

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA KRAJINSKO ARHITEKTURO

Lucija PEČOVNIK

**UPORABA EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV ZA
OBLIKOVANJE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA KRAJINSKO ARHITEKTURO

Lucija PEČOVNIK

**UPORABA EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV ZA OBLIKOVANJE KRAJINE
VELENJSKEGA JEZERA**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**APPLICATION OF ECO-REMEDIATION MEASURES IN THE DESIGN OF
VELENJE LAKE LANDSCAPE**

M. Sc. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2014

Magistrsko delo je zaključek magistrskega študija 2. bolonjske stopnje krajinske arhitekture, opravljeno na Oddelku za krajinsko arhitekturo Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Študijska komisija Oddelka za krajinsko arhitekturo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Ano Kučan.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: doc. dr. Tatjana Vidmar Capuder
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Oddelek za krajinsko arhitekturo

Član: prof. dr. Ana Kučan
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Oddelek za krajinsko arhitekturo

Član: doc. Darja Matjašec
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
Oddelek za krajinsko arhitekturo

Datum zagovora:

Magistrsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega magistrskega dela na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je magistrsko delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani različici.

Lucija PEČOVNIK

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 712.25:502.131.1 (497.4 Velenje) (043.2)
KG	oblikovanje krajine/ekoremediacijski ukrepi/Velenjsko jezero
AV	PEČOVNIK, Lucija
SA	KUČAN, Ana (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za krajinsko arhitekturo
LI	2014
IN	UPORABA EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV ZA OBLIKOVANJE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij-2. stopnja)
OP	XII, 79 str., 6 pregl., 45 sl., 11 pril., 45 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	V magistrskem delu raziskujemo, na kakšen način je ekoremediacijske ukrepe, s katerimi bi zmanjšali evtrofikacijo in izboljšali ekološko stanje Velenjskega jezera, mogoče uporabiti kot dejavnike oziroma sredstva oblikovanja bregov in neposredne okolice Velenjskega jezera ter z njimi obogatiti doživljajsko vrednost jezerske krajine. Reševanja okoljske problematike evtrofikacije jezera in problematike zadovoljevanja potreb po kakovostnem odprtem prostoru smo se lotili enakovredno in s sistematičnim pristopom dognali rešitve, predstavljene v tej nalogi. Strukturne elemente z ekoremediacijskimi funkcijami smo povezali v smiselno celoto, v novo oblikovano, kompleksno, spremenljivo in do neke mere še vedno tudi nepredvidljivo krajino Velenjskega jezera, ki se na različne načine povezuje z rabami v neposredni okolici in se odziva na robne pogoje. Naravne procese rasti rastlin smo vključili v oblikovalsko zasnovo, ki sprejema in njihove zakonitosti obravnava kot sestavni del krajinske zasnove. Izbrali smo ustrezen nabor ekoremediacijskih ukrepov, ki bodo izboljšali problematiko Velenjskega jezera in postavili merila, po katerih se ekoremediacijsko rastlinsko gradivo umešča v krajino. Na primeru Velenjskega jezera smo preverili možnosti, na kakšne načine ekoremediacijski ukrepi lahko sovpadajo z rabami vode in bregov ter predstavili načine, kako ekoremediacijske tehnike uporabiti kot sredstva oblikovanja krajine.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Du2
 DC UDC 712.25:502.131.1 (497.4 Velenje) (043.2)
 CX landscape design/eco-remediation methods/Velenje lake
 AU PEČOVNIK, Lucija
 AA KUČAN, Ana (supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University of Ljubljana, Department of Landscape Architecture
 PY 2014
 TI USE OF ECO-REMEDIATION METHODS FOR DESIGNING LANDSCAPE OF LAKE VELENJE
 DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)
 NO XII, 79 p., 6 tab., 45 fig., 11 ann., 45 ref.
 LA sl
 AL si/en
 AB In our Master's thesis we investigate in what ways it is possible to apply eco-remediation measures, with which we would decrease eutrophication and improve the ecological state of Velenje lake, as factors in and means of designing banks and immediate environment of the lake and thus to enrich the lake's landscape. In our thesis we present the solutions to the problems we have tackled systematically: lake eutrophication as an environmental issue and the need for quality open space. The structural elements with eco-remediation function have been tied into a meaningful whole; into a newly designed, complex, changing and to a certain extent unpredictable landscape surrounding Velenje lake, in different ways combining with the existing and intended use. The natural plant growth processes and their characteristics have been considered in the design which integrates them as a constituent part of the landscape. We selected the eco-remediation measures for the improvement of the Velenje lake region and determined a set of criteria that establish which eco-remediation vegetation is suitable for the landscape area. We have also tested in what ways the eco-remediation measures correspond to the existing and intended use, and presented the methods of using eco-remediation techniques as means of designing the landscape in the case of Velenje lake.

KAZALO VSEBINE

	str.
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VIII
KAZALO SLIK	IX
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XII
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2 CILJI NALOGE	2
1.3 DELOVNA HIPOTEZA	3
1.4 DELOVNE METODE	3
2 IZHODIŠČA ZA RAZUMEVANJE IN UREJANJE BREGOV VELENJSKEGA JEZERA	4
2.1 KRATEK ZGODOVINSKI ORIS NASTANKA VELENJSKEGA JEZERA	4
2.2 POJMI	7
3 JEZERSKI EKOSISTEM	8
3.1 DEFINICIJA JEZERA IN JEZERSKEGA EKOSISTEMA	8
3.2 OPIS OSNOVNIH PROCESOV, KI POTEKAJO V JEZERU	9
3.2.1 Termična plastovitost, dihanje jezera	9
3.2.2 Snovne izmenjave v jezeru	9
3.2.3 Sukcesija jezera v kopno in pojav eutrofikacije	10
3.3 OBREŽNI PAS IN VEGETACIJA OBREŽNEGA PASU	12
3.3.1 Obrežni pas in zaledje jezera	12
3.3.2 Vegetacija obrežnega pasu	13
4 VELENJSKO JEZERO	15
4.1 SPLOŠNI PODATKI O VELENJSKEM JEZERU IN ŠIRŠEM OBMOČJU	15
4.1.1 Splošni podatki o Velenjskem jezeru	15
4.1.2 Pojezerje in prispevno območje Velenjskega jezera	16
4.1.3 Pritoki	17
4.1.4 Klasifikacija tal v pojezerju Velenjskega jezera	17
4.1.5 Raba tal v pojezerju Velenjskega jezera	18
4.1.6 Poselitev na ožjem območju Velenjskega jezera	20
4.1.7 Ekološko pomembna območja in območja naravnih vrednot na območju Velenjskega jezera	21
4.2 RABE NA BREGOVH VELENJSKEGA JEZERA	22

4.2.1	Obstoječe rabe na bregovih Velenjskega jezera	23
4.2.2	Predvidena raba prostora	24
4.2.3	Dostopnost Velenjskega jezera in mreža rekreacijskih in sprehajalnih poti ob jezeru	25
4.3	VZROKI ZA POSPEŠENO EVTROFIKACIJO IN SPLOŠNO SLABO EKOLOŠKO STANJE VELENJSKEGA JEZERA	27
4.3.1	Merila za trofičnost jezer	28
4.4	INVENTARIZACIJA IN ANALIZA VEGETACIJE IN STRUKTURE OBREŽNEGA PASU VELENJSKEGA JEZERA Z VIDIKA PRIMERNE IZBIRE EKOREMEDIACIJSKIH RASTLIN	31
5	IZBOR IN OPIS EKOREMEDIACIJSKIH METOD ZA OBMOČJE VELENJSKEGA JEZERA	38
5.1	SPLOŠNI OPIS EKOREMEDIACIJ	38
5.2	IZBOR EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV	38
5.3	OPIS ERM UKREPOV	39
5.3.1	Vegetacijski pasovi	39
5.3.2	Plavajoči otoki	40
5.3.3	Biološki valovi (biofiltri)	41
5.3.4	Umetna močvirja	42
6	OBLIKOVANJE BREGOV Z ERM RASTLINAMI IN ERM UKREPI NA PRIMERU VELENJSKEGA JEZERA	43
6.1	DOLOČITEV POTENCIALNIH RASTIŠČ GLEDE NA TIPE ERM RASTLIN	45
6.1.1	Tipi ERM obrežne ERM vegetacije glede na rastišče	45
6.1.2	Izbor ERM rastlinskih vrst obrežne vegetacije Velenjskega jezera	45
6.1.3	Umeščanje koncentričnih vegetacijskih pasov	47
6.2	DOLOČITEV RASTIŠČ EKOREMEDIACIJSKIH RASTLINSKIH VRST GLEDE NA VIRE ONESNAŽEVANJA	50
6.3	UMESTITEV RAB	52
6.3.1	Umestitev rab na bregove Velenjskega jezera	52
6.3.2	Preplet ekoremediacijskih ukrepov in rab	53
6.4	DOLOČITEV LOKACIJ EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV	54
6.5	ANALIZA LINIJSKIH ELEMENTOV IN POTI NOVE OBLIKOVANE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA	57
6.6	ANALIZA STRUKTURE IN POGLED OV NOVE OBLIKOVANE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA	59
6.7	PREDSTAVITVE UREDITEV OBRAVNAVANIH OBMOČIJ	61
6.7.1	Območje 1: Območje naravne vrednote	62
6.7.2	Območje 2: Vzhodni breg	64
6.7.3	Območje 3: Turistično rekreativni center Jezero	66
6.7.4	Območje 4: Izток iz jezera	68
6.7.5	Območje 7: Obrežni pas in izliv Sopote	70
7	RAZPRAVA	72

8	POVZETEK	74
9	VIRI	76
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Karakteristike ekoremediacijskih rastlin obrežnega pasu (Constructed wetlands ..., 2000: 26)	13
Preglednica 2: OECD merila za razvrstitev jezer v trofično kategorijo in stanje Velenjskega jezera (Ocena stanja ..., 2012:6)	28
Preglednica 3: Vsebnost posebnih onesnaževal (Ocena stanja ..., 2012:6)	29
Preglednica 4: Nabor ekoremediacijskih rastlinskih vrst za območje Velenjskega jezera	46
Preglednica 5: Preplet ekoremediacijskih ukrepov in rab	53
Preglednica 6: Določitev lokacij ekoremediacijskih ukrepov	54

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Nastajanje Šaleških jezer (zrisano po Šaleška jezera ..., 2011)	5
Slika 2: Velenjsko jezero	6
Slika 3: Shema delitve jezera (zrisano po Tarman, 1992: 384)	8
Slika 4: Sukcesija jezerskega ekosistema zaradi naplavljanja delcev (zrisano po Tarman, 1992:336)	11
Slika 5: Obrežni pas in zaledje (zrisano po Hidromorfološki elementi ..., 2010:6)	13
Slika 6: Lega Velenjskega jezera v povodju reke Pake (kartografsko gradivo: TTN5, 1995)	15
Slika 7: Pojezerje Velenjskega jezera (zrisano po Šaleška jezera ..., 2011)	16
Slika 8: Pritoki Velenjskega jezera (kartografska podlaga TTN5, 1995)	17
Slika 9: Tipi tal v pojezerju Velenjskega jezera (Pedološka karta, 2007)	18
Slika 10: Raba tal v pojezerju Velenjskega jezera (Pokrovnost..., 2006)	19
Slika 11: Poselitev na območju Velenjskega jezera in v bližnji okolici (kartografska podlaga: TTN5, 1995)	20
Slika 12: Ekološko pomembno območje Velenjsko - Konjiško hribovje (Ekološko pomembno ..., 2013, Kartografsko gradivo ..., 2012)	21
Slika 13: Naravna vrednota Škale – rudniške ugreznine (Naravne vrednote, 2013, Kartografsko gradivo ..., 2012)	22
Slika 14: Raba jezerskih bregov (Kartografsko gradivo..., 2012)	23
Slika 15: Shema cest in poti na območju Velenjskega jezera (Kartografsko gradivo ..., 2012)	26
Slika 16: Erozija bregov (Kartografsko gradivo ..., 2012)	28
Slika 17: Vsebnost kisika v Velenjskem jezeru (Ocena stanja..., 2011:5)	30
Slika 18: Inventarizacija obrežnega pasu Velenjskega jezera (Kartografsko gradivo ..., 2012)	32
Slika 19: Območje naravne vrednote	33
Slika 20: Pregrada med Velenjskim in Škalskim jezerom	33
Slika 21: Vzhodni breg, vrtičarsko naselje	34
Slika 22: Pogled na brežine in obrežni pas območja TRC Jezero	34
Slika 23: Pogled na prireditveno jaso na območju TRC Jezero	35
Slika 24: Iztok iz jezera	35
Slika 25: Odlagališče pepela	36

Slika 26: Območje 6 (Osebni arhiv, 2013)	36
Slika 27: Obrežni pas in izliv Sopote (Osebni arhiv, 2013)	37
Slika 28: Primer plavajočega otoka (Land&water, 2013)	41
Slika 30: Primer biološkega vala (Places, 2013)	42
Slika 31: Shematski prikaz oblikovanja bregov velenjskega jezera	44
Slika 32: Tipi obrežne vegetacije glede na rastišče (Zrisano po France, 2003: 61)	45
Slika 33: Koncentrični pasovi predvidene ERM vegetacije, upoštevajoč njihovo rastišče	49
Slika 34: Shema razpršenega onesnaževanja	50
Slika 35: Shema razporeditve ERM rastlinskega gradiva glede na rastišče in vire razpršenega onesnaževanja in njihovo ekološko in sanacijsko vlogo	51
Slika 36: Območja predvidenih rab Velenjskega jezera in njegovih bregov	52
Slika 37: Umestitev ERM ukrepov	55
Slika 38: Slika 38: Analiza smeri v prostoru. Umestitev linijskih elementov	58
Slika 39: Strukturna karta in analiza pogledov	60
Slika 40: Predlog ureditve območja Velenjskega jezera in njegovih bregov	61
Slika 41: Tloris in prerez območja 1: Naravna vrednota	63
Slika 42: Tloris in prerez območja 2: Vzhodni breg	65
Slika 43: Tloris in prerez območja 3: Turistično rekreativni center Jezero	67
Slika 44: Tloris in prerez območja 4: Izток iz jezera	69
Slika 45: Tloris in prerez območja 7: Obrežni pas in izliv Sopote	71

KAZALO PRILOG

PRILOGA A:	Preglednica rastlinskih vrst obrežnega pasu Velenjskega jezera
PRILOGA B:	Pogled na ERM otok (Območje 1: Naravna vrednota)
PRILOGA C:	Pogled na prireditveno jaso, biološke valove zasajene s šaši in obrežni koridor (Območje 3: TRC Jezero)
PRILOGA D:	Pogled na prireditveno jaso in paviljone, v ozadju biološki val zasajen s šaši (Območje 3: TRC Jezero)
PRILOGA E:	Pogled na jasno športnih igrišč, v ozadju fitoremediacijski nasad vrb (Območje 3: TRC Jezero)
PRILOGA F:	Pogled na pot med fitoremediacijskimi nasadi (Območje 3: TRC Jezero)
PRILOGA G:	Pogled na zasajen obrežni koridor ob čolnarni (Območje 3: TRC Jezero)
PRILOGA H:	Pogled na umetno močvirje (Območje 4: Izliv v reko Pako)
PRILOGA I:	Pogled na zasajen obrežni koridor (Območje 4: Izliv v reko Pako)
PRILOGA J:	Pogled na jezero in ERM otoke (Območje 7: Izliv Sopote)
PRILOGA K:	Tloris ureditve območja jezera. M 1:2000

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ERM	Ekoremediacije
OECD	Organizacija za gospodarsko sodelovanje in razvoj
TEŠ	Termoelektrarna Šoštanj
TRC Jezero	Turistično rekreacijski center Jezero

1 UVOD

Tema magistrske naloge je raziskati, na kakšen način je ekoremediacijske ukrepe, s katerimi bi zmanjšali evτροφikacijo in izboljšali ekološko stanje Velenjskega jezera, mogoče uporabiti kot dejavnike oziroma sredstva oblikovanja bregov in neposredne okolice Velenjskega jezera ter z njimi obogatiti jezersko krajino.

Antropogena jezera so občutljivi ekosistemi, spremenljivi in do neke mere nepredvidljivi, podvrženi delno naravni, v večji meri pa umetni evτροφikaciji. Le z zmanjšanjem evτροφikacije lahko dosežemo, da umetna jezera ne bodo obravnavana zgolj kot »rane v prostoru«, temveč kot obogatitev krajine, ki ponuja nove razvojne možnosti. Učinkovit način za preprečevanje evτροφikacije in splošnega slabega stanja jezerske vode je uporaba ekoremediacijskih ukrepov.

Ekoremediacije so tehnični ukrepi, ki se uporabljajo za čiščenje vode in tal tudi s pomočjo rastlinskega gradiva. Ob upoštevanju njihove tehnične funkcije želimo prikazati in izraziti tudi njihov estetski in doživljajski potencial.

Z uporabo ekoremediacijskih ukrepov je moč v krajino Velenjskega jezera vnesti prostorske strukture, v katerih se vršijo procesi samoregulativnosti. Naravni procesi rasti dreves, trave in vodnih rastlin imajo tu še dodatno čistilno in ekološko vlogo, ker so vključeni v proces preprečevanja evτροφikacije in izboljšanje splošnega ekološkega stanja Velenjskega jezera, dodatno pa bomo raziskali še potenciale njihove estetske funkcije. Predvidevamo, da je s pomočjo ekoremediacijskih prostorskih struktur, prepletenih z rabami na bregovih, moč izboljšati splošno slabo ekološko stanje jezera, hkrati pa doživeti estetski in doživljajski preplet naravnega in grajenega prostora.

»Danes enako kot videz krajine postaja pomembno, kako deluje. S tem pa se spreminjajo tudi estetski kodeksi« (Kučan, 2010: 101).

V nalogi smo predstavili sistematičen način reševanja okoljske problematike evτροφikacije jezera in zagotavljanja potreb po kakovostnem odprtem prostoru. Naravne procese rasti rastlin in strukturne elemente z ekoremediacijskimi funkcijami povezali v celoto, v novo oblikovano, kompleksno, spremenljivo in do neke mere nepredvidljivo krajino, ki obdaja Velenjsko jezero.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Velenjsko jezero je antropogenega nastanka, nastalo je zaradi ugrezanja na območju izkopavanj premoga. Vse od nastanka je bilo splošno ekološko stanje jezera slabo. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja je bilo tako močno onesnaženo s pepelno transportno vodo, da v njem ni bilo živih bitij. Po uspešni sanaciji in spremembi lokacije odlaganja pepela, se je Ph vrednost normalizirala in v jezero so se hitro naselili organizmi. Od takrat ima jezero probleme z evτροφikacijo in občasnim cvetenjem. Kot navaja Šterbenk, je v jezeru visoka vsebnost biogenih nutrientov, predvsem dušika in fosforja, kronično je povečana vsebnost sulfatov zaradi pronicanja pepelne vode v jezero. Prisotni

so tudi kadmij (Cd), svinec (Pb), in cink (Zn), ki zaradi bližine industrije in prometa gravitirajo v jezero (Šterbenk, 2009; Ocena stanja ..., 2012).

Pred ugrezanjem površja so organske snovi sproti odtekale s tekočo vodo, sedaj pa se kopičijo v jezeru. Posledice so hitra eutrofikacija jezera, izrazito pomanjkanje kisika v spodnjih plasteh, voda na dnu pa se že več let ni pomešala. Zaradi ugrezanja se še vedno povečuje globina jezera, njegovi bregovi pa se že nekaj let ne spreminjajo več. Izjema je le področje pregrade med Velenjskim in Družmirskim jezerom (Šterbenk, 2009).

Jezero močno obremenjujejo dejavnosti, ki se izvajajo na njegovih bregovih in v bližnji okolici. Zaradi kmetijstva in vrtičkarstva se povečuje erozija prsti in denudacija, s tem pa tudi vnos hranil v jezero, zlasti zaradi gnojenja kmetijskih površin. V jezeru se povečuje tudi vsebnost sulfatov, čeprav so zatesnili usedalnike elektrofiltrskega pepela. Ob jezeru se nahaja 6 km dolga industrijska cona, v bližini je deponija premoga. Onesnažena meteorna voda s cest in rekreacijskih površin odteka v jezero.

Leta 1997 je jezero prvič cvetelo. Od takrat se cvetenje pojavlja v različnih časovnih razmikih in v različnih letnih časih. Zadnja leta v času cvetenja prevladujejo cianobakterije, ki ogrožajo okolje in zdravje ljudi (Šaleška jezera ..., 2011).

Vsekakor ima Velenjsko jezero potencial, da postane ob pravilni in vzdržni rabi prostor doživetja in pristnega stika z vodo. Naloga predvideva, da se problem eutrofikacije jezera in splošno slabega ekološkega stanja lahko uspešno reši z uporabo oblikovalskih ukrepov, ki bodo funkcionirali po principu ekoremediacij. Takšni ukrepi bodo izboljšali stanje jezera, hkrati pa ljudem omogočili rabo jezera in njegovih bregov.

1.2 CILJI NALOGE

Namen magistrske naloge je raziskati možnosti, na kakšen način je ekoremediacijske ukrepe, s katerimi bi zmanjšali eutrofikacijo in izboljšali splošno ekološko stanje jezera, mogoče uporabiti kot dejavnike oziroma kot sredstva oblikovanja bregov in neposredne okolice Velenjskega jezera.

Cilji naloge so:

- izbrati ustrezne ekoremediacijske ukrepe, ki bodo izboljšali problematiko Velenjskega jezera;
- izdelati merila, po katerih se ekoremediacijsko rastlinsko gradivo umešča v krajino;
- preveriti možnosti, na kakšne načine ekoremediacijski ukrepi sovpadajo z okoliškimi rabami;
- predstaviti način, kako ekoremediacijske tehnike uporabiti kot sredstva oblikovanja krajine, na primeru Velenjskega jezera.

1.3 DELOVNA HIPOTEZA

Ekoremediacijske ukrepe je mogoče uporabiti tudi kot sredstvo oblikovanja krajine, jih uporabiti kot strukturne elemente krajine in jih povezati v smiselno celoto skupaj z rabami v neposredni okolici.

1.4 DELOVNE METODE

Predvidene delovne metode so:

- predstavitev in analiza Velenjskega jezera;
- predstavitev problemov, ki jih je moč reševati z ekoremediacijskimi ukrepi;
- inventarizacija vegetacije ob Velenjskem jezeru na terenu in s pomočjo digitalnega ortofoto posnetka območja Velenjskega jezera;
- pregled ekoremediacijskih ukrepov;
- pregled dosedanjih in pričakovanih rab jezera in njegovih bregov ter njihova medsebojna usklajenost;
- določitev ukrepov, ki bi bili na določenih območjih jezera in njegovih bregovih najbolj učinkoviti in smiselni;
- pregled usklajenosti ekoremediacijskih ukrepov z rabami v neposredni okolici (izdelava tabele);
- izdelava načrta ureditve jezera, bregov in neposredne okolice.

