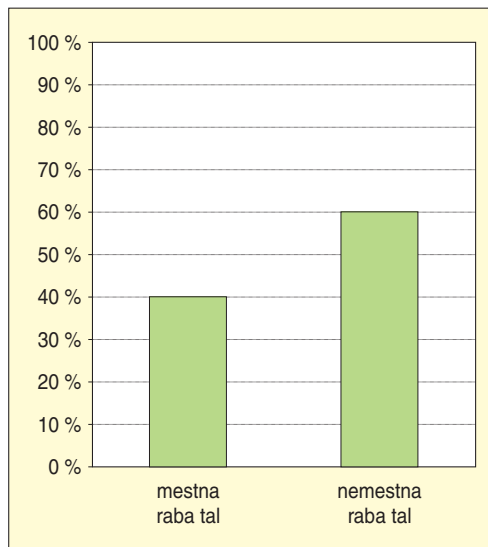
Ljubljana in njen sestavni del Ljubljansko polje leži na južnem obrobju Ljubljanske kotline, katere pretrgan obod je že v preteklosti omogočal dobro prometno prehodnost v smereh vzhod–zahod in sever–jug. Razvoj moderne Ljubljane sega v drugo polovico 19. stoletja, ko se je mesto iz starega srednjeveškega jedra in njegovih predmestij začelo hitro širiti na Ljubljansko polje proti severu in zahodu ob glavnih prometnicah.

Industrializacija Ljubljane se je začela z gradnjo tovarne sladkorja (1828), pravi razmah pa je doživela šele z gradnjo železnice (1849), ko sta nastali najprej pivovarna (1864) in nato še tobačna tovarna (1872). Na začetku 20. stoletja se je razvoj industrije upočasnil, pravi razcvet pa je doživel po drugi svetovni vojni (na primer Litostroj), ko je takratna oblast videla v pospeševanju industrije najhitrejšo možnost za zmanjševanje gospodarske zaostalosti, tudi na račun neracionalne rabe naravnih virov, kar je pozneje sprožilo vrsto ekoloških problemov (Špes, Lampič, Smrekar 1995).

Ljubljana je imela leta 2002 kar 258.873 prebivalcev in 109.953 stanovanj (Popis prebivalstva ... 2004). Zelo hitro rast števila prebivalcev in stanovanj so v zadnjih desetletjih doživljala predmestja in suburbanizirana območja v okolici, kjer v petindvajsetkilometrskem pasu živi velik del prebivalcev, ki se vsak dan vozijo na delo v Ljubljano. To pa povzroča tudi čezmerno prometno obremenjenost, v mestu je namreč zaradi dnevne migracije delovne sile kar 30-odstotni presežek delovnih mest nad številom aktivnega prebivalstva, živečega v mestu.

Podzemna voda je pod površjem, zapolnjuje prostor v peščeno-prodnem mediju in ostaja očem nevidna in odmaknjena neposrednemu stiku. Antropogene dejavnosti modificirajo celotno območje vodonosnika in vplivajo na hidrološko bilanco, reducirajo napajanje vodonosnika, vplivajo na karakteristike toka podzemne vode in spreminjajo časovno usklajevanje, razpoložljivost in obnovljivost vodnega vira.

Količina vode v nekem okolju je pomembna za določitev obsega nadzora tudi nad urbaniimi obremenjevalci. Poznavanje razpoložljive količine vode v okolju nam pomaga pri določanju prioritet pri kontroli onesnaževalcev in določitev najprimernejšega načina upravljanja in gospodarjenja z vodnim virom. Razpoložljiva količina vode v okolju je vir, ki je omejen in porabljiv. Nujno je, da se določi maksimalna obremenitev vodnega telesa z onesnaževali kot tudi največje dovoljene količine za odvzem. Del zmogljivi-



Slika 127: Raba tal na prodni ravnici Ljubljanskega polja.

vosti vodnega telesa je obnovljiv in če je izkoriščanje nadzorovano, lahko dosežemo kontrolirano rabo v skladu z načeli trajnostnega razvoja. Kadar pa pride do čezmernega onesnaževanja in izkoriščanja vodnega vira, sta sanacija in doseganje prvotnega stanja težka, včasih tudi nemogoča.

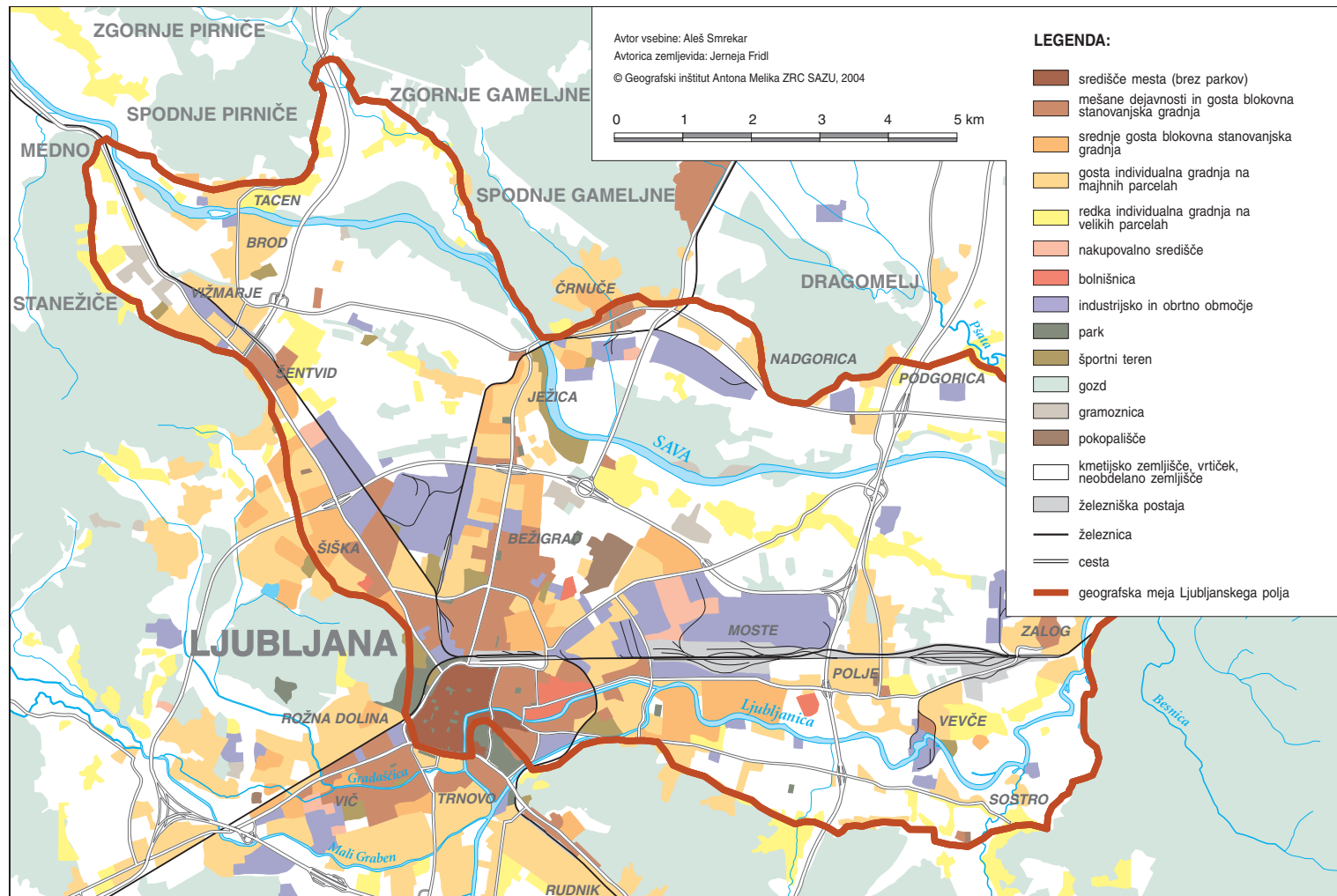
Okolje ima vitalno vlogo kot medij, kjer je voda. Točkovni in razpršeni viri onesnaženja so rezultat različnih dejavnosti. Vzrok ogroženosti vodnega vira je antropogeno povečana ranljivost podzemne vode oziroma spremenjena odzivnost okolja na človekove posege v sestavo in dinamiko okolja. Vsaka dejavnost ali poseg spreminja naravno okolje, isti poseg ima lahko različen učinek na posamezne elemente, zato je ogroženost vodnega vira v njegovih različnih delih različna.

13.1 RAZPOREDITEV MESTNEGA PROSTORA

Na Ljubljanskem polju je zelo heterogena raba mestnega prostora, ne samo posameznih mestih predelov, ampak celo uličnih blokov (Pak 2000). Kljub temu lahko opazimo zgoščevanje stanovanjske, oskrbno storitvene, izobraževalne ter zdravstvene rabe prostora na eni strani in industrije ter večjih manipulacijskih površin, namenjenih zlasti železniškemu prevozu, na drugi strani.

V ožjem mestnem središču, katerega večina je na Ljubljanskem polju, ki ga obdajajo na zahodu in severu železnica ter na vzhodu Njegoševa in Roška cesta s površino 232,2 ha prihaja do prepletanja različnih funkcij, kot so poselitve, uprava, oskrba, storitve in izobraževanje, ki izraziteje ne ogrožajo podtalnice.

Znotraj avtocestnega obroča (5544,1 ha) zasledimo poleg območij z zgoščevanjem teh funkcij še nekatera območja z drugimi namembnostmi. Večje je industrijsko območje v klinu med gorenjsko in kamniško železniško progo ter celo prek proge malce proti vzhodu (132,6 ha). Še obsežnejše (174,1 ha) je industrijsko območje, ki na severu in vzhodu sega skoraj do avtocestne obvoznice, na jugu pa do Zaloške ceste, vendar je presekano z obsežnimi železniškimi manipulacijskimi površinami (86,7 ha). Proti zahodu je industrijsko območje raztegnjeno vse do križišča Kolinske ulice s Šmartinsko cesto, čeprav je razbito z večjima območjema, namenjenima oskrbni (BTC s površino 45,8 ha) in stanovanjski (Zelena jama s površino 46,6 ha) funkciji. Večje površine, namenjene železnici, so še na osrednji železniški postaji in ob kamniški progi južno od Vodovodne ceste. Zdravstvene ustanove s površino 46,1 ha so zgoščene na območju Kliničnega centra in Bolnišnice dr. Petra Držaja. Poleg parkovnih in rekreacijskih



Slika 128: Mestna raba tal.

površin zlasti v Tivoliju, na Kodeljevem in Centralnega stadiona ter Športnega parka Ljubljana, moramo zaradi ogrožanja podtalnice oddvojiti še pokopališče Žale (35,7 ha) in neaktivno gramoznico – betonarno SCT jugozahodno od Tomačevskega krožišča. Celotno območje znotraj avtocestnega obroča s površino 4109,2 ha preprečuje skoraj tričetrtinsko neposredno odtekanje padavinske vode v podtalnico.

Zunaj avtocestnega obroča se na Ljubljanskem polju na 6334,0 ha srečujemo z bolj homogeno rabo prostora, ki marsikdaj že meji na ruralno, ali pa je vsaj suburbana. To je tudi prostor, ki bistveno bolj ogroža kakovost pitne vode v črpališčih, zaradi česar je skoraj dve petini zemljišč zavarovanih pred nenadzorovano rabo v vodovarstvenem območju, in sicer v najožjem in ožjem vodovarstvenem pasu (Uradni list Socialistične republike Slovenije 13/1988). Na poseljenih območjih na Ljubljanskem polju izven obroča (1194,4 ha), ki niso neposredno povezana z mestom (Medno, Stanežiče, Dvor, Zadobrova, Zalog, Kašelj, Ježa in Nadgorica zunaj ožjega vodovarstvenega pasu ter Tomačevo, Jarše, Obrije, Šmartno, Hrastje in Sneberje v ožjem vodovarstvenem pasu) prihaja do prepletanja urbanih in ruralnih funkcij, saj so bila to še pred nekaj desetletji, resda z manjšo površino, še povsem ruralna naselja, danes pa vse bolj izgubljajo ta pomen in večina od njih je tudi že formalno vključena v mesto Ljubljana. Industrijski objekti so z večjo površino resda le ob gorenjski železnici v Stegnah (57,1 ha) in južno ter jugovzhodno od Črnuč (88,3 ha), manjši pa tudi v Sentvidu, manj pa sta problematični industrijski območji pri Zalogu. Problem prvo omenjenih lokacij je v neposrednem vodnem zaledju črpališč pitne vode. Podtalnico zelo ogrožajo izkopi gramoza; na desnem bregu Save je jama (15,1 ha) pri Jaršah, na levem bregu pa kar dve (11,3 ha) neposredno ob Savi na Jarškem produ. Posebej moramo omeniti še obsežne površine na železniških postajah v Sentvidu in Zalogu.

*Slika 129: Mestne površine se vse bolj zajedajo v zelena območja Ljubljane, ki imajo pomembno vlogo pri varovanju podtalnice.*



ALEŠ SMREKAR

Slika 130: Nekdanja ruralna naselja danes vse bolj izgubljajo svoj prvotni pomen, pridobivajo pa obrtne in storitvene funkcije.

13.2 POSELITEV

Prvo urejeno odvajanje odpadne vode v Ljubljani je bilo v rimski Emoni. Kloake, zidani kanali, so bile napeljane v smeri zahod–vzhod in so se izlivala v Ljubljanico. V srednjeveški Ljubljani so odvajali odpadno vodo po jarkih in zidanih kanalih v reko Ljubljanico, na prodni ravni pa je odpadna voda ponikala (Kolar 1983).

Leta 1895 je Ljubljano prizadel hud potres, ki je porušil veliko stavb in skoraj vse hiše so bile poškodovane. Mesto so obnovili načrtno na podlagi urbanističnega načrta, ki je ob predeljevanju zazidalnih površin in oblikovanju podobe mesta urejal tudi oskrbo s pitno vodo, odvajanje in čiščenje odpadne vode ter ravnanje s padavinskimi vodami, saj so se zavedali, da je pri urejanju površin temeljni pogoj ureditev voda. Načrt je predvideval gradnjo zbiralnikov odpadne vode na levem in desnem bregu Ljubljanice ter gradnjo čistilne naprave na Kodeljevem, alternativno pa na Fužinah (Kolar 1983). Po prvi svetovni vojni sta bila zgrajena oba zbiralnika z izlivom v Ljubljanico za zapornico, čistilna naprava pa še danes ni dograjena.

V nasprotju z vodovodom, ki je takoj ob zgraditvi sistema v prvotnem obsegu pričel obratovati na podjetniški osnovi, je bila kanalizacija še mnogo let le oprema zemljišč in cest ter pri njenem upravljanju ni bilo tendence samodejnega razvoja. Ljubljana je dolgo časa služila kot glavni odvodni zbiralnik tako, da je njena onesnaženost pričela motiti prebivalce samega mesta.

V obdobju med letoma 1940 in 1990 se je mesto Ljubljana naglo širilo in v tem času so gradili vodovodno in kanalizacijsko omrežje za nove soseske, manj pozornosti pa so posvečali obstoječemu omrežju.

Ljubljanski kanalizacijski sistem je pretežno mešani (60 % omrežja), čeprav obstajajo tudi ločeni podsistemi samo za odpadno vodo (20 % omrežja) in samo za padavinsko vodo (20 % omrežja).

Sistem odvoda in čiščenja odpadne vode je kompleksen, kar pomeni, da mora delovati nemoteno, tako pri odvajanju kot čiščenju, pri vseh razmerjih pretoka odpadne in padavinske vode. Glede na razmere

Preglednica 24: Razvoj kanalskega sistema v Ljubljani med letoma 1917 in 2001 (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).

leto	dolžina (km)	kanalizirana površina (km ²)
1917	28	4,97
1945	105	10,76
1971	300	24,63
1985	593	45,61
2001	755	65,76

v mešanem kanalizacijskem sistemu, se pretoki na iztoku iz glavnega zbiralnika v obdobjih suhega in deževnega vremena, predvsem pa ob nalivih, lahko tako spreminjajo, da bi bilo nemogoče zagotoviti zanesljiv proces čiščenja (3.200–9.600 m³/uro), zato imata levo in desnobrežni zbiralnik razbremenilne prelive, prek katerih se preliwa razredčena odpadna voda v Ljubljano.

Primestna naselja, ki so bolj oddaljena od zbiralnikov, imajo svoje kanalizacijske sisteme in čistilne naprave. Na Ljubljanskem polju so trije takšni sistemi (Črnuče, Gameljne in Vižmarje-Brod).

Letna količina odpadne vode, ki se odvaža na čiščenje na lokacije čistilnih naprav, znaša 47,6 milijonov m³, od tega je 48 % komunalne odpadne vode iz gospodinjstev in industrije. Trenutno je v gradnji 2. faza Centralne čistilne naprave Ljubljana blizu izliva Ljubljanice v Savo s kapaciteto 360.000 PE, s čimer bo omogočeno kakovostno prečiščenje odpadnih voda in dvig kakovosti vode v Ljubljani iz trenutno III. do IV. kakovostnega razreda v II. kakovostni razred. Dograditev Centralne čistilne naprave je predvidena do leta 2006 in bo omogočila tudi dograditev kanalizacijskega sistema v Ljubljani in priključitev nanj še nekaterih perifernih območij v sosednjih občinah.

Odlok o varstvu pitne vode (Uradni list SRS, 13/1988) navaja, da je v varstvenih pasovih obvezno graditi nepropustno javno in interno kanalizacijo, prepovedano pa je graditi ponikovalnice za odpadne



Slika 131: Nekateri obrati vse bolj uporabljajo zaprte sisteme kroženja vode, kot na primer avtopralnice in s tem pripomorejo k manjši porabi in onesnaženosti vode.

Preglednica 25: Značilnosti kanalizacijskega sistema na Ljubljanskem polju (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).

kanalizirana površina	6.160 ha	cestni požiralniki	26.000
dolžina kanalizacije	947 km	razbremenilniki na mešanih	
• mešani kanali	469 km	kanalih (v odvodnikih)	79
• odpadni kanali	192 km	črpališča (kapaciteta 10–320 l/s)	46
• padavinski kanali	580 km	centralna čistilna naprava	1
priključki	26.844	krajevne čistilne naprave	14/22.000 PE
revizijski jaški	30.662		

vode. Na območju varstvenih pasov vodnega vira mesta Ljubljane je večina objektov priključena na kanalizacijsko omrežje. Za celotno Mestno občino Ljubljana, predvsem za primestna območja, velja ugotovitev, da od objektov, ki so priključeni na vodovodno omrežje, jih približno tretjina ni priključena na kanalizacijsko omrežje, na Ljubljanskem polju pa znaša ta delež okoli 10 %. Do te anomalije je prišlo zaradi neusklajenosti razvoja stanovanjske zazidave in nepravočasnega in pomanjkljivega komunalnega opremljanja stavbnih zemljišč, nezakonite pozidave in razpršene gradnje. Še vedno se dopušča graditev objektov brez kanalizacije z interpretacijo, da je odvod odpadne vode mogoče organizirati (začasno, do zgraditve kanalizacije) z odvozom iz neprepustnih greznic. V greznicah poteka mehanski del »čiščenja«, deloma pa tudi biološki del na anaerobni način, kar pa ne zagotavlja čiščenja do predpisane mere. Običajno se greznica konča z odtokom v okolje, kar pa je lahko dolgoročno pomemben vir onesnaženja. Neprepustnost greznic na varstvenih pasovih je problem, ki je izpostavljen že desetletja. Na čistilno napravo se s cisternami pripelje iz 11.000 nepriključenih objektov le okrog 20.000 m³ odpadne vode, morali pa bi jih 3.300.000 m³ (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).

Zavedati se moramo, da nekateri uporabniki greznic tudi po priključitvi objektov na kanalizacijsko omrežje ne izpraznijo, očistijo, dezinficirajo in zasujejo greznico, ampak povežejo na kanalizacijo. V tem primeru tudi tesno kanalizacijsko omrežje ne služi svojemu namenu, saj nevarna potencialna mesta onesnaženja še vedno obstajajo.

Po nepopolnih podatkih iz začetka 90-ih let 20. stoletja je bilo v Ljubljani okrog 7000 cistern za kurilno olje, s skupno prostornino skladiščenih tekočin približno 94,5 milijona litrov (Karpe 1991), kar predstavlja količino, ki je enaka količini pitne vode, ki jo v Ljubljani porabimo v treh letih in pol. Kljub večkratnim poskusom izdelave registra in nadzora nad njihovo neoporečnostjo še danes nista narejena strategija nadzora in predlog zamenjave neustreznih cistern. Večina cistern je bila izdelana v obdobju od 1971 do 1980 in številne izmed njih so neustrezno vgrajene, niso v neprepustni lovilni skledi ter so tako potencialen vir onesnaženja podtalnice s kurilnim oljem, ki se lahko vsak trenutek spremeni v aktiven vir. Iz terenskega eksperimenta dobljena hitrost pronicanja kurilnega olja v prodnem zasipu namreč znaša 3,3 cm/min oziroma približno 2 m/uro (Prah, 1978).

Odlok o varstvu virov pitne vode (Uradni list SRS 13/1988) dovoljuje postavljati cisterne s prostornino do 5,0 m³, vendar predpisuje obvezno predhodno testiranje. Pod posebne ukrepe v odloku je predpisano, da morajo lastniki cistern za kurilno olje prostornine do 5 m³ imeti vse cisterne prijavljene in vpisane v kataster. Osnutek smernic za sanacijo varstvenih pasov vodnih virov v Ljubljani (Karpe 1991) je predvidel kar nekaj ukrepov, ki bi pripomogli k nadzoru nad obstoječim stanjem, seveda če bi se izvajali.

13.3 PROMET

Promet vedno bolj vpliva na stanje okolja, saj gre za obsežne gradbene posege v prostor, ki trajno spremenijo pokrajino ne le z estetskega vidika, ampak tudi ogrožajo različne pokrajinsotvorne sestavine, pri čemer voda ni izjema. Površinske vode preusmerjajo, padavinski vodi pa ne omogočajo razpršene-ga vertikalnega prenikanja v podzemno vodo. Promet stalno onesnažuje okolje, zato pri njegovem

vrednotenju kaže opozoriti na padavinsko izpiranje cestišč, ki zajema razpadline cestne površine (cestni prah), izcedke motornih vozil – oglikovodiki (goriva in maziva), izpušne emisije motorjev (saje, svinec), izrabe avtomobilskih gum (kadmij, cink), izgube tovora vozil in sol zaradi zimskega posipanja cest. Najpomembnejši je cestni prah in nanj vezane izpušne saje (toksične težke kovine, zlasti svinec) ter ostanki avtomobilskih gum, ki vsebujejo cinkove okside (toksični cink) (Balaban 1998, po Christensen, Guinn 1979). Poleg vsakodnevnega obremenjevanja podtalnice je lahko mnogo usodnejše razlitje različnih snovi s tovornih vozil in njihovo hitro prenikanje.

Onesnaženje prsti in vegetacije je zelo močno neposredno ob voznem pasu; v Ljubljani ob večjih prometnicah onesnaženje s svincem doseže večkratno maksimalno dopustno količino. Z oddaljenostjo od cestišča vrednosti strmo padajo; v pasu od 30 do 50 m vsaj ena od onesnažujočih snovi presega mejne koncentracije; v pasu od 50 do 100 m pa vrednosti dosežejo konstantno vrednost.

Povišane koncentracije svinca so v površinskem sloju, kjer se anorganski svinec močno adsorbira na organske in anorganske koloide in tvori netopne kelate. Promet prispeva k povečanju koncentracij težkih kovin v tleh (svinec, cink, baker, nikelj, kadmij, krom) in prispeva 80 % celotnega onesnaženja atmosfere s svincem.

Ljubljana ima zgrajeno cestno infrastrukturo omrežje v krakasti obliki z osmimi mestnimi vpadnicami, ki se stekajo v središče mesta, od katerih jih je na Ljubljanskem polju pet (Celovška cesta, Dunajska cesta, Šmartinska cesta, Zaloška cesta in Litjska cesta) in z obvoznico, ki je 3,5 km oddaljena od središča mesta in povezuje te krake. Ljubljana je za cestno infrastrukturo porabila že do začetka devetdesetih let 20. stoletja kar 840 ha (Špes, Lampič, Smrekar 1995).

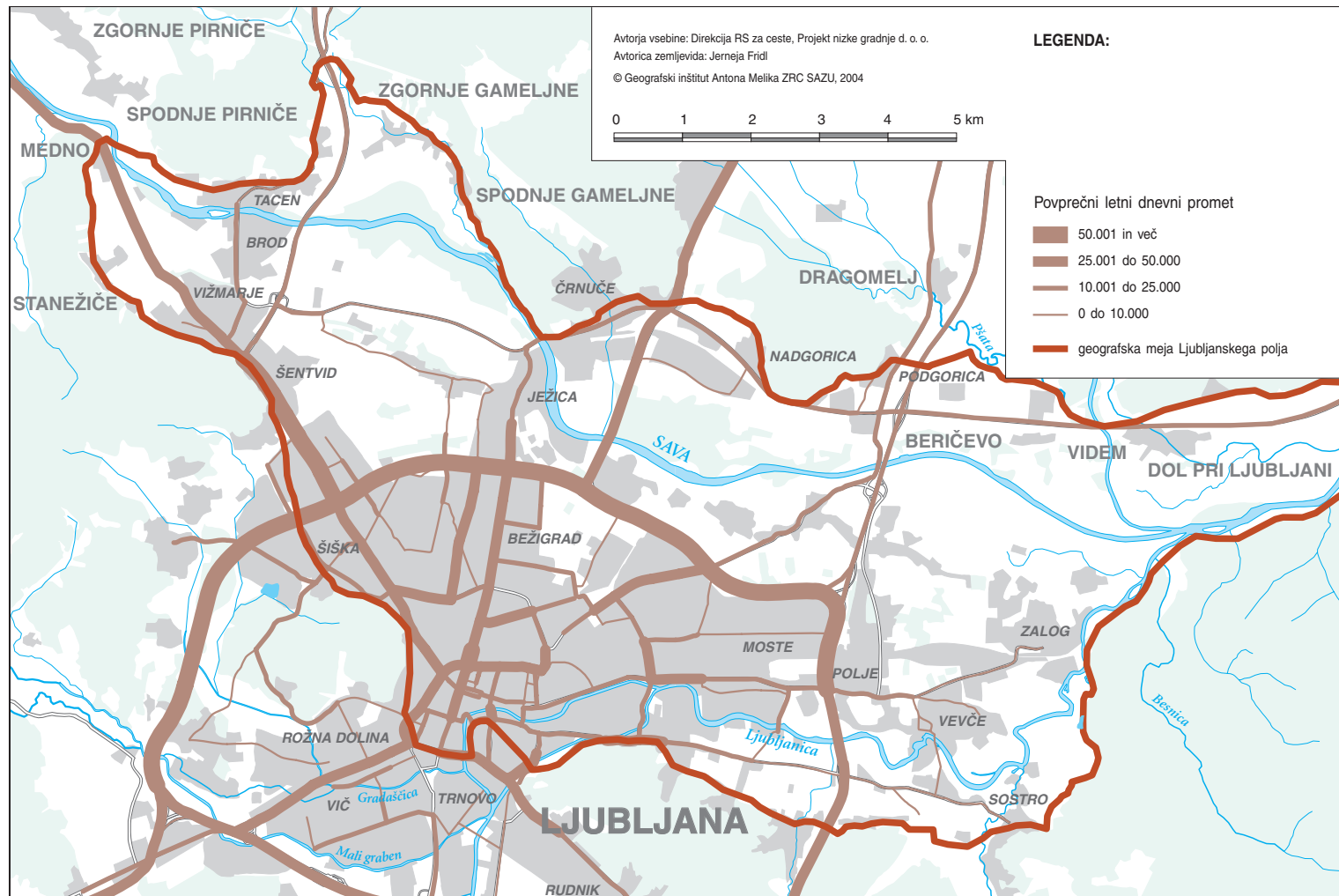
Razvoj cestne infrastrukture, rast motorizacije, vedno večji nered pri divjem parkiranju osebnih vozil, nižji nivo storitev pri javnem potniškem prometu ... vodijo v večjo uporabo osebnih vozil. Prometni tokovi skozi Ljubljano vedno bolj naraščajo, tako krajevni, ki dušijo predvsem mestno središče, kot tudi daljinski medkrajevni. Slednji obremenjujejo predvsem cestni obroč okoli mesta, ki na severnem delu poteka tik ob ožjem vodovarstvenem pasu črpališč pitne vode v Klečah in Hrastju.

V Ljubljani je bilo leta 2000 registriranih skoraj 125.000 vozil, kar pomeni en osebni avto na 2,2 prebivalca prestolnice. Vsaj 35.000 prebivalcev Ljubljanske urbane regije vsak dan potuje v Ljubljano z osebnim avtomobilom. Glede na nizko povprečno zasedenost osebnih vozil v Sloveniji (1,3 človeka na vozilo), pomeni, da se samo iz regije na dan pripelje v mesto okoli 25.000 vozil (Gabrovec, Pavlin, Sluga 2000).