2 IZHODIŠČA ZA RAZUMEVANJE IN UREJANJE BREGOV VELENJSKEGA JEZERA

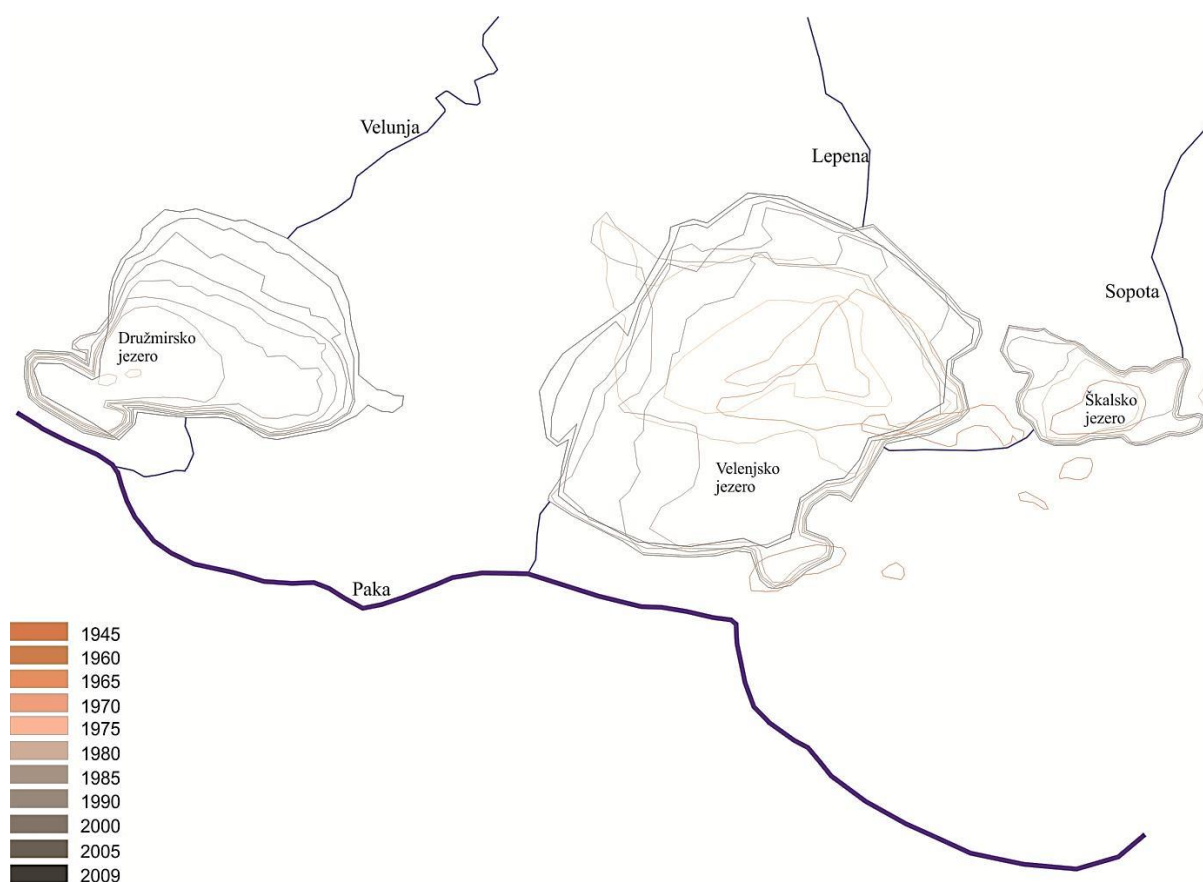
2.1 KRATEK ZGODOVINSKI ORIS NASTANKA VELENJSKEGA JEZERA

Za razumevanje naloge naj najprej pojasnimo nastanek Velenjskega jezera in njegovo povezanost s Škalskim in Družmirskim jezerom.

Kot navaja Šterbenk (1999, 2009) so jezera v Šaleški dolini nastala kot posledica premogovništva, vseeno pa imajo večino potez tektonskih jezer. Dejansko so to tektonska jezera, le da ne gre za naravne, temveč za antropogene tektonske procese. Zaradi debeline premogovega sloja so jezerske kotanje zelo globoke, tudi več kot 80 m. Število ugrezninskih kotanj se je od pričetka premogovništva spreminjalo, na začetku osemdesetih let prejšnjega stoletja pa so se izoblikovale tri kotanje. Doslej se je površje Šaleške doline ugreznilo za približno 100 milijonov kubičnih metrov. Tretjino te prostornine je zalila voda. Nastala so tri jezera; Škalsko, Velenjsko in Družmirsko jezero. Zaradi reliefne in hidrološke asimetrije Šaleške doline jezera niso nastala na reki Paki, ki teče po levem robu doline, temveč na njenih desnih pritokih, ki dolino prečkajo. Glede na to, da jezera zavzemajo 2 kvadratna kilometra oziroma petino dolinskega dna, je očitno, kako močno se je Šaleška dolina ojezerila in hidrološko spremenila.

Škalsko jezero je najstarejše in ima gladino na najvišji morski višini. Zahodno od Velenjskega je Družmirsko jezero, najmlajše in najgloblje, ki se bo v naslednjih desetletjih še močno povečevalo in bo po zaključku izkopavanja premoga predvidoma največje v Šaleški dolini. Trenutno je največje Velenjsko jezero. Meji na programsko jasno določen del, kjer je odkopavanje že končano ali vsaj delno zaključeno, in del kjer odkopavanje še ni zaključeno in se teren še očitno spreminja (Šterbenk, 1999, 2009; Dodatek ..., 2009).

V magistrski nalogi se bomo posvetili območju, kjer se teren ne spreminja več in je za oblikovanje bregov jezera moč uporabiti rastlinsko ekoremediacijsko gradivo.



Slika 1: Nastajanje Šaleških jezer (zrisano po Šaleška jezera ..., 2011)

Velenjsko jezero je s Škalskim povezano preko potoka Lepene, ki je iztok Škalskega jezera in hkrati pritok Velenjskega. Od Družmirskega pa Velenjsko jezero ločuje umetno vzdrževan nasip - pregrada iz elektrofilitrskega pepela, ki preprečuje združitev Velenjskega in Družmirskega jezera. Vsa tri jezera so še do nedavnega imela status »ran v prostoru«. Z različnimi programi sanacij (kanalizacija, zaprt krogotok vode termoelektrarne Šoštanj) se je stanje Šaleških jezer deloma izboljšalo in prebivalci so jih začeli uporabljati v rekreacijske namene.



Slika 2: Velenjsko jezero

Kljub danes nekoliko zabrisanemu antropogenemu videzu imajo jezera vrsto potez, ki so drugačne kakor pri naravnih jezerih. Kot razberemo iz poročil in študij, z ojezeritvijo dolinskega osrčja ni prišlo le do sprememb rečne mreže, ampak tudi do bistvenih sprememb v kroženju oziroma obnavljanju šaleških voda. Siceršnje območje rečnega transporta v srednjem porečju reke Pake se je spremenilo v akumulacijskega, raztopljene snovi in materiali, ki jih prinašajo vodotoki, se odlagajo v jezerih in posledice se kažejo kot hitra eutrofikacija ugrezninskih jezer. Že naravno so jezerske pokrajine dosti občutljivejše od rečnih, Velenjsko ugrezninsko jezero pa je zaradi hitrega pogrezanja še občutljivejše od naravnih tektonskih (Šterbenk, 2009; Šaleška jezera ..., 2011).

2.2 POJMI

Obrazložitev uporabe izraza degradacija/degradiran

Pojem degradacija se velikokrat uporablja za označitev razvrednotenega okolja, oziroma njegove zmanjšane ekološke vrednosti zaradi različnih škodljivih sprememb, ki so lahko biološke, kemične ali fizikalne. V magistrski nalogi je izraz degradacija uporabljen za biološko in fizično spremembo v okolju zaradi pogrezanja tal kot posledice izkopavanja lignita (Koželj, 1998).

Obrazložitev uporabe besednih zvez »ekološko stanje« in »ekološki potencial«

V Uredbi o stanju površinskih voda (2009) je izraz »ekološko stanje« uporabljen za ocenjevanje stanja naravnih vodnih teles. Izraz »ekološki potencial« se uporablja za ocenjevanje stanja umetnih ali močno preoblikovanih vodnih teles.

Ekološko stanje vodnih teles se ocenjuje in določa na podlagi petih kakovostnih razredov:

- zelo dobro,
- dobro,
- zmerno dobro,
- slabo,
- izredno slabo.

Vsa vodna telesa naj bi dosegla razred »dobrega stanja« do leta 2015.

Posamezno umetno ali močno preoblikovano vodno telo se na podlagi rezultatov vrednotenja s posameznimi elementi kakovosti razvrsti v naslednji razred ekološkega potenciala:

- največji,
- dober,
- zmeren,
- slab
- ali zelo slab ekološki potencial.

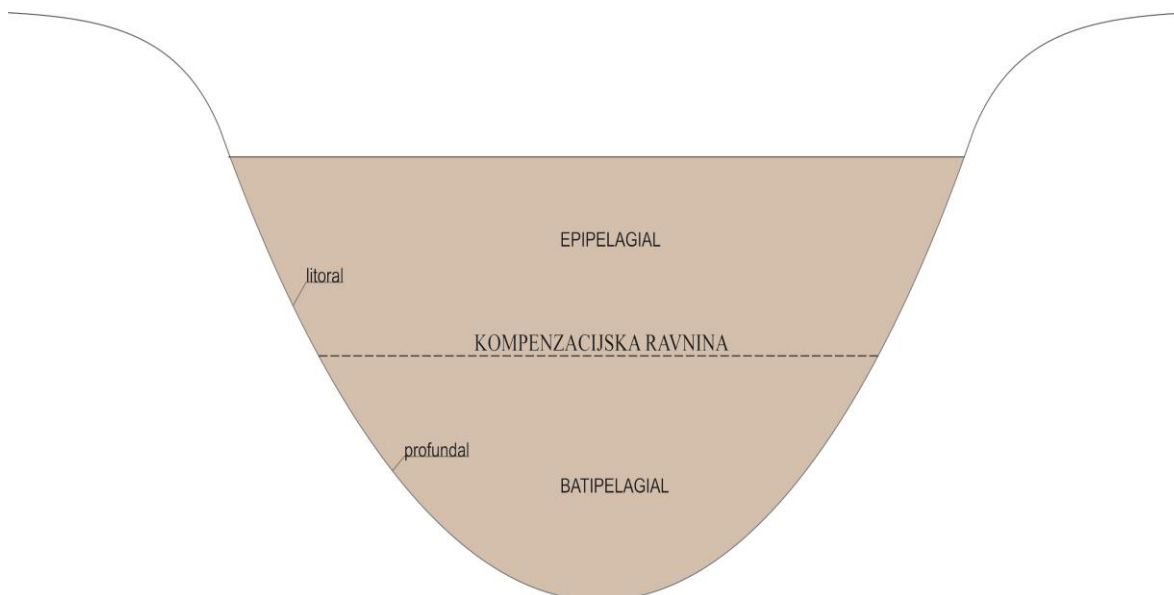
3 JEZERSKI EKOSISTEM

Za razumevanje in uspešno izvedbo ekoremediacijskih ukrepov, s katerimi želimo doseči izboljšanje obstoječega stanja Velenjskega jezera, je treba poznati in upoštevati osnove delovanja procesov, ki potekajo v jezerih in dejavnike, ki vplivajo nanje.

3.1 DEFINICIJA JEZERA IN JEZERSKEGA EKOSISTEMA

Kot navajata Remec-Rekar in Bat (2003) lahko na kratko predstavimo jezera kot naravne in umetne kotanje, napolnjene z vodo, ki obstajajo v stalni izmenjavi s kopnim okoljem, brez neposredne povezave z morjem. Imajo enakomerno višino vodne gladine in majhen dotok vode glede na skupno prostornino vode. Površina je večja od enega hektarja.

Jezerski ekosistem predstavljajo jezerska voda in usedline, med katerima poteka stalna izmenjava snovi. Po načinu naselitve jezerski prostor delimo na bental in pelagial. V bental sodijo organizmi, ki se drže podlage. Vodno telo imenujemo pelagial. Pelagial delimo na fotični in disfotični del, ki ju ločuje kompenzacijska ravnina (Tarman, 1992; Hlusyyk, 1998; Toman, 2009). Le v fotičnem delu nad kompenzacijsko ravnino uspešno producirajo fotoavtotrofne rastline, ki jih bomo uporabili za oblikovanje krajine Velenjskega jezera.



Slika 3: Shema delitve jezera (zrisano po Tarman, 1992: 384)

3.2 OPIS OSNOVNIH PROCESOV, KI POTEKAJO V JEZERU

3.2.1 Termična plastovitost, dihanje jezera

Tarman (1992) navaja, da se poleti se zaradi ogrevanja vode s površine v globino razvije v vodnem telesu značilen temperaturni gradient, ki ga imenujemo termična plastovitost. Razlike v temperaturah pogojujejo specifično težo vode v posameznih plasteh, zato se te ne mešajo. Vmesni pas, ki preprečuje mešanje zgornjega (epilimniji) in spodnjega (hipolimniji) sloja vode imenujemo termoklina. V zgornjem epilimijskem sloju je voda topla. V globinskem, hipolimijskem sloju pa je voda hladna. Dokler traja poletna stagnacija, v jezeru ne poteka izmenjava kisika, ogljikovega dioksida in hranilnih snovi med dnem in površino. Hranilne snovi se nabirajo v sloju pri dnu in se zaradi opisane stagnacije ne vračajo v površinski sloj, kjer poteka fotosinteza alg in vodnih rastlin. V jeseni se jezero ohlaja. Ohlajena in specifično težja voda izpodrine toplejšo in specifično lažjo vodo. Zaradi razlik v ogretosti nastanejo vertikalni konvekcijski tokovi. Posledica je izravnavanje temperature vode na 4 °C od gladine do dna, kar imenujemo termična izravnava. V poznem jesenskem obdobju termična izravnava vzbudi močne turbolenčne tokove, ki povzročijo jesensko vertikalno mešanje vode. V tem procesu se obnovijo kisikove zaloge ob dnu, k površini se vrnejo hranilne snovi in viški ogljikovega dioksida. Termična plastovitost v zimskem času je inverzna. Led zapira vodno telo pred vetrovi, ustvarja zimsko stojnost ali stagnacijo. Šele spomladanska odtalitev ledene skorje omogoča spomladanskim vetrovom mešanje vode in bogatitev globinskih delov s kisikom ter površinskimi hranilnimi snovmi. Izmenjavi snovi med dnem in površino pravimo dihanje jezera.

V Velenjskem jezeru je izmenjava snovi med dnem in površino izrazito zmanjšana. Kot navaja Šterbenk (2009), so leta 2008 meritve pokazale, da se voda v globinskem sloju sploh ni premešala, padla je vsebnost kisika, kopičile pa so se hranilne snovi, kar je eden glavnih kazalcev evtrofikacije.

3.2.2 Snovne izmenjave v jezeru

Voda v jezeru vsebuje različne količine raztopljenih snovi (plini, soli, organske spojine), ki vplivajo na proces evtrofikacije in imajo pomembno vlogo za organizme, ki v jezeru živijo. Tarman (1992) kot pomembne izpostavlja predvsem kisik, dušik, fosfor in žveplo:

Kisik (O₂)

Kisik vstopa v vodo z difuzijo iz zraka in nastaja v vodnem okolju pri fotosintezi, porabljajo ga organizmi z dihanjem, del se potroši tudi v neživih oksidativnih reakcijah. Ker poteka fotosinteza le ob svetlobi in dihanje podnevi in ponoči, obstaja dnevno-nočno nihanje kisika. V mnogih evtrofnih jezerih prihaja poleti in pozimi zaradi stagnacije do pomanjkanja kisika v globinskem sloju.

Dušik (N_2) in dušikove spojine

Dušik in dušikove spojine vstopajo v jezero s pritoki, naplavljanjem z bregov, organskim onesnaževanjem, deževnico, ki prevzema dušikove okside iz zraka. Z difuzijo vstopajoči plinasti dušik vežejo posebne bakterije ter modrozelenke alge. Količine tako vezanega dušika so velike in za prehrano rastlin pomembne.

Fosfor (P) in fosfati

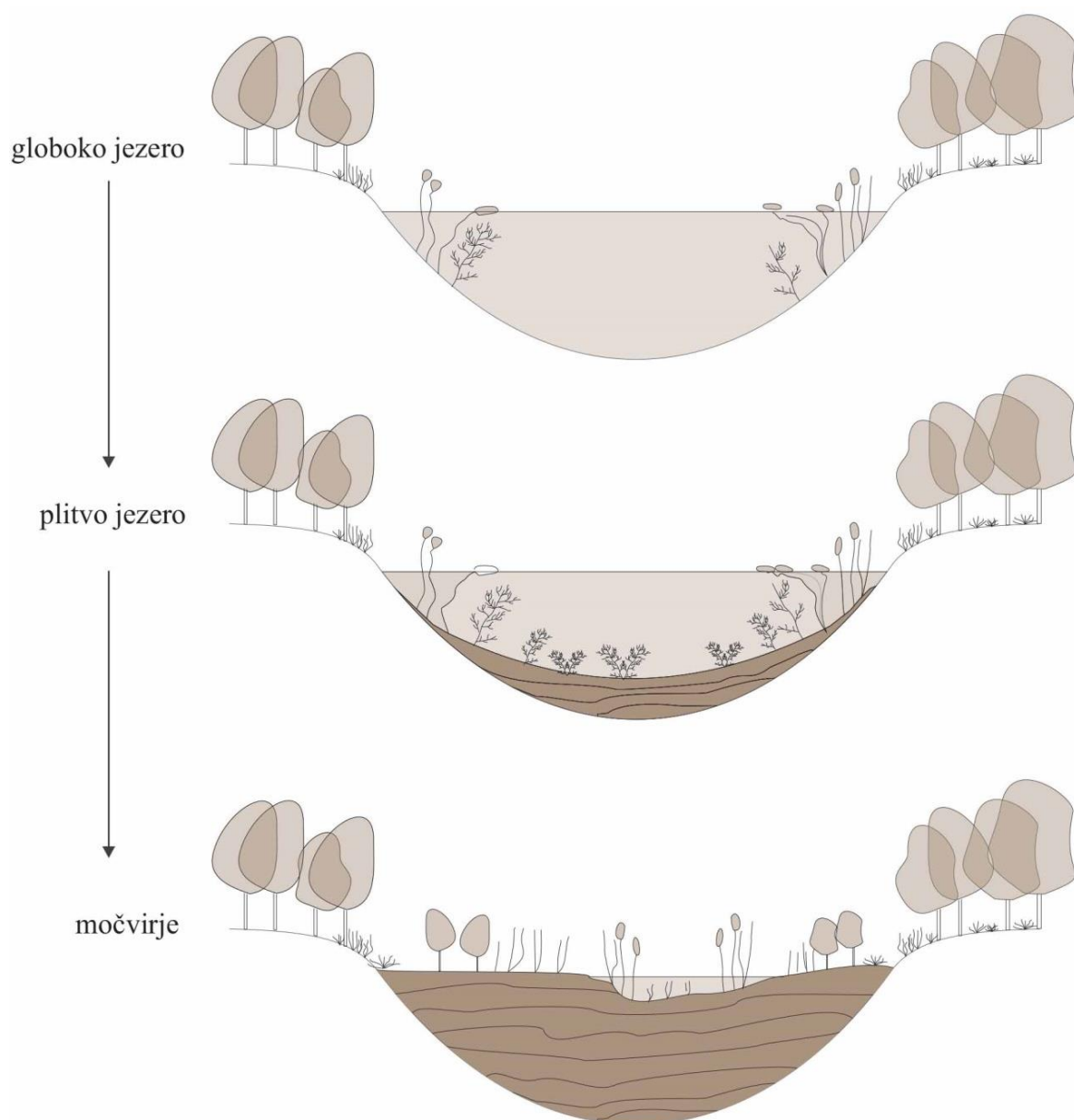
V naravi je fosfor v jezerih prisoten v manjših količinah, pomemben je za primarno produkcijo. Erozijski, mineralni gnojila, onesnaževanje s pralnimi sredstvi in organskimi odpadki pa zvišujejo dotok fosforja v jezera, kar povečuje primarno produkcijo alg, njihovo razkrojevanje pa sekundarno onesnaževanje.

Žveplo (S) in sulfati

Sulfat je vir žvepla za zelene rastline in mnoge mikroorganizme, ki rabijo žveplo za sintezo spojin. S preperevanjem kamnin v jezerskem porečju v jezero žveplo vnašajo pritoki. Žveplov sulfat, ki nastaja z gorenjem premoga in plina, prinašajo v vodo tudi padavine (kisli dež). V tla sulfat prihaja iz umetnih gnojil.

3.2.3 Sukcesija jezera v kopno in pojav evtrofikacije

Tarman (1992) pojasnjuje, da postajajo jezera s staranjem plitvejša. Spreminjajo se v močvirja in se naposled popolnoma posušijo. Na potek sukcesij vplivajo neživi dejavniki, kot so erozijski pojavi, naplavljanje suspendiranih delcev s pritoki v jezero in vnašanje hranilnih snovi v jezero oziroma njegova prehranjenost ali evtrofikacija zaradi katere naraste produktivnost jezerskih organizmov, ki s svojimi proizvodi pospešujejo zakopnitev.



Slika 4: Sukcesija jezerskega ekosistema zaradi naplavljanja delcev (zrisano po Tarman, 1992:336)

Po Hluszyk (1998) ločimo eutrofna jezera, to so jezera z veliko vsebnostjo hranilnih snovi, mezotrofna jezera, ki vsebujejo srednjo količino hranilnih snovi, in oligotrofna jezera. Ta vsebujejo majhno količino hranilnih snovi.

Kot razberemo iz poročil in študij (Jørgensen in Vollenweider, 1989; Šaleška jezera ..., 2011), poznamo poleg naravne eutrofikacije – staranja jezera, ki v naravi poteka počasi, tudi antropogeno eutrofikacijo, ki poteka zelo hitro. Jezero ima namreč samočistilno sposobnost (puferska kapaciteta), da prebavi povišane vrednosti hranil, a le do neke meje. Povišane vrednosti hranil so posledica spiranja snovi iz različnih virov (polja in travniki, gnojeni z umetnimi ali naravnimi gnojili, neprimerno

speljana kanalizacija in drenažni jarki, vnos zemlje in usedlin, površinsko odtekajoča voda, itd.). Glavni kazalec prekomernega vnosa hranilnih snovi - evτροφnosti jezer, je prekomerna rast fitoplanktona in makrofitov. Na površini jezera je pojav opazen kot cvetenje alg.

Kot navaja Šterbenk (2009) se cvetenje Velenjskega jezera ponavlja v različnih časovnih razmikih in letnih časih. Nazadnje je cvetelo pozimi leta 2007/08, šlo je za cvetenje modro zelenih alg in cianobakterij. Cvetenje alg in cianobakterij ne vpliva samo na izgled jezera in njegovo uporabnost, temveč tudi na vedno obsežnejše in dolgotrajnejše pomanjkanje kisika. Zaradi strupenih snovi, ki jih cianobakterije izločajo, pa njihovo cvetenje predstavlja grožnjo za zdravje ljudi in živali. Z vidika rabe vode v rekreacijsko turistične namene je tako cvetenje jezera zelo velika pomanjkljivost, saj je v takšnem primeru treba kopanje prepovedati.

Učinkovita zaščita pred prehitro evτροφikacijo jezera je vzpostavitev obrežnega pasu ekoremediacijskih rastlin, ki porabljajo hranila in akumulirajo škodljive snovi.

3.3 OBREŽNI PAS IN VEGETACIJA OBREŽNEGA PASU

V nalogi bomo predstavili, na kakšen način lahko obrežno vegetacijo uporabimo v namen ekoremediacije jezera oziroma na kakšen način lahko tudi z obrežno ekoremediacijsko vegetacijo oblikujemo jezero in njegove bregove ter vplivamo na proces evτροφikacije jezera. Poleg poznavanja procesov, ki se dogajajo v jezerskem ekosistemu, je pomembno, da dobro poznamo sestavo obrežnega pasu in se seznanimo z značilnostmi obrežne vegetacije.

Obrežna vegetacija je pomemben del jezerskega ekosistema, saj deluje kot bariera med kopenskim in vodnim ekosistemom in preprečuje vnos hranilnih in škodljivih snovi, ki se spirajo iz zaledja jezer neposredno v vodno telo.

3.3.1 Obrežni pas in zaledje jezera

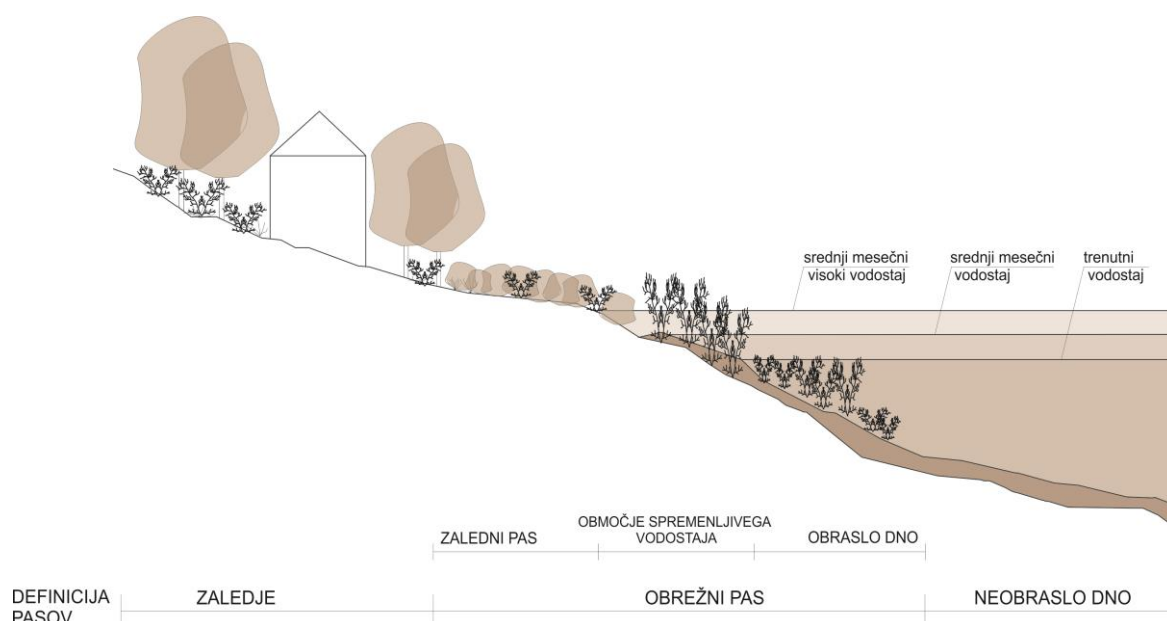
Obrežni pas sestoji iz območja obraslega dna, območja spremenljivega vodostaja in zalednega pasu več pasov, ki se nahajajo na prehodu med neobraslim dnom in kopnim (Urbančič, 2010):

Obraslo dno je območje, ki je ves čas potopljeno in sega od meje trenutnega vodostaja do globine kompenzacijske točke.

Območje spremenljivega vodostaja se nahaja med trenutnim vodostajem ter nivojem srednjega mesečnega visokega vodostaja. Organizmi v tem pasu potrebujejo visoko vlago in so občasno potopljeni.

Zaledni pas je območje nad vodno gladino, kjer ob naravnih pogojih raste obrežna vegetacija.

Zaledje je območje, ki nima stika z vodo in je ob naravnih pogojih poraščeno z gozdovi.



Slika 5: Obrežni pas in zaledje (zrisano po Urbančič, 2010:6)

3.3.2 Vegetacija obrežnega pasu

Obrežna vegetacija predstavlja filter za vodni ekosistem in ga bogati s kisikom, ki nastaja pri fotosintezi in s tem omogoča dihanje heterotrofnim organizmom ter delovanje aerobnim bakterijam in tako pospešuje razgradnjo organskega materiala. Poleg tega zadržuje hranilne in strupene snovi, ki se iz zaledja spirajo v jezero in nudi življenjski prostor številnim nevretenčarjem, ribam in pticam, ki so prav tako pomembni za uravnoteženost procesov v jezeru. Koreninski sistemi obrežne vegetacije tvorijo zelo gost in globok preplet korenin, s čimer utrjujejo brežino in zadržujejo vodo (Gaberščik, 1997; Šaleška jezera ..., 2011).

Preglednica 1: Karakteristike ekoremediacijskih rastlin obrežnega pasu (Constructed wetlands ..., 2000: 26)

Splošni tip rastlin	Splošne karakteristike	Ekoremediacijska funkcija	Oblikovalski pomisleki
Plavajoče neukoreninjene vodne rastline	Korenine ali strukture, podobne koreninam, ki prosto plavajo na vodi.	Odvzem rastlin in senčenje alg; listje na površini vode omejuje difuzijo kisika iz atmosfere.	Oblikovalski pomisleki niso potrebni.
Plavajoče ukoreninjene vodne rastline	Rastline koreninijo v podlagi, imajo plavajoče liste, ki so lahko tudi potopljene.	Površina za pritrjevanje mikroorganizmov in sproščanje kisika v vodo v dnevnem času. Listi omejujejo difuzijo kisika iz atmosfere.	Globina vode mora biti primerna tipu vegetacije
Potopljene vodne rastline	Koreninijo na podlagi in so običajno popolnoma potopljene.	Zagotavljajo mikrobiološko vezavo organizmov in sproščanje kisika v vodo podnevi.	Globina vode mora biti primerna tipu vegetacije
Emergentne vodne rastline	Rastline koreninijo v podlagi in izraščajo iz vode, dobro prenašajo poplavljenost rastišče.	Povečanje sedimentacije, senčenje, ki preprečuje razrast alg	Globina vode mora biti optimalna za rast izbranih rastlin

Nadaljevanje preglednice 1: Karakteristike ekoremediacijskih rastlin obrežnega pasu (Constructed wetlands ..., 2000: 26)

Splošni tip rastlin	Splošne karakteristike	Ekoremediacijska funkcija	Oblikovalski pomisleki
Grmovnice	Dobro prenašajo poplavljeno rastišče.	Senčenje tal in vode, preprečevanje erozije.	V grajenih gredah lahko s koreninami predrejo podlago.
Drevesa	Dobro prenašajo poplavljeno rastišče.	Senčenje tal in vode, preprečevanje erozije.	V grajenih gredah lahko s koreninami predrejo podlago.

4 VELENJSKO JEZERO

4.1 SPLOŠNI PODATKI O VELENJSKEM JEZERU IN ŠIRŠEM OBMOČJU

4.1.1 Splošni podatki o Velenjskem jezeru:

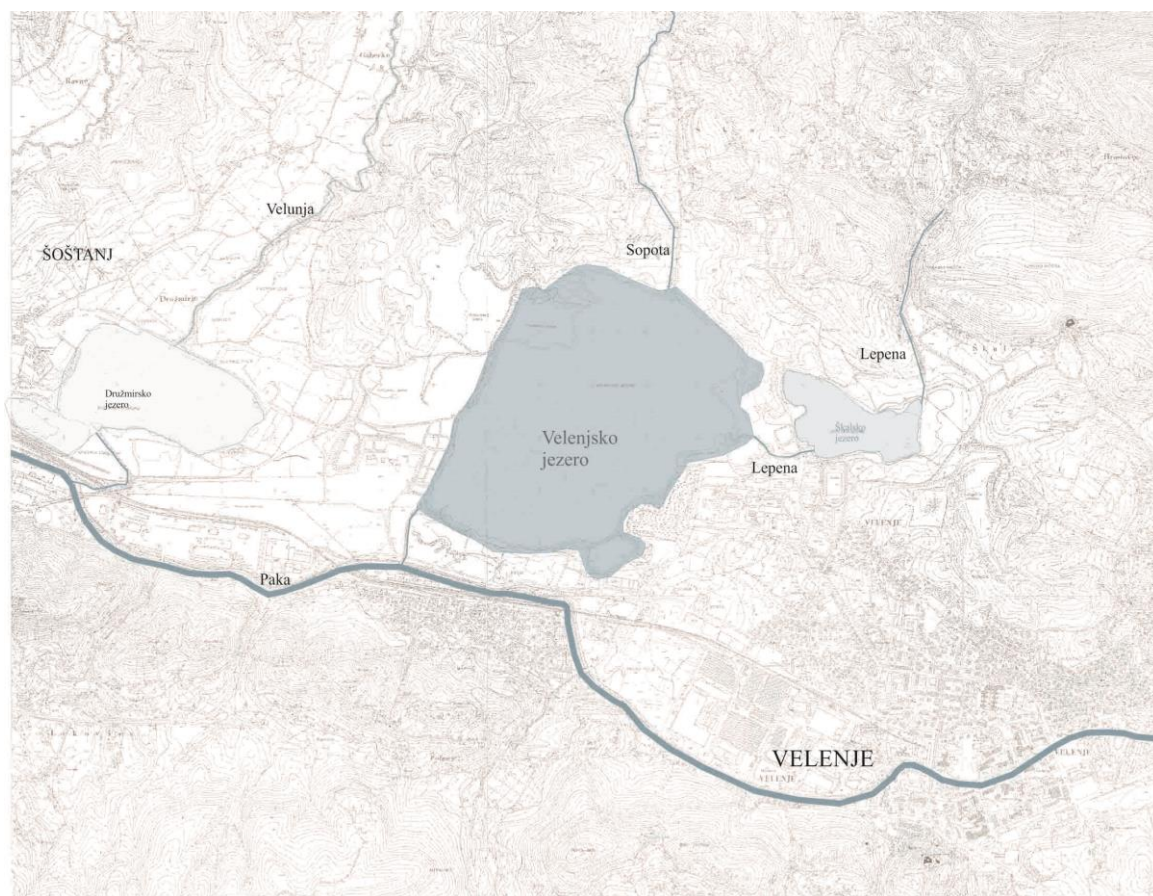
Površina: 1,4 km²,

Prostornina: 32 milijonov m³,

Obseg: 5 km,

Povprečna globina: 22 m,

Največja izmerjena globina: 56 m, jezero se še vedno poglablja.



Slika 6: Lega Velenjskega jezera v povodju reke Pake (kartografsko gradivo: TTN 5, 1995)

4.1.2 Pojezerje in prispevno območje Velenjskega jezera

Pojezerje predstavlja jezero in njegovo prispevno območje, s katerega se voda steka v jezero in s sabo nosi hranilne snovi, minerale, kemikalije, sedimente ter druge snovi, ki potencialno onesnažujejo jezero. Količina vode, ki se steka v jezero, je odvisna od velikosti količine padavin in prispevnega območja.

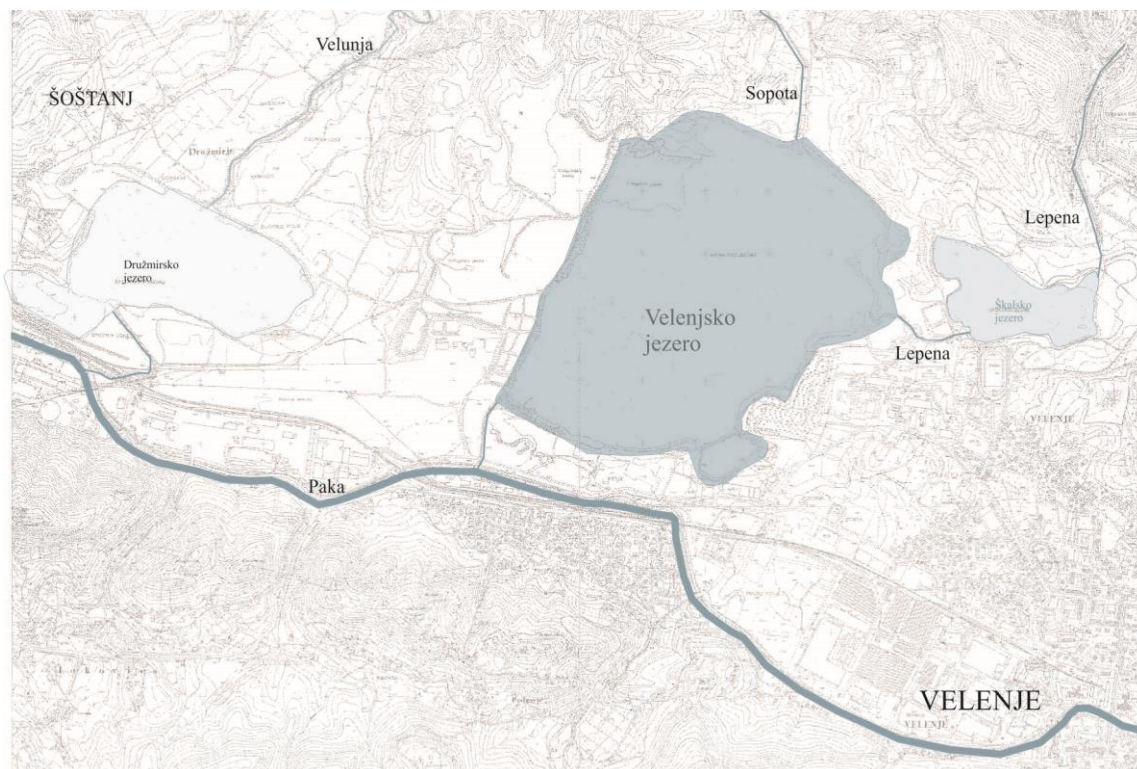
Padavinsko zaledje Velenjskega jezera meri 20,4 kvadratnih kilometrov. Več kot polovico ga odpade na Škalsko pojezerje. Porečje Sopote, ki je neposredno zaledje Velenjskega jezera, pa obsega le dobrih 7,5 kvadratnih kilometrov. Preostali del pojezerja predstavlja neposredni obrežni pas jezera (Šterbenk, 2009).



Slika 7: Pojezerje Velenjskega jezera (zrisano po Šaleška jezera ..., 2011)

4.1.3 Pritoki

Zaradi reliefne in hidrološke asimetrije Šaleške doline je Velenjsko jezero nastalo na desnih pritokih reke Pake in sicer na Sopoti in Lepeni (ki je hkrati tudi iztok Škalskega jezera), ki sta tako postala pritoka Velenjskega jezera (Šterbenk, 2009).

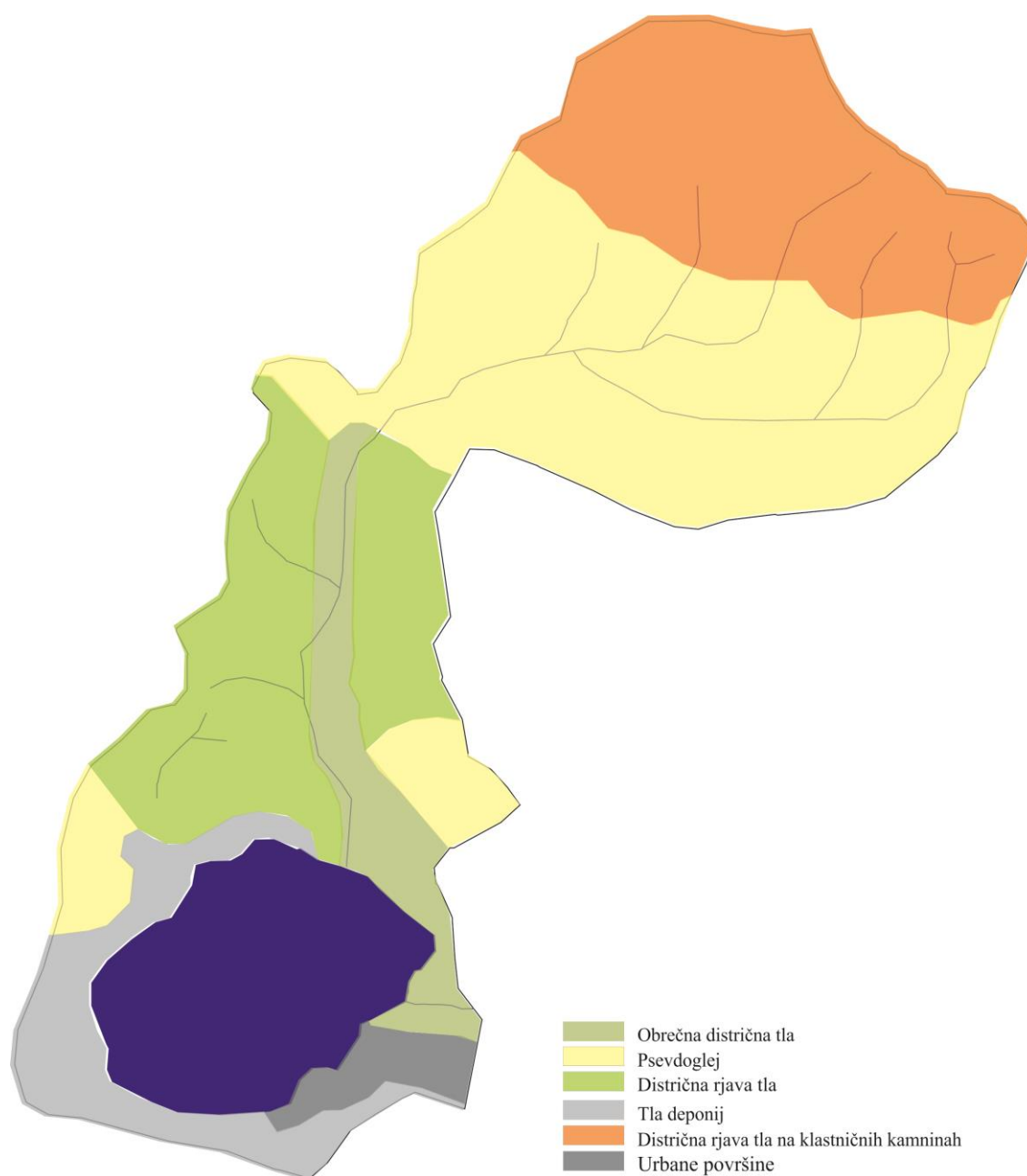


Slika 8: Pritoki Velenjskega jezera (kartografsko gradivo: TTN 5, 1995)

4.1.4 Klasifikacija tal v pojezerju Velenjskega jezera

Prevladujoče vrste tal v pojezerju Velenjskega jezera so slabo propustne, z nizko infiltracijsko sposobnostjo, tako da voda odteka po površini in spira snovi s prispevnega območja v jezero. V neposrednem območju so prisotna tudi tla deponij, ki vplivajo na onesnaženje površinske vode in podtalnice, prav tako pa so podvržena eroziji. Z dotoki in s spiranjem snovi s prispevnega območja v jezero gravitirajo velike količine hranilnih in škodljivih snovi, ki obremenjujejo jezero in povzročajo eutrofikacijo.

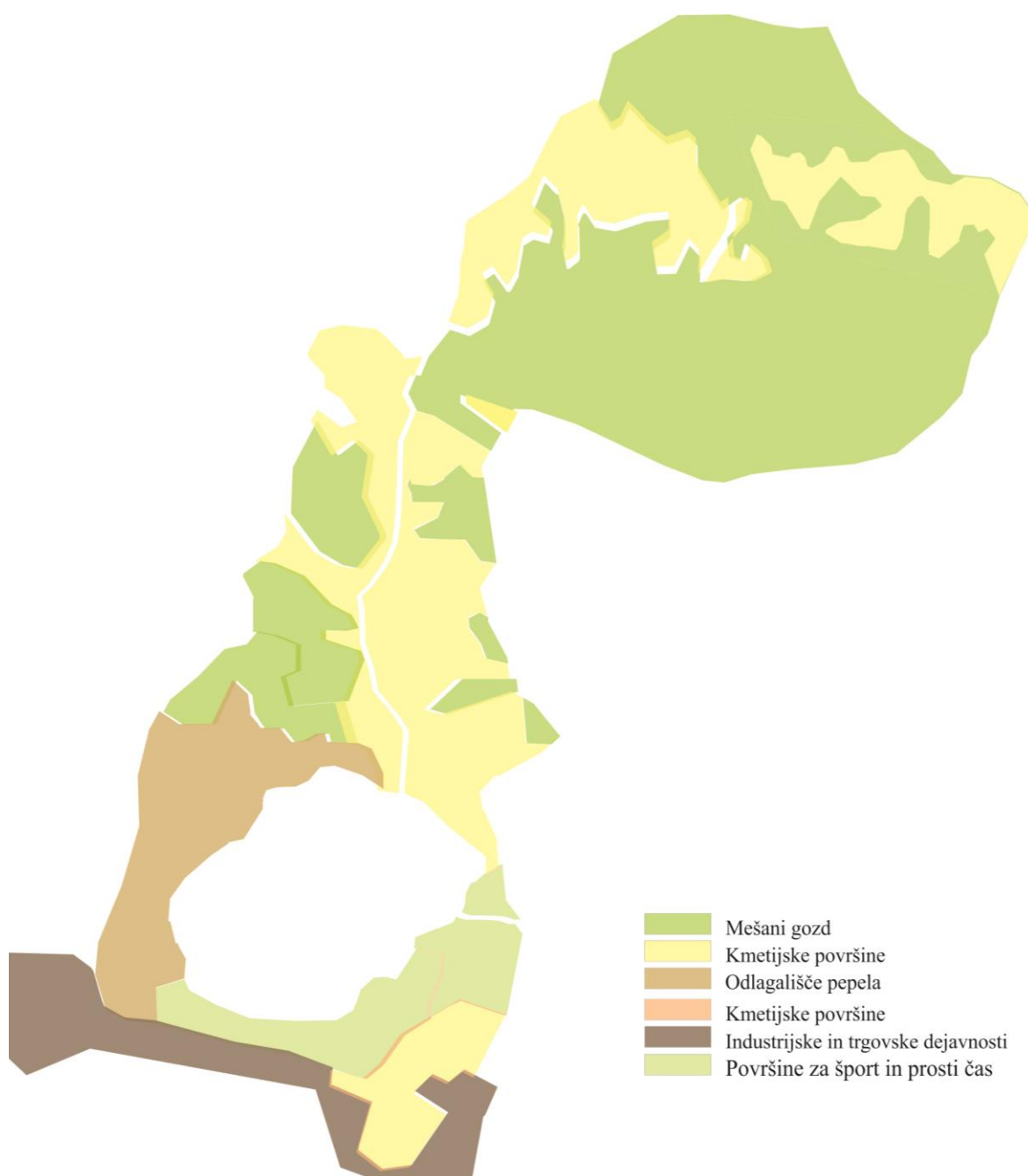
Prav tako nam tipi tal narekujejo strukturo umeščanja ekoremediacijskih rastlin na območje. Izbrati moramo takšne rastline, ki uspevajo na določenem tipu tal.