Celodnevne prometne obremenitve so v devetdesetih letih 20. stoletja skokovito naraščale, v zadnjih letih pa je kljub vsemu opaziti umirjanje. Novejši podatki (Promet 2002 2003) so na voljo za ljubljansko obvoznico in nekatere vpadnice v mesto (državne ceste). Tako lahko opazimo, da je na obvoznici, ki meji na ožji vodovarstveni pas, povprečni letni dnevni promet med približno 51.000 in 76.000 vozili z najbolj

Preglednica 26: Povprečni letni dnevni promet na nekaterih državnih cestah na Ljubljanskem polju (Promet 1998 1999; Promet 2000 2001; Promet 2002 2003).

cestni odsek	1998 – vse	2000 – vse	2002 – vse	2002 – tovorni promet
Koseze–Celovška cesta	65.000	60.920	64.000	7.960
Celovška cesta–Dunajska cesta	55.749	54.330	53.182	5.288
Dunajska cesta–Tomačevo	60.000	63.900	76.000	8.366
Tomačevo–Šmartinska cesta	26.000	45.000	61.492	6.774
Šmartinska cesta–Zadobrova		31.852	51.206	5.198
Zadobrova–Zaloška cesta	24.000	33.088	54.000	5.306
Zaloška cesta–Litjska cesta		27.000	46.000	5.682
obvoznica na Celovski cesti–Šentvid			58.553	4.325
Tomačevo–Brnčičeva cesta			36.500	4.402
Šmartinska cesta–Šentjakob			11.790	599



Slika 132: Prometna obremenjenost (Promet 2002 2003, Prometna analiza ... 1999).

obremenjenim odsekom med Tomačevim in Dunajsko cesto, kar je sploh največja koncentracija prometa ne le v Ljubljani, ampak v vsej Sloveniji. Največji porast prometa pa je na nazadnje odprti vzhodni obvoznici. Čeprav je tovorni promet po številu manj obsežen, ga z vidika potencialnega onesnaženja z izlivi nevarnih snovi nikakor ne smemo zanemariti in tako se na obvoznici giblje med 5.200 in 8.400 vozil na dan.

Od vpadnic v mesto je daleč najbolj obremenjena Celovška cesta s skoraj 60.000 vozili na dan, na srečo pa poteka v širšem vodovarstvenem pasu, tako velika obremenjenost je posledica še nezgrajenega odseka avtoceste med Šentvidom in Kosezami. Precej manj prometa poteka tako po Dunajski cesti med obveznico in Črnučami, ki sicer leži v širšem vodovarstvenem pasu, vendar med dvema ožjima pasovima kot tudi na vpadnicah, ki ležijo prav v ožjem vodovarstvenem pasu. Tako je bolj obremenjena Štajerska cesta s 36.500 vozili na dan, precej manj pa Šmartinska cesta s povprečno manj kot 12.000 vozili na dan.

Območje glavnih cest proti Bežigradu in Šiški je po sicer starejših podatkih (Prometna analiza cestnega omrežja Ljubljane 1999), vendar edino dostopnih, prav tako zelo obremenjeno, saj je na obeh vpadnicah po okoli 40.000 vozil na dan. V ožjem mestnem središču je manj prometa, kar je posledica zmanjšane prepustnosti cest.

Nujno bi bilo preusmeriti krajevni osebni promet na sodoben mestni potniški prevoz. Žal pa je nekonkurenčen, ker mestni avtobusi vozijo praviloma po mešanih vozniških površinah in je njihov potovalni čas tudi do 30 % daljši kot pri vožnji z osebnimi avtomobili (Špes, Cigale, Lampič 2002).

Precej manj od cestnega je izkoriščeno železniško omrežje, saj se tudi večina tranzitnega tovarnega prometa še vedno vali po cestah. Problematična je predvsem bistveno večja verjetnost cestnih kot železniških nesreč in možnih izlitij nevarnih snovi v vodonosnik. Kljub vsemu so na postajah v Ljubljani leta 2003 natovorili 568.270 ton, razložili pa 1.225.648 ton ter odpeljali 1.949.841 potnikov (Slovenske železnice 2004).

Tudi železniško omrežje je zasnovano podobno kot cestno in tako po Ljubljanskem polju potekajo železniške proge z osrednje postaje proti vsem koncem Slovenije. Bistveno vplivajo na razmere na Ljubljanskem polju proge proti Jesenicam, Kamniku in Zidanemu Mostu, manj pa proti Postojni in Novemu mestu oziroma Kočevju. Zlasti prvi dve sta problematični, saj potekata njuni trasi po robu ožjega vodovarstvenega pasu črpališč Šentvid in Kleče, ves tovorni promet pa poteka skozi središče Ljubljane, celo prek železniške potniške postaje, kar povečuje možnost nesreč. Ne gre le za možno izlitje snovi ob morebitnih nesrečah, ampak tudi za obsežne površine prog in tudi železniških postaj v Ljubljani, kjer je zatiranje plevelov s herbicidi še vedno najbolj razširjen ukrep za zatiranje vegetacije (Simončič 2004). V preteklosti so se v ta namen uporabljala fitofarmacevtska sredstva, ki so neposredna grožnja kakovosti okolja in podtalnici. Do leta 1990 so škropile železniške tire v Sloveniji hrvaške železnice, pri čemer so uporabljali pripravke, kot so Amitrol, Arsenal, Atrazin, Hyvar-X in Ustinex special. Nekatere aktivne snovi, ki izhajajo iz teh pripravkov, so še danes prisotne v podtalnici na Ljubljanskem polju (diuron), čeprav je od zadnje uporabe preteklo že več kot 12 let. Od leta 1995 se v Sloveniji uporabljajo za zatiranje vegetacije na železnici le še pripravki na podlagi glifosata in glufosinata, ki ne pomenita povečanega tveganja za podtalnico in pitno vodo.

13.4 POKOPALIŠČA IN PARKOVNO-ŠPORTNE POVRŠINE

Pokopališča in parkovno-športne površine na prvi pogled sicer nimajo veliko skupnega, vendar prav vsa ta zemljišča čezmerno škropijo s herbicidi, v parkih in na nekaterih športnih površinah pa uporabljajo tudi prevelike količine mineralnih gnojil z neustreznimi razmerji, ker želijo upravljalci obiskovalcem povečati doživljajsko vrednost objektov.



ALEŠ SMREKAR

Slika 133: Pokopališča in parki so zelo intenzivno »obdelovani« s pesticidi.

V ožjem mestnem središču so skupne parkovne površine sicer majhne, vendar so nedvomno zelo intenzivno »obdelovane« s pesticidi in gnojili, saj so redno vzdrževane, še zlasti cvetno-grmovni sestoji. Znotraj avtocestnega obroča so na Ljubljanskem polju obsežnejši park Tivoli, športnorekreativna objekta Centralni stadion in Športni park Ljubljana ter največje ljubljansko pokopališče Žale na površini kar 35,7 ha. Zunaj avtocestnega obroča je poleg nekaj manjših pokopališč še obsežnejše športnorekreativno območje med Dunajsko in Štajersko cesto na levem bregu Save zlasti z avtokampom in hipodromom deloma v drugem vodovarstvenem pasu črpališča Hrastje.

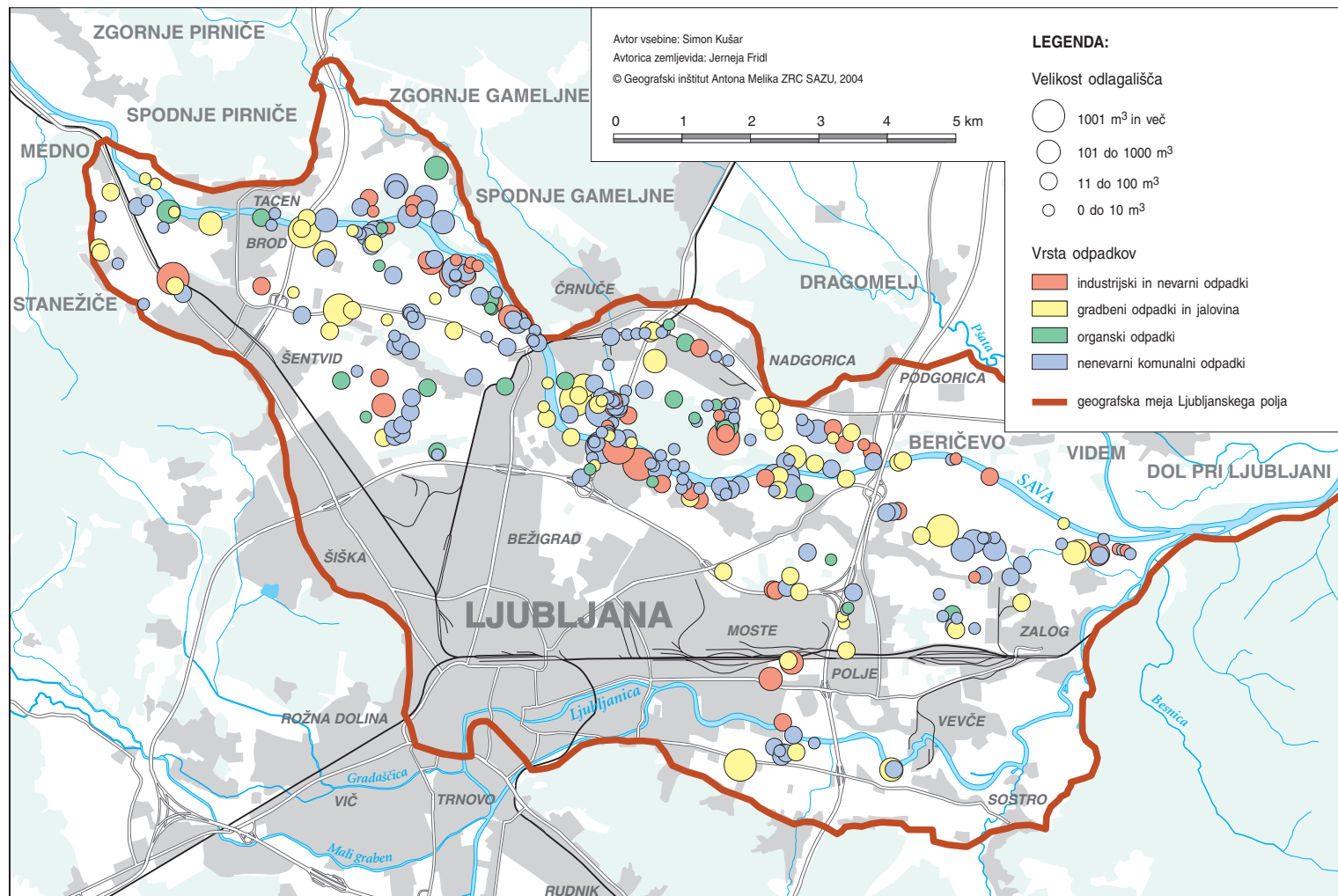
Za vzdrževanje urejenih površin na pokopališčih so v bližnji preteklosti uporabljali pripravek za zatiranje plevela casoron G, ki vsebuje herbicid diklobenil, katerega razgradni produkt, 2,6-diklorobenzamid, se je leta 2001 v večjih koncentracijah pojavil v podtalnici Ljubljanskega polja. Herbicid je mobilen in se relativno hitro odstrani iz podtalnice. Leta 2002 je bila izdana administrativna prepoved uporabe tega pripravka (Uradni list Republike Slovenije 23/2002) in rezultati dvoletnega intenzivnega spremljanja koncentracij kažejo na bistveno izboljšanje kakovostnega stanja podtalnice.

13.5 NEUREJENA ODLAGALIŠČA ODPADKOV IN GRAMOZNICE

Neurejena odlagališča odpadkov negativno vplivajo na vrsto pokrajinskih elementov in dejavnosti. Onesnaženje podzemne vode je ocenjeno kot ena glavnih možnih posledic neurejenih odlagališč odpadkov (Europe's environment 1998). Seveda je težko oceniti, kolikšen delež skupnega onesnaženja podtalnice pomenijo ta na Ljubljanskem polju.

Popis je bil izveden na neurbaniziranem delu Ljubljanskega polja leta 2000 (Kušar 2000), vendar ga vseeno vključujemo v omenjeno poglavje, saj je iz pridobljenih podatkov razvidno, da so odpadki

Slika 134: Neurejena odlagališča odpadkov (Kušar 2000).



skoraj povsem urbanega izvora. Evidentiranih je bilo 359 odlagališč na 16,3 hektarjih z oceno, da je skupno odloženega okoli 84.000 m³ odpadnega materiala. Večina odlagališč je manjša, vendar je kar 14 odlagališč večjih od 1.000 m³, na največjem je celo 15.000 m³ odpadkov. Klub majhnemu deležu od vseh divjih odlagališč je na največjih odloženega skoraj 80 % vsega materiala. Torej je za Ljubljansko polje značilno veliko število majhnih in malo število velikih neurejenih odlagališč odpadkov, kar je v nasprotju s trditvijo, da imajo v Sloveniji daleč največji delež odpadkov najmanjša odlagališča (Šebenik 1994).

Največji delež odloženih odpadkov so izkopen material, jalovina (47 %) in gradbeni material (32 %). Problem je, ker omenjeni odloženi odpadki »privlačijo« druge odpadke, kar dokazuje velik delež odlagališč s heterogeno sestavo (71 %). Industrijskih odpadkov naj bi bilo le 925 m³, nevarnih odpadkov pa 683 m³. Količine so resda majhne, vendar gre za odpadke, ki lahko znatno ogrožajo podtalnico.

Zaskrbnjuje je, da je bilo leta 2000, ko je bil opravljen zadnji popis (Kušar 2000), kar dve tretjini aktivnih odlagališč in od vseh kar 77 % takšnih, ki niso bila evidentirana na istem območju štiri leta pred tem ob popisu podjetja Oikos (Popis odlagališč odpadkov v Mestni občini Ljubljana 1996). Vse to kaže, da je kljub vse boljše organiziranemu odlagališču odpadkov na Barju še vedno ali pa je vsaj pred nedavnim bilo zelo prisotno oziroma celo v porastu odlaganje na divjih odlagališčih odpadkov.

Večina odlagališč je vzdolž reke Save na levem bregu in zlasti na Jarškem produ tudi na desnem bregu reke. Še zlasti so vabljeni robovi in ježe teras ter gramoznice. Polovica odlagališč odpadkov je v drugem, ožjem vodovarstvenem pasu, kjer je izrecno prepovedano njihovo odlaganje (Uradni list Socialistične republike Slovenije 13/1988).

Neznano število neznanih lokacij z neznano sestavo tudi že izpred nekaj desetletij zasutih gramoznic, z velikimi količinami komunalnih in industrijskih odpadkov je poseben problem, ki vsekakor ogroža podtalnico, saj vanjo odteka izcedne vode. Tudi načrtno urejane gramoznice med zasipanjem pritegujejo divje odlagalice, da tja vozijo odpadke, ki se ob strojnem ravnanju zmešajo z za zasipanje ustreznim materialom. Največ je seveda opuščenih in nezavarovanih gramoznic, ki kar »kličejo« k nenačrtnemu odlaganju odpadkov. Ob popisu je bilo v gramoznicah evidentiranih okoli 30 odlagališč s 15.401 m³ ali skoraj petino odpadkov (Kušar 2000). Gramoznice torej ne pomenijo samo potencialnega obremenjevanja zaradi zmanjšane debeline krovne plasti, temveč z novo namembnostjo tudi dejansko še mnogo nevarnejše obremenjevanje.

Na Ljubljanskem polju sega izkoriščanje proda in peska v gradbene namene v zgodnja petdeseta leta dvajsetega stoletja. Ljubljansko polje je vir kakovostnega proda in lokacije gramoznic so bile zunaj strnjene urbanega območja in varstvenih pasov vodnih virov, saj teh v tem obdobju še ni bilo.

Na območju Ljubljanskega polja imamo štiri legalne gramoznice večjega obsega z znanimi lastniki (Strgar 2000):

- Gramoznica Stanežiče je na severnem delu zahodnega obrobja pleistocenske terase med naseljema Guncle in Stanežiče. Gramoznica je bila aktivna že leta 1958, načrtovana globina odkopavanja je bila kota 312,8 m, odkopali so okoli 2.800.000 m³ proda in peska. Nivo podtalnice na tem območju niha med 290 in 295 m. Gramoznica je že pretežno izčrpana in delno sanirana in rekultivirana (kmetijska zemljišča, rekreacijske površine).
- V gramoznici ob Savi, na območju Dovježa, kjer je predelovalni obrat mineralnih agregatov podjetja SGP Grosuplje. Do leta 1990 so pridobivali recentni prod in pesek kot gradbeni agregat iz struge reke Save.
- Gramoznica jugozahodno od krožišča v Tomačevem že dolgo ni več aktivna, proizvodnja je bila ustavljena pred letom 1990. Podjetje SCT je odkopavalo mlajši kvartarni prod in pesek ter imelo separacijo z betonarno in ostalimi spremljajočimi objekti. Na 12 ha in s povprečno globino okoli 8 m so odkopali 1 milijon m³ prodno peščenega zasipa.
- Gramoznica Obrije je začela z obratovanjem leta 1952. V gramoznici so na okoli 18 ha odkopali okoli 1,5 milijona m³ proda in peska mlajše kvartarne starosti. Sedaj je gramoznica v fazi sanacije.



Slika 135: Neurejena odlagališča odpadkov v opuščenih gramoznicah so zelo blizu gladine podtalnice.

Odvzem gramoza na prispevnem območju vodarn ogroža kakovost podzemne vode z več vidikov:

- zmanjšane debeline nenasičene cone oziroma posledično zmanjšanje ali trajno uničenje varovalne krovne plasti,
- zasipavanje izkopa z materialom nekontroliranega porekla (gradbeni material, komunalni odpadki, kmetijski odpadki, nevarni industrijski in gospodinjski odpadki),
- velika potencialna nevarnost so gradbeni stroji, ki izvajajo izkop in tovarnjaki, ki odvažajo prod in pesek, saj obstaja nevarnost onesnaženja z naftnimi derivati in oljem.

Dejstvo je, da se je izkoriščanje mineralnih surovin izvajalo v preteklosti precej nenačrtno, negospodarno, slabo organizirano in kot takšno škodljivo za okolje, še posebej z negativnim vplivom na podtalnico. Temeljno načelo pred odpiranjem gramoznic je, da je vnaprej določena končna namembnost prostora po zaključku izkoriščanja. Pri tem je treba doseči čim boljše vključevanje v naravno okolje in zmanjšati vplive na kakovost vodnih virov.

13.6 SKLEPI

Ljubljana se je v zadnjem stoletju izjemno razvila in povečala urbane površine, vse bolj se zajeda zlasti na lahko obvladljivo ravnino Ljubljanskega polja. Številne dejavnosti, še posebej pereča sta industrija in promet, požirajo obsežne površine. Prav industrija in promet tudi z nesrečami pomenita nenehno potencialno grožnjo okolju.

Na neurbaniziranih območjih, zlasti vzdolž Save, imamo številne divje gramoznice, v katerih je le še nekaj metrov ali pa celo manj do podtalnice, vsepovsod je ogromno neurejenih odlagališč odpadkov. Skratka, tudi neurbanizirani deli Ljubljanskega polja vse bolj trpijo posledice mestnega načina življenja.

Integrirano gospodarjenje z vodnim virom na njegovem celotnem prispevnem območju je učinkovit način nadzora nad količinami in kakovostjo. Kadar prispevno območje obravnavamo kot celoto, lahko

takšna obravnava pomeni koordinacijo in dialog med različnimi vpletenimi stranmi. Za učinkovito upravljanje vodnega vira, ohranitev in izboljšanje kakovosti podzemne vode ter ohranitev njenih količin je potrebno sodelovanje strokovnih krogov, upravitelja vodnega vira, odjemalcev pitne vode in porabnikov prostora na območju vodonosnika. Upravitelj in skrbnik vodnih virov je odgovoren za kakovost pitne vode in predstavlja stran, ki je najbolj seznanjena s problemi in naj bi upoštevala nova spoznanja v praksi. Je na stičišču med znanostjo, zakonodajo in politiko in lahko posreduje pomembne informacije pri iskanju rešitev.

V skrbi za zdravstveno ustrezno pitno vodo in učinkovito upravljanje z vodnim virom moramo upoštevati medsebojne vplive različnih urbanih rab prostora. Širok spekter kemijskih in bioloških snovi, prisotnih v okolju, škodljivo vpliva na človekovo zdravje in zato je pomembno, da se vzpostavi politika nadzora glede na dejavnosti, ki se odvijajo na vodonosniku in vplivajo na kakovost podzemne vode. Vedno večje zavedanje javnosti in njena udeležенost sta pomembna elementa politik in akcij za zaščito kakovosti podzemne vode.

Kakovost podzemne vode Ljubljanskega polja kaže na veliko sposobnost na izenačevanje negativnih vplivov, ki jih povzročajo različne urbane rabe prostora. Vendar naraščanje koncentracij nekaterih onesnaževal v podzemni vodi kaže, da se bližamo mejam obremenitev, ki jih ta prostor še prenese. V prihodnje moramo premišljeno in nadzorovano posegati v prostor, saj lahko le tako ohranimo kakovostno podtalnico.

Zmanjšanje obremenitev okolja, umiritev prevoza z osebniimi avtomobili, izboljšanje prometa z javnimi prevoznimi sredstvi, ekosistemsko pretehtana pokrajinska raba, umiritev suburbanizacije, izboljšanje privlačnosti bivanja v mestnem središču, ohranjanje primerne kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja so temeljne sestavine kurativne in preventivne sonaravne prostorske politike Ljubljane (Plut 2002).

14 ZASEBNI VODNJAKI

Zaradi zgoščanja najrazličnejših dejavnosti se predvsem v mestnih aglomeracijah praviloma pojavljajo navzkrižni interesi. Eno od najbolj izrazitih sodobnih nasprotij je na relaciji kmetijstvo – varovanje virov pitne vode. Vedno večja intenzifikacija kmetijstva kot osnovne dejavnosti in vrtničarstva kot dopolnilne dejavnosti prebivalcev zahtevata vse večje količine kakovostne vode za namakanje zemljišč. Glede na opozorila o napovedovanih podnebnih spremembah bo namakanje vedno pomembnejši ukrep proti suši.

Informacije o vodnjakih v zasebni lasti so izredno dragocene, saj občasno ali ob nenadnih nesrečah omogočajo nadzor nad kakovostjo podzemne vode tudi na območjih, ki sicer niso stalno vključena v monitoring podzemne vode. Ljubljansko polje je za izkoriščanje podtalnice v zasebne namene primerno, saj je podzemna voda v globlinah do 30 m, predvsem na obrobjih ravninskih delov in ob reki Savi pa le nekaj metrov pod nivojem terena.

Vodnjaki, ki niso registrirani in zato tudi ne nadzorovani, predstavljajo točke potencialnega onesnaženja podtalnice, saj niso izvedeni v skladu z zahtevami stroke.

Pregledali smo območje (Popis vodnjakov ... 2004), ki leži na vodovarstvenem območju črpališč pitne vode na Ljubljanskem polju, in podrobno popisali vodnjake ter s sodobno tehnologijo geografskih informacijskih sistemov (GIS) prikazali njihove temeljne lastnosti. Za boljše razumevanje tematike smo podrobneje osvetlili tudi nekatere značilnosti lastnikov oziroma najemnikov teh objektov.

Razlikujemo tri glavne vrste vodnih zajetij (Šolc 1967).

Kopani vodnjaki, izdelani s kopanjem in obzidanjem sten, veljajo za najstarejšo vrsto vodnjakov; izdelovali so jih že Rimljani. Pomembno pri njihovi izdelavi je preprečiti vdor nečiste vode v vodnjak, kar se lahko zgodi s posodo za dviganje vode, skozi nepokrito glavo vodnjaka, s padavinsko vodo, ki se nabira v vdolbini okrog vodnjaka in pronica ob njegovi steni navzdol ali skozi prepustno steno, ter s površinsko vodo ob poplavih od zgoraj, prek prenizko postavljenega oboda glave vodnjaka. Izkušnje uče, da ostanejo organske snovi, ki prodrejo skozi prepustno plast, v zgornjih plasteh podtalnice. Zato morajo biti vodnjaki dovolj globoki, da zajemajo samo globlje plasti podtalnice. Pri tem je treba upoštevati, da se pri močnem črpanju vode iz vodnjaka gladina podtalnice okoli vodnjaka nekoliko zniža. Kopani vodnjaki so primerni za črpanje vode iz globine nekako od 7 do 80 m. Njihova prednost je v velikem premeru, kar omogoča postavitev električnih črpalk v jašku. Slabi strani sta visoka cena, zlasti pri večjih globlinah, in, kljub upoštevanju higiensko-tehničnih predpisov možnost okužbe vode od zgoraj.

V polpretekli dobi so za zelo primerne pri individualni oskrbi z vodo iz podtalnice z gladino do 7 m pod površjem veljali **zabiti vodnjaki**, imenovani tudi Nortonovi ali abesinski vodnjaki. Pri njih se v tla zabije jeklena cev z do 60 mm premera. Cev je na koncu opremljena z močno konico, nad njo pa je cev na gosto navrtana v dolžini okrog en meter, tako da lahko vanjo vteka podtalnica. Na njenem vrhu je privita ročna črpalka. Tla okrog cevi morajo biti betonirana in nagnjena proč od zajetja. Glavni prednosti zabitih vodnjakov sta nizka cena ter lahka in hitra montaža, izvedljiva v vsakem vremenu, glavni slabosti pa nevarnost zamrzovanja ter obraba povratnega ventila in bata, zato črpalka ne potegne, če se vanjo od zgoraj ne nalije vode, ki pa je lahko onesnažena.

Za črpanje podtalnice iz večjih globin so primerni **vrtani vodnjaki**, ki veljajo tudi za higiensko najmanj oporečno vrsto vodnjakov. Tovrstne objekte se izdelava z vrtanjem navpičnih vrtin s premerom med 15 in 100 cm. Za vrtanje se uporabljajo posebni svedri, pri čemer v izvrtino sproti potiskajo jekleno cev, da se stene ne rušijo. Da se vodnjak ne napolni s peskom, ki ga prinaša voda, se v spodnji konec izvrtine potisne gosto preluknjan filter, ki mora biti tako dolg kot vodonosna plast, da voda lahko vteka v vodnjak čim hitreje. V sodobnosti se vrtani vodnjaki uporabljajo tudi za tako imenovane geosonde (Tavčar 2003), namenjene ogrevanju in hlajenju prostorov. Gre za okrog 100 m globoko vrtino s premerom 14 cm, na dnu katere se voda v polietilenskih ceveh segreje na približno 10 °C. Toplotna črpalka, ki deluje na elektriko, vodo za ogrevanje prostorov in/ali sanitarne vode segreje na 35 ali 55 °C, pri čemer s porabljenim kilovatom električne energije nastanejo vsaj trije kilovati toplote. Za potrebe hlajenja toplotni črpalki vode ni treba dodatno segrevati, temveč jo le poganja po sistemu. Ta je zaprt, zato ne vpliva na kakovost podtalnice.

14.1 METODE DELA

Popis obsega pripravo, zbiranje, vrednotenje, analiziranje in publiciranje želenih podatkov, ki se v določenem času nanašajo na vse iskane subjekte oziroma objekte na določenem območju. Temeljne zahteve popisa so individualni pristop, univerzalnost znotraj določenega območja in sočasnost.

Izdelava popisnega lista je bila kompleksna, saj je bilo treba določiti takšno vsebinsko zasnovo, s katero je bilo mogoče odgovoriti tako na bistvena vprašanja o značilnostih popisanih objektov, rabi vode iz vodnjakov, kot tudi na povezanost z uporabniki vode iz teh objektov in njihovim odnosom do okolja. Popisni list je bil sestavljen iz 57 vprašanj s številnimi podvprašanji. Vprašanja so bila zastavljena tako, da je bilo mogoče zagotoviti kar najboljše odgovore. Sestavljen je iz naslednjih vsebinskih sklopov:

- natančna lokacija vodnjaka v zasebni lasti;
- socioekonomske značilnosti lastnika oziroma uporabnika objekta;
- vrsta objekta, obdobje izdelave, velikost in stanje objekta;
- hidrološki parametri;
- količina načrpane vode in namembnost njene uporabe;
- lega objekta glede na njegovo okolico;
- urejenost dokumentacije za izdelavo objekta;
- pripravljenost uporabnikov na opravljanje analiz kakovosti vode v objektih.

Pred odhodom na teren smo poskušali pridobiti različne baze podatkov, predvsem zato, da bi popisovalce lahko usmerili na čim več predvidenih lokacij. Tako smo pregledali podatke z avstroogrskih topografskih kart v merilih 1 : 75.000 in 1 : 100.000, s kart iz časa Kraljevine Jugoslavije v merilu 1 : 50.000 ter iz po 2. svetovni vojni nastalega kartografskega gradiva v merilih 1 : 50.000 in 1 : 25.000. Na kartografskem gradivu so zasebni vodnjaki označeni le izjemoma.

Pridobili smo tudi del popisa Preskrba mesta Ljubljana z vodo s privatnimi vodnjaki v vojnem času (1941), ki zajema zdajšnje širše središče mesta. Žal so ohranjene samo natančne lokacije za vodne objekte, ki naj bi takrat bili »potrebni renoviranja«. Nismo pa uspeli pridobiti seznamov takrat še urejenih in delujočih vodnjakov, od katerih so se nekateri ohranili vse do danes. Vemo le, da jih je bilo skupno 1691. Še najbolj smo si pomagali z gradivom »Pregled vodnjakov, ugotovitev stanja, števila in uporabnost« (1974) na delu nekdanje občine Ljubljana Šiška. To gradivo so zbirali Splošni ljudski odbori v takratnih krajevnih skupnostih. Skušali smo pridobiti podobne podatke za druge štiri takratne občine, vendar jih nismo našli v nobenem od preučenih arhivov (Mestna občina Ljubljana, Upravna enota Ljubljana, Zgodovinski arhiv Ljubljana, Zgodovinski arhiv Republike Slovenije).

Na podlagi zbranih podatkov smo na digitalnih ortofoto-posnetkih (DOF) iz leta 1999 natančno določili lokacije vseh potencialnih vodnih objektov in odtisnili karte obravnavanega območja v merilu 1 : 2000.