Slika 9: Tipi tal v pojezerju Velenjskega jezera (Prostorski sloj Pedološka ..., 2007)

4.1.5 Raba tal v pojezerju Velenjskega jezera

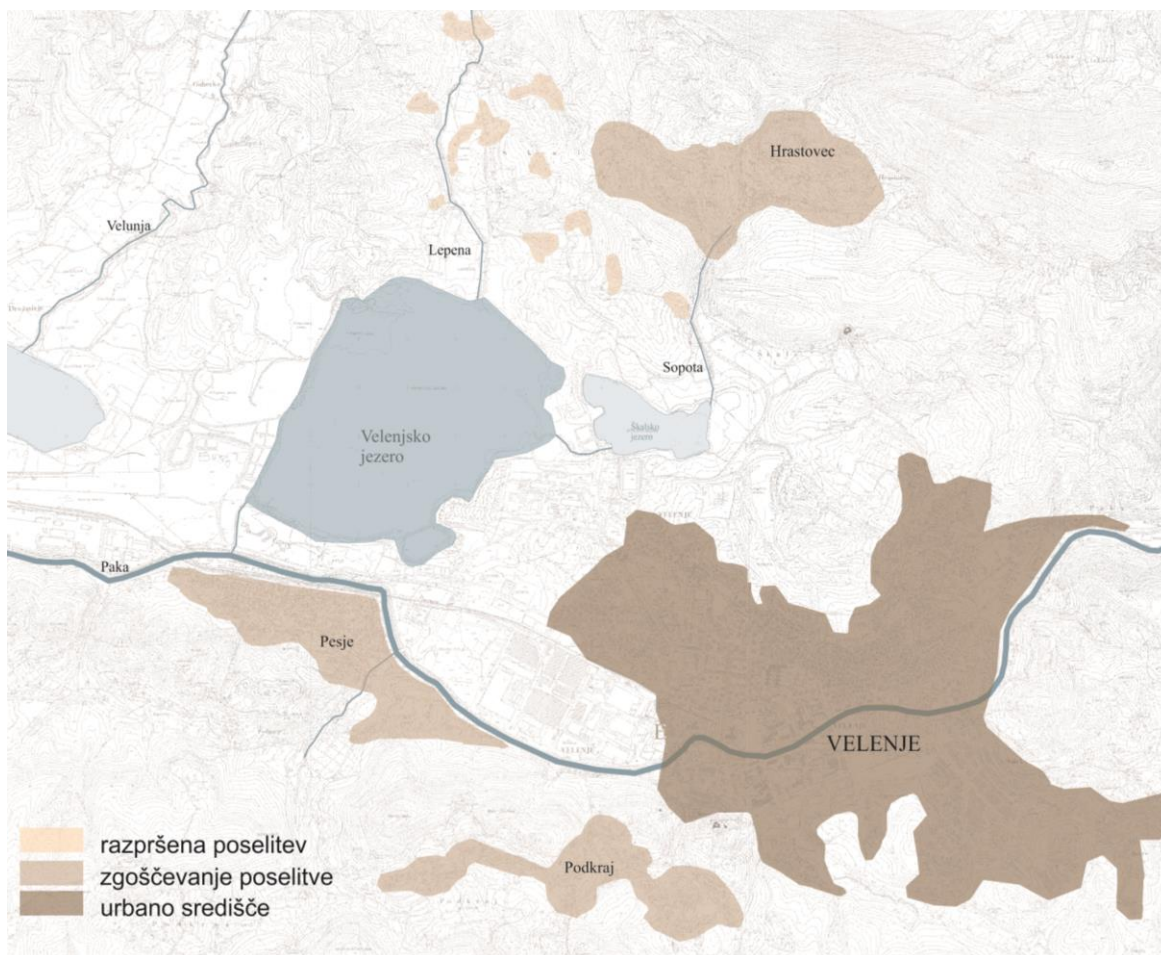
V pojezerju Velenjskega jezera največ ozemlja pokriva gozd, sledijo trajni travniki in njive. Problematična so predvsem območja kmetijskih površin in vrtov, ki segajo vse do jezera in s katerih se spirajo hranilne snovi, območje odlagališča pepela, od koder se v jezero spirajo sulfati ter industrijske in trgovske dejavnosti ter površine za šport in prosti čas, s katerih meteorne vode odtekajo v jezero.



Slika 10: Raba tal v pojezerju Velenjskega jezera (Prostorski sloj Raba ..., 2010)

4.1.6 Poselitev na ožjem območju Velenjskega jezera

S pozidanih površin v pozezerju Velenjskega jezera se voda spira v jezero. Zaradi bližine naselij in mesta Velenje pa jezero dnevno obišče večje število ljudi.



Slika 11: Poselitev na območju Velenjskega jezera in v bližnji okolici (kartografska podloga: TTN5, 1995)

4.1.7 Ekološko pomembna območja in območja naravnih vrednot na območju Velenjskega jezera

Ekološko pomembno območje Velenjsko – Konjiško hribovje (Ekološko pomembno...2013)

Skoraj celotna površina Velenjskega jezera je razglašena za ekološko pomembno območje. Izvzeto je le območje pregrade in odlagališča pepela.

ID območja: 11500

Ime območja: Velenjsko – Konjiško hribovje



Slika 12: Ekološko pomembno območje Velenjsko - Konjiško hribovje (Kartografsko gradivo ..., 2012; Ekološko pomembno ..., 2013)

Naravna vrednota Škale – rudniške ugreznine

Kot naravna vrednota je opredeljeno območje na severozahodnem bregu Velenjskega jezera, na pregradi med Velenjskim in Škalskim jezerom.

ID območja: 6110

Ime območja: Škale – rudniške ugreznine



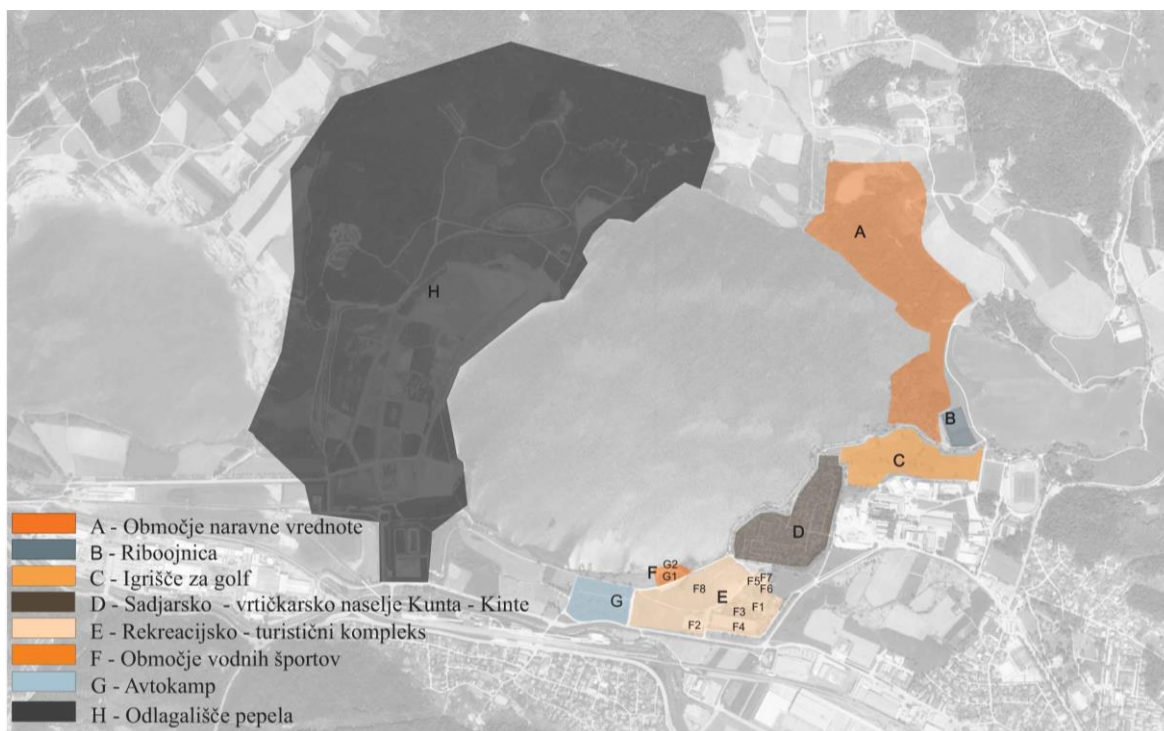
Slika 13: Naravna vrednota Škale – rudniške ugreznine (Kartografska podloga: Kartografsko gradivo ..., 2012; Naravne vrednote, 2013)

4.2 RABE NA BREGOVIH VELENJSKEGA JEZERA

Velenjsko jezero meji na programsko jasno določen del, kjer je odkopavanje že končano in del, kjer odkopavanje še ni zaključeno in se teren še spreminja, zato umestitev novih rab ni mogoča. Na območje delujoče deponije pepela dostop ni vedno mogoč, poti so še vedno začasne s spreminjajočimi se poteki. Rastlinska odeja se na tem območju pojavlja izmenično – ko je odlaganje pepela na določenem predelu za določen čas zaključeno, območje začasno zatravijo in s tem preprečijo prašenje.

Za razumevanje umeščanja ekoremediacijskih ukrepov je v treba poznati sedanje in možno bodočo rabo celotnega prostora jezer.

4.2.1 Obstoječe rabe na bregovih Velenjskega jezera



Slika 14: Raba jezerskih bregov (Kartografsko gradivo ..., 2012)

A. Rabe na območju naravne vrednote

Območje naravne vrednote se razteza na severovzhodnem bregu Velenjskega jezera, na pregradi med Škalskim in Velenjskim jezerom. Zanj je značilna pestrost vodnih in kopenskih življenjskih prostorov, ki nudijo naselitev številnim živalskim in rastlinskim vrstam. Na tem območju so zasledili okoli 120 vrst ptic oziroma 30 % vseh znanih v Sloveniji, med katerimi je kar 29 vrst ogroženih. Trenutno je park težko dostopen, poti so neurejene. V Pravilniku o določitvi in varstvu naravnih vrednot je zapisano da se posegi in dejavnosti izvajajo tako, da se naravna vrednota ne uniči in da se ne spreminjajo tiste lastnosti, zaradi katerih je bil del narave spoznan za naravno vrednoto. Na območju naravne vrednote se praviloma ohranja obstoječa raba, možna pa je tudi takšna sonaravna raba, ki ne ogroža obstoja naravne vrednote in ne ovira njenega varstva (Pravilnik ..., 2004).

B. Ribogojnica

Ribogojnica je umeščena na pregrado med Velenjskim in Škalskim jezerom. Obsega dva ribogojna bazena.

C. Igrišče za golf

Igrišče za golf je manjšega obsega in je namenjeno rekreativni vadbi.

D. Sadjarsko - vrtičkarsko rekreacijsko naselje Kunta Kinte.

V dvajsetih letih je na nekdanjem ugrezninskem območju iz naselja vrtičkarjev nastalo sadjarsko-vrtičkarsko naselje z 250 tipskimi hišicami. Hišice so bile prvotno namenjene shranjevanju orodja, sedaj pa se vedno bolj spreminjajo v bivalne vikende, v katerih ljudje lahko tudi prespijo. Zato je naselje že preraslo zgolj vrtičkarski okvir, saj so prvotne lope praviloma povečane in ne služijo le kot shrambe za orodje, temveč imajo vsaj po en bivalni prostor ali celo več. V podjetju Erico odsvetujejo kakršno koli širjenje tega naselja.

E. Rekreacijsko-turistični kompleks

Območje rekreacijsko-turističnega kompleksa je umeščeno na jugovzhodni breg Velenjskega jezera. Obsega naslednje dejavnosti:

E.1 restavracija Jezero

E.2 večnamenska Bela dvorana z dvema teniškim igriščema in fitness studiom ter občasnimi prireditvami

E.3 otroško igrišče

E.4 devet odprtih teniških igrišč

E.5 tri igrišča za odbojko na mivki

E.6 igrišče za košarko

E.7 igrišče za mini golf

E.8 ploščad za prireditve

F. Območje vodnih športov ob Velenjskem jezeru - Klub vodnih športov

F.1 čolnarna

F.2 delno urejena obala, ki obsega leseni pomol in dostopna ploščad za spuščanje čolnov v vodo. Območje se uporablja tudi kot kopališče, ki pa ni uradno deklarirano (kopanje na lastno odgovornost) in je brez ustrezne infrastrukture. V prihodnosti je načrtovana izgraditev nove čolnarne.

G. Avtokamp

V letu 1997 zgrajenem avtokampu lahko hkrati biva okoli 600 ljudi. Zavzema okoli 2,3 ha površine, od Velenjskega jezera pa je oddaljen manj kot 50 m. Predvidena je njegova obnova in razširitev.

H. Odlagališče pepela

Obsega celotno zahodno stran Velenjskega jezera, vse do Družmirskega jezera, meri 80 ha. Območje je nestabilno, saj se deponija nahaja nad še vedno aktivnim odkopnim poljem premoga.

4.2.2 Predvidena raba prostora

Predvidena raba na območju Velenjskega jezera je povzeta po poročilu Šaleška jezera-vodni vir in razvojni izziv (2011) in Odloku o spremembah in dopolnitvah odloka o lokalizacijskem načrtu za rekreacijsko območje »Jezero« (2013). V nadaljevanju je podan opis tistih območij, kjer so predvidene večje spremembe rabe, ki bi lahko vplivale na dinamiko širšega prostora in na umeščanje

ekoremediacijskih ukrepov v prostor. V opisanih območjih se bo predvidena raba v končni zasnovi prepletala z ekoremediacijskimi ukrepi ali pa bo v njih vpeta.

Rabe na območju naravne vrednote

Na pobudo raziskovalcev Biotehniške fakultete se bo ob Velenjskem jezeru ob krajinskem parku 100 metrov od obale namestil splav za gnezdenje navadne čigre. Zaradi pestrega živalstva in rastlinstva se bo uredilo tudi več opazovalnih mest za opazovanje ptic z elektronskim daljnogledom.

Rabe na območju turistično rekreacijskega centra Jezero

- Športni park

Predvidena je razširitev ponudbe športnih igrišč. Na območje TRC Jezero bi tako umestili še nogomet, rokomet na mivki, badminton, dodali mize za tenis, šah. V načrtu je tudi obnova igrišča za mini golf in balinišča.

- Čolnarna

Po Razvojnem programu TRC Jezero je nova čolnarna locirana zahodno od obstoječega avtokampa. S takšno umestitvijo je ločena od osrednjega dela TRC Jezero, hkrati pa še vedno dostopna s ceste. Dostopnost s ceste je pomembna tudi za normalno izvajanje vodnih športov, kot sta veslanje in jadranje. Na vodni površini ob čolnarni želijo zgraditi jezersko marino, ki bi vključevala pomole s privezi za večje število plovil.

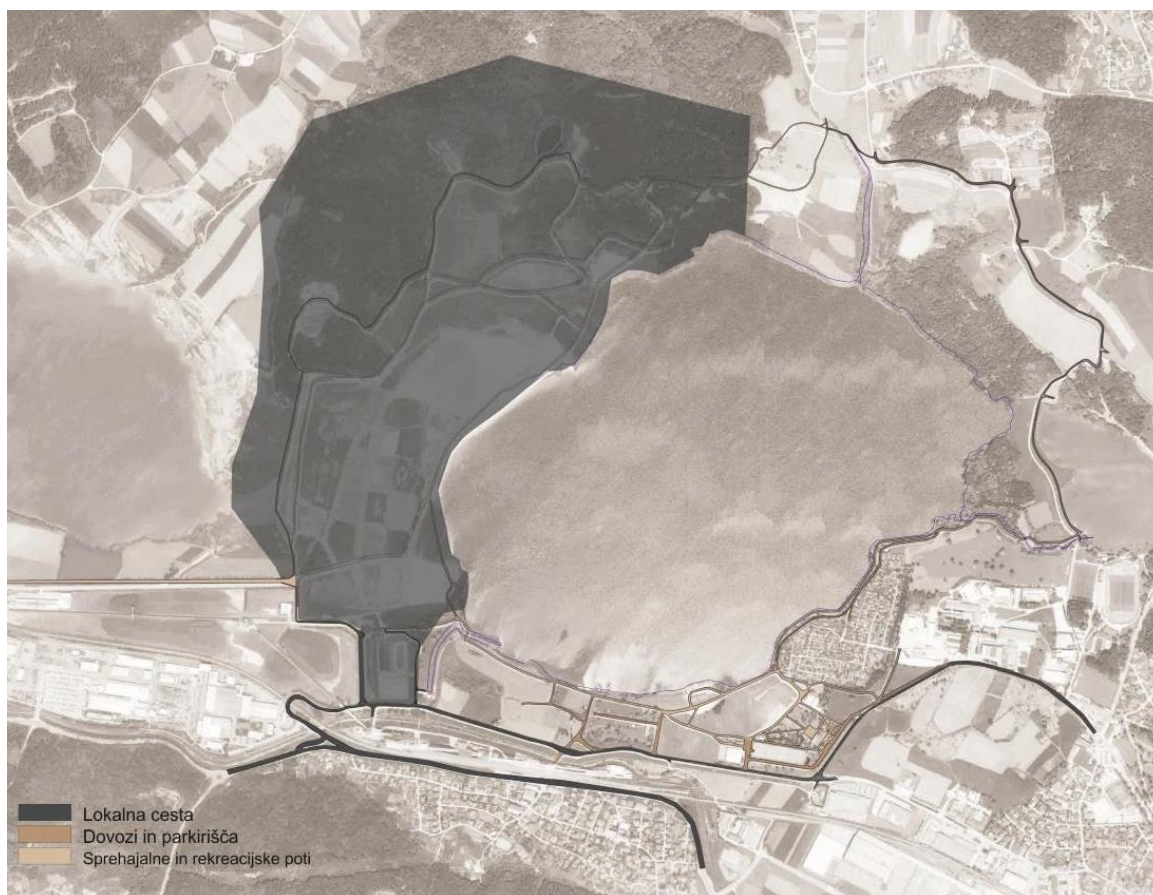
Parkirišča

Povečano število obiskovalcev pogojuje gradnjo novih parkirnih mest.

4.2.3 Dostopnost Velenjskega jezera in mreža rekreacijskih in sprehajalnih poti ob jezeru

Po postopni sanaciji degradiranih območij so se na bregovih Šaleških jezer oblikovale sprehajalne in rekreacijske poti, ki naj bi povezovala celotno območje Šaleških jezer, vendar so na območju delujoče deponije pepela poti še vedno začasne in spreminjajoče.

Dostop do Velenjskega jezera je iz Velenja možen po lokalni cesti, iz Šoštanja pa je urejena tudi sprehajalno-rekreacijska pot, ki povezuje Družmirsko jezero z Velenjskim. S Škalskim jezerom je Velenjsko povezano preko rekreacijsko – sprehajalne poti, ki vodi mimo ribogojnice.



Slika 15: Shema cest in poti na območju Velenjskega jezera (Kartografsko gradivo ..., 2012)

4.3 VZROKI ZA POSPEŠENO EVTROFIKACIJO IN SPLOŠNO SLABO EKOLOŠKO STANJE VELENJSKEGA JEZERA

Kot razberemo iz poročil in študij (Območni razvojni ..., 2006; Šterbenk, 2009; Šaleška jezera ..., 2011; Vovk Korže in Vrhovšek, 2011; Ocena stanja ..., 2012), na pospešeno evtrofikacijo in splošno slabo ekološko stanje Velenjskega jezera najbolj vplivajo viri razpršenega onesnaževanja. Onesnaženje se kaže v spremembi koncentracij naravno prisotnih spojin (nitrati, fosfati, kovine in prisotnost sintetičnih substanc - pesticidov). Vire razpršenega onesnaževanja predstavljajo površine, po katerih se snovi približno enakomerno stekajo po njih v jezero in območja, ki z onesnaževanjem zraka vnašajo na območje jezera škodljive snovi:

Kmetijske in vrtičarske površine

Intenzivnost kmetijstva in vrtičkarstva v pojezerju narašča in tako preobremenjuje jezero. Odpadna voda vrtičarskega naselja Kunta-Kinte je speljana v meteorne jaške, prav tako tudi odtoki z vrtov in njiv. Zaradi gnojenja površin z naravnimi in umetnimi hranili v jezero gravitirajo zlasti nitrati in pesticidi.

Deponija pepela in sadre

V letu 2009 so zatesnili usedalnike mešanice pepela in sadre na območju sanacije ugreznin, tako da se je zmanjšala možnost za pronicanje pepelne transportne vode v jezero. Ukrep pa težav ni popolnoma zaježil. Po analizah Agencije Republike Slovenije za okolje sta prašenje in pronicanje vode iz deponije v jezero glavna vzroka za prisotnost sulfatov in molibdena, ki skozi prst pronicajo v jezero, dodatno poslabšanje pa povzroča prašenje.

Termoelektrarna Šoštanj

Kljub različnim sanacijskim ukrepom so posledice onesnaževanja zraka in posledično tudi tal s težkimi kovinami, sulfati, nitrati in arzenom zaradi delovanja TEŠ še vedno opazne, čeprav so emisije dimnih plinov iz TEŠ zmanjšali.

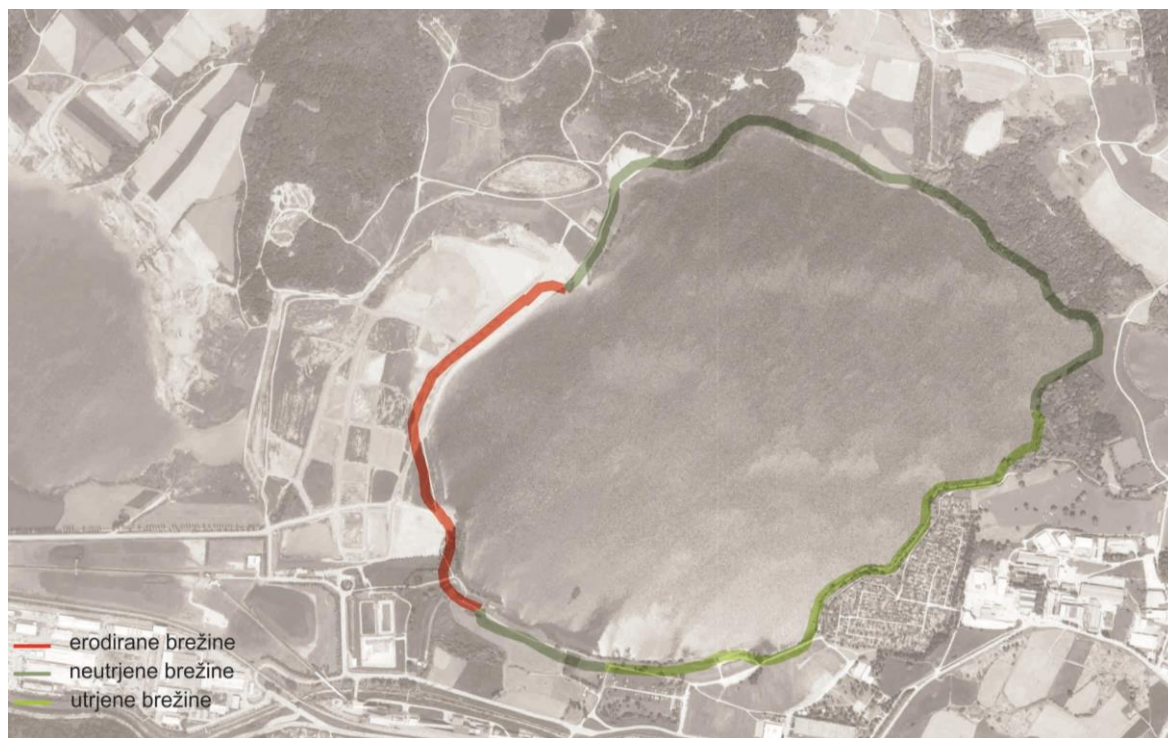
Prometne in rekreacijske površine

Tako turizem kot rekreacija predstavljata vir obremenitev Velenjskega jezera. Prispevek tovrstnih dejavnosti k obremenjevanju voda na tem območju je zmeren in ni prevladujoč. Pri tem je najpomembnejše onesnaženje, ki je povezano z obstojem in delovanjem turizmu namenjenih objektov. Onesnažena meteorna voda odteka z utrjenih in tlakovanih površin ter gravitira v Velenjsko jezero.

Erozija

Posledica večanja volumna jezera je nižanje gladine jezera, kar povzroča erozijo jezerskih bregov. Najpomembnejši in spremenljiv dejavnik je razvitost obrežnega vegetacijskega pasu, ki s svojim podzemnim delom veže prst, učinkovito nadzoruje odtok vode in vetrno erozijo, prestreza dežne kaplje, izboljšuje pronicanje deževnice v tla ter omili nihanje temperature tal in vode. Erozijski pojavi močno povečajo vnos sedimentov v jezero. Posledično povzročajo zasipavanje jezerske kotanje in

sukcesijo jezerskega ekosistema. Skupaj s sedimenti se v jezersko kotanjo vnašajo dodatna hranila, ki povečajo že tako močno eutrofikacijo jezera.



Slika 16: Erozija bregov (Kartografsko gradivo ..., 2012)

Brežine so utrjene s kamnitimi bloki in z rastlinami samo v jugovzhodnem predelu jezera. Preostali obrežni pas predstavljajo neutrjene ali erodirane brežine. Med rastlinskimi vrstami, ki poraščajo bregove, prevladujejo zelnate rastlinske vrste.

4.3.1 Merila za trofičnost jezer

Merila za razvrstitev jezer v trofično kategorijo (Ocena stanja ..., 2012) so podani v preglednici:

Preglednica 2: OECD merila za razvrstitev jezer v trofično kategorijo in stanje Velenjskega jezera (Ocena stanja ..., 2012:6)

	Fosfor (povprečje) ($\mu\text{g P/l}$)	Anorg. dušik (povprečje) ($\mu\text{g N/l}$)	Prosojnost (povprečje) (m)	Prosojnost (minimum) (m)	Klorofil-a (povprečje) ($\mu\text{g/l}$)	Klorofil-a (maksimum) ($\mu\text{g/l}$)
oligotrofno	< 10	200 – 400	> 6	> 3	< 2,5	< 8
mezotrofno	10 - 35	300 - 650	6 - 3	3 – 1,5	2,5 - 8	8 - 25
eutrofno	35 - 100	500 - 1500	3 – 1,5	1,5 – 0,7	8 - 25	25 - 75
hipereutrofno	> 100	> 1500	< 1,5	< 0,7	> 25	> 75
Velenjsko jezero (2011)	53	1668	6,0	3,0	3	4,3

Glede na količino hranil lahko Velenjsko jezero uvrstimo med eutrofne jezerske ekosisteme.

Merila za vrednotenje ekološkega potenciala jezer

Velenjsko jezero je po Pravilniku o določitvi in razvrstitvi vodnih teles površinskih voda opredeljeno kot umetno vodno telo. Umetna vodna telesa morajo doseči »dober ekološki potencial«. Pri takšnih vodnih telesih je treba izvajati ukrepe, ki izboljšujejo ekološke lastnosti, ne smejo pa vplivati na zmanjšanje njihove uporabne vrednosti.

Ekološko stanje oziroma ekološki potencial površinskih voda se vrednoti na osnovi:

- stanja bioloških elementov (stanje fitoplanktona, bentoških nevretenčarjev, fitobentosa in makrofitov),
- stanja hranil,
- prosojnosti,
- vsebnosti klorofila-a,
- stanja posebnih onesnaževal (sulfat, molibden) in
- splošnih fizikalno kemijskih parametrov (vsebnost kisika).

Vsebnosti hranil, prosojnosti in klorofila-a so prikazane v preglednici OECD merila za razvrstitev jezer v trofično kategorijo in stanje Velenjskega jezera (Ocena stanja ..., 2012).

Analize posebnih onesnaževal, ki se spremljajo v okviru ekološkega stanja so v letu 2011 pokazale, da Velenjsko jezero ne ustreza zahtevam dobrega ekološkega stanja. Močno presežena je bila letna vsebnost sulfata in molibdena.

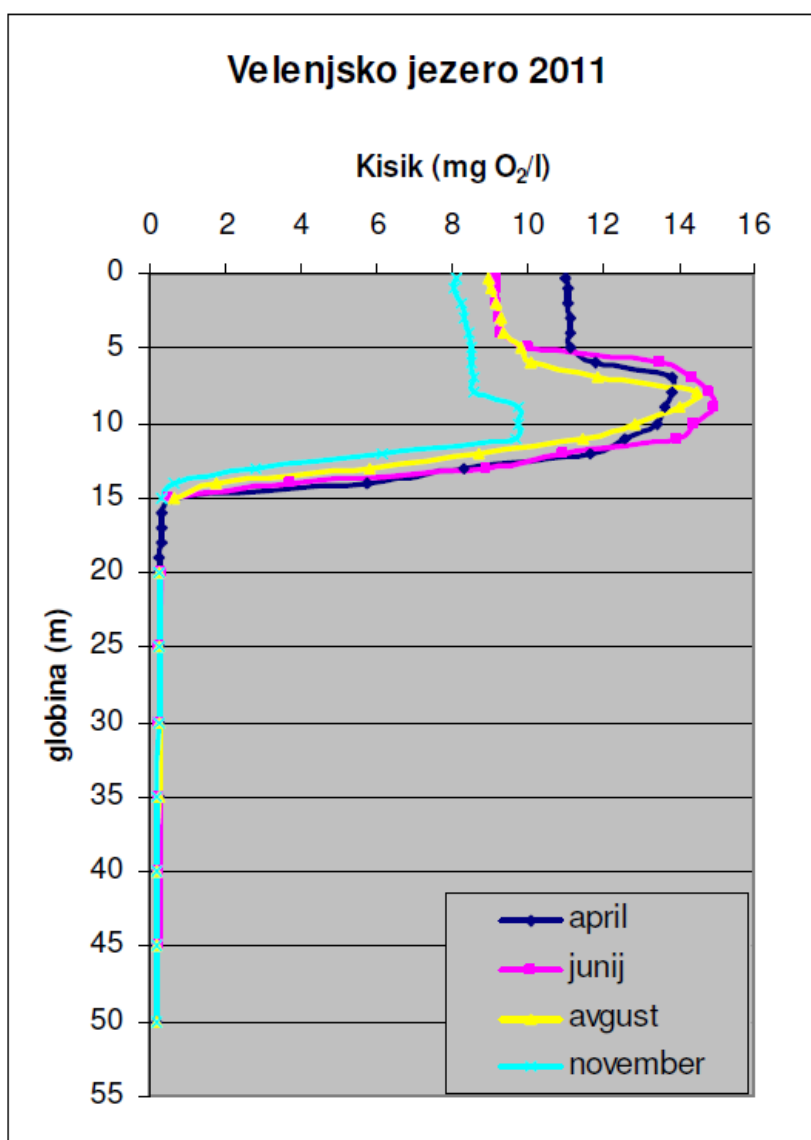
Preglednica 3: Vsebnost posebnih onesnaževal (Ocena stanja ..., 2012:6)

Leto 2011	Sulfat (SO ₄) mg/l	Molibden (Mo) mg/l
LP_OSK	150	24
Velenjsko jezero	526	114

* LP_OSK – letno povprečje_okoljski standard kakovosti

V Programu spremljanja ekološkega in kemijskega stanja jezer je zabeležena tudi povečana prisotnost cinka (Zn) in njegovih spojin ter svinca (Pb).

Pomanjkanje kisika je znak preobremenjenosti jezer z organskimi snovmi, med katerimi velik delež predstavlja propadajoča biomasa fitoplanktona, ki je posledica obremenjevanja jezer s hranili. V Velenjskem jezeru že od avgusta 2008 od globine 15 m navzdol ni prisotnega kisika.



Slika 17: Vsebnost kisika v Velenjskem jezeru (Ocena stanja ..., 2011:5)

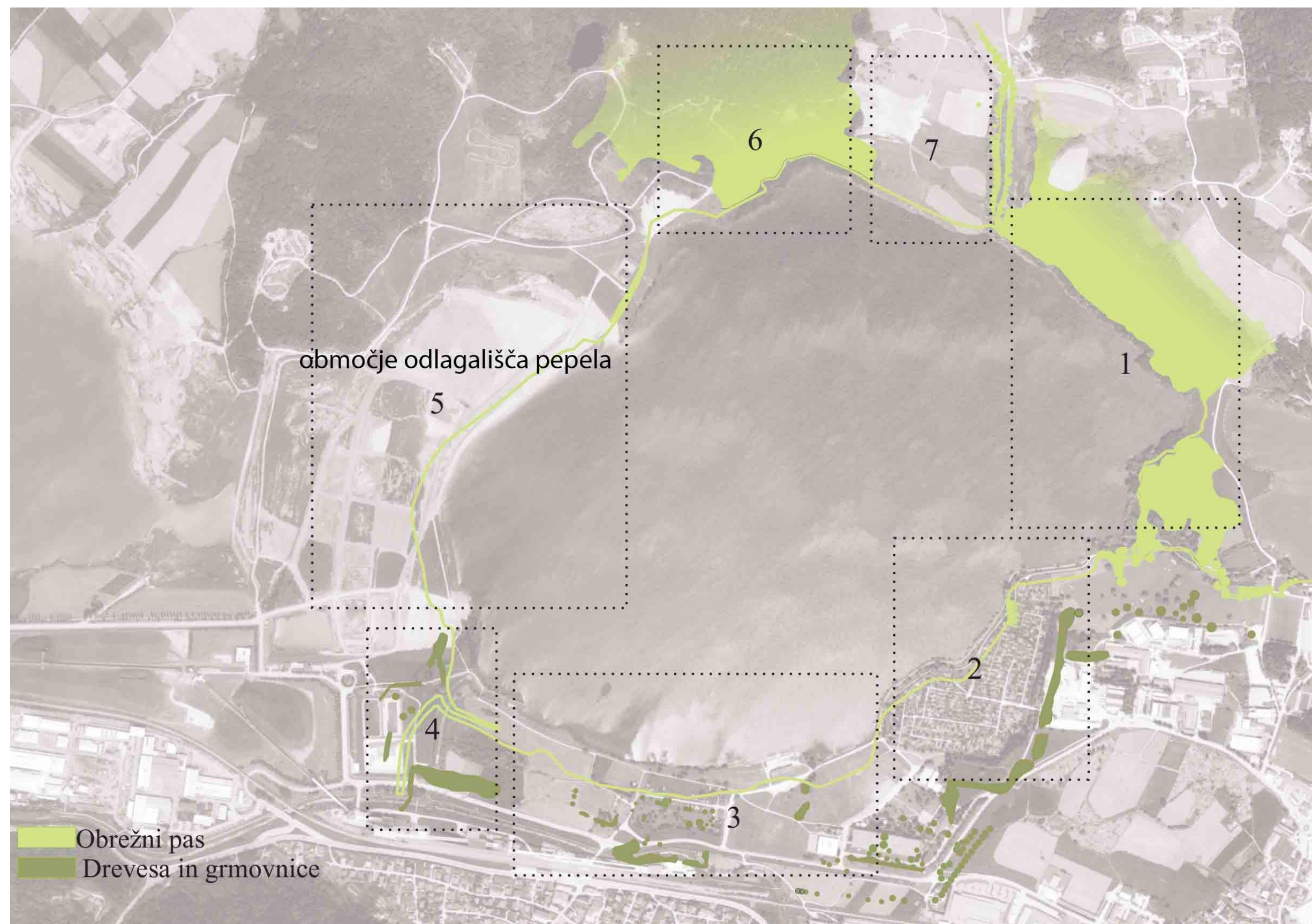
Iz podanih podatkov lahko sklepamo, da Velenjsko jezero ne dosega »dobrega ekološkega potenciala«, prav tako pa je po vsebnosti fosforja in anorganskega dušika opredeljeno kot evtrofno, oziroma hiperevtrofno vodno telo.

4.4 INVENTARIZACIJA IN ANALIZA VEGETACIJE IN STRUKTURE OBREŽNEGA PASU VELENJSKEGA JEZERA Z VIDIKA PRIMERNE IZBIRE EKOREMEDIACIJSKIH RASTLIN

Inventarizacijo vegetacije in strukture obrežnega pasu Velenjskega jezera smo opravili na terenskih ogledih, s pomočjo kartografskega gradiva območja Velenjskega jezera (2012) in analize fotografij.

V okviru terenskega dela smo bregove jezera razdelili na 7 območji, ki smo jih določili glede na obraščenost obrežnega pasu in glede na obstoječe dejavnosti na bregovih. Zaradi pomembne vloge rastlin pri utrjevanju brežin in ustvarjanju varovalnega pasu, ki preprečuje vnos snovi v vodno telo, smo opredelili poraslost brežin z drevesnimi, grmovnimi in zelnatimi rastlinskimi vrstami.

Inventarizacija vegetacije je služila za določitev prednostnih območij za umeščanje ekoremediacijske vegetacije in ekoremediacijskih tehničnih ukrepov.



Slika 18: Inventarizacija obrežnega pasu Velenjskega jezera (Kartografsko gradivo ..., 2012)

Območje 1: Območje naravne vrednote

Obrežni pas je močno obraščen z drevesnimi vrstami in zelnatimi rastlinami. Skoraj na celotnem območju je širši kot 30 m, razen na pregradi med Velenjskim in Škalskim jezerom, kjer je prisoten le ozek pas obrežne vegetacije. V vodi je prisotnih nekaj ukoreninjenih in na vodni gladini plavajočih rastlin. Brežina je neutrjena, a stabilizirana s koreninskim sistemom. V zaledju so Škalsko jezero in kmetijske površine.

Na brežinah Sopote se nahajajo posamezne drevesne gruče, grmovnice in zelnote rastline. Obrežni pas je ozek, širok od 1 do 5 m. V bližini se nahaja ribogojnica in igrišče za golf.



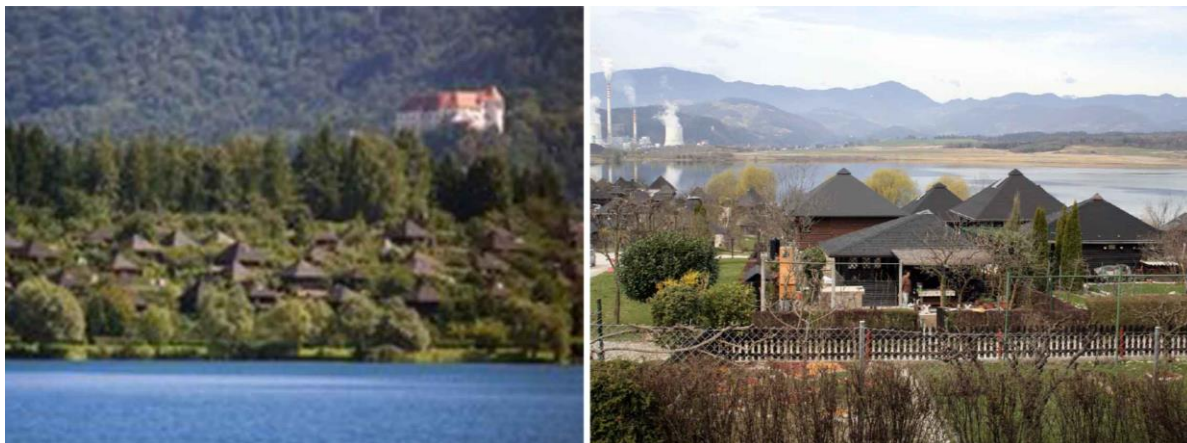
Slika 19: Območje naravne vrednote



Slika 20: Pregrada med Velenjskim in Škalskim jezerom

Območje 2: Vzhodni breg

Obrežni pas vzhodnega brega je širok od enega do pet metrov. Na kopnem prevladujejo zelnote rastline ter nekaj drevesnih in grmovnih vrst. V vodi so prisotne ukoreninjene in na vodni gladini plavajoče rastline. Brežina je srednje strma, utrjena in stabilizirana s kamni, lesom ter betonom. V zaledju je vrtičkarsko naselje.



Slika 21: Vzhodni breg, vrtičkarsko naselje

Območje 3: TRC Jezero

Brežina je na tem območju neutrjena in erodirana. Obrežni sestoji iz zelnatih rastlin in posameznih drevesnih gruč. V zaledju je lokalna cesta in industrijska cona.



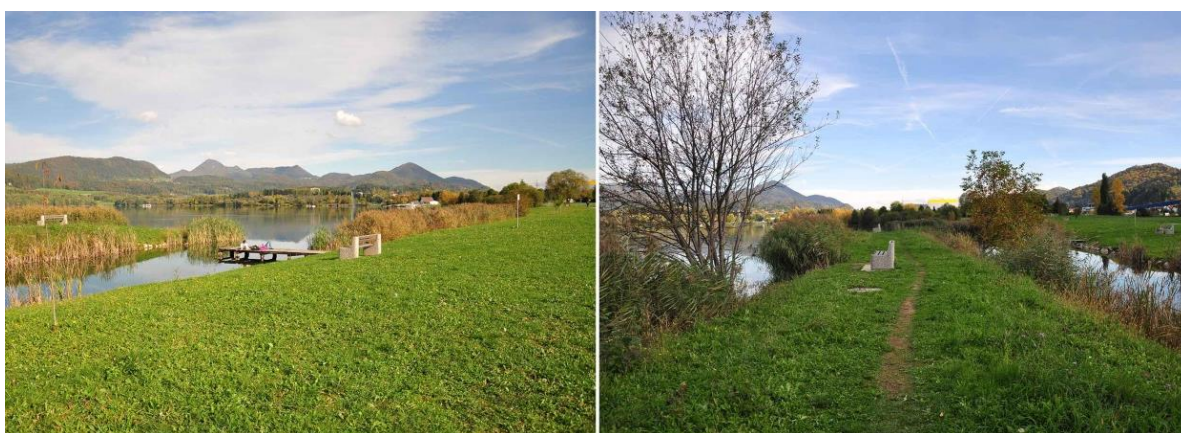
Slika 22: Pogled na brežine in obrežni pas območja TRC »Jezero«



Slika 23: Pogled na prireditveno jaso na območju TRC »Jezero«

Območje 4: Izток iz jezera

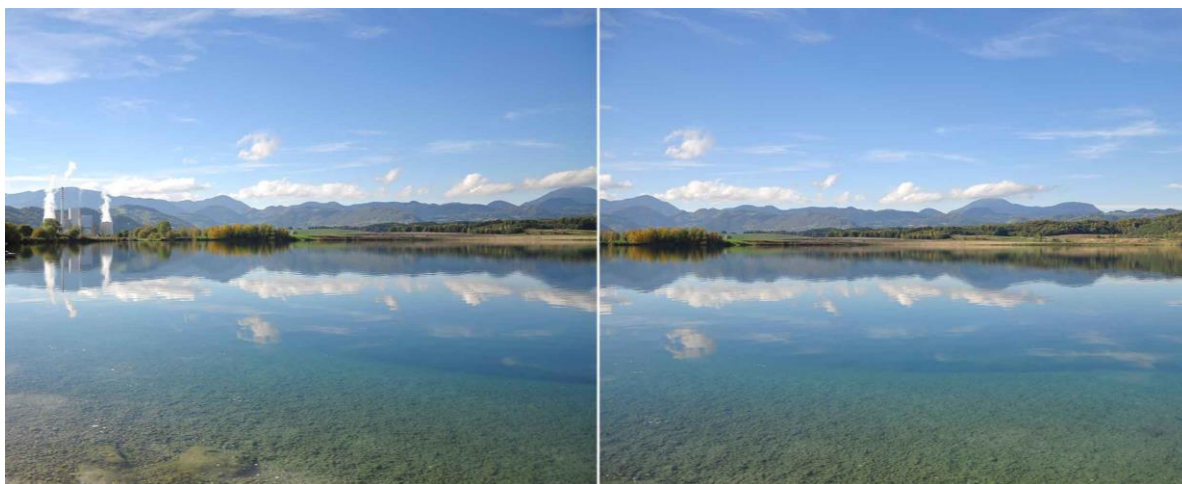
Obrežni pas je širok je od 1 do 5 m. Prevladujejo zelnate rastline in posamezne drevesne gruče. V vodi so prisotne ukoreninjene in na vodni gladini plavajoče rastline. Teren je srednje strm, brežine so neurejene in erodirane.



Slika 24: Izток iz jezera

Območje 5: Odlagališče pepela

Teren se na tem območju še poseda, brežina je neutrjena in erodirana. Stabilizirana je s koreninskim sistemom zelnatih rastlin. Zaledje je neporaslo in močno degradirano zaradi posedanja terena in odlaganja pepela.



Slika 25: Odlagališče pepela

Območje 6:

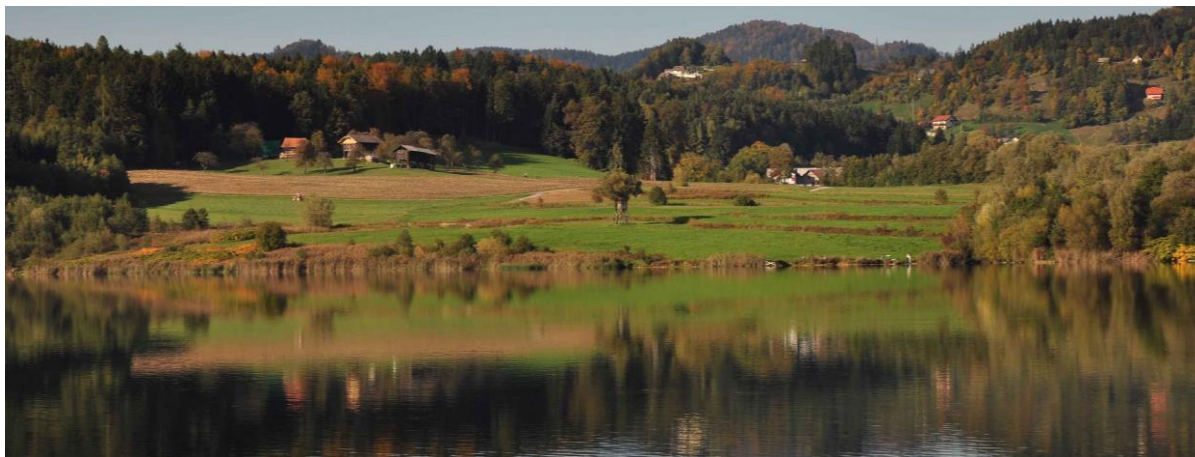
To območje se nahaja ob severnem delu odlagališča pepela. Obrežni pas je širok do 30 m. Prevladujejo drevesne vrste, v zaledju je gozd.



Slika 26: Območje 6

Območje 7: Obrežni pas in izliv Sopote

Obrežni pas poraščajo zelnate rastline in posamezna drevesa. Teren je srednje strm, brežina pa je neutrjena. V zaledju so travniki in kmetijske površine.



Slika 27: Obrežni pas in izliv Sopote (Osebni arhiv, 2013)

V preglednici Rastlinske vrste obrežnega pasu Velenjskega jezera (priloga A) je predstavljen nabor rastlin, ki tvorijo obrežni pas Velenjskega jezera. Nekatere med njimi spadajo med ekoremediacijske rastlinske vrste. Njihove ekoremediacijske funkcije smo skupaj z ostalimi ekoremediacijskimi rastlinami, ki jih bomo uporabili, podrobneje predstavili v Preglednici 6: Nabor rastlinskih ekoremediacijskih vrst za oblikovanje območja Velenjskega jezera v 6. poglavju.