Zaradi maloštevilnih izhodiščnih podatkov in sprememb, ki so v zadnjih nekaj desetletjih nastale na terenu, smo morali popisovalce usmeriti v izjemno zahtevno natančno prečesavanje terena od ulice do ulice, od ceste do ceste, od poljske poti do poljske poti, ... Popis z dodatnimi terenskimi preverjanji in dopolnitvami je potekal na vodovarstvenem območju Ljubljansko polje s skupno površino 83,4 km² od 15. avgusta do 12. decembra 2003. Podatki se nanašajo na stanje 15. avgusta 2003; to je datum, ki ga lahko označimo kot kritični trenutek popisa.

Odgovori iz popisnega lista so bili vneseni v računalniško podatkovno zbirko in obdelani z računalniškima programoma Excel in SPSS.

14.2 RAZPOREDITEV VODNJAKOV

S podrobnim terenskim delom smo na vodovarstvenem območju Ljubljansko polje evidentirali kar 1228 vodnih objektov. Natančno smo jih popisali 836, za 392, ki so v vrtičkarskem naselju na levem bregu Save, med mostovima na Dunajski in Štajerski cesti, pa smo zaradi omejenih finančnih sredstev pridobili le temeljne parametre, ki veljajo za večino tamkajšnjih vodnjakov. Največje zgoštovitve vodnjakov so v Ljub-

ljani pridruženih naseljih vzdolž Save (Brod, Vižmarje, Tacen, Šmartno pod Šmarno goro, Črnuče, Nadgorica, Stožice, Šmartno ob Savi, Hrastje, Sneberje, Polje), v Gameljnah, Šiški in Dravljah. V preteklosti je bila največja osredotočenost v Ljubljani, kjer pa so jih s priključevanjem na vodovodno omrežje pričeli opuščati. Ohranjeni so le še ponekod, marsikje bolj zaradi estetskih kot pa zaradi dejanskih potreb. Za množično blokovno gradnjo, ki je marsikje izpodrinila staro individualno pozidavo, so bili številni objekti uničeni. Zato ne preseneča, da jih najdemo predvsem na območjih, ki so bila strnjeno pozidana do preloma iz 19. v 20. stoletje.

Največ (44,4 %) vodnjakov je na vrtovih ali dvoriščih neposredno ob stanovanjskih hišah. Več kot tretjina jih je med vrtički (34,9 %), 1,2 % pa je objektov, razmeščenih med obdelovalnimi zemljišči. Posamezne objekte je moč najti še ob križiščih cest ali poti, na vrtu ali dvorišču ob javnem objektu ter pod velikim drevesom sredi nekdanjih vaških naselbin. V sodobnosti je vse več objektov, ki jih lastniki uredijo znotraj stavb.

Samo nekaj več kot 100 oziroma desetina uporabnikov je kmetovalcev, vsi drugi pa so nekmetje. Največji deleži kmetovalcev so na ožjem vodovarstvenem območju s strogim režimom varovanja. Večina lastnikov objektov ima zelo malo zemljišč. Z večanjem posesti se število lastnikov in s tem njihov delež zmanjšujeta. Med 5 in 10 hektarjev zemljišč poseduje 32, nad 10 hektarjev pa 25 lastnikov objektov. Ker si večji zemljiški posestniki pomagajo tudi z drugimi vodnimi viri za zalivanje in namakanje obdelovalnih zemljišč, ni mogoče reči, da prav oni najbolj izdatno uporabljajo vodo iz objektov, pač pa gre tudi za tradicionalne preostanke v bolj agrarnih okoljih.

Med preučeno populacijo vseh 1228 vodnjakov je največ, to je 645 oziroma 52,5 % izkopanih, le malo manj, to je 532 oziroma 43,3 % je zabitih, vsega 21 oziroma 1,7 % objektov pa je izvrtanih, 2,5 % pa sestavlja skupina objektov, za katere ni na voljo podatka, ki bi omogočil razvrstitev v eno od skupin. Zabiti vodnjaki močno prevladujejo na ožjem vodovarstvenem območju s strogim režimom varovanja, izkopani vodni objekti pa so v večini nekdanjih ruralnih naselij v okolici Ljubljane. Izvrtani vodnjaki so brez posebnega reda razmetani po vsem preučnem območju.

V uporabi je dobra polovica (55,2 %) v popis vključenih vodnih zajetij. Opazno je, da je velik delež še uporabljanih objektov na vrtičkih in v bolj agrarnih okoljih na mestnem obrobju. Na Ljubljanskem polju je z vidika manjše količine zajete vode iz podtalnice ugodno, da je na vodovarstvenih območjih s strožjim varovalnim režimom večji del objektov opuščen. Na tamkajšnjem ožjem varovalnem območju s strogim režimom varovanja jih uporabljajo le še slabo četrtino (22,9 %).

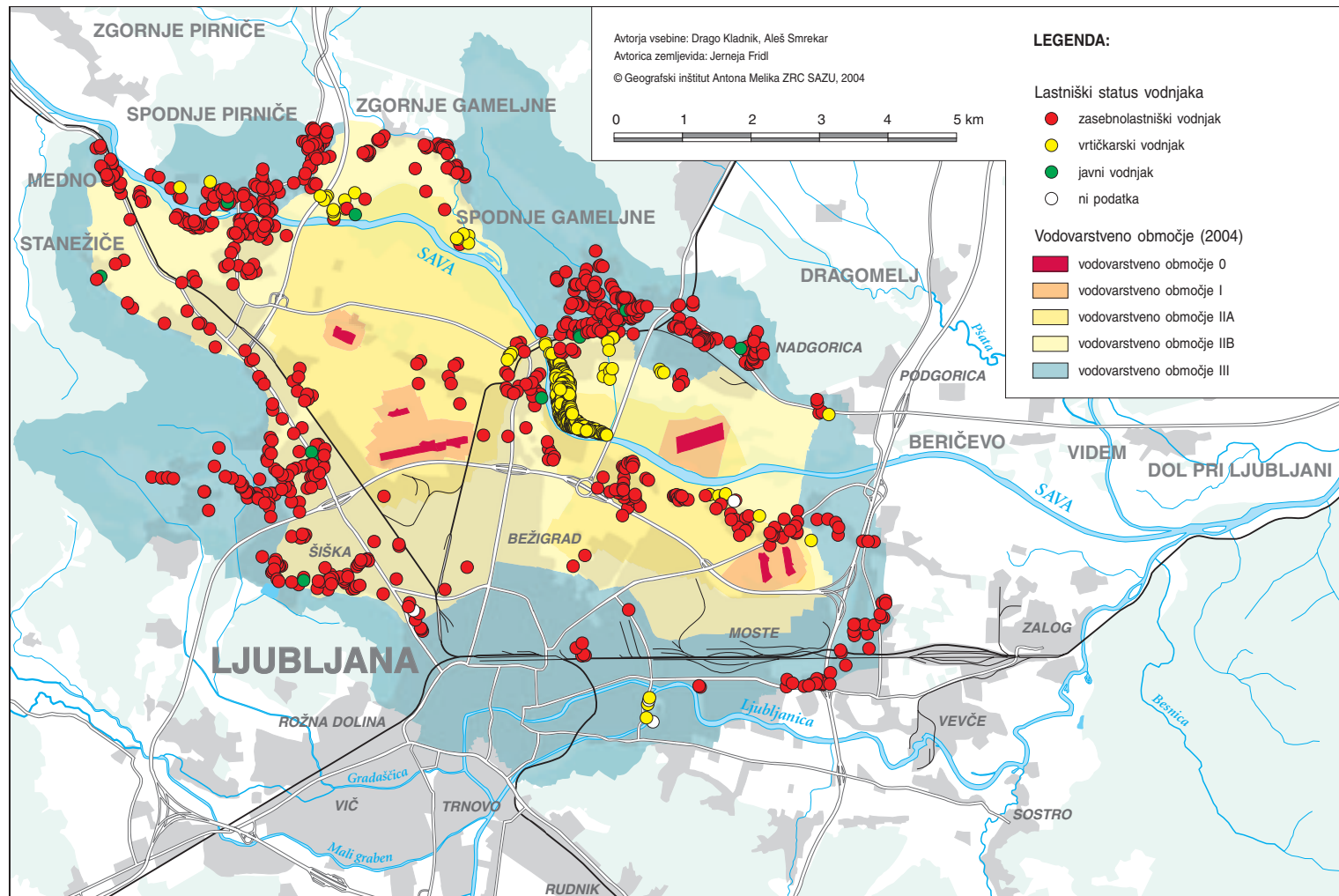
Preučili smo vrsto gradbenega materiala, iz katerega so objekti izdelani. Pri glavnini sta glavna gradbena materiala kovina (44,8 %) in beton (25,4 %). Dobra desetina (11,3 %) vodnjakov je kamnita. V posameznih primerih so uporabili les, ki hitro prepereva, v novejšem času se uporablja tudi plastika. Na splošno velja, da so izkopani vodnjaki betonirani in kamniti, v zabitih pa je tanjša kovinska cev. Glede na povedano je razumljivo, da je opuščen večji del betonskih in še starejših kamnitih objektov, devet desetih »kovinskih« objektov pa je še vedno v uporabi. Opuščeni so tudi vsi »leseni« objekti.

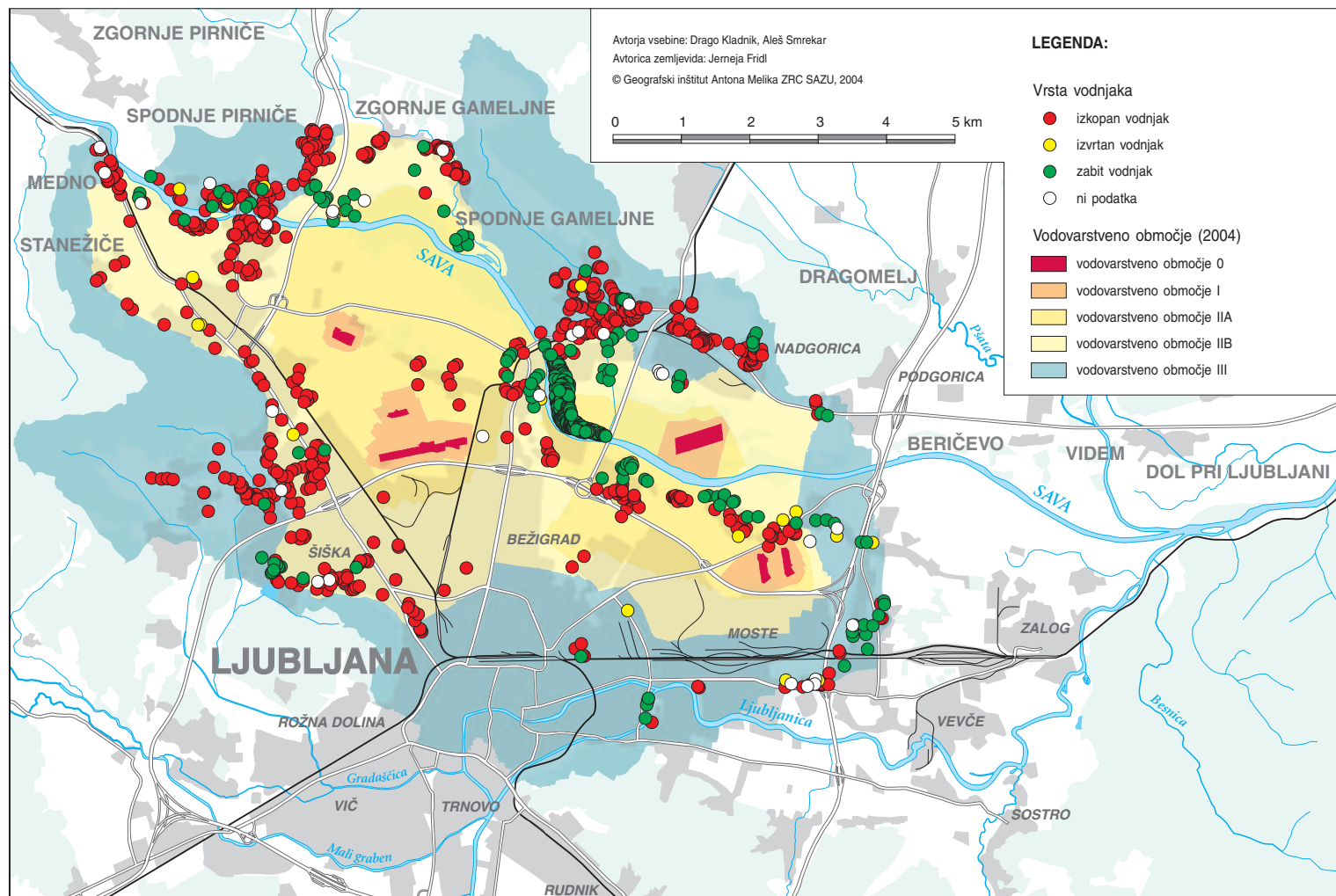
Objekti so bili sprva izdelani za potrebe individualne oskrbe z vodo za človeka in za živino, zato ne preseneča, da so se razraščali skladno s širjenjem mesta. Potem, ko se je v mestnem središču pojavil vodovod, so se individualna zajetja v večjem obsegu obdržala na mestnem obrobju, v strnjeno pozidanih območjih z blokovno gradnjo pa je bil večji del vodnjakov uničen.

Med še ohranjenimi objekti jih je bilo 24 oziroma 2,0 % izdelanih pred letom 1800 (zavedati se je treba, da so tovrstna »mnenjska« poizvedovanja razmeroma nenatančna). Iz 19. stoletja jih je 123 oziroma 10,3 %, veliko (291 oziroma 23,7 %) jih je iz prve polovice 20. stoletja, izdelanih do konca 2. svetovne vojne leta 1945. Manj številčno skupino (190 oz. 15,5 %) sestavljajo objekti, izdelani med letoma 1946 in 1970. Potem se je začelo število na novo izdelanih objektov ponovno vzpenjati in tudi v zadnjem desetletju še vedno narašča, kar gre pripisati novim, sodobnejšim oblikam rabe podtalnice (vrtičkarstvo). Tako je bilo po letu 1971 urejenih kar 451 objektov oziroma 36,7 % od celotne podrobno preučene populacije vodnih zajetij.

Slika 136: Lastniški status vodnjakov na vodovarstvenih območjih. ► 206

Slika 137: Vrste vodnjakov na vodovarstvenih območjih. ► 207







TINA MASTERL

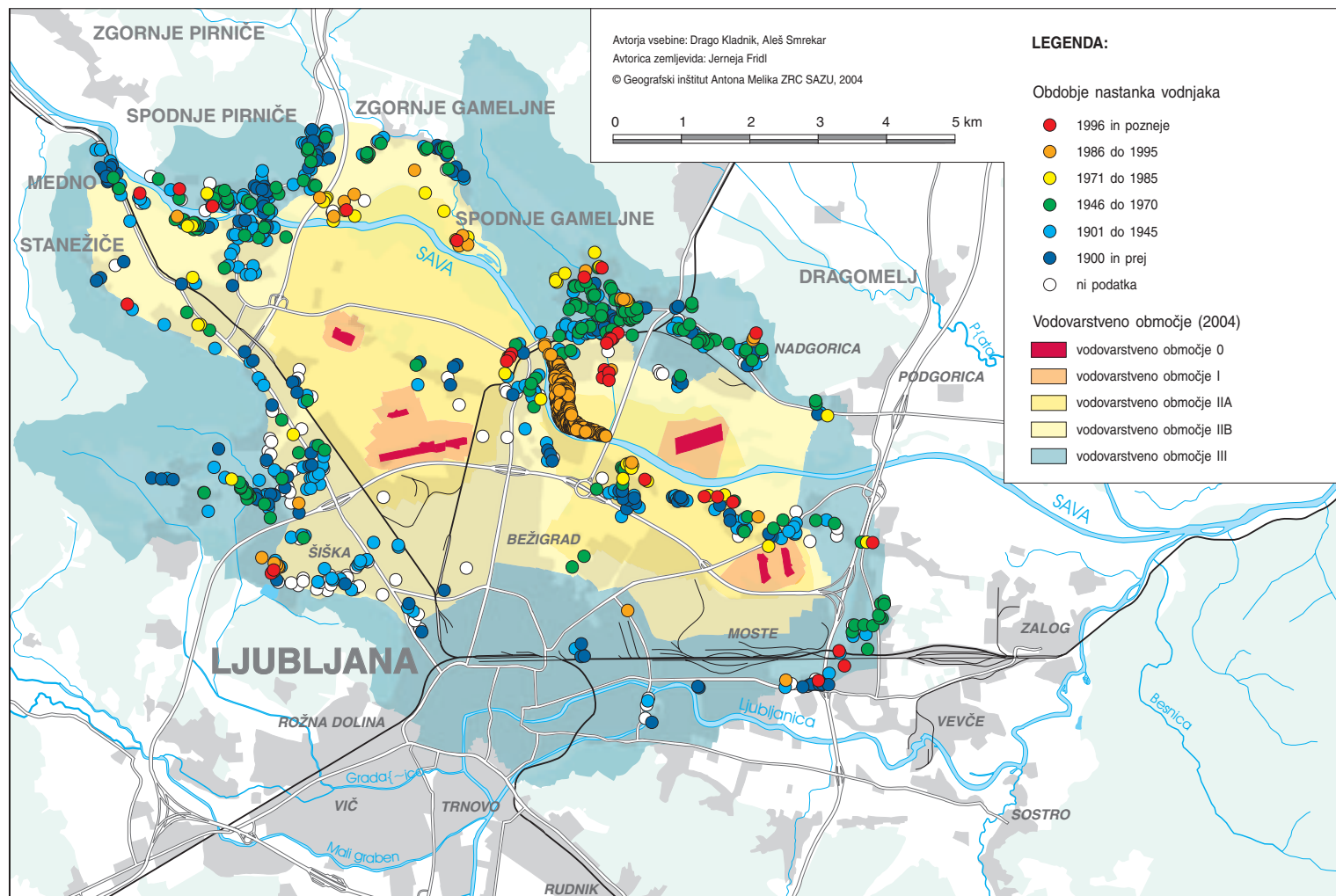
Slika 138: Več kot 500 vodnjakov je opuščenih, vendar niso zasuti, zato predstavljajo potencialno možnost za onesnaževanje.

Velika večina vrtičkarskih zabitih vodnjakov je nastala v zadnjih dveh desetletjih. Najstarejši objekti izpred leta 1900 so osredotočeni v središčih starih agrarnih naselij v severnem delu Ljubljane. Zanimiv položaj je v severnem delu Črnuč, kjer je posedovanje vodnjaka očitno domena tako rekoč vsake hiše, zato so kljub priključitvi na vodovod ob skoraj vsaki novi hiši izdelali zabiti vodnjak, ki je namenjen zlasti zalivanju vrtov ob individualnih hišah.

Novejši objekti so praviloma vzdrževani in v uporabi, skupno je torej delujočih 667 vodnjakov. 50 objektov je sicer vzdrževanih, a jih za zdaj ne uporabljajo. 45 objektov je nevzdrževanih, vendar jih je po potrebi še vedno mogoče uporabljati, 431 objektov pa ne uporabljajo več. Uporablja se manjši del izkopanih in večji del zabitih vodnjakov, pa tudi večina izvrtanih objektov. Največ vzdrževanih in uporabljanih objektov je v Zgornji Šiški, Kosezah, Dravljah, vzdolž levega brega Save od Mednega do Broda, ob južnem in vzhodnem obrobju Šmarne gore, v Črnučah, Ježi in Nadgorici, na levem bregu Save med Dunajsko in Štajersko cesto ter v starem ruralnem območju med Tomačevim in Sneberjami.

Večina obnovljenih objektov je bila posodobljena oziroma temeljito obnovljena že pred 2. svetovno vojno. Po njej se je dinamika obnavljanja nekoliko zmanjšala, v zadnjih letih pa je mogoče zaznati vno- vično večjo prizadevnost pri njihovem obnavljanju oziroma posodabljanju. Analiza zbranih podatkov razkriva, da glede časovne dinamike obnavljanja med posameznimi vrstami objektov ni bistvenih razlik, če izvzamemo, da je bila dobra polovica izkopanih vodnjakov nazadnje temeljito obnovljena že pred 2. svetovno vojno. Po letu 1980 so s približno enako vneto obnavljali tako izkopane kot zabite vodnjake, vendar je pri tem treba poudariti, da so slednji novejši, zato je njihova vzdrževanost na višji ravni.

Slika 139: Leto izdelave vodnjakov na vodovarstvenih območjih.





TINA ŠETINA

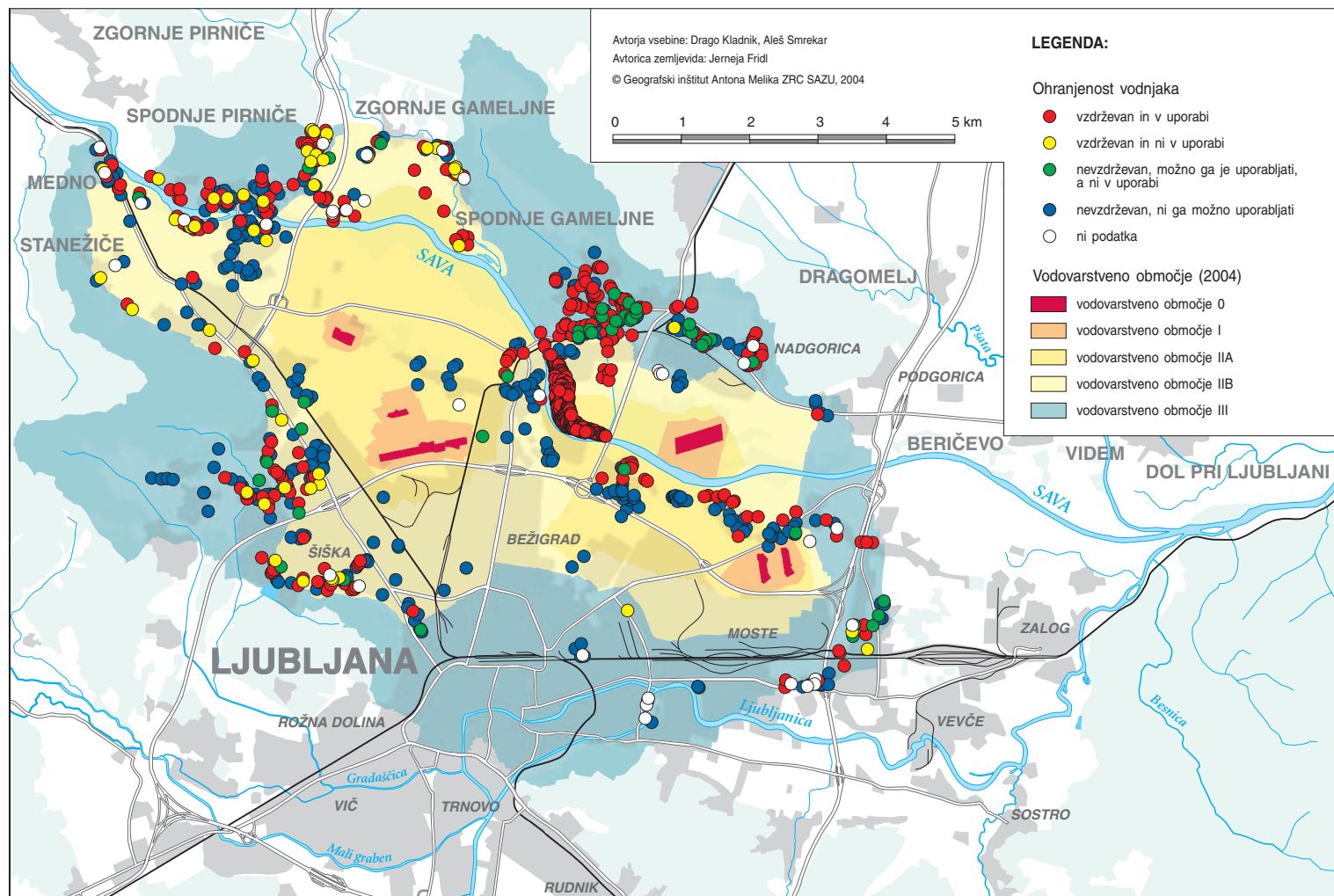
Slika 140: Najstarejše kopane vodnjake še vedno uporabljajo predvsem v tradicionalnih agrarnih okoljih.

V zadnjem času so malce bolj temeljito obnavljali objekte na ožjem vodovarstvenem območju z manj strogim režimom varovanja. Na njem je tudi največ posodobljenih izkopanih vodnjakov, kar kaže na novo, drugačno dožemanje in vrednotenje ter nove možnosti individualne vodne oskrbe v premožnejšem zaledju mestnega središča. Naleteli smo celo na vodnjak iz dragega kamna sredi dnevnega prostora, namenjen hlajenju vinskih steklenic v podtalnici.

Podatke o gladini vode v objektu in njenem kolebanju med letom je bilo sorazmerno težavno zbrati, saj podrobne terenske meritve največkrat niso bile mogoče, od tod tudi več kot polovični delež objektov, ki so uvrščeni v kategorijo ni podatka. Prav tako so pomanjkljivi zbrani podatki o povprečni višini letnega kolebanja vode in o maksimalni višini letnega kolebanja v objektih, saj so zbrani le za petino objektov. Kolebanje vodne gladine je odvisno predvsem od gladine podtalnice, njene lege glede na vodotoke ter od intenzivnosti črpanja vode in dimenzij objekta. Povprečno letno kolebanje v povprečju znaša okrog pol metra, povprečno maksimalno kolebanje pa okrog metra. Bolj izrazite razlike v kolebanju so glede na vodovarstvena območja.

V nekaterih objektih prihaja tudi do bolj ali manj pogostega presihanja vode. To okoliščino ljudje zaznavajo mnogo bolje od kolebanja gladine vode, zato je delež odgovorov, razvrščenih v razred ni podatka, bistveno manjši in ne presega petine vseh. V celoti prevladujejo objekti, v katerih voda nikoli ne presahne. Njihovo število je 432 oziroma 51,7 % od podrobno preučene populacije 836 vodnjakov. Med objekti, v katerih voda presiha, je podobno število tistih, v katerih prihaja do presihanja izjemoma, to je redkeje kot na 10 let (35), enkrat na leto (16) in celo večkrat na leto (25). Zelo malo (9) pa je objektov, v katerih voda presiha v intervalih, dolgih od 2 leti do 10 let.

Slika 141: Ohranjenost vodnjakov na vodovarstvenih območjih.





TINA ŠETINA

Slika 142: Ohranjenost vodnjakov na vodovarstvenih območjih.

V izvrtnih objektih voda praviloma ne presiha, med izkopanimi in zabitimi objekti pa ni bistvene razlike. Opazno je le, da je presihanje nekoliko pogostejše pri zabitih vodnjakih. Med podrobneje preučeniimi je 13 takšnih, v katerih voda presiha vsaj enkrat na leto; takšnih izkopanih vodnjakov pa je 32. Presihanje vode v vodnjakih je najpogostejše na širšem vodovarstvenem območju Ljubljanskega polja.

Po mnenju podrobneje popisanih lastnikov in uporabnikov je voda le v slabi petini (17,3 %) objektov primerna za pitje, še manjši pa je delež objektov (11,9 %), v katerih naj bi bila voda primerna le za napajanje živine, ne pa tudi za pitje ljudi. V slabih treh četrтинah objektov naj bi bila voda primerna le za zalivanje in namakanje zemljišč, v petini (19,6 %) pa samo za pranje. Seveda naj bi bila v vseh primerih uporabna tudi kot tehnološka voda (za ogrevanje, proizvodnjo), vendar se kot primerna zgolj v ta namen navaja le v slabih dveh odstotkih primerov.

Raba vode iz zajetij se sčasoma spreminja. Voda je nekoč pomenila glavni vir oskrbe za človeka in živino, v novejšem času pa se uporablja predvsem za zalivanje in namakanje obdelovalnih zemljišč. Nekoč so za pitje uporabljali vodo iz vseh objektov, zdaj le še iz manj kot desetine. Zalivanje in namakanje je bila zelo pomembna raba vodnjakov že v preteklosti, saj so v ta namen uporabljali vodo iz 79,0 % objektov, sorazmerno še bolj prevladujoče pa je v sodobnosti, saj se, ob siceršnji zmanjšani intenzivnosti rabe vodnjakov, navaja pri skoraj vseh aktivnih objektih. Nekoč je bila druga najbolj pogosta oblika rabe vode iz vodnjakov za pranje (60,6 %), zdaj pa je zaradi delujočega vodovodnega in kanalizacijskega omrežja ta raba že precej nazadovala in se navaja le še v 6,8 % primerov.

Podatki o letni količini načrpane vode so zgolj orientacijski; za velik del objektov (71,1 %) jih sploh ni bilo mogoče ugotoviti. V povprečju se iz objekta v uporabi na leto zajame dobrih 10 m³ vode, v 57 objektih z ugotovljeno količino manj kot 5 ali 5 m³, v 63 objektih med 6 in 10 m³, v 70 med 11 in 20 m³ in v 52 več kot 20 m³. Med posameznimi vrstami zajetij ni bistvenih razlik, omembe vredna sta le nekoliko nadpovprečen delež najmanjšega količinskega razreda pri zabitih objektih in najbolj izdatnega količinskega razreda



Slika 143: Vrtničarji so vse pogostejši uporabniki vode iz vodnjakov.

pri izvrtanih objektih. Bolj očitne so razlike glede na socioekonomski status uporabnika objekta. Pri kmetih oziroma kmetovalcih nadpovprečno izražena oba skrajna razreda z najmanjšo in največjo letno količino načrpane vode, je pri vrtničarjih opazna izrazita prevlada količinskega razreda od 6 do 10 m³. Pri kmetovalcih so vsi količinski razredi dokaj enakovredno zastopani. Največ uporabnikov, ki na leto zajamejo več kot 20 m³ vode, je na ožjem vodovarstvenem območju s strogim režimom varovanja.

Zavedati se je treba, da poleg namernega zavajanja anketiranih oseb z zmanjševanjem količinskih vrednosti, še zlasti pri tistih popisanih lastnikih in uporabnikih, ki zajemajo večje količine vode, tudi nekatere druge študije (na primer Pintar, Matajc 2001) kažejo, da porabniki vode mislijo, da je porabijo manj, kot pokažejo merilne naprave na števcih.

S splošnim onesnaževanjem, pa tudi z izboljšanim spremljanjem kakovosti vode in večjo ozaveščenostjo uporabnikov, je problematika ogroženosti vodnih zajetij vse bolj pereča. Nekoč je bil vodnjak življenjski vir neprecenljive vrednosti, zato so ga izdelali na najbolj primernih mestih, se je sčasoma moral umikati drugim oblikam prostorske rabe, ki dostikrat niso bile v sozvočju s potrebami po zagotavljanju primerne kakovosti vode v njem. Zato so vodnjaki začeli izgubljati vlogo glavnega oskrbovalca z vodo, dobili pa so svoje mesto v estetskih vrednotah in rekreacijskih vzgibih, ki jih v sklopu vodnih zajetij pooseblja zelo razširjeno vrtničarstvo.

Problematična je zlasti lega vodnjakov v bližini gnojišč in gnojnih jam ter hlevov, še zlasti, če so izpusti urejeni v smeri dotekanja podtalnice, ali če zaradi starosti in razpokanosti materiala pronicajo v podtalnico. Glede na gostoto vodnih zajetij in poznavanje problematike gnojnih objektov (Kladnik, Smrekar 2003) lahko rečemo, da ti ogrožajo kakovost vode v vodnjakih. Sreča je, da živinoreja nazaduje, tako da se vsaj v bolj strnjeno pozidanih delih mesta nevarnost tovrstnega onesnaževanja zmanjšuje.

Večina podrobno popisanih vodnjakov (66,7 %) naj bi bila izdelana na povsem ravnem zemljišču. Zaskrbljujoča je ugotovitev, da je bistveno več objektov z navznoter nagnjenim površjem (17,2 %) kot objektov z navzven nagnjenim površjem (6,8 %), ki omogoča odtok površinske vode.



BLAŽ BARBORIČ

Slika 144: Vodnjaki v neposredni bližini tradicionalnih hlevov so pogosto onesnaženi z gnojnico.

V posameznih primerih je bilo ugotovljeno neposredno onesnaževanje podtalnice z izpusti oziroma iztoki odpadne vode v vodnjake. Čeprav se v večino objektov ne vnaša nobene tekočine, v izkopane vodnjake v 46 primerih odteka kapnica, v 13 primerih meteorna voda in v 11 kanalizacijske odplake. Kanalizacijske odplake so v izkopane vodnjake speljane na ožjem vodovarstvenem območju s strogim režimom varovanja (3 primeri), na ožjem vodovarstvenem območju z manj strogim režimom varovanja (5 primerov) in na širšem vodovarstvenem območju (3 primeri).

V novejšem času se za legalizacijo vodnjakov potrebuje tako imenovano vodno dovoljenje. V celotni populaciji podrobno raziskanih vodnih zajetij jih ima vodno dovoljenje 28 oziroma 3,3 %, največ takšnih je med izkopanimi vodnjaki.

Vzrok tako majhnemu številu legaliziranih objektov je nedvomno prezapleten postopek pridobivanja dovoljenj in soglasij, ki jih morebitni interesi potrebujejo za gradnjo oziroma legalizacijo obstoječega namakalnega sistema (Čuden Osredkar, Pintar 2003).

Namakalne sisteme delimo na velike, ki so namenjeni večjemu številu uporabnikov za skupno rabo po namakalnem urniku, in male, ki so namenjeni enemu ali več uporabnikom, ki ga uporabljajo neodvisno drug od drugega. Glede na to, da velikih namakalnih sistemov na obravnavnem območju ni in jih tudi ni pričakovati, želimo predstaviti zahtevne pogoje za gradnjo malih namakalnih sistemov.

V lokacijski informaciji poda pristojna občina investitorju nameravane gradnje namakalnega sistema na določenem zemljišču podatke o namenski rabi prostora in lokacijske ter druge pogoje za gradnjo. Treba je izdelati tehnološki del projekta, ki je obvezen del projektne dokumentacije in ga naredi za to usposobljen strokovnjak, saj bi nepravilnosti, ki bi bile storjene pri izračunih, omejevale rabo namakalnega sistema ali celo vplivale na okolje (na primer čezmerna poraba vode, poslabšanje fizikalnih lastnosti tal in onesnaženje tal). Agencija Republike Slovenije za okolje poda informacijo, ali je v izbranem vodnem viru dovolj vode, da lahko namakamo.



Slika 145: Z vodo iz vodnjakov vse pogosteje namakajo tudi športne zelenice.

Pred poskusnim vrtanjem, da ugotovimo, če in koliko je podzemne vode ter kakšne kakovosti je, moramo pridobiti dovoljenje za raziskavo podzemnih voda. Za melioracije, med katere sodi tudi namakanje, je treba dati predlog na Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano za uvedbo namakalnega sistema, ki izda odločbo. Ta je pogoj za pridobitev vodne pravice za rabo vode za namakanje kmetijskih zemljišč ali drugih površin. Vodno dovoljenje izda Agencija Republike Slovenije za okolje za določen čas, vendar največ za 30 let. Ves ta postopek velja za gradnjo tako imenovanih enostavnih objektov, v nasprotnem primeru pa je treba pridobiti gradbeno dovoljenje.

Uporabnike vodnjakov čedalje bolj zanima kakovost vode v objektu, zato je doslej že desetina podrobno popisanih lastnikov oziroma uporabnikov objektov dala analizirati vodne vzorce. Največ so izvajali analize vode v izkopanih vodnjakih, torej tistih, ki so najbolj izpostavljeni zunanjemu onesnaženju.

Interes za analizo kakovosti vode v vodnjakih je izrazila dobra tretjina (36,0 %) podrobneje preučeni uporabniki. Popolnoma enak delež je med vrtničkarji in nekmeti (52,9 %) in precej manj med kmetovalci (33,3 %). Poudarjeno velik delež zainteresiranih zasledimo na širšem vodovarstvenem območju Ljubljanskega polja. Opazno je tudi, da se zanimanje povečuje skladno z izobraženostjo uporabnikov, čeprav razlike med izobražbenimi skupinami niso zelo izrazite. Med osnovnošolskimi uporabniki se jih za analize tako zanima 30,4 %, med višje in visokošolsko izobraženimi uporabniki pa 48,6 %.

14.3 SKLEPI

Popis smo izvedli na vodovarstvenem območju črpališč pitne vode na Ljubljanskem polju, bogatem viru zaloga podtalnice, in našli 1228 vodnjakov, od katerih je 645 izkopanih, 532 zabitih in le 21 izvrtanih, preostale pa nismo uspeli uvrstiti v noben tip.

Eno od najbolj izrazitih sodobnih nasprotij je na relaciji varovanje virov pitne vode – kmetijstvo. Čedalje večja intenzifikacija kmetijstva kot temeljne dejavnosti ruralnega prebivalstva in vrtničarstva kot dopolnilne dejavnosti urbanega in tudi ruralnega prebivalstva zahtevata vse večje količine kakovostne vode za nama-

kanje zemljišč. Zaskrbljuje zlasti dejstvo, da kmetovalci, kot uporabniki obsežnih namakanih površin, imajo neustrezen odnos do okolja.

Raba vode iz zajetij se spreminja. Nekdaj je voda pomenila glavni vir oskrbe za človeka in živino, v novejšem času pa se uporablja predvsem za zalivanje in namakanje obdelovalnih zemljišč.

Menimo, da bi bilo treba koriščenje podtalnice načrtno spremljati. Za obstoječe vodnjake v uporabi bi bilo treba:

- načrtno izvesti analizo kakovosti vode v vzorčnih objektih;
- objekte s slabo kakovostjo vode sanirati (ureditev notranjosti objektov, ureditev neprepustne okolice objektov, ureditev ustreznega nagiba njihove okolice, sanacija gnojnih jam, gnojišč, greznic in kanalizacijskega omrežja);
- pri objektih z ugotovljenimi izpusti odpadnih voda v objekte, nemudoma poskrbeti za prenehanje tovrstnega delovanja;
- vpeljati nadzor nad količinami zajete vode v objektih;
- v kratkem roku pri porabnikih, ki zajemajo več vode, kot je potrebujejo za normalne potrebe gospodinske rabe, urediti dokumentacijo skladno z veljavno zakonodajo o namakalnih sistemih.

Za opuščene vodnjake bi bilo treba razmisliti glede njihove nadaljnje usode. Ponujata se dve možnosti, uničenje objekta z zasutjem ali njegova obnova skladno s sodobnimi spoznanji.

Glede na gibanje, ki smo mu priča v zadnjem desetletju, je pričakovati nadaljnji porast števila predvsem zabitih vodnjakov v lasti oziroma uporabi vrtničarjev, saj je naložba v takšen vodni objekt zaradi razmeroma plitve gladine podtalnice majhna. Menimo, da bi si vsi novi uporabniki, brez izjeme, morali pridobiti vodno dovoljenje in po potrebi tudi gradbeno dovoljenje.

15 SKLEP

Ljubljansko polje je zaradi svojih naravnih značilnosti stičišče številnih človekovih dejavnosti in interesov. Je eno najpomembnejših teles podzemne vode v državi, ki je hkrati tudi vir pitne vode za okoli 300.000 prebivalcev mesta Ljubljane in okolice. Žal se na kakovostnem in količinskem stanju podzemne vode kažejo vplivi urbanizacije, kmetijstva in industrije, ki jo ogrožajo in obremenjujejo. Velika sposobnost za nevtralizacijo negativnih vplivov, ki jih povzročajo različne rabe prostora, zaenkrat še zagotavlja kakovost podzemne vode, ki ustreza zahtevam za pitno vodo.

Že več kot stoletje potekajo na Ljubljanskem polju številne raziskave, vendar se odpirajo vedno nova vprašanja in neznanke. Še zdaleč nam niso znane vse skrivnosti nastanka Ljubljanskega polja, zakonitosti pretakanja podzemne vode, medsebojni odnosi in vplivi hidrodinamičnih elementov, tako da so še številni izzivi za raziskovalno in znanstveno delo.

Peščena, relativno plitva in z organsko snovjo relativno revna tla Ljubljanskega polja niso velika zaščita podtalnice pred onesnaženjem.

Vse elemente vodne bilance, dotoke in odtokove je težko zajeti in jih zaenkrat ne moremo meriti, najpogostejše lahko njihovo velikost le ocenimo. Dodatno obravnavo elementov vodne bilance otežijo antropogeni vplivi, kot so črpanje, poraba, pretočitve ... Razmerja med dotokom in odtokom se časovno in prostorsko zelo spreminjajo. Glavni vir napajanja vodonosnika Ljubljanskega polja sta reka Sava in infiltracija padavinske vode na celotnem Ljubljanskem polju. Največji antropogeni vpliv ima črpanje, ki znaša v povprečju, samo za potrebe oskrbovanja s pitno vodo, skoraj $1 \text{ m}^3/\text{s}$, največ podzemne vode pa s polja naravno odteče na vzhodu v Savo in Ljubljanico. Razlika zajetih dotokov in odtokov iz Ljubljanskega polja je $2,56 \text{ m}^3/\text{s}$, ki jo v končni bilančni sliki lahko pripišemo več dejavnikom, predvsem iztekanju vode iz vodonosnika v Ljubljanico in Savo, industrijskim črpanjem vode ter odtekanju med Podutikom in Rožnikom.

Dosedaj izvedene hidrogeološke raziskave na Ljubljanskem polju omogočajo dokaj dobro oceno značilnosti pretakanja podzemnih vod v vodonosniku. Rezultati kažejo, da znašajo hitrosti podzemne vode v zahodnem delu vodonosnika večinoma med 5 in $10 \text{ m}/\text{dan}$, v vzhodnem delu vodonosnika pa so nekoliko večje hitrosti, večinoma med 10 in $20 \text{ m}/\text{dan}$.

Hitrosti podzemne vode so bile najprej določene na osnovi podatkov črpalnih poskusov ter meritev nivojev podtalnice. V letu 2000 je bil dokončan kompleksni hidravlični model podtalnice Ljubljanskega polja in Ljubljanskega barja, ki pomeni pomemben preskok h kvantifikaciji dinamike podzemne vode na obravnavanem območju. Model prikazuje vodonosnik kot celoto v treh dimenzijah – smeri in hitrosti tokov podzemne vode, vodno bilanco sistema ter omogoča napovedovanje značilnosti prenosa eventualnih kontaminantov v vodonosniku.

Med letoma 2002 in 2003 je bil izveden prvi obsežnejši sledilni poskus na območju Ljubljanskega polja. Njegov namen je bil pridobiti eksperimentalne podatke o hitrosti pretakanja podtalnice, disperziji in druge hidrogeološke parametre, pomembne za razumevanje procesov v vodonosniku ter tudi za napovedovanje značilnosti širjenja onesnaževalcev ob eventualnih ekoloških nesrečah. S sledilnim poskusom so bile ugotovljene srednje hitrosti podzemne vode med 10 in $20 \text{ m}/\text{dan}$, torej so primerljive s hitrostmi podzemne vode, izračunanimi s pomočjo hidravličnega modela.

Izotopske raziskave vodonosnika so pripomogle k boljšemu razumevanju izvora podzemne vode v posameznih delih vodonosnika. Na osnovi rezultatov izotopskih analiz je bilo možno opredeliti, kolikšen delež predstavlja komponenta vode reke Save ter kolikšen delež padavine, ki so se infiltrirale na območju Ljubljanskega polja. Ugotovljeno je bilo, da se deleži obeh vhodnih komponent na območju Ljubljanskega polja dokaj razlikujejo. V tem pogledu imata glavni vpliv oddaljenost od struge reke Save ter intenzivnost črpanja vode v posameznih črpalnišnih Ljubljanskega vodovodnega sistema.

Ljubljansko polje je eno naših največjih in za oskrbo z vodo najpomembnejših vodonosnikov z medzrnsko poroznostjo, ki je glede naravnih zaščitnih lastnosti med najbolj ranljivimi območji podzemne vode v Sloveniji. Površje pretežno prekriva tanka plast rendzine, evtričnih rjavih tal ali karbonatnih obreč-

nih tal, kar omogoča hitro pronicanje vode neposredno v vodonosnik, saj so zaščitne glinaste krovne plasti krajevno omejene. Pod talnim horizontom so nezasičene plasti aluvialnih usedlin dobro prepustnega peščenega proda in vložki manj prepustnega konglomerata, ki jih krajevno ločujejo lečaste plasti gline. Vertikalna prepustnost vode je zaradi teh litoloških heterogenosti zelo spremenljiva, vsekakor mnogo manjša od prepustnosti v horizontalni smeri, kjer gre za pretakanje po posameznih litološko bolj homogenih plasteh. Hitrost toka podzemne vode ocenjujemo od nekaj metrov do nekaj deset metrov na dan.

Zaradi nižanja gladine podzemne vode, ki je predvsem posledica nižanja erozijske baze Save in delno povečanega črpanja podzemne vode, so presahnili številni izviri in površinski odtoki na vzhodnem delu Ljubljanskega polja. Morfološki ostanki nekdanje rečne mreže na teh obrobni delih Ljubljanskega polja počasi izginjajo, predvsem zaradi nelegalnega zasipavanja z raznovrstnimi odpadki. Površinskega odtoka s polja skoraj ni več oziroma je zanemarljiv. Rezultati analize reliefa, ki zaradi upoštevania nekdanjega površinskega odtoka nakazujejo manjši infiltracijski potencial in morebitno nižjo ranljivost na teh predelih, je treba v tem smislu interpretacijsko dopolniti. Padavinska voda se brez večjega površinskega odtoka infiltrira prek litološko pestre nezasičene cone do razmeroma plitve gladine podzemne vode in poleg površinske vode Save pomeni pomemben medij širjenja onesnaževal z močno obremenjenega površja v podzemno vodo vodonosnika Ljubljanskega polja.

Iz dosedanjih hidrogeoloških raziskav lahko sklenemo, da je naravna ranljivost podzemne vode na celotnem Ljubljanskem polju velika. Upravljanje in varovanje podzemne vode Ljubljanskega polja mora tako izhajati iz poglobljene analize ranljivosti podzemne vode. Poleg podrobnejše analize litološke zgradbe nezasičene cone bi bilo treba upoštevati tudi interakcijo s površinskimi vodami (predvsem s Savo in Ljubljanico, ki napajata in drenirata vodonosnik Ljubljanskega polja) in antropogene vplive (gramoznice, avtocestni useki, urbanizirane površine, vodovodni in kanalizacijski objekti ...) na spremembo naravne ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja. V okviru ocenjevanja posebne ranljivosti podzemne vode naj bi bile vključene tudi informacije o fizikalnih in kemičnih lastnosti potencialnih onesnaževal ter informacije o fizikalnih in kemičnih lastnostih pedoloških in litoloških plasti, kar bi omogočalo oceno učinkovitosti procesov retardacije in degradacije onesnaževal. Na teh podlagah bi morala sloneti strategija zaščite in sanacije podzemne vode Ljubljanskega polja, predvsem pa je treba nadaljevati in razširiti proces ozaveščanja uporabnikov tega prostora o vodnem bogastvu Ljubljanskega polja in njegovi veliki ranljivosti.

Podtalnica ni izoliran sistem, ampak skupaj z rečno strugo in obrežnim pasom tvori kompleksen in medsebojno prepleten ekosistem, ki je spremenljiv tako v času kot v prostoru. Mehanski, kemijski in biološki procesi mineralizacije, ki se odvijajo v prvih nekaj decimetrih ali metrih v produ, ki so v neposrednem stiku s površinsko vodo, so zelo pomembna »čistilna naprava«, ki izboljšuje kakovost površinske vode ob vstopu v podzemno okolje. Kakovost podtalnice se določi predvsem prav na tem ozkem prehodnem pasu. Tukaj se mora mineralizirati večji del organske snovi. V nasprotnem primeru se lahko kakovost vode zelo poslabša. V globljih plasteh proda, kjer so temperature nizke, so tudi biološki procesi bistveno bolj počasni. To lahko vodi do kopičenja organske snovi pa tudi do pomanjkanja kisika.

Podtalnica je bogata s favno. Treba jo je varovati ne samo zaradi kakovostne pitne vode, ampak tudi zato, ker je to okolje neizčrpen vir podatkov o sestavi naše favne in o filogenetskih odnosih med vrstami. Najbolj številčna komponenta te favne so raki, predvsem ceponožci, sledijo maloščetinci in prostoživeče gliste. Največja gostota organizmov je v prehodni zoni hiporeika, tu se izmenjujeta površinska voda in podtalnica. Ta pas je bogat s hrano in dobro nasičen s kisikom. Prevladujejo površinske vrste. V freatiku, ki je v slabšem kontaktu s površino, revnejši s hrano in kjer je manj kisika, živijo manj številčne populacije podzemnih živali, ki so prilagojene na energetske revnejše okolje.

Večina vrst ceponožcev in vodnih bolh, ki živijo v podtalnici na južnem in jugovzhodnem robu Ljubljanskega barja, so vrste s široko geografsko razširjenostjo, pojavljajo pa se tudi vrste, ki so značilne samo za ožji prostor Slovenije in Balkana. Favna ceponožcev in vodnih bolh podtalnice štirih rek na južnem robu Ljubljanskega barja si je podobna tako po vrstni sestavi kot po vrstnem bogastvu. Krajevne geomorfološke in hidrološke značilnosti rek vplivajo na razlike v številčnosti in prostorski porazdelitvi favne.

Opaziti je človekov vpliv na združbe v podtalnici, ki se kaže kot prevlada majhnega števila vrst, ki so ekološko najbolj uspešne ob hkratnem upadu števila podzemnih vrst. Te so uspešnejše od površinskih v energetsko revnejšem okolju, ob vnosu dodatnih količin hrane pa morajo tekmovati s površinskimi vrstami, ki so v takem primeru uspešnejše.

Za vodonosnik Ljubljanskega polja je v primerjavi z drugimi aluvijalnimi vodonosniki, pomembnimi za oskrbo pitne vode v Sloveniji, značilna še vedno visoka izdatnost in nižja čezmerna obremenjenost.

Celoten vodonosnik Ljubljanskega polja je onesnažen s tetrakloroetenom, najvišje koncentracije so bile določene v črpališču Hrastje (vodnjak la) in na avtomatski merilni postaji Hrastje (plitvi vodnjak). Leta 2004 odkrito onesnaženje s trikloroetenom bo sliko kakovostnega stanja v prihodnjih letih močno spremenilo.

Onesnaženje z nitrati je ugotovljeno predvsem na severozahodnem delu vodonosnika (vodnjak Dekorativna), interne preiskave pa dokazujejo trend naraščanja koncentracije na severnem delu vodarne Hrastje, na drugih merilnih mestih so koncentracije v dopustnih mejah.

Vsebnosti atrazina in njegovega razgradnega produkta desetil-atrazina so stalno visoke na južnem delu črpališča v Hrastju, v črpališčih Kleče in Šentvid pa so večinoma pod mejnimi vrednostimi. V vodarni Hrastje so bile leta 2003 določene previsoke vsebnosti metabolita 2,6-diklorobenzamida, prisoten pa je tudi pesticid bromacil. Koncentracije 2,6-diklorobenzamida se hitro znižujejo.

Krom je kot posledica onesnaženja v sredini 80-tih let 20. stoletja še vedno prisoten v sledeh, opazen pa je tudi trend naraščanja v vodarni Hrastje v smeri od juga proti severu.

Analiza dolgoročnih trendov kaže na zniževanje vsebnosti atrazina, posebno pozorno pa bo v prihodnjih letih treba spremljati trikloroeten in tetrakloroeten, katerih vsebnost v zadnjem desetletju rase, ter tudi prisotnost drugih spojin iz skupine kloriranih organskih topil.

Vodni vir ima neprecenljivo vrednost – je geslo odgovornih za oskrbo s pitno vodo. Javna oskrba mesta Ljubljane s pitno vodo bo tudi v prihodnje temeljila na vzpostavljenem načinu oskrbe z vodo. Varnost oskrbe s pitno vodo je vrednota, za katero je vredno vložiti veliko delovnega napora in finančnih sredstev. Varna oskrba je pogosto v nasprotju z razvojnimi načrti in potrebami prebivalcev, ki so oskrbovani in mesto Ljubljana je v tem vzorčni primer. Popolne varnosti žal ni v nobenem sistemu oskrbe s pitno vodo, vendar jo je moč povečati. Zato je treba v prvi fazi izvesti vse potrebne ukrepe znotraj sedanjega sistema oskrbe s pitno vodo in v vodovarstvenem območju, šele nato pa uvajati spremembe v koncept oskrbe. Mesto je že dvanajsto desetletje oskrbovano z naravno pitno vodo in to je ena izmed vrednot, ki bo omogočila kakovostno življenje tudi našim potomcem pod pogojem, da bomo prav vsi ravnali skladno s predpisi, ki smo si jih napisali sami, pa tudi in predvsem skladno z etičnimi merili.

Analiza rabe tal na Ljubljanskem polju je pokazala, da gre za značilno urbano regijo, saj zavzemajo pozidana območja več kot polovico vseh zemljišč. Med njimi prevladujejo urbane površine z zelenicami, ki jih je več kot tretjina, več kot desetina pa je tudi industrijskih zemljišč.

Zanimivo je, da tej rabi z več kot tretjino vseh zemljišč sledi kmetijska raba. Druge kategorije zasejajo le dobro desetino zemljišč, med njimi je največji delež gozda. Tako se srečujemo z vsemi tremi temeljnimi viri obremenitev: kmetijstvom, industrijo z energetiko in gospodinjstvi. Medsebojna razmerja in njihov delež je težje določljiv. V preteklosti je nedvomno ključno vlogo igralo kmetijstvo, ki je bilo razširjeno na več kot polovico površin. Spreminjanje rabe tal zaradi urbanizacije je povzročilo njegov premik na severni del obravnavanega območja Ljubljanskega polja, ob reki Savi. Podrobnejša analiza je pokazala, da se je nekdanja pasovitost v razporeditvi kmetijskih zemljišč od manj intenzivnih poplavnih površin ob reki do bolj intenzivnih na višje ležečih terasah v zadnjih letih obrnila. Sedaj so najintenzivnejše njivske in travniške površine ob Savi pa tudi bližje vodonosniku in lahko pričakujemo večje vplive na okolje.

Posebna pozornost je bila namenjena rabi tal na vodovarstvenih območjih, ki je pokazala še vedno visok delež njivskih površin v drugem in tretjem vodovarstvenem pasu. Kljub uveljavljanju dobre kmetijske prakse na teh območjih je obstoječa setvena sestava s prevladujočo pridelavo silažne koruze in zelenjave ter intenzivnih travnikov z vidika okolja neugodna.

V celoti lahko ocenimo, da so bili na Ljubljanskem polju storjeni nekateri koraki k zmanjševanju kmetijskega obremenjevanja okolja, ki izvira predvsem iz neugodne sestave kmetij in premajhne ozaveščenosti o negativnih dejavnikih, o čemer poročajo številne študije, opravljene v zadnjem desetletju.

Njihova rdeča nit je spoznanje, da mora kmetijstvo obdržati svojo večfunkcionalno vlogo, pri čemer pa ne sme bistveno obremenjevati okolja. Splošno intenziviranje pridelave je, vsaj na vodovarstvenih območjih, okoljsko nesprejemljivo in s stališča varovanja podtalnice ne more biti dolgoročen cilj strategije razvoja kmetovanja. Kot perspektivne se navajajo naslednje pridelovalne usmeritve s potrebnimi spremljajočimi ukrepi:

- uvajanje sonaravnega kmetovanja, ki s svojimi pridelovalnimi postopki kar najmanj obremenjuje okolje (integrirana pridelava, različne oblike organiziranega ekološkega kmetovanja, neformalne oblike ekstenzivnega kmetovanja);
- povečevanje dohodka družinskih kmetij, pri čemer naj bo to v prvi vrsti posledica večanja zemljišč, ki jih kmetija obdeluje, ne pa intenziviranja pridelovanja. Dohodek na kmetijah se lahko poveča tudi z uveljavljanjem neposrednih plačil in nadomestil;
- vključevanje kmetovalcev v pridelovalne sisteme, ki jih podpira Slovenski kmetijski okoljski program;
- razvijanje dopolnilnih dejavnosti na kmetijah (reja konj v rekreacijske namene, prodaja kmetijskih pridelkov in izdelkov na domu, pridelovanje zdravilnih zelišč in začimb);
- v vrtnarstvu je smiselno nadomeščanje vrtnarske pridelave na prostem z integrirano pridelavo v obsegu, ki ne pomeni bistvenega povečanja obsega vrtnarske pridelave. S primerno pridelavo v rastlinjakih, ki so zaprti sistemi, se lahko možnost onesnaženja podtalnice močno zmanjša;
- organiziranje pridelovalcev s cilji uspešnejšega nastopa na trgu, gospodarnejše izrabe skladišč, hladilnic in predelovalnih možnosti, cenejšega in bolj kakovostnega dodatnega izobraževanja in boljše izrabe kmetijskih strojev.

Program varstva okolja predvideva torej uveljavljanje pridelave po načelu trajnosti. Tako naj bi obvladovali intenzivno pridelavo, porabo gnojil in kemičnih pripravkov, predvsem pa naj bi več vlagali v izobraževanje kmetovalcev in uporabnikov hrane. Dozdajšnje izkušnje nakazujejo, da naj bi zlasti vlaganja v izboljševanje znanja kmetovalcev močno pripomogla, da bo kmetijstvo tudi okoljsko gospodarno, torej za okolje čim manj obremenjujoče.

Kmetovalci se zavedajo, da vključitev Slovenije v Evropsko zvezo lahko povzroči korenite pretese v kmetovanju in slovenskem kmetijstvu nasploh. Prevladujejo pesimistične ocene. Zanimivo je, da se z naraščanjem velikosti posesti pesimizem stopnjuje, za manjše, netržne obrate pa je videti, da jih tvorstna tematika ne zanima poglobljeno, zato (vsaj zase) večjih sprememb ne pričakujejo.

Eno od najbolj izrazitih sodobnih nasprotij je na relaciji varovanje virov pitne vode – kmetijstvo. Čedalje večja intenzifikacija kmetijstva kot temeljne dejavnosti ruralnega prebivalstva in vrtničarstva kot dopolnilne dejavnosti urbanega in tudi ruralnega prebivalstva zahtevata vse večje količine kakovostne vode za namakanje zemljišč. Zaskrbljujoče je zlasti dejstvo, da imajo kmetovalci kot uporabniki obsežnih namakanih površin neustrezen odnos do okolja.

Raziskave rodovitnosti tal na varstvenih pasovih virov pitne vode na Ljubljanskem polju kažejo, da gnojilne navade kmetov v veliki večini niso v skladu z navodili dobre kmetijske prakse pri gnojenju. To potrjuje čedalje višja povprečna raven rastlinam lahko dostopnega fosforja in kalija v obdelovalnem sloju tal. S stališča varovanja vodnih virov je vsekakor pomembna ugotovitev o zmanjševanju ostankov nitrata dušika v tleh jeseni po spravilu pridelkov.