Po pregledu stanja brežin (utrjene, neutrjene, erodirane) in inventarizaciji vegetacije obrežnega pasu smo se odločili, da je umestitev ekoremediacijskih ukrepov in zasaditev ekoremediacijskih rastlin nujna na vseh območjih, razen na območju 6. Izbor in postopek umeščanja smo pojasnili v sledečem poglavju »Izbor in opis ekoremediacijskih metod za območje Velenjskega jezera«.

Zaradi posebnosti in značilnosti rabe območja 5: Odlagališče pepela, zaradi katere se breg še ni ustalil, je to območje v nadaljevanju izvzeto iz obravnave.

5 IZBOR IN OPIS EKOREMEDIACIJSKIH METOD ZA OBMOČJE VELENJSKEGA JEZERA

5.1 SPLOŠNI OPIS EKOREMEDIACIJ

O vlogi in funkciji ekoremediacij (v nadaljevanju ERM) podrobno pišejo Vovk Korže in Vrhovšek (2007, 2008, 2009), Macarol (2003) ter Ambrožič Dolinšek (2007) in Griessler Bulc (2008). Za našo nalogo so pomembne predvsem rastlinske ERM, s katerimi odstranjujemo hranila, pesticide in kovine iz zemlje in vode ter preprečujemo njihovo nadaljnje vnašanje v jezero. Poleg naštetega je ERM rastline moč uporabiti tudi za preprečevanje erozije in v vlogi vegetacijskih protiprašnih, protivetrnih in protihrupnih barier.

Nasadi ERM rastlin so naravni sistemi za zaščito in obnovo okolja, delujejo po načelu delovanja ekosistema in obnavljanja naravnih virov in njihovih funkcij. V ekosistemi vzpostavijo naravne procese in obnovijo njihove puferske sposobnosti. Izkoriščajo naravno sposobnost rastlin za privzem, zadrževanje, razgradnjo in evapotranspiracijo hranil in škodljivih snovi iz vode in tal. Z uporabo ERM ukrepov torej lahko obnovimo in oživimo že degradirana območja, čistimo onesnažene zemljine, podtalnico, površinske vode ali sedimente in tako prostoru vrnemo vrednost in potencial za razvoj in umeščanje novih dejavnosti.

Rastline, primerne za rastlinske ERM imajo razvejan koreninski sistem za privzem hranil, onesnažil in preprečevanje erozije. Privzemati morajo velike količine vode z raztopljenimi snovmi, da s tem privzamejo tudi čim večje količine hranil. Nekatere rastlinske vrste imajo veliko sposobnost akumulacije težkih kovin in drugih nevarnih onesnaževalcev.

Na tem mestu naj poudarimo, da moramo razlikovati med rastlinami, ki iz vode in tal črpajo hranila ter jih porabljajo za visoko produkcijo biomase in med tistimi, ki vase vežejo težke kovine in nevarne onesnaževalce. Slednje imenujemo hiperakumulacijske rastline, saj kopičijo težke kovine (v Velenjskem jezeru so prisotni cink (Zn), svinec (Pb), kadmij (Cd)) v nadzemnih delih ali v koreninah. Takšne rastline moramo po določenem času odstraniti (Ambrožič Dolinšek, 2007).

Z oblikovnimi prvinami, ki delujejo po principu ekoremediacijskih ukrepov oblikujemo in obogatimo jezersko krajino, omogočimo vzpostavitev stabilnega jezerskega ekosistema, hkrati pa jo približamo potencialnim obiskovalcem.

5.2 IZBOR EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV

Izbor ekoremediacijskih ukrepov temelji analizi dejavnikov, ki pospešujejo evtrofikacijo Velenjskega jezera:

- **preučitvi razpršenih virov onesnaževanja, ki gravitirajo v Velenjsko jezero;**
- **analizi obrežne vegetacije;**
- **analizi jezerskih brežin;**
- **upoštevanju analiz vode.**

Glede na problematiko, ki smo jo predstavili v nalogi, smo se odločili za uporabo naslednjih ekoremediacijskih ukrepov, ki pogojujejo uporabo nasadov ekoremediacijskih rastlin:

Ukrepi za povečanje samočistilne sposobnosti jezera, za povečanje števila habitatov in biodiverzitete obrežnega pasu in vodnega telesa:

- vegetacijski pasovi (vegetacijski filtri, fitoremediacijski nasadi, obrežni koridorji),
- vegetacijske bariere,
- umetna močvirja,
- plavajoči otoki.

Ekoremediacijski ukrepi za preprečevanje prašenja in za čiščenje onesnaženih površinskih iztokov meteornih vod z urbanih in kmetijskih površin v Velenjsko jezero:

- vegetacijske bariere,
- biološki valovi.

5.3 OPIS ERM UKREPOV

Opise izbranih ERM ukrepov smo povzeli po Constructed wetlands ..., (2000); Ambrožič Dolinšek, (2007); Vrhovšek in Vovk Korže, (2008); Vovk Korže in Vrhovšek, (2009); in Vovk Korže, (2011).

5.3.1 Vegetacijski pasovi

Vegetacijski pasovi ERM rastlin sodijo v širši sklop ERM blažilnih območij. Sposobni so zadržati velike količine hranil – dušika in fosforja in drugih snovi kot so npr. pesticidi in kovine. Z njimi zato lahko ščitimo površinske vode in zajetja pitne vode, ki so izpostavljena razpršenemu onesnaževanju. Vegetacijski pasovi prav tako povečujejo biološko pestrost, saj izboljšajo prehranske in nastanitvene lastnosti obvodnega habitata ter omogočajo optimalnejše svetlobne, kisikove in temperaturne razmere za vodne živali in rastline.

Optimalna sestava vegetacije in širina vegetacijskega pasu sta odvisni predvsem od virov onesnaževanja, količine padavin ter pogojev rasti in uspevanja rastlin.

Vegetacijski pasovi združujejo naslednje ekosistemske funkcije:

- čistilna funkcija (omogočajo izboljšanje kvalitete vode, zraka in tal),
- preprečujejo erozijo,
- povečujejo biotsko pestrost (pester preplet vegetacije izboljša pogoje za prehranjevanje in naselitev različnih živalskih in rastlinskih vrst),
- uravnavajo vodne viške (zadrževanje in evapotranspiracija vode),
- vplivajo na mikroklimo,
- zadržujejo prašne delce,
- omilijo širjenje neprijetnih vonjav,
- zmanjšujejo jakost hrupa,

- zmanjšujejo temperaturna nihanja,
- prispevajo k vezavi CO₂ v podzemno in nadzemno rastlinsko biomaso,
- sproščajo kisik v okolje,
- tvorijo uporabno rastlinsko biomaso itd.

Primeri vegetacijskih pasov, ki smo jih uporabili za oblikovanje krajine Velenjskega jezera:

Vegetacijski filtri

Osnovna funkcija uporabe vegetacijskih filtrov je odstranjevanje hranil iz prsti, ki jih rastline porabijo za visoko produkcijo biomase. Sestojijo lahko iz dreves, grmovnic ali zelnatih rastlin.

Fitoremediacijski nasadi

V fitoremediacijskih nasadih rastline navadno zasadimo na večjo pravokotno površino, v ravne vrste in v točno določenih razdaljah. V nalogi smo predvideli fitoremediacijske nasade bele vrbe (*Salix alba*), ki so sposobne absorpcije sulfatov in težkih kovin iz tal.

Obrežni koridorji

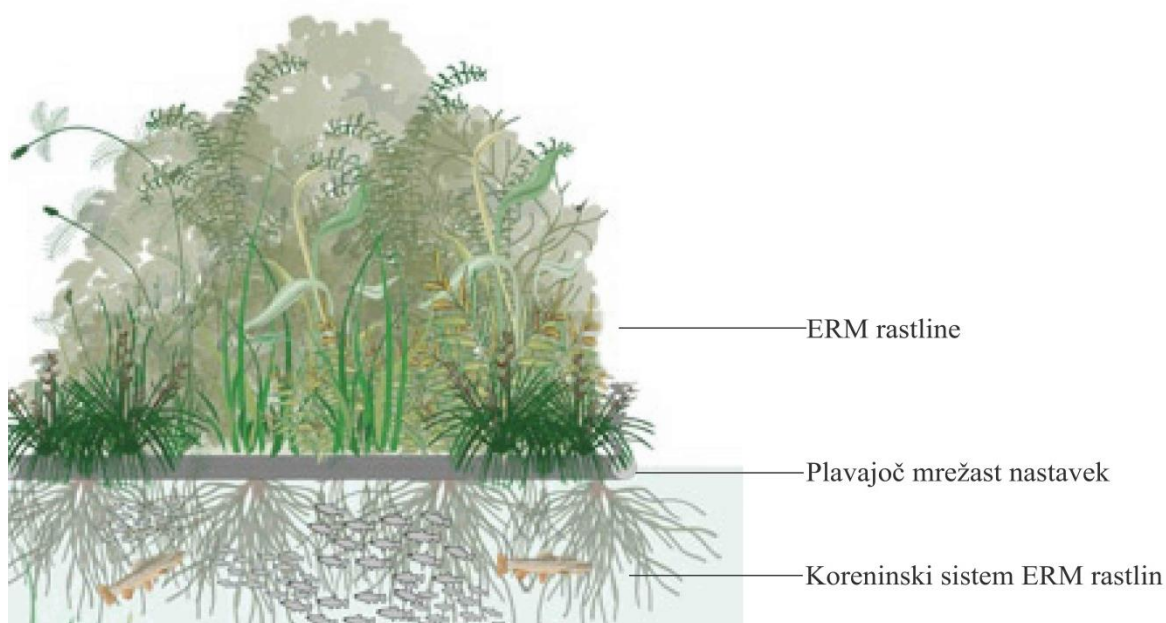
Obrežni koridorji predstavljajo prehod med vodnimi in kopenskimi ekosistemi. Z zasaditvijo obrežnih koridorjev izboljšamo kvaliteto vode, saj gosti pasovi obrežnih ERM rastlinskih vrst zadržujejo površinski odtok vode, stabilizirajo brežine, ujamejo sedimente, odstranijo onesnažila in polnijo podtalnico. Pomembno vlogo imajo tudi vodne rastline, saj pospešujejo sedimentacijo, zadržujejo in senčijo vodo ter tako preprečujejo pregrevanje. Obrežni koridorji predstavljajo dristišče in skrivališče ter hrano za ribe in druge vodne živali.

Vegetacijske bariere

Vegetacijske bariere iz drevesnih in grmovnih vrst so fizična prepreka za veter, hrup, prah, smrad in druge aerosolne spojine. Pomembno je, da je bariera gosta, visoka in zelena vsaj v ciljnem delu leta. Izbrane rastline morajo imeti visok tolerančni prag in morajo biti prilagojene lokalnim abiotskim dejavnikom.

5.3.2 Plavajoči otoki

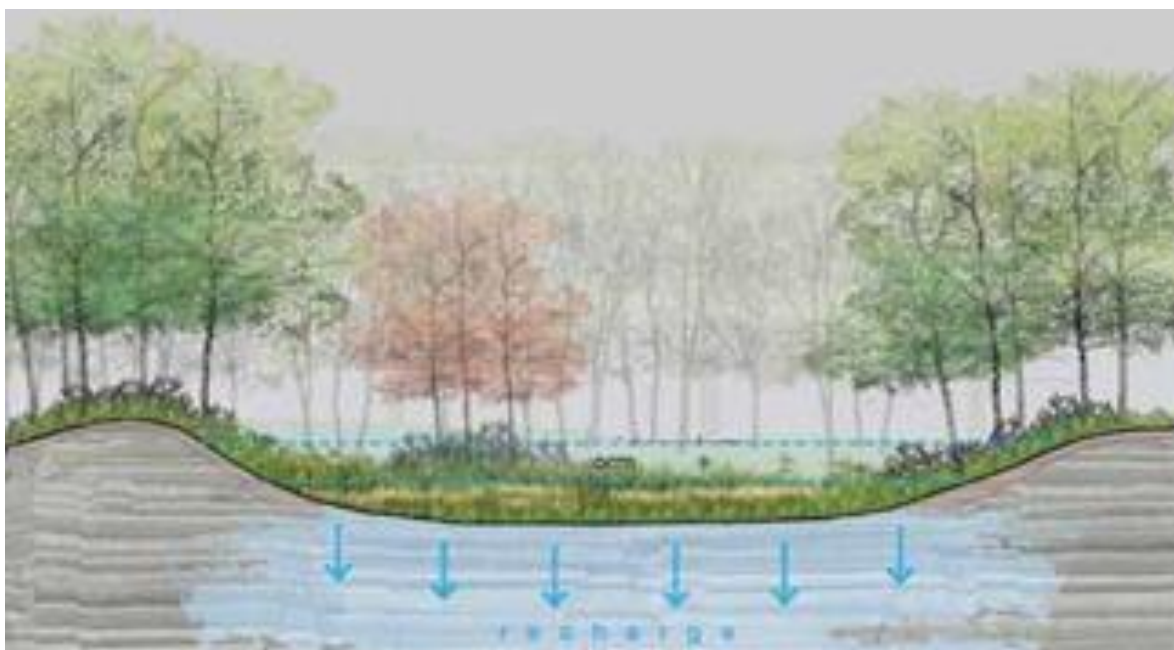
Plavajoči otoki predstavljajo sklop zasaditev rastlin v plavajočem mrežastem nastavku skupaj s substratom. Plavajoči mrežasti nastavki so lahko poljubnih oblik, kar jih za oblikovanje dela še posebej privlačne. Ukrep je primeren predvsem za stoječe vode, za jezerske ekosisteme z nižjim nivojem vode. Z otokom ustvarimo nov habitat za živali, ki se skrivajo pod vodo, v koreninskem delu, tako kot nad vodo, kjer ptice delajo svoja nova gnezdišča.



Slika 28: Primer plavajočega otoka (Land&water, 2013)

5.3.3 Biološki valovi (biofiltri)

Biološki valovi so krajinski elementi za odstranjevanje odpadnih voda in mulja ter drugega onesnaževanja iz površinskih odtokov vode. Ustvarjeni so kot reliefne poglobitve. Sestavljeni so iz drenažne kotanje s položnimi stranmi (manj kot šest odstotkov) in napolnjeni z vegetacijo, kompostom in kamenjem. Njihova spodnja plast je posuta s peskom, ki opravlja funkcijo filtriranja meteorne vode. Na pesek se nato zasuje plast prsti, na katero posadimo ERM rastline, ki so sposobne čiščenja onesnažene meteorne vode. Avtohtone vrste, ki so prilagojene na lokalne podnebne značilnosti, potrebujejo le malo vzdrževanja z dodatnim zalivanjem, saj je deževnica pogosto dovolj za rast in razvoj rastlin. Glede na geometrijo zemljišča, ki je na voljo, so lahko biološki valovi različnih oblik.



Slika 29: Primer biološkega vala (Places, 2013)

5.3.4 Umetna močvirja

Močvirje je raven nižinski del, ki ima ob srednjem pretoku talno vodo tik pod površjem. Navadno je umeščeno tik ob vodnem telesu. Tak objekt služi kot manjša rastlinska čistilna naprava. Učinkovito filtriranje vode zagotavlja substrat večjih frakcij (vsaj 8 mm). Ker je substrat, iz katerega je močvirje, lahko podvržen eroziji, je dobro, da ga ob robovih izdatno zasadimo z vlagoljubnimi rastlinami, ki s koreninskim sistemom utrjujejo robove. Umetno mokrišče deluje kot vodni rezervoar v času suše in manjši razbremenilnik poplavnega vala ob visokih vodah. Močvirja prav tako pomagajo zagotoviti habitate za lokalne vrste živali in rastlin.

Z zadrževanjem meteorne vode v bioloških valovih in umetnih mokriščih pridobimo čas za odstranjevanje hranil, omilimo vplive sušnih in poplavnih obdobji, izboljšujemo podtalnico in mikroklimo.

6 OBLIKOVANJE BREGOV Z ERM RASTLINAMI IN ERM UKREPI NA PRIMERU VELENJSKEGA JEZERA

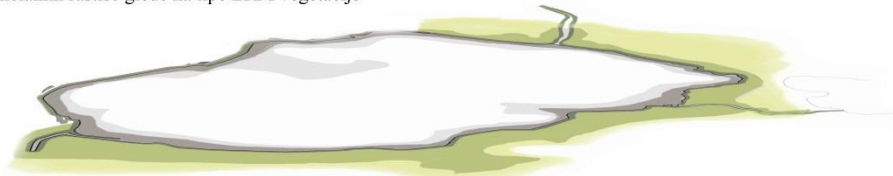
V poglavju smo raziskovali in skušali pokazati, kako lahko biotehnične ukrepe, natančneje ERM ukrepe, uporabimo kot oblikovalske elemente oziroma, kako lahko tehnične značilnosti ene od oblik sanacije nezaželenega stanja prevedemo v oblikovalske ukrepe.

Za izhodišče oblikovalske zasnove smo vzeli dejstvo, da lahko z vzpostavitvijo ERM koncentričnega vegetacijskega obroča na bregovih jezera in v jezeru izboljšamo njegovo slabo ekološko stanje in zmanjšamo evtrofikacijo zaradi razpršenega onesnaževanja. Kot navajata Remec-Rekar in Bat (2003), deluje vegetacijski obroč kot velik biološki čistilni sistem, ki povečuje kakovost vode in blagodejno vpliva na lokalne podnebne razmere.

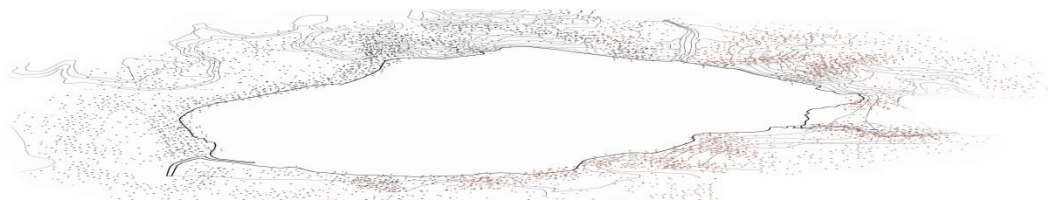
Oblikovanja obravnavanega območja smo se lotili sistematično. Najprej smo določili rastišča, primerna za določene tipe ERM vegetacije. Nato smo določili rastišča ERM rastlinskih vrst glede na vire onesnaževanja. V naslednji fazi smo glede na rabe bregov, lokacije virov onesnaževanja in želene oblikovalske učinke določili lokacije ERM ukrepov.

Krajino Velenjskega jezera, ki smo jo oblikovali s pomočjo ERM ukrepov, smo analizirali z vidika linijskih in strukturnih elementov.

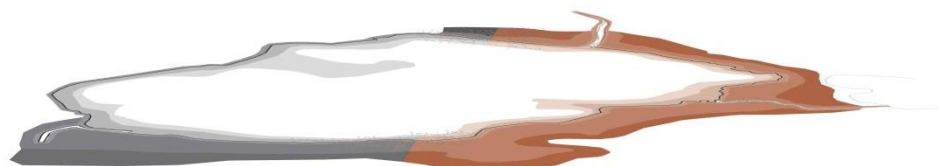
določitev potencialnih rastišč glede na tipe ERM vegetacije



lokacije virov razpršenega onesnaževanja



določitev rastišč ERM rastlinskih vrst glede na vire onesnaževanja



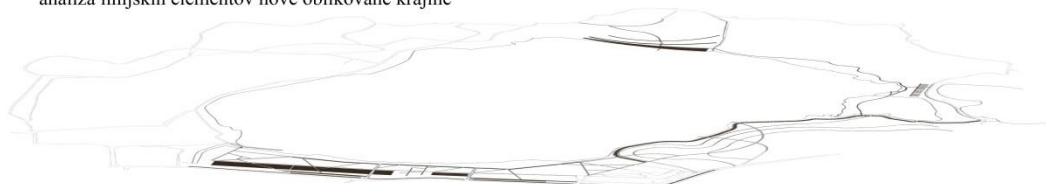
umestitev novih rab



umestitev ERM ukrepov



analiza linijskih elementov nove oblikovane krajine



analiza strukturnih elementov nove oblikovane krajine



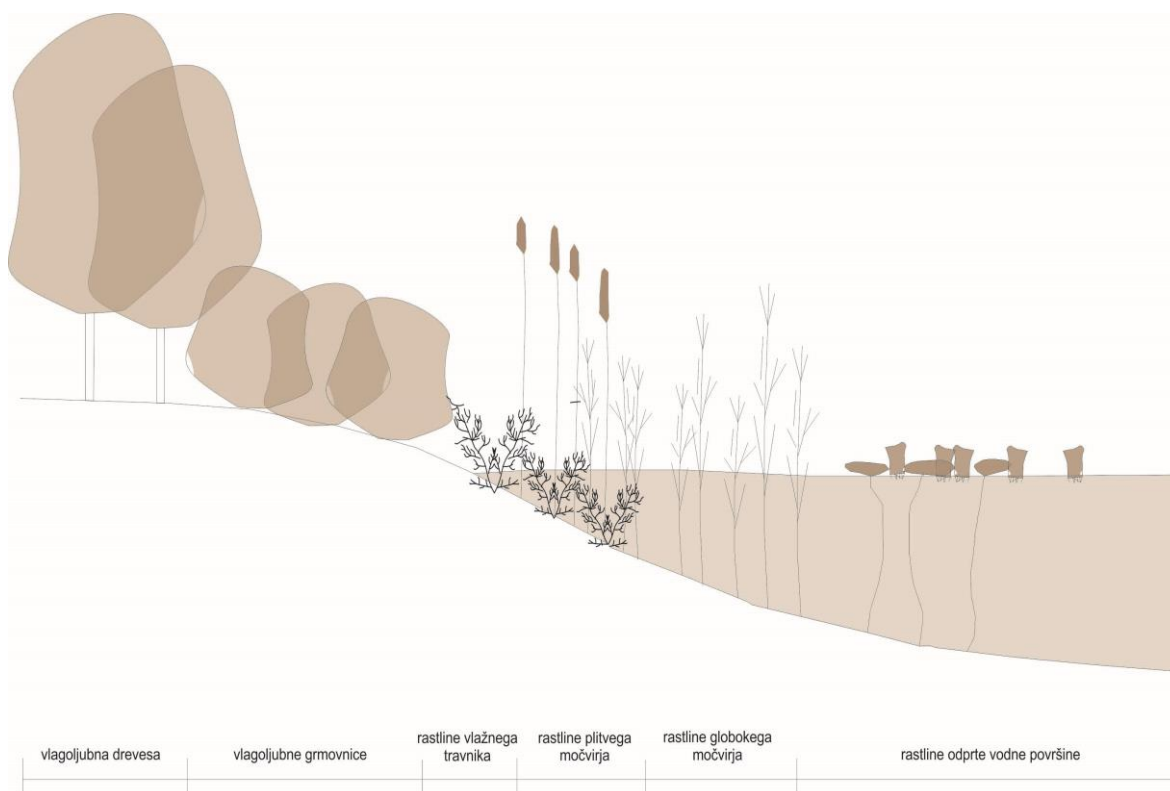
Slika 30: Shematski prikaz korakov oblikovanja bregov Velenjskega jezera

6.1 DOLOČITEV POTENCIALNIH RASTIŠČ GLEDE NA TIPE ERM RASTLIN

6.1.1 Tipi ERM obrežne ERM vegetacije glede na rastišče

ERM rastline so rastline različnih vegetacijskih tipov (Constructed wetlands ..., 2000):

- rastline odprte vodne površine (prosto plavajoče rastline in plavajoče ukoreninjene rastline),
- rastline globokega močvirja (plavajoče ukoreninjene rastline, potopljene ukoreninjene rastline, izraščajoče rastline),
- rastline plitvega močvirja (potopljene ukoreninjene rastline, izraščajoče rastline),
- rastline vlažnega travnika (vlagoljubne trave in zelnate rastline),
- vlagoljubne grmovnice in
- vlagoljubna drevesa.