Kmetovalci na vodovarstvenih pasovih so seznanjeni s predpisi glede kmetovanja na teh območjih. Menijo, da je prav, da so pravila napisana, moti pa jih občutek, da jim država ne omogoča vse nujno potrebne pomoči pri uresničevanju zakonskih določil. Pri tem mislijo predvsem na finančno pomoč pri gradnjah in adaptacijah obstoječih gnojnih objektov ter predvsem na poenostavitev postopkov za pridobitev dovoljenj za omenjene posege v prostor. Posledica tega je relativno velika nezainteresiranost kmetov za reševanje omenjene problematike, saj po podatkih popisa gnojnih objektov znotraj vodovars-

tvenih pasov kar 58 % kmetov ni pripravljeno vlagati v posodobitev gnojnih objektov, samoiniciativno pa o tem razmišlja zgolj 13 % kmetov.

Rezultati analiz ostankov fitofarmacevtskih sredstev tako v tleh kot tudi v podtalnici so v skladu z drugimi primerljivimi monitoringi na tem območju. Potrdili so, da se stanje onesnaženosti okolja v zadnjih letih opazno izboljšuje, čeravno vsi vzorci še niso v okviru dopustnih vrednosti. Največjo obremenitev okolja s fitofarmacevtskimi sredstvi še vedno predstavljajo triazini, med katerimi je na prvem mestu atrazin, ki mu sledi njegov razgradni produkt desetil atrazin. V posameznih vzorcih tal smo sicer ugotovili tudi prisotnost pendimetilina ter metolaklor in terbutilazina, ki jim bo v prihodnje zaradi njihove precejšnje uporabe treba nameniti več pozornosti. Podobno sliko smo ugotovili tudi v vzorcih podtalnice, kjer sta edini omembe vredni aktivni snovi atrazin in desetil atrazin. Vrednosti so sicer ponekod nekoliko povišane in še vedno nad dopustno mejo, vendar v vseh primerih ugotavljamo zmanjševanje v primerjavi s preteklimi leti. Desizopropil atrazina proti pričakovanju nismo našli na nobeni izmed preučevanih lokacij. V podtalnici smo v posameznih vzorcih ugotovili prisotnost metolaklor in dimetenamida, ki jima bo v prihodnje ravno tako treba nameniti več pozornosti, saj sta obe aktivni snovi namenjeni uporabi pri gojenju koruze, sladkorne pese in krompirja (dimetenamid) in zato pomenita na vodozbirnih območjih povečano tveganje za podtalnico in pitno vodo bolj zaradi potencialno velike uporabe kot pa slabih ekotoksikoloških lastnosti.

V prihodnje bo nujno treba vložiti še več znanja in skupnih moči v izobraževanje kmetov, pa tudi prisluhniti njihovim težavam in pomislekom. V ta namen so bili izdani tehnološki listi s priporočili za kmetovanje, pripravljena predavanja za kmete in svetovalce ter demonstracijski poskusi na terenu. Omenjene aktivnosti bo treba še poglobiti in jih kar najbolj aplicirati tudi v dobro kmetijsko prakso.

K onesnaženju zraka na tem območju pomembno prispeva energetika oziroma tako imenovani pretvorniki energije, med njimi zlasti izstopa Termoelektrarna Toplarna Ljubljana. Ta prispeva večji delež emisij v zrak: žveplov dioksid, ogljikov monoksid, dušikove okside in prašne delce. Medtem, ko so se emisije žveplovega dioksida in prašnih delcev v zadnjih dvajsetih letih odločilno znižale, emisije dušikovih oksidov stagnirajo, povečujejo pa se emisije ogljikovega dioksida. Prispevek drugih industrijskih dejavnosti je zanemarljiv in znaša po glavnih onesnažilih manj kot 5 %.

Pomembnejši je prispevek industrijske dejavnosti k emisiji v vode. Kljub temu, da industrija porabi le dobro petino vseh količin prodane vode, prispeva k onesnaževanju voda z odpadkami, saj večinoma nima lastnih čistilnih naprav. Tako se veže na kanalizacijo do Centralne čistilne naprave v Ljubljani, ki trenutno opravlja le mehansko čiščenje. Kot je razvidno iz podatkov, industrija pomembno prispeva k emisijam kemijske potrebe po kisiku, biorazgradljivih snovi, organskih snovi, sulfata, klorida, težkohlapih lipofilnih snovi in celotnega vezanega dušika. Dvema predstavnikoma prehrabene industrije se z manjšim deležem emisij pridružita še predstavnik kemijske industrije in proizvodnja embalaže. Seveda ne gre prezreti tudi specifičnih onesnaževalcev kot so kemične čistilnice, ki okolje onesnažujejo zaradi zastarele tehnologije.

Zaradi povezanosti med rečno vodo in podtalnico lahko onesnažena površinska voda ogrozi tudi podtalnico.

Ljubljana se je v zadnjem stoletju izjemno razvila in povečala urbane površine, vse bolj se zajeda zlasti na lahko obvladljivo ravnino Ljubljanskega polja. Številne dejavnosti, še posebej pereča sta industrija in promet, požirajo obsežne površine. Prav industrija in promet tudi z nesrečami pomenita nenehno potencialno grožnjo okolju.

Na neurbaniziranih območjih, zlasti vzdolž Save, imamo številne divje gramoznice, v katerih je le še nekaj metrov ali pa celo manj do podtalnice, vsepovsod je ogromno neurejenih odlagališč odpadkov. Skratka, tudi neurbanizirani deli Ljubljanskega polja vse bolj trpijo posledice mestnega načina življenja.

Integrirano gospodarjenje z vodnim virom na njegovem celotnem prispevnem območju je učinkovit način nadzora nad količinami in kvaliteto. Kadar prispevno območje obravnavamo kot celoto, lahko takšna obravnava pomeni koordinacijo in dialog med različnimi vpletenimi stranmi. Za učinkovito uprav-

ljanje vodnega vira, ohranitev in izboljšanje kakovosti podzemne vode ter ohranitev njenih količin je potrebno sodelovanje strokovnih krogov, upravitelja vodnega vira, odjemalcev pitne vode in porabnikov prostora na območju vodonosnika. Upravitelj in skrbnik vodnih virov je odgovoren za kakovost pitne vode in predstavlja stran, ki je najbolj seznanjena s problemi in naj bi upoštevala nova spoznanja v praksi. Je na stičišču med znanostjo, zakonodajo in politiko in lahko posreduje pomembne informacije pri iskanju rešitev.

V skrbi za zdravstveno ustrezno pitno vodo in učinkovito upravljanje z vodnim virom moramo upoštevati medsebojne vplive različnih urbanih rab prostora. Širok spekter kemijskih in bioloških snovi, prisotnih v okolju, škodljivo vpliva na človekovo zdravje in zato je pomembno, da se vzpostavi politika nadzora glede na dejavnosti, ki se odvijajo na vodonosniku in vplivajo na kakovost podzemne vode. Vedno večje zavedanje javnosti in njena udeleženosť sta pomembna elementa politik in akcij za zaščito kakovosti podzemne vode.

Kakovost podzemne vode Ljubljanskega polja kaže na veliko sposobnost na izenačevanje negativnih vplivov, ki jih povzročajo različne urbane rabe prostora. Vendar naraščanje koncentracij nekaterih onesnaževal v podzemni vodi kaže, da se bližamo mejam obremenitev, ki jih ta prostor še prenese. V prihodnje moramo premišljeno in nadzorovano posegati v prostor, saj lahko le tako ohranimo kakovostno podtalnico.

Zmanjšanje obremenitev okolja, umiritev prevoza z osebnimi avtomobili, izboljšanje prometa z javnimi prevoznimi sredstvi, ekosistemsko pretehtana pokrajinska raba, umiritev suburbanizacije, izboljšanje privlačnosti bivanja v mestnem središču, ohranjanje primerne kakovosti podtalnice Ljubljanskega polja so temeljne sestavine kurativne in preventivne sonaravne prostorske politike Ljubljane.

Raba vode iz zajetij se sčasoma spreminja. Nekdaj je voda pomenila glavni vir oskrbe za človeka in živino, v novejšem času pa se uporablja predvsem za zalivanje in namakanje obdelovalnih zemljišč. Na vodovarstvenem območju črpališč pitne vode na Ljubljanskem polju je bil izveden popis 1228 vodnjakov, od katerih je 645 izkopanih, 532 zabitih in le 21 izvrtanih, drugih ni bilo mogoče uvrstiti v noben tip.

Stanje v korišćenju podtalnice bi bilo treba načrtno spremljati. Za obstoječe vodnjake v uporabi je treba:

- načrtno izvesti analizo kakovosti vode v vzorčnih objektih;
- objekte s slabo kakovostjo vode sanirati (ureditev notranjosti objektov, ureditev neprepustne okolice objektov, ureditev ustreznega nagiba njihove okolice, sanacija gnojnih jam, gnojišč, greznic in kanalizacijskega omrežja);
- pri objektih z ugotovljenimi izpusti odpadnih voda v objekte nemudoma poskrbeti za prenehanje tovrstnega delovanja;
- vpeljati nadzor nad količinami zajete vode v objektih;
- v kratkem roku pri porabnikih, ki zajemajo več vode, kot je potrebujejo za normalne potrebe gospodinske rabe, urediti dokumentacijo, skladno z veljavno zakonodajo o namakalnih sistemih.

Za opuščene vodnjake bi bilo treba razmisliti glede njihove nadaljnje usode. Ponujata se dve možnosti, uničenje objekta z zasutjem ali njegova obnova skladno s sodobnimi spoznanji.

Glede na gibanje, ki smo mu priča v zadnjem desetletju, je pričakovati nadaljnji porast števila predvsem zabitih vodnjakov v lasti oziroma uporabi vrtničarjev, saj je naložba v takšen vodni objekt zaradi razmeroma plitve gladine podtalnice majhna. Menimo, da bi si vsi novi uporabniki, brez izjeme, morali pridobiti vodno dovoljenje in po potrebi tudi gradbeno dovoljenje.

16 TERMINOLOŠKI SLOVARČEK

absorpcijska zmogljivost okolja zmogljivost okolja glede količine škodljivih antropogenih snovi in odpad-
ne energije, ki jih lahko sprejme, ne da bi se poslabšala njegova kakovost

aerobna plast prepustna plast tal, ki vsebuje zrak

aerobna vodna plast plast vode, v kateri se obnavlja v njej raztopljeni kisik

agrarno obremenjevanje okolja → kmetijsko obremenjevanje okolja

aluvialna terasa obrečna ravnica, lahko delno ali v celoti še poplavna ob visoki vodi

aluvij 1. holocenska rečna naplavina 2. zastarelo → holocen

antropogeni dejavnik dejavnik, ki ga ustvari, sproži ali stopnjuje človek

antropogeno okolje okolje, preoblikovano zaradi človekovega delovanja

areal območje razširjenosti vrste, populacije, združbe, živih bitij

asimilacijska nosilnost okolja zmogljivost določenega okolja glede na največjo stopnjo antropoge-
nih obremenitev, pri kateri se njegovo naravno ravnotežje še ne poruši

asimilacijska sposobnost okolja sposobnost okolja, da presnavlja, nevtralizira vanj vnesene antro-
pogene škodljive snovi

asimilacijska zmogljivost okolja zmogljivost okolja, da sprejme določeno količino škodljivih snovi, ki
jih vanj vnaša človek s svojimi dejavnostmi, ne da bi se porušilo okoljsko ravnovesje

bazen kotlina, zapolnjena z usedlinami

bentos fauna, ki poseljuje rečno, jezersko, morsko dno

bifenili v industriji uporabljane nerazkrojljive snovi, ki zastrupljajo okolje in organizme, v katerih
povzročajo poškodbe tkiv, dedne snovi

biocidi okolju lahko škodljive kemične ali naravne snovi, ki se uporabljajo zlasti v kmetijstvu za
zatiranje povzročiteljev bolezni in škodljivcev kulturnih rastlin

bioindikatorji organizmi, ki s svojo prisotnostjo ali odsotnostjo v ekotopu označujejo njegovo kakovost,
različnost glede na sosednje ekotope, po katerih se presoja onesnaženost okolja,
stanje v njem, na primer lišaji, alge

biokemična potreba po kisiku kratica BPK merilo za določanje organske onesnaženosti naravnih,
odpadnih voda, pri čemer se ugotavlja količina kisika izražena v mg O₂/l vode, ki jo pri razgradnji
organskih snovi porabijo mikroorganizmi v določeni časovni enoti pri 20 °C

biološka razgradljivost lastnost odmrlih organskih spojin, da se s pomočjo mikroorganizmov narav-
no razkrojijo, s čimer se zmanjšuje škodljivost v okolje vnesenih odpadnih snovi

biološko čiščenje odpadne vode uporaba mikroorganizmov v čistilnih napravah za razgradnjo
organskih snovi v odplakah

biološko samočiščenje vode 1. naravno, aerobno razgrajevanje organskih snovi z mikroorganizmi
v biološko uravnoteženem vodnem okolju 2. urejeno in nadzorovano čiščenje odpadnih vod v či-
stilnih napravah z mikroorganizmi v gniliščnem blatu z dovajanjem zraka, kisika

čezmerna obremenitev okolja izraba, obremenjevanje okolja, ki presega njegovo zmogljivost, obnov-
ljivost, s čimer se okolje onesnaži, osiromaši, degradira

čistilna naprava za odpadne vode objekt za mehansko, kemično, biološko čiščenje onesnaženih odpad-
nih voda, da te dobijo predpisane, okolju nenevarne lastnosti in jih je mogoče spuščati v naravne
tekoče vode

deficit vodnega odtoka razlika med količino padavinske in odtekle vode zaradi izhlapevanja

degradacija okolja zmanjševanje kakovosti naravnega ali kulturnega okolja zaradi onesnaževanja, preo-
bremenjevanja s škodljivimi snovmi

degradirano okolje razvrednoteno naravno ali kultivirano okolje, katerega kakovost je zaradi
onesnaževanja, preobremenjevanja, zelo poslabšana

deponija odpadkov zaradi varovanja okolja tehnološko urejen prostor za odlaganje zavrženih, odrab-
ljenih stvari, zlasti komunalnih oziroma gospodinjstskih odpadkov

depresijski lijak znižanje gladine talne vode v obliki skleda s središčem v črpališču, ki nastane, kadar črpanje presega dotok

deževnica padavinska voda ali voda takega izvora, zbrana v kapnici, vodotoku

divje odlagališče odpadkov nestrokovno → nedovoljeno odlagališče odpadkov

dopustna obremenitev okolja raba, obremenjevanje okolja, ki ne načenja, presega njegovih obnovitvenih zmogljivosti in bistveno ne poslabša njegove kakovosti

ekologija 1. multidisciplinarna veda o odnosih med različnimi organizmi in njihovih razmerjih do življenjskega okolja 2. veja biologije, ki preučuje odnose med organizmi in okoljem

ekosistem uravnotežena celota različnih, medsebojno odvisnih organizmov skupaj z neživimi sestavinami okolja, v kateri krožijo snovi in energije

ekosistemsko kroženje snovi vgrajevanje nežive snovi v organizme ob življenjskih procesih in njihov razkroj v mineralne delce po smrti

ekvivalentna enota obremenitve okolja kratica EE organska obremenitev okolja, ki jo statistično povzroča posamezen človek kot biološko bitje, izračunana glede na dnevno količino blata in urina ter za njuno razpadanje potrebno količino kisika ($60 \text{ g O}_2/\text{preb.}/\text{dan}$) **S**: populacijski ekvivalent

emisija okolju škodljiv vnos škodljivih snovi, odpadne toplotne energije v okolje, merjen pri viru onesnaževanja

evapotranspiracija celotno vračanje vode s površja Zemlje v ozračje zaradi sočasnih evaporacije, izhlapevanja s kopnega in vodnega površja in transpiracije, izhlapevanja iz rastlin

eutrofikacija 1. biološki učinki povečanih vrednosti hranil za rastline (običajno N in P) v vodnih ekosistemih (tekoče in stoječe vode) 2. naravni proces, ki ga lahko človek s svojimi dejavnostmi pospeši (spiranje kmetijskih zemljišč, komunalne in industrijske odplake)

fekalne vode odpadne vode, v katerih so straniščnica, gnojnica in gospodinjske odplake

fenoli zelo strupene snovi z nizko maksimalno dopustno koncentracijo, uporabljane v različnih industrijskih, kemičnih procesih, ki onesnažujejo zlasti vode

fitofarmacevtska sredstva kemična ali naravna sredstva za zaščito kulturnih rastlin, ki se uporabljajo zlasti v kmetijstvu

fosfati anorganske spojine zlasti v mineralnih gnojilih, pralnih praških, ki zaradi prevelike uporabe v kmetijstvu in gospodinjstvih onesnažujejo vodo, povzročajo njeno eutrofikacijo

freatična cona območje v intersticiju, kjer se vplivi s površja zmanjšujejo, z minimalnimi kolebanji vrednosti okoljskih parametrov, malo hrane, nizko vsebnostjo kisika, maloštevilnimi, redko naseljeni organizmi, s favno, prilagojeno razmeram v energijsko revnem, sorazmerno stabilnem okolju **S**: freatik

freatik → freatična cona

fungicidi kemična sredstva, ki se zlasti v kmetijstvu uporabljajo proti glivičnim boleznim gojenih rastlin

gnojevka z vodo razredčeni izločki živine brez stelje, ki nastajajo v hlevih z izplakovanjem, katerih nestrokovna in prevelika uporaba v kmetijstvu onesnažuje zlasti vodne vire

gnojilo naravna organska snov na primer gnoj, gnojnica, gnojevka, kostna moka, kompost, ali umetno pridobljena anorganska spojina, na primer mineralno gnojilo, ki se uporablja v kmetijstvu za izboljševanje in vzdrževanje rodovitnosti prsti

gnojnica mešanica seča domačih živali z vodo in snovmi, ki nastanejo iz seča zaradi naravne pre snove

gospodinjski odpadki organski in anorganski odpadki iz gospodinjstev, gostinskih lokalov, domov, tržnic, ki se organizirano odlagajo na odlagališča komunalnih odpadkov

gradient sprememba določene količine na določeno mersko enoto

gravitacijska voda podzemna voda, ki se premika zaradi Zemljine težnosti

greznica vodotesno urejena jama za zbiranje hišnih odplak, ki deluje kot hišna čistilna naprava, praviloma triprekatna

habitat 1. fizični del okolja, ki ga naseljujejo organizmi določene vrste 2. kraj, kjer naravno rase rastlina ali živi žival, lahko na širšem geografskem ali na točno določenem območju, kjer je mogoče najti določen primerek

herbicidi kemična ali naravna sredstva, ki se zlasti v kmetijstvu uporabljajo za zatiranje plevla

hidrogeologija veda, ki preučuje podzemne vode z geološkega ali geografskega vidika

hidrografski bazen del Zemljinega površja skupaj z vodonosnimi kamninami, od koder se vode stekajo v posamezno reko ali rečni sistem

hidrološka karta zemljevid, ki prikazuje razporeditev, sestavo, dinamiko in druge lastnosti voda na določenem ozemlju

hidrološki model računalniška obdelava hidroloških podatkov zaradi pojasnjevanja, tipizacije pojavov in napovedovanja hidroloških procesov, prikazanih številčno ali grafično

hidrološki račun obdelava hidroloških podatkov, ki razkriva značilnosti hidrološkega režima, modela, napovedi

hidrometrični prerez prečni prerez vodnega objekta z navedbami hitrosti toka, pretoka in rezultatov drugih hidrometričnih opazovanj

hidrometrija veda, ki se ukvarja z metodologijo opazovanja in merjenja voda

hiporeična cona spremenljiva prehodna cona v intersticiju, pod rečno strugo in ob njej, kjer se mešata površinska voda in podtalnica, z intenzivnim vnosom hrane, zmanjševanjem vsebnosti kisika v smeri podtalnice, lahko zatočišče za bentoške živali v sušnih obdobjih **S:** hiporeik

hiporeik → hiporeična cona

hitrost vodnega toka razdalja, ki jo voda preteče v časovni enoti, izmerjena na prečnem prerezu vodnega toka in navadno izražena v m/s

hlevski gnoj naravno gnojilo, nastalo iz mešanice iztrebkov živine in stelje, ki lahko pri preveliki gostoti živine na obdelovalni zemljišča obremenjuje okolje

holocen mlajša, sedanja epoha kvartarja od pleistocena dalje, ki traja zadnjih 10.000 let **S:** aluvij (2)

holocenska ravnina ravnina, nastala v holocenu

imisija v določenem okolju sprejete škodljive snovi iz različnih virov, merjene navadno kot koncentracija emisij

indeks vodnega odtoka odtok, izražen z debelino vodnega sloja na površino odtočnega območja, navadno izražen v mm/km² **S:** odtočni indeks

indikatorji okolja neživi fizikalni, kemični ali živi pokazatelji, za določene učinke onesnaževanja občutljivi indikatorski organizmi, ki kažejo stanje, spremembe v okolju

industrijska odpadna voda voda, uporabljena v proizvodnem procesu industrijskih, obrtnih obratov, ki zaradi onesnaženosti obremenjuje, ogroža okolje

infiltracijska voda podzemna voda, ki je skozi prepustna tla poniknila s površja

insekticidi kemična ali naravna sredstva, ki se zlasti v kmetijstvu uporabljajo za zatiranje škodljivih žuželk

integralno varstvo okolja celota prizadevanj, ravnanj, s katerimi se okolje ali njegove posamezne sestavine čim manj obremenjujejo, smotrno uporabljajo in se omejujejo, odpravljajo škodljivi vplivi človeka nanj

intenzivno kmetijstvo kmetovanje, pri katerem se z intenzivnim delom, uporabo gnojil, sredstev za varstvo rastlin dosegajo veliki hektarski donosi in velik dohodek, vendar zaradi velike porabe energije in okolju neprijaznih sredstev močno obremenjuje, onesnažuje okolje

intersticielna voda voda, ki zapolnjuje prostore med delci nesprijetih sedimentov, na primer mivke, peska, proda

intersticij tridimenzionalna mreža por med delci nesprijetih sedimentov vodonosnika

izkopani vodnjak vodnjak z večjim premerom, izdelan s kopanjem jaška in morebitno obdelavo sten zlasti zaradi individualne oskrbe z vodo iz plitvo ležeče podtalnice

izvrtani vodnjak vodnjak z manjšim premerom, ki se z mehanskim svedrom izvrti v tla zlasti zaradi individualne oskrbe z vodo iz globlje ležeče podtalnice

kakovost vode lastnost vode glede na njene fizikalne, kemične, biološke značilnosti, po katerih se razporeja v štiri osnovne in tri vmesne kakovostne razrede, ki določajo njeno uporabnost

- kanalizacijske odplake** odpadne vode naselij, speljane po kanalizacijskih ceveh v sprejemnik, na primer reko, morje, jezero, bodisi neposredno brez čiščenja ali prek čistilnih naprav, v katerih se vode očistijo do stopnje, ustrezne za izpust v naravne vode, ne da bi poslabšale njihovo kakovost
- karenca** čas po uporabi fitofarmaceutskih sredstev, v katerem se zaradi njihove škodljivosti škropljene rastline, njihovi plodovi ne smejo obirati, uporabljati, uživati
- kloriranje pitne vode** čiščenje, razkuževanje pitne vode v vodovodnih zajetjih z dodajanjem klora, ki se zaradi delne oporečnosti nadomešča z ozoniranjem vode
- kmetijsko obremenjevanje okolja** obremenjevanje, onesnaževanje okolja, zlasti voda, prsti s škodljivimi snovmi, ki se uporabljajo, nastajajo pri kmetovanju **S**: agrarno obremenjevanje okolja
- kolebanje talne vode** **1.** dejansko spreminjanje količine talne vode **2.** navidezno spreminjanje količine talne vode, ki ga povzroča hidrostatski tlak v vodonosniku
- komunalne odpadne vode** vode, uporabljene v gospodinjstvih, dejavnostih v mestih in drugih naseljih, ki neprečiščene obremenjujejo, ogrožajo okolje
- komunalni odpadki** organski in anorganski odpadki, nastali v gospodinjstvih, dejavnostih v mestih in drugih naseljih, ki se organizirano odlagajo na urejenih odlagališčih
- kotlina** **1.** večja sedimentacijska kotanja s skledasto odloženimi kamninskimi plastmi, nastala večinoma s tektonskim ugrezanjem vzdolž tektonskih prelomov **2.** razširjeni del doline v rečnem reliefu
- kulturna pokrajina** pokrajina, kjer antropogene pokrajinske prvine prevladujejo nad naravnimi
- maksimalna dopustna koncentracija** kratica MDK največja še dopustna količina škodljivih snovi v okolju, določena s pravnimi predpisi, za nekatere snovi tudi glede na časovno enoto, čeprav za človeka še nima merljivih škodljivih posledic
- mineralno gnojilo** navadno umetno pridobljena snov, sestavljena iz ene od treh temeljnih prvin, dušika, fosforja, kalija, ali njihove mešanice v različnih medsebojnih razmerjih, ki se dodaja prsti za ohranjanje, izboljšanje rodovitnosti
- monitoring** organiziran sistem meritev, opazovanj stanja, pojavov, sprememb kakovosti okolja in njegovih sestavin, na primer zraka, vode, prsti, ki omogoča vrednotenje kakovosti okolja in določitev ukrepov za njegovo varstvo, zaščito
- naplavina** **1.** gradivo, ki ga tekoča voda nosi s seboj in odlaga med potjo ali na izlivu, na primer prod, pesek, melj, glina **2.** plast proda, peska, melja ali gline, ki jo je odložila tekoča voda
- naravni filter** prepustna plast tal, na primer peščena, zlasti debelejša zrnatosti, skozi katero se preceja in čisti talna voda, ki se uporablja tudi za čiščenje onesnažene vode pred črpanjem v vodovodne sisteme
- naravno okolje** okolje, območje, ki se spreminja v naravnih razmerah, brez vplivov človekovega delovanja
- nevtralizacijska sposobnost okolja** sposobnost okolja ali njegovih delov, da zmanjšuje škodljive vplive človekovega ravnanja, poseganja vanj
- nitifikacija voda** onesnaževanje vode z nitrati zaradi pretirane uporabe dušičnih gnojil, iz katerih se s padavinsko vodo izpirajo v prst in naprej v talno ter druge vode
- nosilnost okolja** zmogljivost okolja glede na največjo stopnjo antropogenih obremenitev, pri katerih se naravno ravnoesje v njem ne poruši
- občutljivost okolja** lastnost določenega okolja, da je različno občutljivo za posamezne človekove posege
- območje** **1.** ozemlje z določenimi skupnimi značilnostmi, potezami **2.** ozemlje, kjer ima kaj svojo privlačnost, vpliv
- obremenjevanje okolja** raba, izraba okolja, njegovih sestavin, s katero se okolje siromaši, načenja, onesnažuje, in se zmanjšuje njegova kakovost
- odlagališče odpadkov** prostor za odlaganje odpadkov, zlasti komunalnih, ki tehnološko urejen malo obremenjuje, onesnažuje okolje
- odpadne vode** vode, uporabljene v gospodinjstvih, industrijskih, obrtnih, storitvenih obratih, ki zaradi onesnaženosti lahko obremenjujejo, ogrožajo okolje **S**: odplake
- odplake** → odpadne vode

odtočni indeks → indeks vodnega odtoka

odtočni količnik razmerje med indeksom vodnega odtoka in padavinskim indeksom, ki izraža delež odteklih padavin z določenega območja

ogroženost okolja verjetna nevarnost, da se zaradi škodljivega delovanja človeka kakovost določenega okolja poslabša in se zveča njegova prizadetost

okolje 1. prostor, ki s svojimi sestavinami omogoča življenje na Zemlji in vpliva nanj **2.** biotske in abiot-ske sestavine, s katerimi je organizem v snovni, kemični ali/in energijski povezavi

okoljski informacijski sistem računalniško podprt sistem, ki vključuje sprotno zbiranje, urejanje in posre-dovanje podatkov o stanju okolja na lokalni, regionalni, državni ravni

okoljsko ravnovesje stanje določenega okolja, v katerem so njegove sestavine medsebojno usklajene, ustaljene

omejitveni dejavniki razvoja količinsko omejeni ali zaradi onesnaženosti manj uporabni naravni viri, ki zavirajo nadaljnji razvoj zlasti na določenem gospodarskem področju

onesnaženo okolje naravno ali kultivirano okolje, katerega kakovost je zaradi vnesenih škodljivih sno-vi zmanjšana

onesnaževanje okolja zmanjševanje kakovosti in naravnih samoobnovitvenih zmogljivosti okolja, ki jih pov-zroča človek s svojim delovanjem in vnašanjem določenemu okolju škodljivih snovi, energije, organizmov

pesticidi navadno sintetična sredstva, ki se zlasti v kmetijstvu uporabljajo za zatiranje škodljivih orga-nizmov, plevela in povzročiteljev bolezni gojenih rastlin

podtalna voda → podtalnica

podtalnica podzemna voda, ki se nabira v sipkih, medzrnsko poroznih kamninah nad neprepustnimi plastmi **S:** podtalna voda, talna voda, talnica

podzemeljska voda → podzemna voda

podzemna voda voda v zgornjem delu Zemljine skorje v plinastem, tekočem ali trdnem agregatnem stanju **S:** podzemeljska voda

pokrajina 1. del Zemljinega površja, ki ima glede na prepletanje geografskih pojavov, prvin in součin-kovanje geografskih dejavnikov svojski značaj, videz, po katerem se razlikuje od okolice **2.** ozemlje s prevlado ene ali več pokrajinskih prvin **3.** videz Zemljinega površja