Slika 31: Tipi obrežne vegetacije glede na rastišče (Zrisano po France, 2003: 61)

6.1.2 Izbor ERM rastlinskih vrst obrežne vegetacije Velenjskega jezera

Izbrali smo pestro rastlinsko gradivo z ERM funkcijami za preprečevanje eutrofikacije jezera in za izboljšanje njegovega ekološkega stanja. Rastline smo izbrali s pomočjo pregleda poročil in študij, ki obravnavajo ekoremediacije s pomočjo rastlin (Ambrožič Dolinšek, 2007; Vovk Korže. in Vrhovšek, 2007, 2008, 2009; Romih N.) ter s pomočjo kataloga Catalogue of tree and shrubs (/2009) in neobjavljenih zapiskov s predavanj (predmet Rastline za ozelenjevanje, Kravanja, 2008).

Pri izboru rastlinskih vrst smo upoštevali naslednja merila:

- **mikroklimo,**
- **vrsto tal,**
- **ERM funkcijo rastlin,**
- **tip rastišča.**

Preglednica 4: Nabor ekoremediacijskih rastlinskih vrst za območje Velenjskega jezera

RASTLINSKA VRSTA	ERM FUNKCIJA	RASTIŠČE					
		Odprta vodna površina	Globoko močvirje	Nizko močvirje	Obm. sprem. vodostaja	Zaledni pas	Zaledje
Močvirske rastline							
Mala vodna leča (<i>Lemna minor</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)	•	•	•			
Navadna žabja leča (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	Odstranjevanje N in P	•	•	•			
Rumeni blatnik (<i>Nuphar luteum</i>)	Odstranjevanje N in P		•	•			
Širokolistni rogoz (<i>Typha latifolia</i>)	Odstranjevanje N in P			•			
Navadni trst (<i>Phragmites australis</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)		•	•			
Jezerski biček (<i>Scirpus lacustris</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)		•	•			
Zelnate rastline							
Šaš sp. (<i>Carex sp.</i>)					•	•	•
Hallerjev pešunjak (<i>Cardaminopsis halleri</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)				•	•	•
Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)					•	•
Ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)					•	•
Navadna ogrščica (<i>Brassica napus</i>)	Odstranjevanje kovin (Zn, Ni in Cd)					•	•
Vodna meta (<i>Mentha aquatica</i>)	Odstranjevanje N in P				•		
Plazeča detelja (<i>Trifolium repens</i>)	Odstranjevanje N in P					•	•
Grmovnice							
Navadna brogovita (<i>Viburnum opulus</i>)	Odstranjevanje N				•		
Iva (<i>Salix caprea</i>)	Odstranjevanje N in S spojin				•	•	•
Črni gaber (<i>Ostrya carpinifolia</i>)	Odstranjevanje N in P, protierozijska zaščita, pionirska vrsta jalovišč					•	
Črni bezek (<i>Sambucus nigra</i>)	Sanacija jalovišč					•	•

Nadaljevanje preglednice 4: Nabor ekoremediacijskih rastlinskih vrst za območje Velenjskega jezera

RASTLINSKA VRSTA	ERM FUNKCIJA	RASTIŠČE					
Drevesa							
Bela vrba (<i>Salix alba</i>)	Odstranjevanje nitratov, S spoj in kovin			•	•	•	•
Iva (<i>Salix caprea</i>)	Odstranjevanje N, S spoj in kovin			•	•		
Črni topol (<i>Populus nigra</i>)	Odstranjevanje N in P				•		
Trepetlika (<i>Populus tremula</i>)	Odstranjevanje N, P in kovin				•	•	
Črna jelša (<i>Alnus glutinosa</i>)	Protivetrna in erozijska zaščita, odstranjevanje kovin				•		
Črni gaber (<i>Ostrya carpinifolia</i>)	Odstranjevanje N in P, protierozijska zaščita, pionirska vrsta jalovišč					•	•
Beli gaber (<i>Carpinus betulus</i>)	Protivetrna in erozijska zaščita					•	
Veliki jesen (<i>Fraxinus excelsior</i>)	Odstranjevanje kovin					•	
Puhasta breza (<i>Betula pubescens</i>)	Odstranjevanje N			•	•		
Navadna jerebika (<i>Sorbus aucuparia</i>)	Pionirska vrsta					•	•
Črni bor (<i>Pinus nigra</i>)	Protivetrna in erozijska zaščita					•	•

6.1.3 Umeščanje koncentričnih vegetacijskih pasov

Razlike v značaju koncentričnih vegetacijskih pasov nam narekujejo tipi rastišč, relief in globina vode. Te se odražajo v različnih ERM vegetacijskih obročih, ki z vseh strani objemajo jezero in vstopajo tudi v samo vodno površino.

Območje pogrezanja in odlaganja pepela je izvzeto iz obravnave, saj zasaditev v času ugrezanja in odlaganja ni možna. Območje začasno zatravijo in s tem preprečujejo prašenje.

Merila za členitev koncentričnih ERM vegetacijskih pasov

• Tip rastišč

Tipi rastišč določajo število osnovnih koncentričnih vegetacijskih pasov. Sestavljajo jih:

- odprta vodna površina,
- globoko močvirje,
- nizko močvirje,
- območje spremenljivega vodostaja,
- zaledni pas,
- zaledje.

• **Globina jezerske vode**

Število, širina in oblika pasov v vodnem telesu sta odvisni od globine vode.

• **Relief**

Število vegetacijskih koncentričnih pasov na bregovih Velenjskega jezera je odvisno od števila tipov rastišč (območje spremenljivega vodostaja, zaledni pas, zaledje). Njihova oblika je zasnovana na podlagi reliefnih značilnosti območja, saj zasaditev v smeri plastnic zmanjšuje erozijo in ohranja vodo v zemlji.

Merila za umestitev ERM rastlinskih vrst v koncentrične vegetacijske obroč

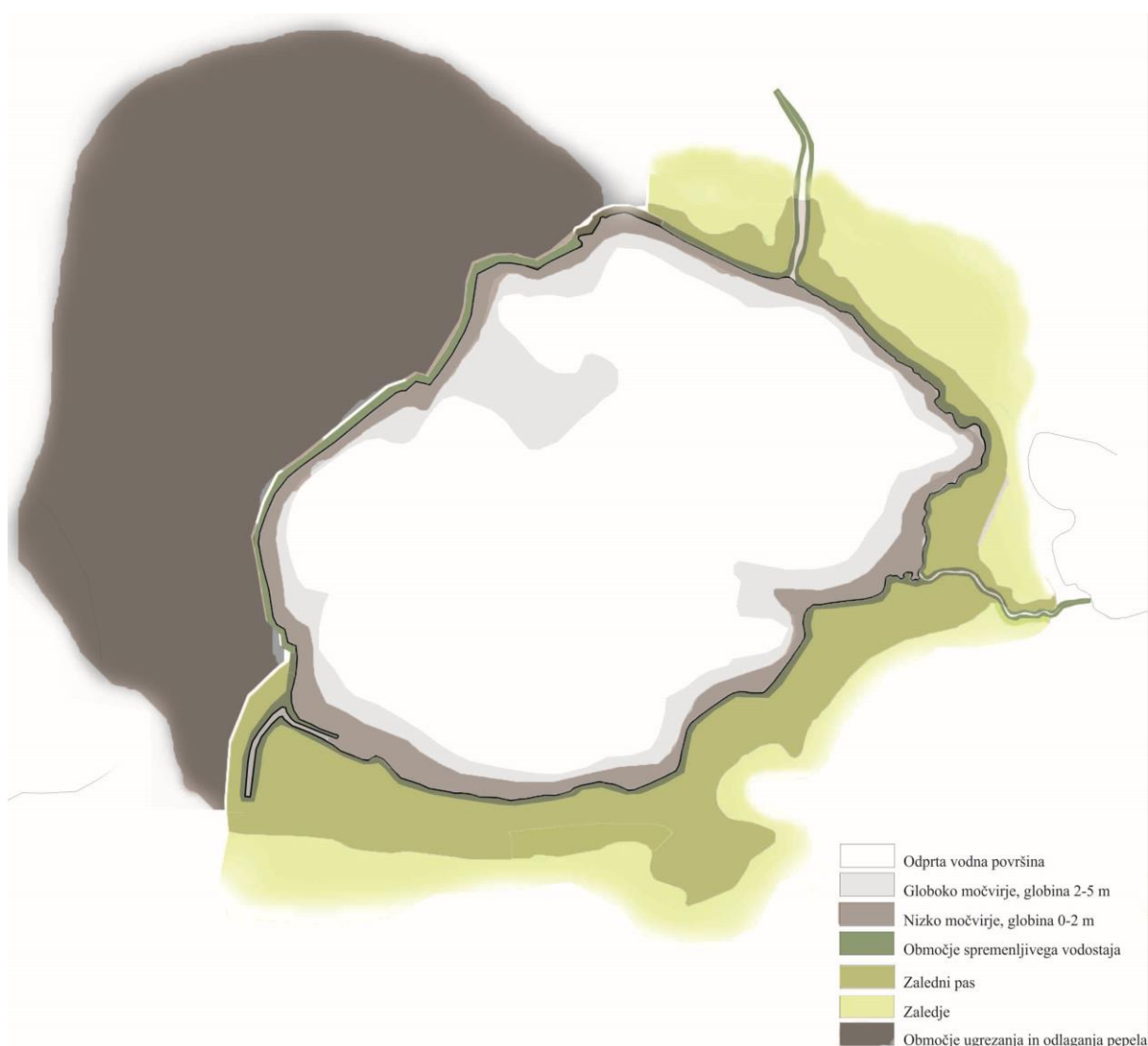
Merila za umestitev rastlinskih vrst v koncentrične vegetacijske obroč so tipi rastišč, kjer uspevajo določene ERM rastlinske vrste so naslednja:

• **Koncentrični pasovi v vodnem telesu**

- Območje nizkega močvirja zajema pas do globine dveh metrov. Plitvo močvirje v jezeru prehaja v globoko močvirje.
- Območje globokega močvirja zajema pas do globine petih metrov. V tem pasu rastejo rastline globokega močvirja in rastline odprte vodne površine.
- V odprto vodno površino lahko umestimo plavajoče rastline in plavajoče otoke.

• **Koncentrični pasovi na bregovih jezera**

- Na območju spremenljivega vodostaja uspevajo rastline, ki za rast potrebujejo visoko vlago in so občasno potopljene.
- Na območju zalednega pasu uspevajo rastline vlažnega travnika, vlagoljubne grmovnice in drevesa.
- Zaledje je ob naravnih pogojih poraščeno z gozdovi.



Slika 32: Koncentrični pasovi predvidene ERM vegetacije, upoštevajoč njihovo rastišče

V nalogi smo rastišča spremenili na območjih, kamor smo umestili umetno močvirje (iztok iz jezera v reko Pako), ter na nekaterih mikrolokacijah, kamor smo umestili biološke valove, v katerih se voda občasno zadržuje. Tako v umetna močvirja kot v biološke valove smo predvideli odvajanje meteornih voda. V drugih primerih (umeščanje vegetacijskih barier, filtrov, fitoremediacijskih nasadov ...) pa smo se na rastišča le odzvali.

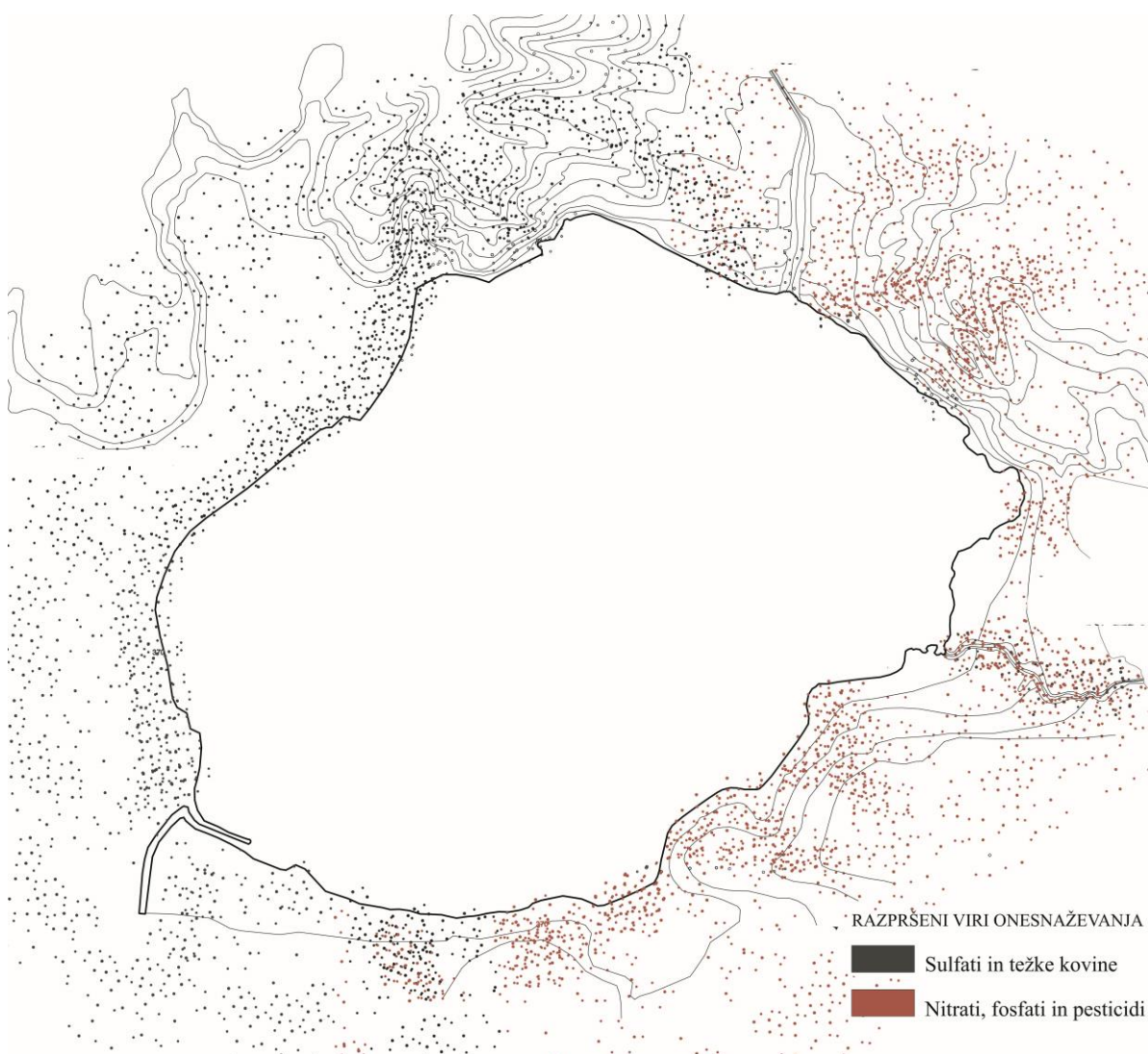
6.2 DOLOČITEV RASTIŠČ EKOREMEDIACIJSKIH RASTLINSKIH VRST GLEDE NA VIRE ONESNAŽEVANJA

Merili za določitev rastišč rastlinskih ekoremediacijskih vrst glede na vire razpršenega onesnaževanja:

- **lokacije virov razpršenega onesnaževanja,**
- **ekološka funkcija rastlin.**

Viri razpršenega onesnaževanja

V naslednji fazi smo izdelali shemo lokacij razpršenih virov onesnaževanja. Za izhodišče so nam služile dejavnosti, ki so potencialni viri razpršenega onesnaževanja. S sivo barvo smo označili potencialno industrijsko onesnaževanje zraka in tal s težkimi kovinami in sulfati ter iztoke meteorne vode iz prometnih in rekreacijskih površin. Rjava barva shematično označuje razpršen vnos hranil zaradi vrtničarstva in kmetijstva. Predstavlja potencialne vnose nitratov, fosfatov in pesticidov v jezero.



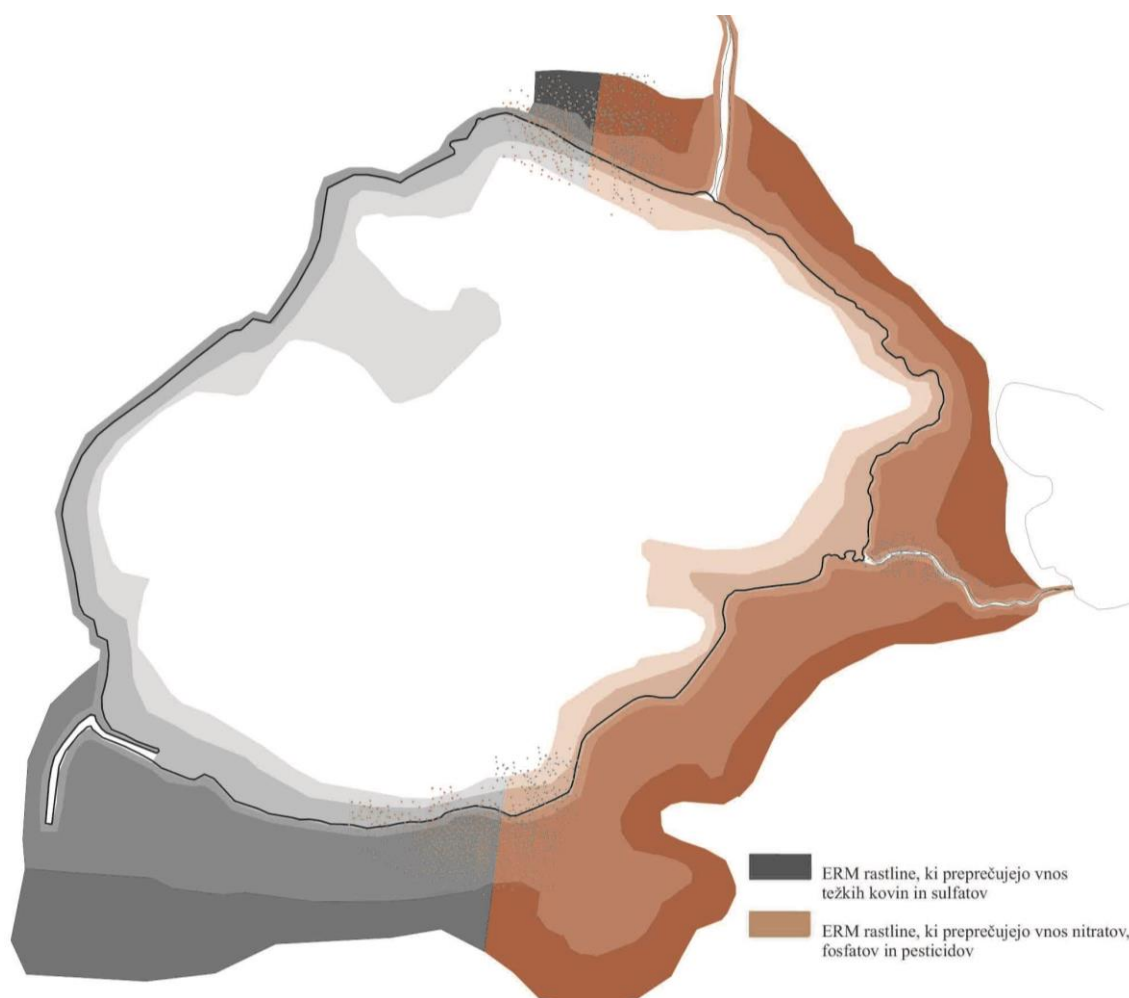
Slika 33: Shema razpršenega onesnaževanja

Razporeditev ERM rastlinskega gradiva, upoštevajoč njihova rastišča, glede na vire onesnaževanja

Z združitvijo koncentričnih pasov rastišč ERM vegetacije in sheme razpršenih virov onesnaževanja dobimo likovno strukturo, ki nas usmeri v bolj specifično uporabo rastlinskih vrst glede na vire razpršenega onesnaževanja in na rastišče.

Merili za umestitev ERM rastlinskih vrst v koncentričen vegetacijski pas sta:

- **ekološka vloga rastlin: zmožnost absorpcije hranil, strupenih plinov, kovin, sulfatov;**
- **sanacijska vloga rastlin (preprečevanje erozije jezerskih bregov, varstvo pred hrupom, plini in prahom).**



Slika 34: Shema razporeditve ERM rastlinskega gradiva glede na rastišče in vire razpršenega onesnaževanja in njihovo ekološko in sanacijsko vlogo

Na območjih, označenih z rjavimi odtenki, smo uporabili ERM rastlinsko gradivo, ki preprečuje vnos nitratov, fosfatov in pesticidov v vodno telo zaradi kmetijstva, vrtničarstva in ribogojnice. Na območjih, obarvanih v sivih odtenkih, smo uporabili ERM rastlinsko gradivo, ki preprečuje

onesnaževanje vodnega telesa s težkimi kovinami in sulfati. Na stičiščih obeh območij smo med seboj prepletli rastlinske vrste ki preprečujejo tako vnos hranilnih snovi kot težkih kovin v jezero.

Izbrane rastlinske vrste smo (glede na tip rastišča) razporedili tako, da je njihova ERM funkcija optimalna.

6.3 UMEŠTITEV RAB

6.3.1 Umestitev rab na bregove Velenjskega jezera

Pri umeščanju novih rab na obravnavano območje smo upoštevali lokacije že obstoječih rab. Po potrebi smo jih odstranili premestili. Vrtičkarsko naselje smo odstranili in območje predvideli za ureditev kampa oziroma počitniškega naselja.

Umestitev rab nam že delno strukturira ekoremediacijski vegetacijski obroč in nam narekuje natančnejše lokacije ekoremediacijskih ukrepov.



Slika 35: Območja predvidenih rab Velenjskega jezera in njegovih bregov

6.3.2 Preplet ekoremediacijskih ukrepov in rab

Poleg umestitve rab na območje jezera, je za našo nalogo pomembno predvsem, katere rabe in ekoremediacijski ukrepi sovpadajo in na kakšen način jih je mogoče preplesti med seboj.

Sovpadanje rab in ERM ukrepov smo predstavili v Preglednici 5, njihov preplet pa bomo pokazali na konkretnih primerih v 7. poglavju.