populacijski ekvivalent kratica PE → ekvivalentna enota obremenitve okolja

porečje ozemlje, s katerega odteka voda v isto reko

poroznost 1. lastnost prsti glede na prostornino vseh por v njej, izražena v odstotkih od določene pro-stornine izbrane prsti v naravi **2.** delež prostornine vseh praznih prostorov v kamnini

povodje → vodozbirno območje

površinska voda voda, ki stalno ali občasno prekriva del Zemljinega površja

površje zunanji, vrhnji del Zemlje

prepustnost lastnost kamnine, prsti, da v večji ali manjši meri prepuščata vodo

prod 1. usedlina iz nesprijetih zaobljenih kamnitih delcev velikosti nad 2 mm, ki so jih z valjenjem po strugi iz ostrorobatega grušča izoblikovale tekoče vode **2.** zaobljeni kamniti delci v morju, ki nastanejo zaradi erozijskega delovanja in premikanja sedimentov

prodišče s prodom prekrito zemljišče, navadno ob rečnem toku

prodni zasip debelejša, večinoma prodnata in peščena akumulacija v gorskem podgorju

prst 1. preperel površinski del Zemljine skorje, ki nastaja in se spreminja zaradi vplivov matične pod-lage, podnebja, reliefa, vode, časa, delovanja organizmov in človeka, naravno okolje za uspevanje rastlin **2.** s humusom bogata tla **3.** ljudsko zemlja

ranljivost okolja dovzetnost določenega okolja za človekove posege, neustrezna ravnanja, zaradi kate-rih se zmanjša njegova nevtralizacijska, regeneracijska sposobnost

ravnovesje stanje v okolju, kjer so različni deli in pojavi usklajeni in nakazujejo stabilnost

rečna akumulacija akumulacija mehanskih ali kemičnih usedlin in/ali naplavin v rečnih tokovih

rečna ravnina ravnina, nastala z rečno erozijo ali akumulacijo

rečna terasa 1. terasa iz rečne naplavine **2.** v starejše gradivo z rečno erozijo vrezana terasa

rečni sediment sediment tekoče vode

regeneracijska sposobnost okolja sposobnost ekosistema ali njegovih sestavin, da z obnavljanjem znova pridobi prvotne lastnosti, zmanjša, nevtralizira določeno stopnjo antropogenih obremenitev

regionalizacija 1. delitev ozemlja na regije **2.** postopek členitve ozemlja na regije

relief 1. oblikovanost Zemljinega površja na kopnem, pod vodno gladino **2.** celota reliefnih oblik na Zemljinem površju

samočistilna sposobnost narave sposobnost narave oziroma njenih sestavin, da s fizikalnimi, kemičnimi in biološkimi procesi razgrajujejo, pretvarjajo v njih vnesene škodljive snovi

saprobiološka analiza voda metoda za določevanje kakovosti voda s pomočjo organizmov, značilnih za vsako od štirih stopenj njene onesnaženosti

sediment nevezana mineralna ali organska gmota, nastala z odlaganjem in usedanjem

sonaravni razvoj razvoj človeške družbe, zlasti gospodarski, skladen z naravo, pokrajino in njuno zmogljivostjo

specifični vodni odtok količina odtekle vode z določene površine v določeni časovni enoti, navadno izražena v l/s/km²

sredstva za varstvo rastlin naravna ali kemična sredstva, ki varujejo kulturne rastline pred boleznimi ali škodljivci

stigobionti vrste organizmov, ki preživijo celoten življenjski cikel v kraški ali nekraški podtalnici, zato pogosto kažejo morfološke, fiziološke in vedenjske prilagoditve na življenje v podzemlju

strmec nagib kopne površine ali rečnega toka, običajno izražen v promilih ali m/km

talna voda → podtalnica

talnica → podtalnica

tehnološka voda voda, ki se uporablja v določenem tehnološkem procesu

tekoča voda navadno sladka voda rek, potokov, ki zaradi istosmerne strme odteka v isto smer, prenaša s seboj kamninsko in drugo gradivo in ga ob zmanjšani transportni moči odlaga

terasa dokaj raven ali uravnan del Zemljinega površja, ki ga od nižjega oz. višjega sveta ostro omejuje ježa

težke kovine kovine z veliko molekulsko maso, zlasti svinec, živo srebro, kadmij, ki se pri industrijskih postopkih, prometu in drugimi človekovimi dejavnostmi sproščajo v okolje, v katerem zastrupljajo zlasti vode in prsti

tla 1. prst **2.** trdna plast pod zemeljskim površjem

trajnostni razvoj razvojna usmeritev človeške družbe, usklajena, uravnotežena z naravnimi viri, v okviru nosilnosti okolja in smotrne rabe virov, ki ohranja okolje za prihodnost

transpiracija izhlapevanje vode iz rastlin, zlasti skozi reže

trdota vode lastnost vode glede na vsebnost ionov kalcija in magnezija, zlasti v obliki karbonatov

usedlina → sediment

varstvo okolja celovito prizadevanje, skrb družbe, države za ohranjanje čistega, zdravega okolja in za izboljševanje preobremenjenega, onesnaženega okolja

vnos v okolje vnesena snov, energija, ki ga spreminja, obremenjuje, onesnažuje

voda 1. spojina vodika in kisika, ki vsebuje različne primesi in se pojavlja v trdem, tekočem ali plinastem agregatnem stanju **2.** tekočina, ki kot reka, jezero, morje sestavlja vodni ovoj Zemlje **3.** tekočina z raztopljenimi solmi, plini in organskimi snovmi kot del biosfere

vodna bilanca razmerje med dotokom in odtokom vode v določeni prostorski enoti in določenem času, izraženo v odstotkih

vodni objekt voda v obliki reke, jezera, morja kot predmet preučevanja s hidrološkimi metodami

vodni odtok 1. količina vode, ki odteče v določenem času **2.** razmerje med padavinsko in izhlapelo vodo na določenem območju

vodni vir voda, uporabna za gospodarske, gospodinjske in druge namene

vodni zbiralnik zbiralnik za pitno, odpadno ali kako drugo vodo, navadno v obliki jarka ali cevi

vodnjak jašek s pitno vodo, skopan do talne vode in obložen z kamenjem, betonom, opeko, kovino ali lesom

vodno okolje z vodo napolnjen prostor, kjer živijo vodni organizmi

vodonosni sloj z vodo prepojen prepustni sloj tal, pomemben kot vir za oskrbo z vodo **S:** vodonosnik

vodonosnik → vodonosni sloj

vodovarstveni pas → vodovarstveno območje

vodovarstveno območje območje okrog zajetij vodnih virov, navadno z različno strogim režimom varovanja, v katerem se z omejeno prostorsko rabo preprečuje njihovo onesnaževanje

vodovje celota stoječih in tekočih površinskih ter podzemnih voda

vodozbirno območje padavinsko območje, od koder odteka voda v isto reko, jezero, vodni zbiralnik **S:** povodje

vršaj nagnjen prodnat in peščen nanos v obliki trikotnika oz. stožca, nastal zaradi zmanjšane prenosne moči vodnega toka, navadno v podgorju, kjer reka z vzpetega površja priteče na ravnino

zabiti vodnjak vodnjak z manjšim premerom, ki se zlasti zaradi individualne oskrbe z vodo iz plitvo ležeče podtalnice naredi tako, da se v tla zabije tanka, v spodnjem delu naluknjana cev

zmogljivost okolja sposobnost okolja, da prenese določeno stopnjo obremenitve, ne da bi se porušilo njegovo naravno ravnovesje

17 SUMMARY

Because of its natural assets, Ljubljansko polje is a juncture of numerous human activities and interests. The source of drinking water for about 300,000 residents of the city of Ljubljana and its surroundings, it holds one of the most important bodies of groundwater in the country. Unfortunately, the influences of urbanization, agriculture and industry that threaten and burden it are reflected in the quality and quantity of the groundwater. The great ability of the media to expose the negative influences caused by various types of land use for the time being still guarantees a quality of groundwater corresponding the standards for drinking water.

For more than a century, numerous studies have been done on the area of Ljubljansko polje, but new questions and unknowns keep appearing. We are far from understanding all of the mysteries of the origin of Ljubljansko polje, the laws governing the flow of the groundwater, and the mutual relationships and influences of its hydrodynamic elements, so many challenges remain for research and scientific work in the future.

The sandy and relatively shallow soil of Ljubljansko polje, which is also relatively poor in organic matter, does not offer the groundwater great protection from pollution.

All the elements of water balance, inflows and outflows, are difficult to encompass and for the time being cannot be measured; in most cases, we can only estimate their size. Additional studies of elements of the water balance such as pumping, use, discharge regimes, etc., are rendered difficult by anthropogenic influences. The ratios between inflow and outflow change vary significantly over time and place. The main sources supplying the Ljubljansko polje aquifer are the Sava River and infiltration of precipitation water over the entire Ljubljansko polje area. The largest anthropogenic influence is pumping, which just for the demands of supplying drinking water totals on average almost 1 m³/s, while most of the groundwater flows eastward from the polje directly into the Sava and Ljubljanica rivers. The difference between the calculated inflow and outflow from Ljubljansko polje is 2.56 m³/s, which in the final balance figures can be attributed to several factors, mainly to the outflow from the aquifer into the Ljubljanica and Sava rivers, industrial pumping of water, and the outflow between Podutik and Rožnik.

Previous hydrogeological research on Ljubljansko polje allows a relatively good assessment of the flow characteristics of the underground water in the aquifer. The findings show that the velocity of underground water in the western part of the aquifer is largely between five and ten meters per day, while the speed is higher in the eastern part of the aquifer, largely between ten and twenty meters per day.

The speed of the underground water was first determined on the basis of data from pumping tests and measurements of the groundwater levels. In 2000, a complex hydraulic model of the groundwater of Ljubljansko polje and the Ljubljansko Barje moor was completed, a major step toward the quantification of the dynamics of the underground water in the research area. The model presents the aquifer as a whole in three dimensions: the direction and speed of the underground water flows, the water balance of the system and allows us to forecast the characteristics of the transfer of possible contaminants in the aquifer.

In the 2002–2003 period, the first more extensive tracking test was carried out in the area of Ljubljansko polje. Its aim was to acquire experimental data on the speed of the flow of the groundwater, its dispersion, and other hydrogeological parameters important for understanding the processes in the aquifer and for forecasting the characteristics of the spread of pollutants during possible future ecological accidents. The tracking experiment established the mean speed of underground water at between ten and twenty meters per day, which is comparable with the speed of underground water calculated using the hydraulic model.

Isotopic studies of the aquifer have also provided a better understanding of the origin of the underground water in individual parts of the aquifer. On the basis of the results of isotopic analyses, we were able to determine the percentages of the Sava River and precipitation components that infiltrate the area of Ljubljansko polje. We established that the percentages of the two influxes vary considerably in

the area of Ljubljansko polje, the main factors being the distance from the riverbed of the Sava and the intensity of pumping at individual water pumping stations of the Ljubljana water supply system.

Ljubljansko polje is one of Slovenia's largest and most important aquifers with intergranular porosity for the supply of water and relative to its natural protective features is among the most vulnerable areas of groundwater in Slovenia. The surface is predominantly covered by a thin layer of rendzina, eutric brown soil, or carbonate riverine soil that allow the rapid percolation of water directly into the aquifer since protective clay cover layers are locally limited. Below the soil horizon, there are vadose layers of alluvial sediment of quite porous sandstone gravel with insertions of less permeable conglomerate locally separated by lenticular layers of clay. Due to this quite diverse lithological heterogeneousness, the vertical permeability of water is in any case much less than the horizontal permeability where the flow occurs on individual lithologically more homogenous layers. The velocity of the flow of groundwater is estimated to be between a few meters to several dozen meters a day.

Due to the lowering of the level of the water table, largely the consequence of the lowering of the erosion base of the Sava River and partly due to the increased pumping of groundwater, numerous springs and surface waters in the eastern part of Ljubljansko polje have dried up. The morphological remains of the former river network on these marginal parts of Ljubljansko polje are slowly disappearing, mainly due to illegal landfills of various waste materials. The surface outflow from the polje has practically disappeared or become negligible. The results of an analysis of the relief, which considering the former surface outflow indicates a lower infiltration potential and possibly a lower level of vulnerability in these areas, should be further interpreted. With no major surface outflow, precipitation water infiltrates the lithologically varied vadose zone to the relatively shallow level of the water table and along with the surface water of the Sava River is an important media for spreading pollution from the heavily burdened surface to the groundwater in the aquifer of Ljubljansko polje.

From previous hydrogeological studies, we can conclude that the natural vulnerability of groundwater is considerable over the entire Ljubljansko polje area. Managing and protecting of groundwater of Ljubljansko polje should therefore originate in an in-depth analysis of the vulnerability of groundwater. Along with a more detailed analysis of the lithological structure of the vadose zone, we should also consider the interaction with surface waters (primarily with the Sava and Ljubljanica rivers that supply and drain the Ljubljansko polje aquifer) and the anthropogenic influences (gravel-pits, expressway cuts, urbanized areas, waterworks and sewage installations, etc.) that are changing the natural vulnerability of the groundwater of Ljubljansko polje. The framework for assessing the specific vulnerability of the groundwater should also include information on the physical and chemical properties of potential pollutants and information on the physical and chemical characteristics of the pedological and lithogeological layers to enable an assessment of the effectiveness of processes for reducing and mitigating the effects of pollution. The strategy for the protection and purification of the Ljubljansko polje groundwater must be based on these grounds, but above all, we must continue and widen the process of informing the users of this area about the water wealth of Ljubljansko polje and its great vulnerability.

Groundwater is not an isolated system but together with the riverbed and riverine belt forms a complex and intertwined ecosystem that is changeable in both time and space. Mechanical, chemical, and biological processes of mineralization that occur in the upper few decimeters or meters of gravel that is in direct contact with surface water represent a very important »cleansing device« for improving the quality of surface water as it enters the underground environment. To a great extent, this narrow transitional zone determines the quality of the groundwater. Here, the greater part of the organic matter must be mineralized; otherwise, the quality of the water can deteriorate drastically. In the deeper layers of gravel where the temperatures are low, biological processes are substantially slower. This can lead to the accumulation of organic matter and consequentially to a lack of oxygen as well.

Groundwater is rich with fauna. It needs to be protected not only for the quality of drinking water but also because this environment is an inexhaustible source of data on the structure of our fauna and on the phylogenetic relationships between species. The most numerous component of this fauna are

crabs, mostly Copepoda, followed by Oligochaeta and Nematoda. The greatest density of organisms is in the transitional hyporheic zone where surface water and groundwater mix. This zone is rich with food and well saturated with oxygen. Surface species dominate. Less numerous populations of underground animals adapted to an energy-poorer environment live in the phreatic zone, which has little contact with the surface, is poorer in nutrients, and has less oxygen.

The majority of the species of Copepods and water fleas living in the groundwater on the southern and southeastern edge of the Ljubljansko barje moor have a wide geographical distribution, but species characteristic only of the narrow area of Slovenia and the Balkans also appear here. The species of Copepods and water fleas of the groundwater of the four river basins on the southern edge of the Ljubljansko barje moor are similar in the structure of the species as well as in richness of species. The local geomorphological and hydrological characteristics of the rivers influence the variation in the numbers and spatial distribution of the fauna.

Human influence on the communities in groundwater are evident, as reflected in the dominance of a small number of species that are ecologically most successful along with the simultaneous drop in the number of underground species. The latter are more successful than surface species in energy-poorer environments. When additional supplies of nutrients are introduced, they have to compete with surface species that are more successful in such circumstances.

The Ljubljansko polje aquifer is an invaluable source of drinking water for the supply of the capital city and its vicinity that must be necessarily protected from further pollution. In comparison with other alluvial aquifers important for the supply of drinking water in Slovenia, it still excels in high abundance and less excessive burdening.

The entire Ljubljansko polje aquifer is polluted with tetrachloroethene, with the highest concentrations found at the Hrastje pumping station (well 1a) and at the Hrastje automatic measuring station (shallow well). The discovery of trichloroethylene pollution in 2004 will dramatically change the picture of water quality in the coming years.

Pollution with nitrates was found mainly in the northwestern part of the aquifer (Dekorativna well), and further studies show a trend of increased concentrations in the northern part of the Hrastje water pumping station area. At other measuring stations, the concentrations are within the allowed limits.

The content of atrazine and its byproduct desethyl-atrazine are regularly high in the southern part of the Hrastje water pumping station area, while at the Kleče and Šentvid water pumping stations, it is mostly below the limit values. At the Hrastje water pumping station, an overly high content of the metabolite 2,6-dichloro-benzamide was found in 2003, and the pesticide Bromacil is also present here. Fortunately, concentrations of 2,6-dichloro-benzamide decrease rapidly.

As a consequence of pollution in the mid 1980's, traces of chromium are still present, and there is even a visible trend of its increase around the Hrastje water pumping station running in a south to north direction.

Analysis of long-term trends indicates a lowering of the content of atrazine, but since they have shown a trend of increase in the last decade, it will be necessary to monitor trichloroethylene and tetrachloroethene very carefully in future, as well as the presence of other compounds from the group of chlorinated organic solvents.

»A water source is a priceless asset« is the slogan of those responsible for supplying drinking water. In the future, the public supply of drinking water for Ljubljana will be based on the established water supply plans. The safety of the water supply is a value worth the investment of considerable work and financial resources. However, securing a safe supply often comes into conflict with the development plans and needs of those supplied, and the city of Ljubljana is a model example of this paradox. Unfortunately, perfect safety does not exist in any system for supplying drinking water, but the level of safety can be increased. For this reason it is necessary in the first phase to implement all the necessary measures within the current drinking water supply system and in water protection areas, and only then, in the second phase, introduce changes to the concept of supply. Ljubljana has been supplied

with natural drinking water for twelve decades, and this will guarantee a high quality of life for our descendants only if we all act in accordance with the regulations we have written ourselves and above all in accordance with ethical standards.

Analysis of land use on Ljubljansko polje showed that this is a characteristically urban region since built-up surfaces occupy more than a half of all the land. Among these, urban surfaces with green plots dominate, covering more than one third of the area, while industrial areas cover more than a tenth.

It is interesting that this land use occupying more than one third of all land is followed by agricultural land use. Other categories, among which the percentage of forest is the largest, occupy only a good tenth of the land. Thus we encounter all three principal sources of burdening: agriculture, industry (including power production), and households. The relationship between them and their proportions are harder to establish. In the past, agriculture, which occupied more than half of the surface, undoubtedly played the key role. The change in land use due to urbanization caused its retreat to the northern part of the studied area of Ljubljansko polje along the Sava River. A more detailed analysis showed that in the last few years, the former division into zones in the distribution of farm land from less intensive flood areas along the river to more intensive on higher lying terraces has been reversed. Now, the most intensive cultivated field and meadow surfaces lie along the Sava and closer to the aquifer, which means that we can expect an increased impact on the environment.

Special attention was given to land use in water protection areas, which showed a still high proportion of cultivated field surfaces in the second and third water protection zones. In spite of the application of good agricultural practice in these areas, the existing sowing structure with the dominant production of silage corn and vegetables and intensive meadows is unfavourable from the viewpoint of the environment.

Overall, we can say that some steps have been taken on Ljubljansko polje to reduce the agricultural burdening of the environment, which to a large degree originates in the disadvantageous structure of farms and an insufficient awareness of the negative factors reported in numerous studies done over the last decade. The common thread of these steps has been the recognition that agriculture should keep its multifunctional role but should not substantially burden the environment in the process. The general intensification of production is environmentally problematic – at least in water-protection areas – and from the viewpoint of protecting the groundwater cannot be a long-term goal of the strategy for the development of agriculture. The following production orientations with the necessary accompanying measures are considered promising:

- introduction of organic farming, which burdens the environment as little as possible with its production methods (integrated production, various forms of organized ecological farming, informal forms of extensive farming);
- increasing the income of family farms, which as much as possible should be primarily the consequence of increasing the amount of land cultivated by the farm and not through the intensification of production. Income on farms may also be increased with the establishment of direct payments and compensation;
- inclusion of farmers in production systems supported by the Slovene Agricultural Environmental Program;
- development of supplemental activities on farms (horse breeding for recreational purposes, sale of farm produce and products at home, production of medicinal herbs and spices);
- in horticulture, it is reasonable to replace garden production in the open with integrated production to an extent that does not mean substantially increased horticultural production. By appropriate production in greenhouses, which represents a closed system, the possibility of polluting the groundwater can be greatly decreased;
- organizing the producers with the goal of being more successful on the market, to use their warehouses, cooling facilities, and processing capacities more economically, and to improve the utilization of their farm machinery, to achieve cheaper and more qualitative additional education.

The program for environmental protection therefore anticipates the introduction of production according to the principle of sustainability. Thus, the government should have control over intensive production

and the use of fertilizers and pesticides but most of all, it should invest more in the education of farmers and consumers of food. Previous experience indicates that investment in the better education of farmers should help agriculture to be more environmentally friendly and thus burden the environment as little as possible.

Slovene farmers believe that Slovenia's joining the European Union will mean radical shocks to their farming and to Slovene agriculture in general, and pessimistic predictions dominate. It is interesting that the pessimism intensifies with the increasing amount of land, while smaller, non-market oriented operations do not seem deeply interested in this theme and therefore do not expect any major changes (at least for themselves).

Studies of soil fertility in the protection zones of sources of drinking water on Ljubljansko polje show that that the manuring practices of farmers in the great majority of cases are not in accordance with the guidelines for good agriculture practice regarding manuring. This is confirmed by the increasingly higher average level of phosphorus and potassium easily accessible to plants in the arable layer of soil. From the point of view of protecting water resources, establishing a lower level of remnants of nitrates in the soil after the fall harvest is important.

Farmers in the water protection zones were acquainted with the regulations regarding farming in these areas. They believe it is proper that regulations are prescribed, but they feel that the state does not provide them with the necessary help to follow the regulations, referring primarily to financial aid for the construction and adaptation of existing dung installations and to the simplification of the procedures for acquiring permits for such building projects. The consequence of this is the relatively high lack of interest on the part of farmers in solving these problems, and according to a survey of dung installations in water protection zones, 58% of the farmers are not prepared to invest in the modernization of dung installations and only 13% of the farmers have considered it on their own initiative.

The results of the analyses of the traces of phytopharmaceutical substances in the soil and the ground-water match other comparable monitoring in this area. They confirm that in the last few years, the situation of environmental pollution has improved noticeably, although the levels of atrazine and desethyl-atrazine in all the samples were not yet within the permissible values. The greatest burdening of the environment with phytopharmaceutical substances are still triazines, among which atrazine is in the first place followed its byproduct desethyl-atrazine. In individual samples, we also established the presence of pendimetaline, metolachlor and terbutylazine, which will require greater attention in future due to their extensive use. A similar picture emerged in the samples of groundwater, where the only active substances worth mentioning were atrazine and desethyl-atrazine. In some places, the values have increased somewhat and are still above the allowed limit, but in all of the samples we found a decrease compared with the past. Contrary to expectations, we did not find desizopropil-atrazine at any of the studied locations. In individual samples of groundwater, we established the presence of metolachlor and dimetenamide, which will require more attention in the future since these two active substances are used in the production of corn, sugar beets, and potatoes and therefore represent an increased risk to groundwater and drinking water in water catchment areas, more due to their potentially great use than to their poor ecotoxicological properties.

In the future, it will be necessary to invest even more knowledge and joint efforts into the education of farmers and also to listen to their problems and objections. For this purpose, technological information brochures with recommendations for farmers have been published and lectures for farmers and agricultural counselors and demonstration field tests have been prepared. It will be necessary to broaden and, above all, apply these activities to good farming practice.

Power and central heating plants contribute most to air pollution in the Ljubljansko polje area, and the Termoelektrarna Toplarna Ljubljana thermal power plant stands out in particular, contributing the largest percentage of emissions into the air, including sulphur dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxide, and dust particles. While its emissions of sulphur dioxide and dust particles have dropped significantly in the last twenty years, emissions of nitrogen oxides have remained at the same level and emissions

of carbon dioxide are increasing. The contribution of other industrial activities is negligible, totaling less than 5% of the main pollutants.

More significant is the direct contribution by industrial activities to emissions found in the groundwater. Although industry uses only a good fifth of all water sold, it contributes to water pollution through sewage and wastewater since in most cases factories do not have their own purifying facilities. They are connected via the sewage system to the central purification plant in Ljubljana, which at the moment performs only mechanical purification. The data clearly shows that industry contributes significantly to emissions of compounds that may oxidize in the environment (expressed in terms of COD), biodegradable compounds (expressed in terms of BOD), other refractory organic compounds, sulfates, chlorides, non-volatile lipophilic compounds, and the total nitrogen (expressed as N_{tot}). Two main sources of pollution are representatives of the food processing industry. They are joined as regards pollution by the paint and chemical company and the factory that produces various types of packaging. We also can not ignore specific polluters such as dry-cleaning firms that pollute the environment due to outdated technology.

Industry still does not have a satisfactory solution to the problem of wastewater. Forty-nine factory installations discharge wastewater directly into rivers, and forty-three into a sewage system that does not end in a purification facility. The problem of wastewater is further increased by the inadequate central purification plant in Ljubljana, which does not contribute a great deal to the protection of water quality by merely mechanically processing wastewater. Due to the connection between river water and groundwater, polluted surface water also presents a threat to groundwater.

In the last century, Ljubljana has developed at an exceptional rate and increased its urban surfaces, encroaching especially onto the easily mastered flatland of Ljubljansko polje. Numerous activities, with industry and the transportation system being particularly problematic, swallowed extensive surfaces. Industry and the transportation system present a constant potential threat to the environment from accidents.

In non-urbanized areas, especially along the Sava River, there are numerous unregulated gravel pits where the groundwater is only a few meters or even less from the surface, and large uncontrolled dumps are found everywhere. In short, even the non-urbanized parts of Ljubljansko polje are suffering increasingly from the consequences of the urban lifestyle.

The integrated management of the water resource over its entire catchment area is an efficient way to control its quantity and quality. When we treat the catchment area as a whole, this approach means coordination and dialogue between the various parties and interests involved. The efficient management of the water resource, the preservation and improvement of the quality of the groundwater, and the preservation of its quantity require cooperation between professionals, the managers of the water resource, the consumers of drinking water, and the users of the space in the area of the aquifer. The manager and guardian of the water resource is responsible for the quality of drinking water and is the party most familiar with the problems who should take new knowledge into consideration in practice. The manager is the contact point between science, legislation, and policies and can provide important information in the search for solutions.

In providing healthy drinking water and efficiently managing the water resource, we must take the reciprocal influences of various urban uses of space into consideration. The wide spectrum of chemical and biological substances present in the environment has a harmful impact on human health, and it is therefore important to establish policies of control relative to activities that take place on the aquifer and affect the quality of the groundwater. The ever greater awareness of the public and its participation are important elements in policies and campaigns for the protection of the quality of groundwater.

The quality of the groundwater of Ljubljansko polje in part reflects the great ability of the media to expose the negative impacts caused by various urban users of space. However, the increasing concentrations of certain pollutants in the groundwater indicate that we are approaching the limits of burdening this area can handle. In the future, we must encroach on the environment with greater prudence and control, as this is the only way to preserve the quality of the groundwater.

Decreasing the burdening of the environment, reducing the use of personal vehicles by improving public transportation, weighing land use considering the ecosystem, slowing the pace of suburbanization, increasing the attractiveness of living in the city center, and maintaining the suitable quality of the groundwater of Ljubljansko polje are the fundamental elements of the curative and preventive sustainable spatial policy of Ljubljana.

We carried out a survey on the proposed water protection area of pumping stations for drinking water on Ljubljansko polje, a rich source of stocks of groundwater and discovered 1,228 wells. Of these, 645 were dug, 532 were with steel tube and only 21 were drilled; we were unable to classify the remaining wells according to type.

One of the most outstanding modern confrontations is between the protection of sources of drinking water and agriculture. The increasing intensification of agriculture as the basic activity of the rural population and allotment holders and as an additional activity of both urban and rural populations demands ever larger quantities of quality water for irrigation. The fact that farmers, the users of extensive irrigated surfaces, demonstrate an inappropriate attitude toward the environment is of particular concern.

The use of water from water catchment areas is gradually changing. While once water was primarily used for people and cattle, in modern times it is used mostly for watering and irrigating cultivated land.

We believe that the situation regarding the exploitation of groundwater should be changed systematically. For wells now in use, the following measures are necessary:

- systematic analyses of the quality of the water in sample wells;
- improvement of wells with poor quality water (renovating the interior of wells, ensuring the impermeability of the area surrounding the wells, arranging the suitable inclination of the immediate area around wells);
- repair and maintenance of dung pits, dunghills, cesspools, and the sewage system network;
- the immediate halting of identified releases of waste water into wells from various sources (e. g., barns, factories);
- monitoring of the quantity of water collected in wells should be introduced;
- in a short period of time, those users who collect more water than they need for normal household use should acquire the appropriate permits in accordance with the valid legislation on irrigation systems.

The fate of abandoned wells should be considered. Two possible options are the destruction of these wells by filling them in or their restoration in accordance with modern technology and standards.

Given the trend we have witnessed in the last decade, a further increase mostly in the number of wells with steel tube owned or used by allotment holders is to be expected since the cost of such water installations is relatively small due to the relatively shallow level of the groundwater. We believe that all new users, without exception, should acquire water permits and, if necessary, building permits.

18 VIRI IN LITERATURA

- Agencija Republike Slovenije za okolje, 2004: Arhivsko gradivo. Ljubljana.
- Aller, L., Bennet, T., Lehr J. H., Petty R. J., Hackett, G. 1987: DARSTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings. Washington.
- APHA 1998: Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition. Baltimore.
- Arhiv Republike Slovenije 1825. Mape franciscejskega katastra 1825. Podatki dobljeni na spletnem naslovu: http://sigov3.sigov.si/cgi-bin/htqlcgi/arhiv/enos_isk_kat.htm. Prebrano, maj 2004.
- Auersperger, P., Kus, J. 2002: Herbicides and their degradation products in groundwater of Ljubljansko Polje. 7th International Symposium Advances in Analytical Separation Science. Pörtscach/Wörthersee.
- Auersperger, P., Kus, J. 2003: Spremljanje koncentracije 2,6-diklorobenzamida v podtalnici Ljubljanskega polja. Zbornik Slovenski kemijski dnevi 2003. Maribor, zgoščenka.
- Balaban, J. 1998: Razvojni projekt Koper 2020. Koper.
- Bole, J. 1967: Polži iz freatičnih voda Jugoslavije. Razprave SAZU IV–10. Ljubljana.
- Bou, C. 1974: Recherches sur les eaux souterraines. Annales de Spéléologie 29. Paris.
- Brancelj, A. 1992: Podzemna favna rakov (Arthropoda: Crustacea) v dveh vodnih jamah na Kraškem robu. Annales 2. Koper.
- Brancelj, A. 1996: Favna rakov ceponožcev (Crustacea: Copepoda) v celinskih vodah. Narava Slovenije, stanje in perspektive, Zbornik prispevkov o naravni dediščini Slovenije. Ljubljana.
- Brancelj, A. 1997: Alona stochi, n. sp. – the third cave-dwelling cladoceran (Crustacea: Cladocera) from the Dinaric region. Hydrobiologia 360. Den Haag.
- Brancelj, A. 2001: Male of *Moraria radovnae* Brancelj, 1988 (Copepoda, Crustacea), and notes on endemic and rare copepod species from Slovenia and neighbouring countries. Hydrobiologia 453/454. Den Haag.
- Brancelj, A. 2002: Microdistribution and high diversity of copepoda (Crustacea) in a small cave in central Slovenia. Hydrobiologia 477. Den Haag.
- Brancelj, A. v tisku: *Elaphoidella millennii* and *Elaphoidella tarmani*, two new species of Harpacticoida (Crustacea: Copepoda) from central Slovenia. Hydrobiologia, X. Den Haag.
- Brancelj, A.: lastna opazovanja.
- Brečko Grubar, V., Kušar, S., Plut, D. 2000: Regionalna vloga in pokrajinska obremenjenost talne vode Ljubljanskega polja. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Brečko, V. 1996: Podtalnica Ljubljanskega polja – najpomembnejši vodni vir za oskrbo Ljubljane. Geografski vestnik 68. Ljubljana.
- Brečko, V. 1998: Pokrajinske značilnosti območij virov pitne vode v jugovzhodni Ljubljanski kotlini. Geografski vestnik 70. Ljubljana.
- Breznik M., 1976: Metodologija zaščite podzemne pitne vode ter določitve varstvenih območij in pasov. Ljubljana.
- Breznik, M. 1988: Analiza odlokov o zaščiti ljubljanskih virov pitne vode. Ljubljana.
- Bricej, M., 1991: Sava, reka in človek. Ljubljana, 110 str.
- Brilly, M. 1988: Matematični model Ljubljanskega polja. Ljubljana.
- Brilly, M. 1989: Model podtalnice Ljubljanskega polja. Acta hydrotechnica 7. Ljubljana.
- Brilly, M., Vidmar, A., Toman, M., Urbanič, G. 2002: Meritve ponikovanja vode iz struge reke Save z infiltracijskim zabojem. Ljubljana.
- Camacho, A. I. 1992: A classification of the aquatic and terrestrial subterranean environment and their associated fauna. The natural history of biospeleology. Madrid.
- Civita, M. 1990: La valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. – Proc. 1st Con. Naz.: »Protezione e Gestione della Acque Sotterranee: Metodologie, Tecnologie e Obiettivi«. Marano sul Panaro.

- Civita, M., De Maio, M. 1997: SINTACS, Un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, Metodologia & automatizzazione. Bologna.
- CORINE Land Cover Slovenija 2000, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, Ljubljana, 2003.
- Council Directive of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. Uradni list Evropske Unije 91/676/EEC, Bruselj.
- Creuzé des Châtelliers, M. 1991: Geomorphological processes and discontinuities in the macrodistribution of the interstitial fauna. A working hypothesis. Verhandlungen – Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie, 24. Stuttgart.
- Čergan Z., Dolničar, P., Sušin, J., Verbič, Ja., Verbič, Jo., Ugrinović, K., Zemljič, A., Maslo, G. 2003: Usmerjanje kmetijstva na vodovarstvenih območjih Mestne občine Ljubljana. Ljubljana.
- Čuden Osredkar, D., Pintar, M. 2003: Postopek pridobitve dovoljenj in soglasij za namakalni sistem. Ljubljana.
- Cunder, T. 2000: Sedanje stanje in razvojne možnosti kmetijstva. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Danielopol, D. L. 1980: The role of the limnologist in ground water studies. Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie, 65. Berlin.
- Danielopol, D. L. 1982: Phreatobiology reconsidered. Polskie Archiwum Hydrobiologii 29. Varšava.
- Danielopol, D. L. 1989: Groundwater fauna associated with riverine aquifers. Journal of the North American Benthological Society 8. Lawrence, Kansas.
- Danielopol, D. L. 1991: Spatial distribution and dispersal of interstitial Crustacea in alluvial sediments of a backwater of the Danube at Vienna. Stygologia 6. Leiden.
- Danielopol, D. L., Pospisil, P. 2001: Hidden biodiversity in the groundwater of the Danube Flood Plain National Park (Austria). Biodiversity and Conservation 10. Amsterdam.
- Danielopol, D. L., Pospisil, P., Rouch, R. 2000: Biodiversity in groundwater: a large-scale view. Trends in Ecology and Evolution 15–6. London.
- DHI, 2000: MIKE SHE WM – User Manual. DHI Water & Environment. Horsholm.
- Dobra kmetijska praksa pri gnojenju. Ljubljana, 2002.
- Dole-Olivier, M.-J., Creuzé des Chatelliers, M., Marmonier, P. 1993: Repeated gradients in subterranean landscape – example of the stygofauna in the alluvial floodplain of the Rhone River (France). Archiv für Hydrobiologie 127. Stuttgart.
- Dole-Olivier, M.-J., Marmonier, P., Creuzé des Chatelliers, M., Martin, D. 1994: Interstitial fauna associated with the alluvial floodplains of the Rhone River (France). Groundwater Ecology. New York.
- Dominguez, R. 2004: Water balance in Hydrological Basins. Medmrežje: www.iwrn.net/oming.htm, 20. 4. 2004.
- Drobne, F., Mencej, Z., Brilly, M. 1997: Preveritve in dopolnitve strokovnih osnov za določitev varstvenih pasov sedanjih in perspektivnih vodnih virov za območje mesta Ljubljane in okolice. Ljubljana.
- Emisije v vode. Agencija Republike Slovenije za okolje, Ljubljana, 2002.
- EURAU position paper EU1-01-A56, Keeping Raw Drinking Water Resources Safe from Pesticides. Europe's environment: the second assessment, 2001.
- Frantar, P. 2003: Pretočni režimi na reki Savi in njihove spremembe med obdobjem 1961–1990 in 1991–2000. Mišičev vodarski dan. Maribor.
- Frantar, P. 2003: Corine Land Cover. Seminarška naloga na podiplomskem študiju geografije, za izpit pri dr. Oštr Sedej. Cerklje na Gorenjskem.
- Gabrovec, M. 1998: Cerkljansko, Škofjeloško, Polhograjsko in Rovtarsko hribovje. Slovenija, Pokrajine in ljudje. Ljubljana.
- Gabrovec, M., Pavlin, B., Sluga, G. 2000: Dostop do javnega potniškega prometa v Ljubljanski urbani regiji. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljansko geografsko društvo. Ljubljana.
- Gibert, J. 2001: Basic attributes of groundwater ecosystems. Groundwater ecology: a tool for management of water resources. Luxembourg.

- Gibert, J., Stanford, J. A., Dole-Olivier, M.-J., Ward, J. V. 1994: Basic attributes of groundwater ecosystems and prospects for research. *Groundwater Ecology*. New York.
- Habič, P. 1996: Ogroženost in varstvo voda v občini Vrhnika. *Vrhniki razgledi* 1. Vrhnika.
- Hahonina, K. 2004: Ljubitelji štihanja. *Mladina* 23, Ljubljana.
- Hounslow, A. W. 1995: *Water Quality Data, Analysis and Interpretation*. Oklahoma.
- IDWR – Idaho department of water resources, 2004: *Treasure Valley Hydrology*. Medmrežje: www.idrw.state.id.us/tvalley, 20. 4. 2004.
- Jamnik, B., Refsgaard, A., Janža, M., Kristensen, M. 2001: *Water Resources Management Model for Ljubljana City*. Elsinore, zgoščenka.
- Janža, M., Prestor, J. 2002: Karta ranljivosti s parametri, Preverba in dopolnitev strokovnih podlag za določitev varstvenih pasov vodnih virov centralnega sistema oskrbe s pitno vodo v MOL – Ljubljansko polje. Ljubljana.
- Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija: Arhivsko gradivo. Ljubljana, 2004.
- Karpe, F. 1991: Smernice za sanacijo območij varstvenih pasov vodnih virov v Ljubljani. Ljubljana.
- Kladnik D., Smrekar A. 2002: Kmetijstvo na vodovarstvenih območjih s poudarkom na popisu gnojišč in gnojnih jam. Ljubljana.
- Kladnik, D. 2000: Uveljavljanje intenzivnega pridelovanja v rastlinjakih. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Kladnik, D. 2002: Pomen in perspektive zasebnega kmetijstva znotraj strnjeno pozidanih delov Ljubljane. Ljubljana.
- Kladnik, D. 2003: Pomen in perspektive kmetijstva znotraj ljubljanskega avtocestnega obroča. *Geografski vestnik* 75-2. Ljubljana.
- Kladnik, D., Rejec Brancelj, I. 2000: Prostorski, okoljski, socialni in gospodarski učinki intenzivnega kmetovanja v rastlinjakih. Ljubljana.
- Kladnik, D., Rejec Brancelj, I., Smrekar, A. 2003a: Dung installations as dangerous point sources burdening the groundwater of Ljubljansko polje. *Acta geographica Slovenica* 43-2. Ljubljana.
- Kladnik, D., Rejec Brancelj, I., Smrekar, A. 2003b: Integralna obremenjenost prodnih ravnin Slovenije. Generalni plan urbanističnega razvoja. *Glasnik* 6. Ljubljana, 1966.
- Geografija in njene aplikativne možnosti, Dela 18. Ljubljana.
- Kladnik, D., Smrekar, A. 2002: Kmetijstvo na vodovarstvenih območjih s poudarkom na popisu gnojišč in gnojnih jam. Ljubljana.
- Kladnik, D., Smrekar, A. 2003: Voda ima prednost – gnojne jame grozijo podtalnici Ljubljanskega polja. Delo (7. april 2003). Ljubljana.
- Knapitsch, B. 1886: Poročilo o kemijskih preiskavah nekaterih pitnih voda. *Zgodovinski arhiv Ljubljana*, Ljubljana.
- Knauer, N. 1991: Kako kmetijstvo obremenjuje okolje – možnosti za ekološko ustrezno gospodarjenje. *Sodobno kmetijstvo* 10. Ljubljana.
- Kolar, J. 1983: Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana.
- Kolbezen, M., Pristov, J. 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana.
- Kovačič, M. 1985: Specifičnosti kmetijske proizvodnje v primestnem območju. *Prostorska preobrazba obmestnih vasi*. Ljubljana.
- Kranjc, S. 1995: *Bilanca podzemnih vod R Slovenije*. Ljubljana.
- Kristensen, M., Andersson, U., Soerensen, H. R., Refsgard, A., Gustavsson, L. G., 2000.: *Water Resources Management Model for Ljubljansko Polje and Ljubljansko Barje*. Ljubljana.
- Kušar, S. 2000: Geografske značilnosti odlagališč odpadkov na Ljubljanskem polju. Ljubljana.
- Lampič, B. 2000: Izbrani razvojni in okoljevarstveni problemi slovenskega podeželja z vidika sonaravnega razvoja. *Geographica Slovenica* 33-1. Ljubljana.
- Lapajne, S., Osvald, L. 2000: Merila kakovosti in čistosti vode. *Kakovost pitne vode*. Ljutomer. Ljubljana. *Enciklopedija Slovenije* 6 (K–M), Ljubljana 1971, s. 218–246.

- Leskošek, M. 1993: Gnojenje. Ljubljana.
- Leskošek, M., Mihelič, R. 1998: Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje, 1. del: Poljedelstvo in travništvo. Ljubljana.
- Mardhel, V., Frantar, P., Uhan, J., Andjelov, M. 2004: Index of development and persistence of the river networks as a regional information on groundwater vulnerability potencial in Slovenia. Groundwater vulnerability assessment and mapping. Ustron.
- Markič, M., Urbanc, J., Pezdič, J., Marin, M. 1991: Determining the origin of waters flowing into the Senovo mine by hydrogeochemical and isotopic methods. 4th International Mine Water Congress. Poertschach.
- Maslo, G. 2002: Kmetijstvo na zavarovanih pasovih pitne vode. Ljubljana 7/5-6. Ljubljana.
- Meden, S., Savič, V., Repnik, Z. 1978: Hidrološke razmere obstoječega režima podtalnice na območju Črnuče–Šentjakob. Ljubljana.
- Medved, J. 1970: Spremembe v izrabi zemljišča in preslajanje kmečkega prebivalstva v Sloveniji v zadnjih dveh desetletjih, Geografski vestnik 42. Ljubljana, str. 3–30.
- Melik, A. 1959: Posavska Slovenija. Ljubljana.
- Melik, A. 1930: Razvoj Ljubljane. Geografski vestnik V, št. 1–4, Ljubljana, s. 93–137.
- Mencej, Z. 1981: Aluvialni vršaj Želimeljščice. Geologija 24. Ljubljana.
- Mencej, Z., Žlebnik, L., Rogelj, J., Stojan, M., Paderčič, M. 1989: Raziskave podtalnice na Ljubljanskem barju. Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.
- Mestna občina Ljubljana: Arhivsko gradivo. Ljubljana, 2003.
- Mestna občina Ljubljana: Digitalni ortofoto posnetki. Ljubljana, 1999.
- Meštrov, M. 1960: Faunističko-ekološka i biocenološka istraživanja podzemnih voda savske nizine. Biološki Glasnik 13. Zagreb.
- Mikulič, Z. 1997: Falling groundwater levels of Ljubljana aquifer. Groundwater in the Urban Environment: Processes and Management. Rotterdam.
- Mikulič, Z., Gajsar, P., Steklasa, F. 1995: Režim podtalnice v ravninskih vodonosnikih Slovenije. Ljubljana.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano 2002. Karta dejanske rabe tal. Ljubljana.
- Nacionalni program varstva okolja. Uradni list Republike Slovenije 83/1999. Ljubljana.
- Navodilo za izvajanje dobre kmetijske prakse pri gnojenju. Uradni list Republike Slovenije 34/2000. Ljubljana.
- Odlok o območjih vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij, ogroženih zaradi fitofarmacevtskih sredstev. Uradni list Republike Slovenije 97/2002. Ljubljana.
- Odlok o spremembah in dopolnitvah odloka o varstvenih pasovih vodnih virov v Ljubljani in ukrepih za zavarovanje voda. Uradni list Socialistične republike Slovenije 17/1981, 30/1981, 15/1983, 15/1984. Ljubljana.
- Odlok o urbanističnem programu za območje mesta Ljubljane. Uradni list Socialistične republike Slovenije 28/1972. Ljubljana.
- Odlok o varstvenih pasovih vodnih virov v Ljubljani in ukrepih za zavarovanje voda. Uradni list Socialistične republike Slovenije 18/1977. Ljubljana.
- Odlok o varstvu virov pitne vode. Uradni list Socialistične republike Slovenije 13/1988. Ljubljana.
- Odredba o prepovedi uporabe fitofarmacevtskega sredstva, ki vsebuje aktivno snov diklobenil, na nekmetijskih površinah na območju Ljubljanskega polja. Uradni list Republike Slovenije 23/2002. Ljubljana.
- Odum, E. P. 1971: Fundamentals of ecology. Eastbourne.
- Okolje v Sloveniji 2002. Ljubljana. 2003.
- Okvirna vodna direktiva, 2000. Uradni list Evropske unije 2000/60, Bruselj.
- Orghidan, T. 1959: Ein neuer Lebensraum des Unterirdischen Wassers der hyporheischen Biotope. Archiv für Hydrobiologie 55. Stuttgart.
- Pak, M. 2000: Funkcijska zgradba. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.

- Palmer, M. A., Bely, A. E., Berg, K. E. 1992: Response of invertebrates to lotic disturbance: a test of the hyporheic refuge hypothesis. *Oecologia* 89. Berlin.
- PASCALIS, 2004, Arhivsko gradivo projekta. Ljubljana.
- Pelc, S., Urbanc, M. 1998: Krmsko hribovje in Menišija. Slovenija. Pokrajine in ljudje. Ljubljana.
- Petek, F. 2002: Metodologija vrednotenja sprememb rabe tal v Sloveniji med letoma 1896 in 1999. *Geografski zbornik XLII*. Ljubljana, str. 61–97.
- Petek, F. 2004: Spremembe rabe tal v 19. in 20. stoletju v slovenskem alpskem svetu. Doktorska disertacija. Ljubljana.
- Pintar, M., Matajč, I. 2001: Poraba vode za namakanje – primerjava teorije in prakse. 12. Mišičev vodarški dan 2001. Maribor.
- Pipan, T. 2003: Ekologija ceponožnih rakov (Crustacea, Copepoda) v prenikajoči vodi izbranih kraških jam. Ljubljana.
- Pleskovič, M. 1969: Študija podtalnice Ljubljanskega polja. Ljubljana.
- Plut, D. 2000: Okoljevarstvene razsežnosti (nesonaravnega) prostorskega razvoja Ljubljane. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Plut, D. 2002: Vodni viri Ljubljane kot razvojni in omejitveni dejavnik. *Geografija Ljubljane*. Ljubljana.
- Popis gnojšč in gnojnih jam na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana. Inštitut za geografijo, Ljubljana, 2002.
- Plut, D., 2003. Geografske teoretične in metodološke zasnove preučevanja degradacije okolja. Univerza v Ljubljani.
- Popis kmetijskih gospodarstev v Republiki Sloveniji 2000. Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana, 2001.
- Popis odlagališč odpadkov v Mestni občini Ljubljana. Oikos, Domžale, 1996.
- Popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj v Republiki Sloveniji leta 2002, Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana, 2003.
- Popis sadjarstva 1997. Statistični urad Republike Slovenije, Ljubljana, 1997.
- Popis vodnjakov in vrtin na območju varovanja vodnih virov Mestne občine Ljubljana. Geografski inštitut Antona Melika Znanstvenoraziskovalni center slovenske akademije znanosti in umetnosti, Ljubljana, 2003.
- Popis vrtnarstva v Republiki Sloveniji 2000. Rezultati raziskovanj 765. Ljubljana, 2001.
- Poročilo o kakovosti podzemne vode aluvijalnih vodonosnikov leta 2003. Ljubljana, 2004.
- Pospisil, P. 1992: Sampling methods for groundwater animals of unconsolidated sediments. The natural history of biospeleology. Madrid.
- Prah, L. 1978: Pronicanje naftnih derivatov v peščenoprodnih materialih. Ljubljana.
- Pravilnik o imisijskem monitoringu kakovosti podzemne vode. Uradni list Republike Slovenije 11/2002, Ljubljana.
- Pravilnik o pitni vodi, Uradni list Republike Slovenije 19/2004, 35/2004. Ljubljana.
- Pregled vodnjakov, ugotovitev stanja, števila in uporabnost na območju krajevnih skupnosti Dravljje, Ljubljana Šentvid, Vižmarje-Brod, Komandanta Staneta, Hinka Smrekarja in Zgornja Šiška. Splošni ljudski odbori v KS občine Ljubljana Šiška. Ljubljana, 1974.
- Preskrba mesta Ljubljana z vodo s privatnimi vodnjaki v vojnem času. Ljubljana, 1941.
- Prestor, J., Urbanc, J., Janža, M., Rikanovič, R., Bizjak, M., Medič, M., Strojani, M. 2002: Preverba in dopolnitev strokovnih podlag za določitev varstvenih pasov vodnih virov centralnega sistema oskrbe s pitno vodo v MOL – Ljubljansko polje. – Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Promet 1998, podatki o štetju prometa na državnih cestah v Republiki Sloveniji. Ljubljana, 1999, zgoščenka.
- Promet 2000, podatki o štetju prometa na državnih cestah v Republiki Sloveniji. Ljubljana, 2001, zgoščenka.
- Promet 2002, podatki o štetju prometa na državnih cestah v Republiki Sloveniji. Ljubljana, 2003, zgoščenka.

- Prometna analiza cestnega omrežja Ljubljane. Ljubljana, 1999.
- Prostorski plan Mestne občine Ljubljana, Prostorska zasnova. Ljubljana, 2002.
- Radinja, D. 1951: Sava na Ljubljanskem polju. *Geografski vestnik* 23. Ljubljana.
- Rebernik, D. 1992: Členitev Ljubljane na mestne četrti. Ljubljana.
- Rebernik, D. 2000: Morfološka zgradba. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Refsgaard, A., Gustavsson, L. 2000. Water Resources anagement Model for Ljubljansko Polje and Ljubljansko Barje – Final Report. Horsholm.
- Rejec Brancelj, I. 2000: Okoljski učinki intenzivnega kmetovanja v rastlinjaki. Ljubljana – Geografija mesta. Ljubljana.
- Rejec Brancelj, I. 2000: Podeželska okoljsko občutljiva območja. *Geographica Slovenica* 33-1. Ljubljana.
- Rejec Brancelj, I. 2001: Kmetijsko obremenjevanje okolja v Sloveniji. Ljubljana.
- Rejec Brancelj, I. 2003: Kmetijstvo v Sloveniji z vidika obremenjevanja okolja. *Geografski vestnik* 75-2. Ljubljana.
- Ritonja, I. 1996: Ocena pridelovanja melioracijskega sistema Podlipska dolina po desetletnem obratovanju. Ljubljana.
- Rundle, S. D., Bilton, D. T., Galassi, D., Shiozawa, D. K. 2002: The geographical ecology of freshwater fauna. *Freshwater meiofauna: biology and ecology*. Leiden.
- Rus A. in Stanič I. 1993: Členitev mesta Ljubljane. Ljubljana
- Rus A. in Stanič I. 1994: Členitev mesta Ljubljane, II. faza. Ljubljana.
- Simončič, A. 2003: Ocena stanja na področju obremenitve podtalnice s fitofarmaceutskimi sredstvi na območju Mestne občine Ljubljana. *Žalec*.
- Simončič, A. 2004: Ocena stanja na področju obremenitve tal ter podtalnice s fitofarmaceutskimi sredstvi na območju Mestne občine Ljubljana. *Žalec*.
- Simončič, A., Knapič, M., Bukovec, P., Košir, I. J., Malovrh, M., Zupan, M., Vrščaj, B., Rupreht, J., Šporar, M., Suhadolc, M. 2004a: Ocena stanja ter izdelava meril in ukrepov za učinkovit nadzor, sanacijo in preventivo pri ohranjanju kakovosti pitne vode kot posledica uporabe fitofarmaceutskih sredstev na modelu Mestne občine Ljubljana. Ljubljana.
- Simončič, A., Knapič, M., Bukovec, P., Matjaž-Petek, K., Malovrh, M., Zupan, M., Vrščaj, B., Rupreht, J., Šporar, M., Suhadolc, M., Mihelič, R., Lobnik, F., Grčman, H. 2004b: Izdelava meril za pripravo postopkov in programov uporabe fitofarmaceutskih sredstev na območjih z omejeno rabo. Ljubljana.
- Simoneti, M., Bevk, J., Pintar, M., Zupan, M., Gajšek, P., Golobič, M., Pleško, R., Bevk, M. 1997: Usmeritve in pogoji za nadaljnji razvoj vrtičkarstva v Ljubljani. Ljubljana.
- Sket, B. 1981: *Niphargobates orophobata* n. g., n. sp. (Amphipoda, Gammaridae s. l.) from cave waters in Slovenia (NW Yugoslavia). *Biološki vestnik* 29. Ljubljana.
- Sket, B. 1994: Distribution patterns of some subterranean Crustacea in the territory of the former Yugoslavia. *Hydrobiologia* 287. Den Haag.
- Sket, B. 1996a: Podzemeljski habitati v Sloveniji – ogroženost in varstvo. *Narava Slovenije, stanje in perspektive*. Ljubljana.
- Sket, B. 1996b: Biotic diversity of hypogean habitats in Slovenia and its cultural importance. *Biodiversity: International biodiversity seminar, ECCO XIV. Meeting*. Ljubljana.
- Sket, B. 1996c: Višji raki – sestava favne in njena ogroženost. *Narava Slovenije, stanje in perspektive*. Ljubljana.
- Sket, B. 1999: The nature of biodiversity in hypogean waters and how it is endangered. *Biodiversity and Conservation* 8. Amsterdam.
- Sket, B., Velkovrh, F. 1980: Postojnsko-planinski jamski sistem kot model za preučevanje onesnaženja podzemeljskih voda. *Naše jame* 22. Ljubljana.
- Sket, B., Velkovrh, F. 1981: Phreatische Fauna in Ljubljansko Polje (Ljubljana-Ebene, Jugoslawien) – ihre ökologische Verteilung und zoogeographische Beziehungen. *International Journal of Speleology* 11. New York.

- Slovenske železnice. Arhivsko gradivo. Ljubljana, 2004.
- Spremljanje izvajanja energetske bilance v mestu Ljubljana v letu 1998 in izračun emisij škodljivih snovi. Inštitut za energetiko, Ljubljana, 1999.
- Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V., Bantan, I., Jenko A., Kuhar, Š. 2002a: Monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2001. Ljubljana.
- Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V., Bantan, I., Jenko A., Kuhar, Š. 2002b: Monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2002. Ljubljana.
- Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V. 2003a: Problematika urejenosti gnojnih objektov in gnojilnih navad kmetov na vodovarstvenem območju mestne občine Ljubljana ter njihov vpliv na kakovost vodnih virov. Varovanje vodnih virov in kakovost vodovodne in embalirane pitne vode '03, Zbornik simpozija. Ljubljana.
- Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V., Bantan, I., Jenko A., Kuhar, Š. 2003b: Monitoring rastlinskih hranil v tleh na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana, Poročilo za leto 2003. Ljubljana.
- Šebenik, I. 1994: Pokrajinske značilnosti manjših neurejenih odlagališč odpadkov v Sloveniji. *Geographica Slovenica* 26-1. Ljubljana.
- Šolc, L. 1967: Tehnologija vode. Ljubljana.
- Sonc, S. 1934: Razvoj ljubljanskega mestnega vodovoda. *Kronika slovenskih mest* 4-I. Ljubljana.
- Špes, M., Cigale, D., Lampič, B. 2002: Izstopajoči okoljski problemi v Ljubljani. *Geografija Ljubljane*. Ljubljana.
- Špes, M., Cigale, D., Lampič, B., Natek, K., Plut, D., Smrekar, A. 2002: Študija ranljivosti okolja (metodologija in aplikacija). *Geographica Slovenica* 35/1-2. Ljubljana.
- Špes, M., Lampič, B., Smrekar A. 1995: The cultural and economic conditions of decision – making for sustainable city, case study: Ljubljana. *Moravian Geographical Reports* 3-1/2. Brno.
- Špes, M., Lampič, B., Smrekar A. 2001: Influence of physical and social factors on the quality of urban environment in Ljubljana. *Moravian Geographical Reports* 9-1. Brno.
- Srebrenović, D. 1986: *Primijenjena hidrologija*. Zagreb.
- Statistični letopis Slovenije. Ljubljana, 2002.
- Stenkeen, B. 1998: Die Grundwasser-fauna, Ein Vergleich zweier Grundwasser-landschaften in Baden-Württemberg. Landsberg.
- Stepančič, D., Lobnik, F. 1985: Osnovna pedološka karta Slovenije 1 : 50.000, Komentar k listu Ljubljana. Ljubljana.
- Strgar, I. 2000: Gramoznice v območju varstvenih pasov vodarn ljubljanskega polja – mnenje. Ljubljana.
- Strokovno navodilo o urejanju gnojišč in greznic. Uradni list Socialistične republike Slovenije 10/1985. Ljubljana.
- Stur, D. 1886: Wasserversorgungs – Frage der landeshauptstadt Laibach. *Zgodovinski arhiv Ljubljana*, Ljubljana.
- Sušin, J., Žnidaršič-Pongrac, V., Kmecl, V. 2003: Problematika urejenosti gnojnih objektov in gnojilnih navad kmetov na vodovarstvenem območju Mestne občine Ljubljana ter njihov vpliv na kakovost vodnih virov. Ljubljana.
- Tappe, W., Groeneweg, J., Jantsch, B. 2002: Diffuse atrazine pollution in German aquifers. *Biodegradation* 13. Dordrecht.
- Teutsch, G., Ptak, T., Schwartz, R., Holder, T. 2000: Ein neues integrales Verfahren zur Quantifizierung der Grundwasserimmission, Teil I: Beschreibung der Grundlagen. *Grundwasser – Zeitschrift der Fachsektion Hydrogeologie* 4. Brandenburg.
- Trišič, N. 1995: Značilne gladine podtalnice v Sloveniji. Ljubljana.
- Uhan, J. Krajnc, M. 2003: Podzemna voda, Vodno bogastvo Slovenije. Ljubljana.
- Urbanc, J., Jamnik, B., 1998: Izotopske raziskave podzemne vode ljubljanskega polja. *Geologija* 41. Ljubljana.

- Urbanc, M. 2002: Kulturne pokrajine v Sloveniji. Ljubljana.
- Uredba o določanju statusa zaradi fitofarmaceutskih sredstev ogroženega območja vodonosnikov in njihovih hidrografskih zaledij in o ukrepih celovite sanacije. Uradni list Republike Slovenije 97/2002. Ljubljana.
- Uredba o kakovosti podzemne vode. Uradni list Republike Slovenije 11/2002. Ljubljana.
- Uredba o kemijskem stanju površinskih voda. Uradni list Republike Slovenije 11/2002. Ljubljana.
- Uredba o območju vodonosnika Ljubljanskega polja in njegovega hidrografskega zaledja, ogroženega zaradi fitofarmaceutskih sredstev in lahkožlapnih kloriranih ogljikovodikov. Uradni list Republike Slovenije, 68/2003. Ljubljana.
- Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnika Ljubljanskega polja. Uradni list Republike Slovenije, 120/2004. Ljubljana.
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. Uradni list Republike Slovenije 1996/68, 35/2001, 29/2004. Ljubljana.
- Usmerjanje kmetijstva na vodovarstvenih območjih Mestne občine Ljubljana. Ljubljana, 2002.
- Vester, F. 1991: Kriza prenaseljenih območij: o razvijanju ekosistemskega mišljenja. Ljubljana.
- Vink, A. P. A. 1983: Landscape ecology and land use. London, New York.
- Vrba, J., Civita, M. 1994: Assessment of Groundwater Vulnerability, Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrology 16. Hannover.
- Ward, J. V., Bretschko, G., Brunke, M., Danielopol, D., Gibert, J., Gonser, T., Hildrew A. G. 1998: The boundaries of river systems: the metazoan perspective. Freshwater Biology 40. Oxford.
- Werner, A. 1998: TRACI – An example for mathematical tracing interpretation model. Tracing Technique in Geohydrology. Rotterdam.
- White, D. S. 1993: Perspectives on defining and delineating hyporheic zones. Journal of the North American Benthological Society 12. Lawrence, Kansas.
- Williams, D. D. 1993: Nutrient and flow vector dynamics at the hyporheic/groundwater interface and their effects on the interstitial fauna. Hydrobiologia 251. Den Haag.
- Zakon o vodah. Uradni list Republike Slovenije, 67/2002. Ljubljana.
- Zaporozec, A. 1994: Concept of Groundwater Vulnerability, Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. International Contributions to Hydrology 16. Hannover.
- Žibrik, K. 1969: Hidrološke razmere obstoječega režima podtalne vode Ljubljanskega polja. Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1968: Poročilo o geoloških in hidrogeoloških razmerah na Ljubljanskem polju. Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1971: Pleistocen Kranjskega, Sorškega in Ljubljanskega polja. Geologija 14. Ljubljana.
- Žlebnik, L. 1990: Vpliv geoloških dogajanj v pleistocenu na površinske in podzemne vode. Geologija 33. Ljubljana.

19 SEZNAM SLIK

Slika 1: Površje Ljubljanskega polja je uravnano zaradi prodnega nanosa, odloženega na dnu tektonske udorine. Na njivi so še vidne sledi nekdanjih rokavov Save.	13
Slika 2: Pregledni zemljevid Ljubljanskega polja.	15
Slika 3: Hidrografski zemljevid ljubljanske okolice iz leta 1888, ki ga je pripravil Dionizij Stur.	18
Slika 4: Vodonosnik sestavljajo plasti proda in konglomerata, ki jih krajevno ločujejo plasti gline.	19
Slika 5: Hidrogeološki prerez Ljubljanskega polja.	20
Slika 6: Globina do gladine podzemne vode je različna, ponekod samo 5 metrov.	21
Slika 7: Sava prek obrežnega vodonosnika napaja ljubljansko podzemno vodo.	21
Slika 8: Gladina podzemne vode Ljubljanskega polja med letoma 1891 in 2003.	22
Slika 9: Tla so relativno plitva, lahka in dobro prepustna za vodo, zelo primerna za kmetijsko rabo.	24
Slika 10: Naravne razmere vodonosnika kljub intenzivni rabi tal zaenkrat še omogočajo ustrezno kakovost vode.	24
Slika 11: Mesečna količina padavin in evapotranspiracije v mm v Ljubljani za Bežigradom v obdobju 1961–1990.	28
Slika 12: Pretočni koeficienti reke Save v Šentjakobu v dveh obdobjih (Frantar 2003).	29
Slika 13: Ugotovljena je velika medsebojna povezanost pretokov Save in nihanja gladin podzemne vode.	30
Slika 14: Povprečne mesečne gladine podzemne vode v Klečah in Hrastju ter vodostaji na reki Savi od leta 1974 do leta 2000 (skala vodostaja vodomerne postaje Medno na Savi je na desni strani).	31
Slika 15: Gladine podzemne vode merijo v Klečah že od leta 1890.	32
Slika 16: Gramozna jama kot indikator nivoja podzemne vode na vzhodnem delu Ljubljanskega polja pri Zalogu.	33
Slika 17: Močvirnata vegetacija na vzhodnem delu Ljubljanskega polja pri Zgornjem Kašlju nakazuje visoko gladino podzemne vode.	33
Slika 18: Povprečne mesečne gladine podzemne vode na Ljubljanskem polju v obdobjih 1974–1990 in 1990–2000 (Agencija Republike Slovenije za okolje 2004).	34
Slika 19: Antropogeni vpliv na Ljubljanskem polju (Mikulič 1997).	35
Slika 20: Shematski prikaz smeri toka podzemne vode in količinska ocena elementov vodne bilance.	37
Slika 21: Območja modelov (Kristensen s sodelavci 2000).	40
Slika 22: Shematski prikaz modela MIKE SHE (DHI 2000).	41
Slika 23: Modelirana gladina in hitrosti pretakanja podzemne vode 27. avgusta 1993 – nizke vode.	43
Slika 24: Modelirana gladina in hitrosti pretakanja podzemne vode 5. novembra 1992 – visoke vode.	44
Slika 25: Lokacije injiciranja sledil in vzorčevalnih vrtin za sledilni poskus v vodarni Hrastje.	47
Slika 26: Priprava na vzorčenje podzemne vode za kombinirani sledilni poskus.	48
Slika 27: Koncentracija bromida v odvisnosti od časa v vodnjaku Hrastje 4, PH-1 in PAC-6 po injiciranju bromida v PH-3 (21. november 2002).	49
Slika 28: Koncentracija bromida v odvisnosti od časa v vodnjakih Hrastje 4, 1a in 8 po injiciranju bromida v PH-3 (21. november 2002).	49
Slika 29: Koncentracija uranina v odvisnosti od časa v LP Obrije, MV-1 in v vodnjakih Hrastje 3, 5 in 6 po injiciranju uranina v PAC-9 (21. 11. 2004; s prekinjeno vodoravno črto je označena meja zaznavnosti za uranin, vzorčen v vrtinah, in z neprekinjeno vodoravno črto za uranin, vzorčen v vodnjakih).	50

Slika 30: Simulacija lege oblaka sledila iz piezometrov PH-3, PAC-9 in PAC-7 ter gramoznice Obrije po treh mesecih po začetku poskusa.	52
Slika 31: Izotopska sestava kisika v padavinah Ljubljanskega polja in v vodnjaku Kleče 8a v obdobju 1997–1999.	55
Slika 32: Izotopska sestava kisika v primerjalnih vodotokih.	56
Slika 33: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Kleče 8a v primerjavi s površinskima vodotokoma.	57
Slika 34: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Kleče 12 v primerjavi s površinskima vodotokoma.	58
Slika 35: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Jarški Brod 1 v primerjavi s površinskima vodotokoma.	58
Slika 36: Spremembe izotopske sestave kisika v vodnjaku Hrastje 1a v primerjavi s površinskima vodotokoma.	59
Slika 37: Deleži reke Save v opazovanih vodnjakih na podlagi izotopske sestave kisika v vodi.	60
Slika 38: Ročna črpalka na območju s plitvo podzemno vodo v okolici Zaloga.	63
Slika 39: Porazdelitev neposrednega napajanja vodonosnika, ocenjena z matematičnim modelom (Jamnik s sodelavci 2001).	64
Slika 40: Konglomerat v gradbeni jami avtocestne obvoznice v Polju.	65
Slika 41: Obdelovalna zemljišča s tanko plastjo prsti in debeložrnatim aluvijalnim sedimentom na spodnji savski terasi.	66
Slika 42: Razgibana morfologija Ljubljanskega polja v Zajčji dobavi.	66
Slika 43: Razvitost rečne mreže (IDPR).	68
Slika 44: Z odpadki zasuta suha struga nekdanjega vodotoka med Zadobrovo in Zalogom.	69
Slika 45: Naravna ranljivost podzemne vode, ocenjena po metodi SINTACS (Janža, Prestor, 2002).	71
Slika 46: Shema podzemnega okolja v rečnem (aluvijalnem) vodonosniku (rdeče puščice – nihanje vodne gladine, črne puščice – izmenjava površinske vode in podtalnice).	73
Slika 47: Vzorčenje podtalnice z metodo po Bou-Rouchu.	76
Slika 48: Deleži živalskih skupin v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 (PASCALIS 2004).	78
Slika 49: Pogosta vrsta vodne bolhe v podtalnici evropskih rek je Alona affinis (Crustacea: Cladocera).	79
Slika 50: Značilen predstavnik v intersticijskih vodah – ceponožec iz rodu Parastenocaris (Crustacea: Copepoda-Harpacticoida). Sprednji del živali je na levi strani slike.	79
Slika 51: Število vrst ceponožcev (Crustacea: Copepoda) in vodnih bolh (Crustacea: Cladocera) v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 (PASCALIS 2004).	82
Slika 52: Analiza združb ceponožcev (Crustacea: Copepoda) in vodnih bolh (Crustacea: Cladocera) v podtalnici na južnem in jugozahodnem obrobju Ljubljanskega barja leta 2002 po metodi za razvrščanje v skupine (klasterska analiza). Dendrogram je narejen na podlagi Jaccardovega indeksa različnosti, ki upošteva prisotnost in odsotnost vrst, ne pa tudi števila osebkov posamezne vrste (PASCALIS 2004).	82
Slika 53: Na kakovost podzemne vode vpliva tako mestna kot tudi industrijska raba prostora.	86
Slika 54: Onesnaženje z nitrati kaže trend naraščanja tudi v neposrednih zaledjih vodarn.	87
Slika 55: Mreža merilnih mest državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na Ljubljanskem polju.	89
Slika 56: Avtomatska merilna postaja v Hrastju.	90

Slika 57: Nekdanji industrijski vodnjak Dekorativna ob trgovinskem središču Mercator.	91
Slika 58: Vrtina Javnega podjetja Vodovod-Kanalizacija na Brodu.	91
Slika 59: Spremljanje vsebnosti kroma v črpališčih Hrastje in Kleče od leta 1997 do 2002 (Mestna občina Ljubljana 2003).	96
Slika 60: Spremljanje vsebnosti nitratov v industrijskem vodnjaku Dekorativna od leta 1997 do 2002 (Mestna občina Ljubljana 2003).	96
Slika 61: Gibanje zniževanja vsebnosti atrazina v podtalnici Ljubljanskega polja za obdobje 1993–2003 (Mestna občina Ljubljana 2003).	97
Slika 62: Gibanje rasti vsebnosti tetrakloroetena v podtalnici Ljubljanskega polja za obdobje 1994–2003 (Mestna občina Ljubljana 2003).	97
Slika 63: Spremembe koncentracije atrazina in desetil-atrazina na zahodnem delu vodarne Kleče. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 0,1 µg/l, za vsoto pesticidov pa 0,5 µg/l.	98
Slika 64: Spremembe koncentracije metolaklor in atrazina ter desetil-atrazina na zahodnem delu vodarne Hrastje. Mejna vrednost za posamezen pesticid znaša 0,1 µg/l, za vsoto pesticidov pa 0,5 µg/l.	98
Slika 65: Detajl vodnjaka na Kongresnem trgu, Boris Kobe, 1941.	101
Slika 66: Leta 1890 je v prvih 606 hiš že pritekla pitna voda.	103
Slika 67: Upravna stavba vodarne Kleče iz leta 1890.	104
Slika 68: Rezervoarji na mestnih vzpetinah, kot je vodohran na Rožniku, opravljajo vlogo vodnih stolpov, ki jih poznamo iz drugih ravninskih območij.	105
Slika 69: Načrpane količine vode in število prebivalcev v Ljubljani v zadnjem stoletju.	106
Slika 70: Zmanjševanje izgub v vodovodnem sistemu, ki je skoraj tretjinsko, je pomembna naloga prihodnjih let.	108
Slika 71: Vodovodno omrežje vodarn na Ljubljanskem polju.	109
Slika 72: Oskrbovalec pitne vode zagotavlja nadzor nad njeno zdravstveno ustreznostjo.	111
Slika 73: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1955.	113
Slika 74: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1977.	114
Slika 75: Varstveni pasovi na Ljubljanskem polju po odloku iz leta 1988.	116
Slika 76: Vodovarstvena območja zahtevajo zaščitne ukrepe, ki se še nezadostno izvajajo.	118
Slika 77: Vodovarstvena območja na Ljubljanskem polju po uredbi iz leta 2004.	119
Slika 78: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).	122
Slika 79: Prometnice zasedajo dvajsetino zemljišč.	123
Slika 80: Kmetijske površine zavzemajo kar dve petini vseh zemljišč.	124
Slika 81: Velike komplekse kmetijskih zemljišč prekinjajo območja naravne vegetacije.	124
Slika 82: Raba tal na Ljubljanskem polju leta 1999.	127
Slika 83: Sprememba rabe tal na Ljubljanskem polju med letoma 1825 in 1999.	128
Slika 84: Skoraj dve tretjini sprememb rabe tal v zadnjem stoletju predstavlja urbanizacija.	130
Slika 85: Raba tal na vodovarstvenih pasovih leta 2000 (Kladnik, Smrekar 2002).	131
Slika 86: Setvena sestava na popisanih kmetijah leta 2000 (Kladnik Smrekar 2002).	131
Slika 87: Primer kmetijske rabe tal na Ljubljanskem polju.	132
Slika 88: Shema okoljske problematike v kmetijstvu (Rejec Brancelj 2001).	136
Slika 89: Za vztrajanje v kmečkem načinu življenja na obrobju mesta je najpomembnejši vzrok ohranjanje tradicije.	137
Slika 90: Socioekonomska sestava na preučevanih kmetijah na vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	140
Slika 91: Več kot polovica kmetij na vodovarstvenih območjih je proizvodno mešanih kmetij z dopolnjevanjem živinorejske in poljedeljske pridelave.	142
Slika 92: Usmerjenost kmetij po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	142

Slika 93: Načrti v zvezi s kmetovanjem na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	144
Slika 94: Seznanjenost kmetovalcev po vodovarstvenih pasovih z dovoljeno obremenitvijo živine na površinsko enoto zemljišča (Kladnik, Smrekar 2002).	146
Slika 95: Povprečna poraba organskih gnojil na hektar obdelovalnih zemljišč na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	148
Slika 96: Povprečna poraba mineralnih gnojil na hektar obdelovalnih zemljišč na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	148
Slika 97: Analiziranje prsti na kmetijah po vodovarstvenih pasovih glede na posestno sestavo (Kladnik, Smrekar 2002).	149
Slika 98: Na vodovarstvenih pasovih je 307 gnojnih objektov, ki ne smejo imeti prostega odtoka.	150
Slika 99: Lokacije gnojnih objektov na kmetijah po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	151
Slika 100: Urejenost gnojnih objektov po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	152
Slika 101: Primernost kapacitete gnojnih objektov po vodovarstvenih pasovih (Kladnik, Smrekar 2002).	153
Slika 102: Pripravljenost kmetovalcev po vodovarstvenih pasovih za obnovo hlevov s pripadajočimi objekti (Kladnik, Smrekar 2002).	154
Slika 103: Rastlinjaki so območja največje intenzivnosti kmetovanja in so ob neustreznem gospodarjenju pomembni točkovni obremenjevalci.	156
Slika 104: Območja rastlinjakov in vodne razmere (Kladnik, Rejec Brancelj 2000).	157
Slika 105: Delež rastlinjakov od površine obdelovalnih zemljišč glede na usmerjenost pridelave (Kladnik, Rejec Brancelj 2000).	158
Slika 106: Vloga vrtničarstva je v pridelavi hrane sicer majhna, vendar predstavlja nenačrtovan in nenadzorovan vir obremenjevanja.	160
Slika 107: Vrtnički pri vodarni Kleče (Mestna občina Ljubljana 1999).	162
Slika 108: Povprečna obremenitev zemljišč z dušikom v obliki živinskih gnojil je najmanjša v Hrastju in največja na Jarškemrodu, vendar pod dovoljenimi mejnimi vrednostmi.	165
Slika 109: Aparat za določanje vsebnosti rastlinam lahko dostopnih oblik dušika (nitrat, amonij in nitrit) v tleh.	166
Slika 110: Reakcija tal.	167
Slika 111: Organska snov v tleh.	167
Slika 112: Raven fosforja in kalija v tleh je previsoka na zemljiščih z vrtninami, medtem ko je na poljščinah in travno deteljnih mešanicah bolj enakomerna.	168
Slika 113: Oskrbljenost tal s fosforjem, kalijem in magnezijem po ožjih vodovarstvenih pasovih.	168
Slika 114: Oskrbljenosti tal s fosforjem (desno) in kalijem (levo) po posameznih skupinah kultur.	169
Slika 115: Delež zemljišč s povečanimi ostanki nitratnega dušika v tleh po posameznih skupinah kultur (v %).	170
Slika 116: Raziskave rodovitnosti tal kažejo, da gnojilne navade kmetov v veliki večini niso v skladu z navodili dobre kmetijske prakse pri gnojenju.	170
Slika 117: Največjo obremenitev s fitofarmaceutskimi sredstvi še vedno predstavljajo triazini in sicer atrazin ter destilatrazin.	172
Slika 118: Na prostem prevladuje med vrtninami pridelovanje zelja in solatnic, zlasti na ožjih varstvenih pasovih virov pitne vode.	175
Slika 119: Industrija se je naselila po vsem mestnem obrobju, ena najpomembnejših je industrijska cona v Mostah.	180

Slika 120: Med gorenjsko in kamniško železniško progo se je ob Litostroju namestilo več industrijskih obratov.	180
Slika 121: Nevarne snovi dovažajo do industrijskih objektov tudi po železnici nad vodonosnikom.	181
Slika 122: Razporeditev industrijskih in obrtnih dejavnosti v Ljubljani.	182
Slika 123: Deleži emisij ogljikovega dioksida, žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in prašnih delcev po sektorjih leta 1998 (Spremljanje izvajanja ... 1999).	183
Slika 124: Količina prodane vode v Javnem podjetju Vodovod-Kanalizacija (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, po Brečko 1998).	184
Slika 125: Živilska industrija je pomemben obremenjevalec tako vode kot tudi zraka.	185
Slika 126: Delež posameznih čistilnih naprav glede na količino čiščene odpadne vode (Emisije v ... 2002).	186
Slika 127: Raba tal na prodni ravnici Ljubljanskega polja.	189
Slika 128: Mestna raba tal.	190
Slika 129: Mestne površine se vse bolj zajedajo v zelena območja Ljubljane, ki imajo pomembno vlogo pri varovanju podtalnice.	191
Slika 130: Nekdanja ruralna naselja danes vse bolj izgubljajo svoj prvotni pomen, pridobivajo pa obrtne in storitvene funkcije.	192
Slika 131: Nekateri obrati vse bolj uporabljajo zaprte sisteme kroženja vode, kot na primer avtopralnice in s tem pripomorejo k manjši porabi in onesnaženosti vode.	193
Slika 132: Prometna obremenjenost (Promet 2002 2003, Prometna analiza ... 1999).	196
Slika 133: Pokopališča in parki so zelo intenzivno »obdelovani« s pesticidi.	198
Slika 134: Neurejena odlagališča odpadkov (Kušar 2000).	199
Slika 135: Neurejena odlagališča odpadkov v opuščeni gramoznicah so zelo blizu gladine podtalnice.	201
Slika 136: Lastniški status vodnjakov na vodovarstvenih območjih.	206
Slika 137: Vrste vodnjakov na vodovarstvenih območjih.	207
Slika 138: Več kot 500 vodnjakov je opuščeni, vendar niso zasuti, zato predstavljajo potencialno možnost za onesnaževanje.	208
Slika 139: Leto izdelave vodnjakov na vodovarstvenih območjih.	209
Slika 140: Najstarejše kopane vodnjake še vedno uporabljajo predvsem v tradicionalnih agrarnih okoljih.	210
Slika 141: Ohranjenost vodnjakov na vodovarstvenih območjih.	211
Slika 142: Ohranjenost vodnjakov na vodovarstvenih območjih.	212
Slika 143: Vrtničarji so vse pogostejši uporabniki vode iz vodnjakov.	213
Slika 144: Vodnjaki v neposredni bližini tradicionalnih hlevov so pogosto onesnaženi z gnojnico.	214
Slika 145: Z vodo iz vodnjakov vse pogostejše namakajo tudi športne zelenice.	215

20 SEZNAM PREGLEDNIC

Preglednica 1: Količine črpanja podzemne vode v litrih na sekundo po vodarnah, ki oskrbujejo Ljubljano s pitno vodo (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).	36
Preglednica 2: Pregled ugotovljenih ocen dotokov in iztokov.	38
Preglednica 3: Podatki o injiciranju za posamezna injiciorna mesta.	46
Preglednica 4: Izračunani deleži vode reke Save v podzemni vodi Ljubljanskega polja.	59
Preglednica 5: Vrednosti uteži za posamezne parametre ocenjevanja ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja.	70
Preglednica 6: Stopnja ranljivosti podzemne vode Ljubljanskega polja glede na intervalne vrednosti indeksa SINTACS.	70
Preglednica 7: Fizikalne in kemijske lastnosti podtalnice na južnem in jugozahodnem robu Ljubljanskega barja vzorčevane leta 2004 (srednje vrednosti meritev na 12 lokacijah (PASCALIS 2002); O_2 – kisik, pH – koncentracija vodikovih ionov, NO_3^- – nitratni ion, NO_2^- – nitritni ion, NH_4^+ – amonijev ion, N_{tot} – celokupni dušik, P_{tot} – celokupni fosfor, SO_4^{2-} – sulfatni ion, alc – alkaliteta, Cl^- – kloridni ion, Ca^{2+} – kalcijev ion, Mg^{2+} – magnezijev ion, Na^+ – natrijev ion, K^+ – kalijev ion, SiO_2 – silicijev dioksid, KPK – kemijska potreba po kisiku).	77
Preglednica 8: Seznam ceponožcev (Copepoda) in vodnih bolh (Cladocera), najdenih v podtalnici na južnem in jugozahodnem robu Ljubljanskega barja leta 2002, + označuje podzemne vrste (PASCALIS 2004).	80
Preglednica 9: Parametri, na podlagi katerih se določa kemijsko stanje vodnega telesa podzemne vode, enote, v katerih so izraženi, in mejne vrednosti teh parametrov (Uredba o kakovosti ... 2002; * – vsota pesticidov in njihovih metabolitov: organoklorini, triazinski, organofosforni pesticidi, derivati fenoksi ocetne kisline, ** – vsota lahkoahlapnih alifatskih halogeniziranih ogljikovodikov: triklorometan, tribromometan, bromodiklorometan, dibromoklorometan, trikloronitrometan, tetraklorometan, diklorometan, 1,1-dikloroeten, 1,2-dikloroeten, tetrakloroeten, trikloroeten, 1,1,1-trikloroeten, 1,1,2-trikloroeten, 1,1,2,2-tetrakloroeten, triklorofluorometan in difluoroklorometan).	92
Preglednica 10: Seznam parametrov, ki se spremljajo v programu državnega monitoringa kakovosti podzemne vode na Ljubljanskem polju.	93
Preglednica 11: Aritmetične srednje vrednosti (AM) na posameznih merilnih mestih, aritmetične srednje vrednosti za celoten vodonosnik, letne povprečne vrednosti (CL_{AM}) za vodonosnik in mejne vrednosti (NO_3^- – nitrati, Cr – krom, AT – atrazin, DAT – desetil-atrazin, BA – bromacil, FFS – fitofarmacevtska sredstva, C_2HCl_3 – trikloroeten, C_2Cl_4 – tetrakloroeten, LHCH – lahkoahlapni halogenirani ogljikovodiki).	95
Preglednica 12: Lastnosti pitne vode v Ljubljani med letoma 2002 in 2004 (* – Pravilnik o pitni vodi (Uradni list Republike Slovenije 19/2004, 35/2004), ** – vzrok za morebitni pojav je neustrezno hišno vodovodno omrežje).	110
Preglednica 13: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).	121
Preglednica 14: Pokrovnost tal na Ljubljanskem polju leta 2000 (Corine Land Cover Slovenija 2000 2003).	125
Preglednica 15: Primerjava deležev kategorij rabe tal na Ljubljanskem polju med letoma 1825 in 1999 (Arhiv Republike Slovenije 1825; Ministrstvo za kmetijstvo ... 2002).	126
Preglednica 16: Površine in deleži procesov sprememb rabe tal med letoma 1825 in 1999 na Ljubljanskem polju.	129

Preglednica 17: Neurejena gnojišča brez betoniranega dna na vodovarstvenem območju (Kladnik, Smrekar 2002).	154
Preglednica 18: Primerjava nekaterih parametrov intenzivnosti kmetovanja v rastlinjakih, na ravninah Slovenije in Sloveniji kot celoti (Rejec Brancelj 2000a; Rejec Brancelj 2001).	159
Preglednica 19: Pregled in struktura rabe zemljišč.	164
Preglednica 20: Površina ter struktura prijavljenih kultur leta 2000.	165
Preglednica 21: Porazdelitev vzorčnih parcel glede na vsebnost nitratnega dušika ($\text{NO}_3\text{-N}$) v tleh (zemljišča s povečanimi vsebnosti nitratnega dušika v tleh so označene osenčeno).	169
Preglednica 22: Ocena letne porabe posameznih aktivnih snovi (kg) na podlagi podatkov o prodaji fitofarmacevtskih sredstev, površinah gojenih rastlin ter anketah pridelovalcev v letih med 1990 in 2002.	173
Preglednica 23: Ocena površin in struktura gojenih rastlin leta 2002 ter predvidena poraba fitofarmacevtskih sredstev po posameznih gojenih rastlinah.	174
Preglednica 24: Razvoj kanalskega sistema v Ljubljani med letoma 1917 in 2001 (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004).	193
Preglednica 25: Značilnosti kanalizacijskega sistema na Ljubljanskem polju (Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija 2004). Preglednica 26: Povprečni letni dnevni promet na nekaterih državnih cestah na Ljubljanskem polju (Promet 1998 1999; Promet 2000 2001; Promet 2002 2003).	194
Preglednica 26: Povprečni letni dnevni promet na nekaterih državnih cestah na Ljubljanskem polju (Promet 1998 1999; Promet 2000 2001; Promet 2002 2003).	195

Seznam knjig iz zbirke Geografija Slovenije

- 1 Milan Natek, Drago Perko: 50 let Geografskega inštituta Antona Melika ZRC SAZU
- 2 Jerneja Fridl: Metodologija tematske kartografije nacionalnega atlasa Slovenije
- 3 Drago Perko: Analiza površja Slovenije s stometrskim digitalnim modelom reliefa
- 4 Uroš Horvat: Razvoj in učinki turizma v Rogaški Slatini
- 5 Mimi Urbanc: Kulturne pokrajine v Sloveniji
- 6 Miha Pavšek: Snežni plazovi v Sloveniji
- 7 Maja Topole: Geografija občine Moravče
- 8 Drago Kladnik, Marjan Ravbar: Členitev slovenskega podeželja
- 9 Damir Josipovič: Dejavniki rodnostnega obnašanja v Sloveniji
- 10 Irena Rejec Brancelj, Aleš Smrekar, Drago Kladnik: Podtalnica Ljubljanskega polja



Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU

Naslov: Gosposka ulica 13, 1000 Ljubljana, Slovenija

Faks: +386 (0)1 425 77 93

Telefon: +386 (0)1 470 63 50

E-pošta: gi@zrc-sazu.si

Medmrežje: <http://www.zrc-sazu.si/giam>

Inštitut je leta 1948 ustanovila Slovenska akademija znanosti in umetnosti in ga leta 1976 poimenovala po akademiku dr. Antonu Meliku. Od leta 1981 je sestavni del Znanstvenoraziskovalnega centra Slovenske akademije znanosti in umetnosti. Leta 2002 sta se inštitutu priključila Inštitut za geografijo, ki je bil ustanovljen leta 1962, in Zemljepisni muzej Slovenije, ki je bil ustanovljen leta 1946. Ima oddelke za fizično geografijo, socialno geografijo, regionalno geografijo, naravne nesreče, geografski informacijski sistem in tematsko kartografijo, knjižnico, Zemljepisni muzej, geografske zbirke in kartografsko zbirko ter sedež Komisije za standardizacijo zemljepisnih imen Vlade Republike Slovenije. Izdaja znanstveno revijo Geografski zbornik in znanstveno zbirko Geografija Slovenije. Ukvarja se predvsem z geografskimi raziskavami Slovenije in njenih pokrajin ter pripravljanjem temeljnih geografskih knjig o Sloveniji. Leta 1998 je za znanstveno delo prejel Zlato plaketo Zveze geografskih društev Slovenije.

GEOGRAFIJA SLOVENIJE 10

ISBN 961-6500-68-6



9 789616 500685