Preglednica 5: Preplet ekoremediacijskih ukrepov in rab

	Vegetacijski filtri	Obrežni koridorji	Vegetacijske bariere	Plavajoči otoki	Biološki valovi	Umetna močvirja	Fitoremed. nasadi
Športna igrišča	•				•		•
Čolnarna	•						•
Parkirišče			•		•		•
Dovozne poti					•		
Ribogojnica	•						
Plaža	•	•		•			
Dostopi do vode		•				•	
Rekreacijske poti			•		•		
»Prireditvena jasa«	•						
Jezero	•	•	•	•		•	
Pritoka	•	•	•			•	
Iztok	•	•				•	

6.4 DOLOČITEV LOKACIJ EKOREMEDIACIJSKIH UKREPOV

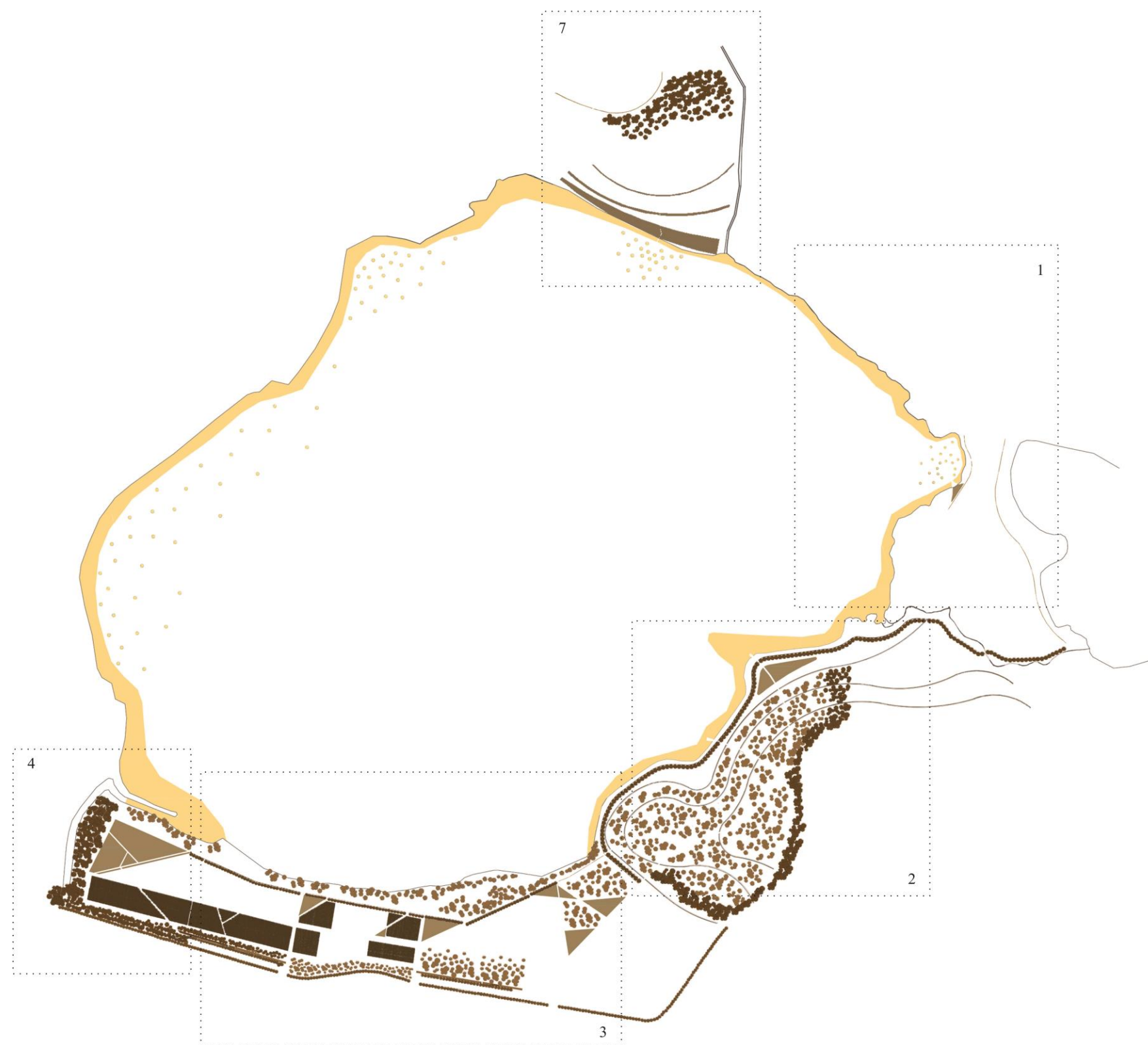
Pri določitvi lokacij ekoremediacijskih ukrepov na obravnavana območja smo upoštevali:

- **analizo obstoječega stanja vegetacijskega obročja;**
- **analizo stanja brežin;**
- **robne pogoje;**
- **razpredelnico sovpadanja ekoremediacijskih ukrepov in rab.**

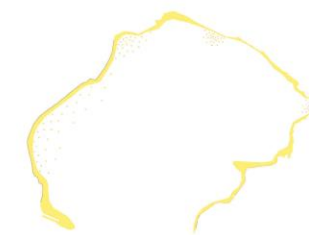
Glede na predstavljeno problematiko smo na posamezna območja, ki smo jih obravnavali v poglavju Inventarizacija in analiza vegetacije in strukture obrežnega pasu Velenjskega jezera z vidika primerne izbire ERM rastlin, umestili naslednje ekoremediacijske ukrepe:

Preglednica 6: Določitev lokacij ekoremediacijskih ukrepov

	Vegetacijski filtri	Obrežni koridorji	Vegetacijske bariere	Plavajoči otoki	Biološki valovi	Umetno močvirje	Fitoremed. nasadi
1.: Območje naravne vrednote		•		•	•		
2.: Vzhodni breg	•	•	•		•		
3: TRC »Jezero«	•		•		•		•
4.: Izток iz jezera	•	•	•		•	•	•
7.: Obrežni pas in izliv Sopote	•	•	•	•	•		



Slika 36: Umestitev ERM ukrepov



1. Obrežni pas in plavajoči otoki



2. Vegetacijske bariere



3. Vegetacijski filtri



4. Fitoremediacijski nasadi



5. Biološki valovi in umetna močvirja

1. Obrežni koridor in plavajoči otoki

Obrežni koridor objema obalo jezera, poudarja njeno obliko ter jo nekoliko členi. Predvideli smo ga na vseh območjih, razen na območju TRC Jezero in tako obiskovalcem omogočili dostop do vode, kopanje, itd..

Plavajoče otoke smo umestili na točke, dostopne preko pomola, ter na območja nasproti razglednim točkam, ter tako poudarili razglede in pritegnili dolge poglede na jezero.

2. Vegetacijske bariere

Vegetacijske bariere smo umestili na odprte robove obravnavanega območja ter z njihovo pomočjo ublažili hrup in zadržali prašne delce. Z njimi smo ločili obravnavano območje od prometnih poti ter preprečili nezaželene poglede na industrijsko cono. Vegetacijske bariere smo uporabili kot zastor, ki nam zaokrožuje prostor kot celoto.

3. Vegetacijski filtri

ERM drevnino, ki jo uporabljamo za odstranjevanje hranil iz zemlje in vode, ki pronica skozi površje, in ki so primerne kot pionirske vrste na degradiranih območjih, smo oblikovali v razpršene drevesne gruče in drevorede. Z njimi smo prostor členili, razgibali in usmerili poglede. Odvisno od območja smo uporabili drevnino, ki iz zemlje črpa hranila oziroma drevnino pionirskih vrst, ki so primerne za zasaditev degradiranih območij in deponij.

4. Fitoremediacijski nasadi

Fitoremediacijske nasade smo umestili na območje 4 in 5, ki mejita na deponijo pepela, prometno cesto in industrijsko cono, tla pa so opredeljena kot tla deponij. V nalogi smo predvideli, da so predvsem zgoraj naštetih dejavnosti potencialni viri sulfatov in kovin v jezeru, zato so nasadi vrb umešeni na tem območju. Nasadi so veliki vsega skupaj 25 hektarov. Poleg črpanja sulfatov in potencialnih težkih kovin iz tal imajo tudi oblikovno funkcijo – poudarjajo smer prostora, delujejo kot vizualni zastor, ter povečujejo učinek prostorskega presenečenja.

5. Biološki valovi in umetna močvirja

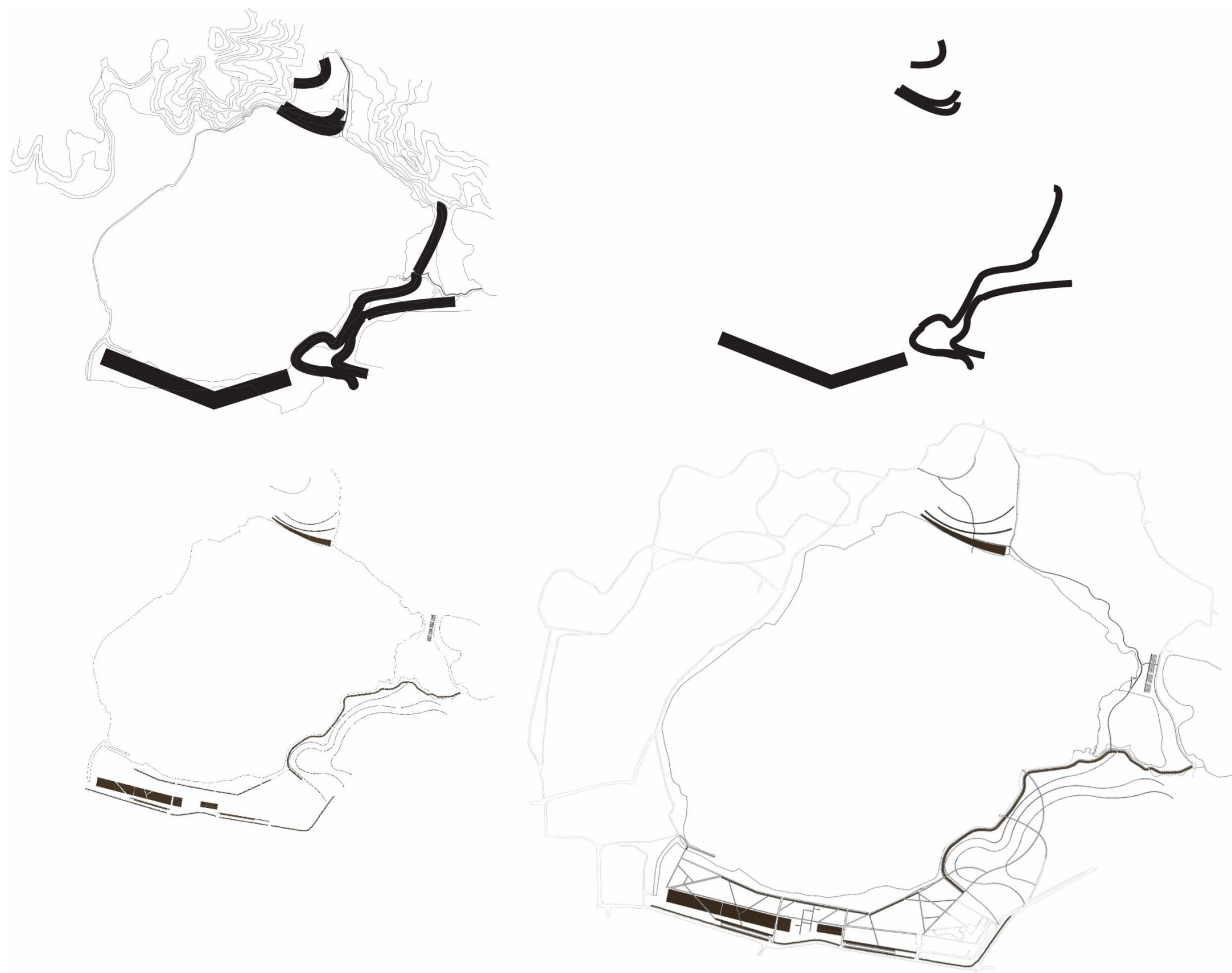
Z biološkimi valovi in umetnimi močvirji smo v prostor vnesli linijske poudarke ter ploskovne teksturne kontraste. Z linijskimi elementi smo poudarili smeri v prostoru, ploskovne elemente smo uporabili kot popestritev in vizualno razgibanje večjih monotoni površin na območjih 3 in 4.

6.5 ANALIZA LINIJSKIH ELEMENTOV IN POTI NOVE OBLIKOVANE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA

Oblikovalskega procesa umeščanja poti smo se lotili z analizo linij obale in naklonov terena. Raziskovali smo smeri v prostoru ter pri umeščanju upoštevali zakonitosti prostora, ki nam jih je narekovala oblika terena; obala jezera je blago razgibana, skoraj pravilne oblike. Na severni in vzhodni strani se teren rahlo vzpenja, na severozahodu je strmejši. Območje južne obale je skoraj ravno.

Traso osrednje poti smo prilagodili razgibanju obale in terena, ter jo poudarili z linijskimi strukturnimi elementi (drevoredi in fitoremediacijski nasadi). Pot prehaja iz ravnega na razgiban teren, na dane »okoliščine« pa se odzivajo tako pot, kot strukturni elementi, ki jo spremljajo. Na ravnem južnem območju smo strogo ravno linijo poti še poudarili z močno potezo prav tako v liniji zasajenih fitoremediacijskih nasadov in drevoredov. Ob prehodu na razgibano območje pa smo blage vijuge poti obdali z drevoredom. Stranske poti smo postavili prečno na glavno pot. Tudi te se odzivajo na reliefne značilnosti prostora; iz strogo geometrijskih linij na ravnem terenu prehajajo v blage krivulje na razgibanem terenu.

Razgibanost terena smo prav tako skušali optimalno izkoristiti za zadrževanje snovi ki povzročajo evtrofikacijo jezera in smo na ključna območja umestili biološke valove, ki sistematično sledijo terenu po plastnicah.



Slika 37: Slika 38: Analiza smeri v prostoru. Umestitev linijskih elementov

6.6 ANALIZA STRUKTURE IN POGLEDOV NOVE OBLIKOVANE KRAJINE VELENJSKEGA JEZERA

Poleg ekološke in sanacijske vloge rastlinskega gradiva, je pri oblikovanju bregov Velenjskega jezera pomembna tudi njegova strukturna vloga.

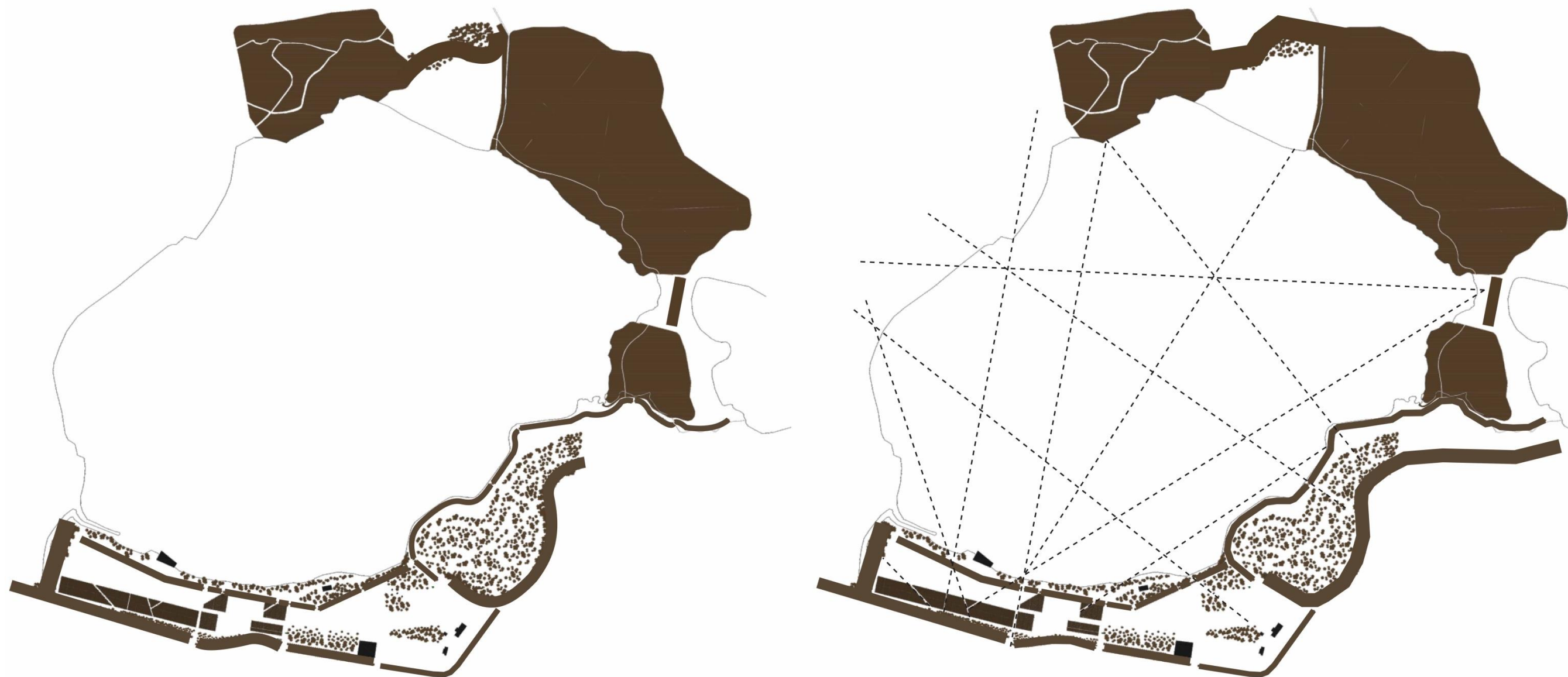
Rastlinsko gradivo prostor členi in ga opredeljuje tako fizično kot pomensko. Z njim lahko ustvarimo zaporedje prostorov in določimo razmerja med odprtimi in zaprtimi prostori, poudarimo prostorske smeri, pomagamo pri orientaciji v prostoru in preprečimo nezaželeno pogled.

Prostorsko strukturo obravnavanega območja tvorijo razmerja med gozdno maso (na območju naravne vrednote), gručami ERM drevesnih vrst, drevoredi, linijsko zasajenimi fitoremediacijskimi nasadi ter travinami in vodno ploskvijo.

Gostoto drevesnih gruč smo določili glede na želeni učinek: na predelih, kjer se obravnavano območje stika s prometno cesto in deponijo pepela, smo predvideli gosto zasaditev ter tako preprečili nezaželeno pogled. V osrednjem delu obravnavanega območja smo posamezne drevesne gruče smiselno razporedili tako, da smo območje razgibali, usmerili pogled ter poudarili učinke presenečenja.

Drevored smo umestili ob linijo glavne sprehajalne poti ob obali in tako poudarili njeno smer ter povezali funkcionalno in oblikovno različna območja.

Fitoremediacijske nasade smo uporabili kot »zastor pred odrom«. Prepletli smo jih s potmi, ki obiskovalce skozi gost nasad pripeljejo na odprto jaso, s katere se odprejo prostrani pogledi na jezero in njegove obale.



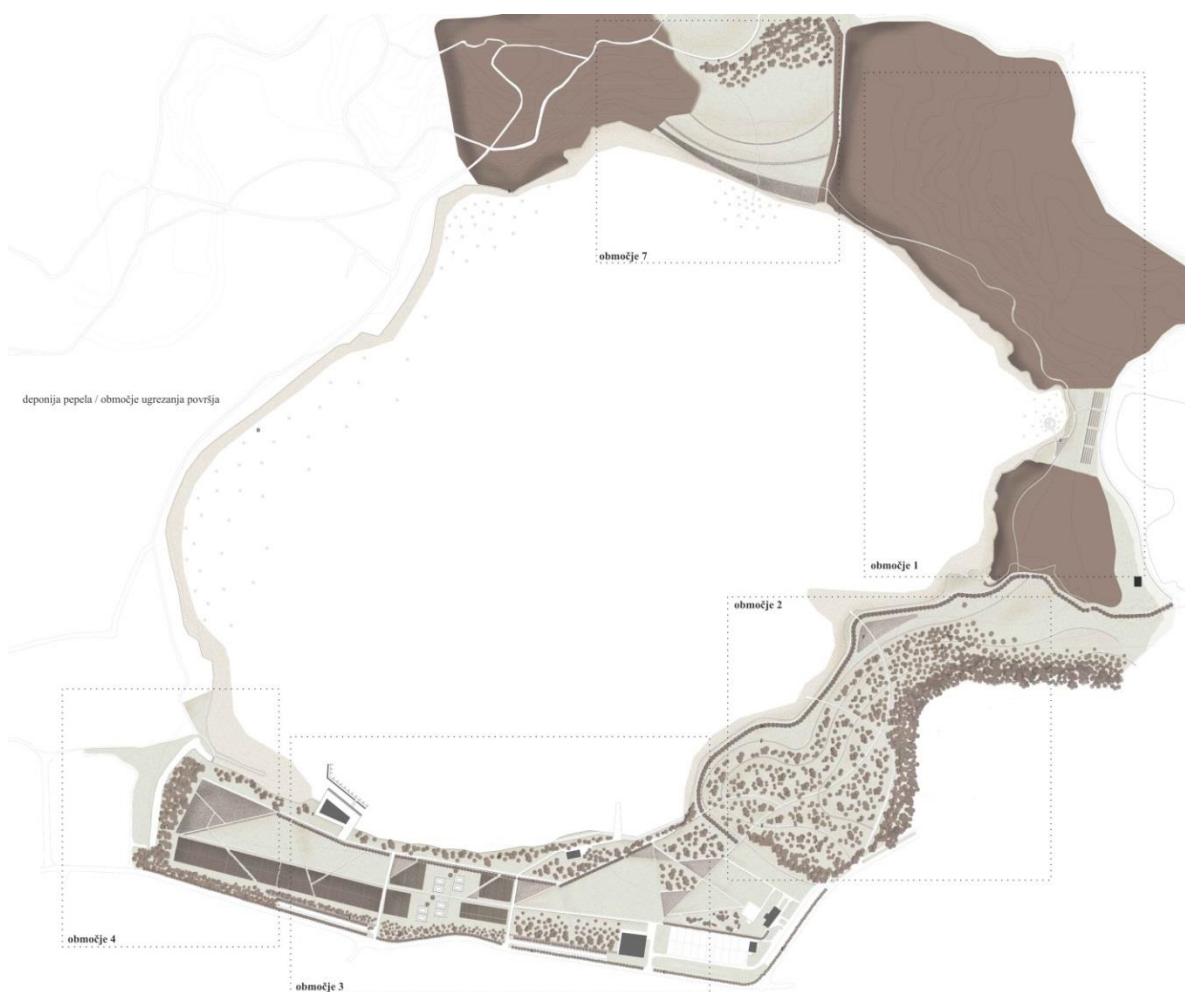
Slika 38: Strukturna karta in analiza pogledov

6.7 PREDSTAVITVE UREDITEV OBRAVNAVANIH OBMOČIJ

V nadaljevanju poglavja smo predstavili načine, kako je moč ERM rastlinsko gradivo in tehnične ERM ukrepe uporabiti kot sredstva oblikovanja krajine na petih območjih (območja 1, 2, 3, 4, 7), ki smo jih analizirali tekom naloge. Naravne procese smo vpletli v oblikovalsko zasnovo in strukturne elemente z ERM funkcijami povezali v novo oblikovano krajino, ki obdaja Velenjsko jezero.

Idejna zasnova ohranja obstoječe zelene površine, ki smo jih obogatili z ERM vegetacijo. Posamezna obravnavana območja Velenjskega jezera smo zasnovali tako, da smo izkoristili strukturne značilnosti ERM ukrepov in jih uporabili za členjenje monotonih površin, usmerjanje pogledov in vnašanje teksturnih razlik ter poudarili vizualno prijetne učinke (cvetenje vodnih rastlin, čistilni nasadi vrb, ...).

Upoštevali smo napotke in določila Jeršiča (1999) in Hladnika (1998) ter določila iz Odloka o lokacijskem načrtu za rekreacijsko območje »Jezero« v Velenju (2013) in iz Odloka o ureditvenem načrtu za območje sanacije ugreznin s pepelom, žlindro in produkti razžvepljanja (2008).



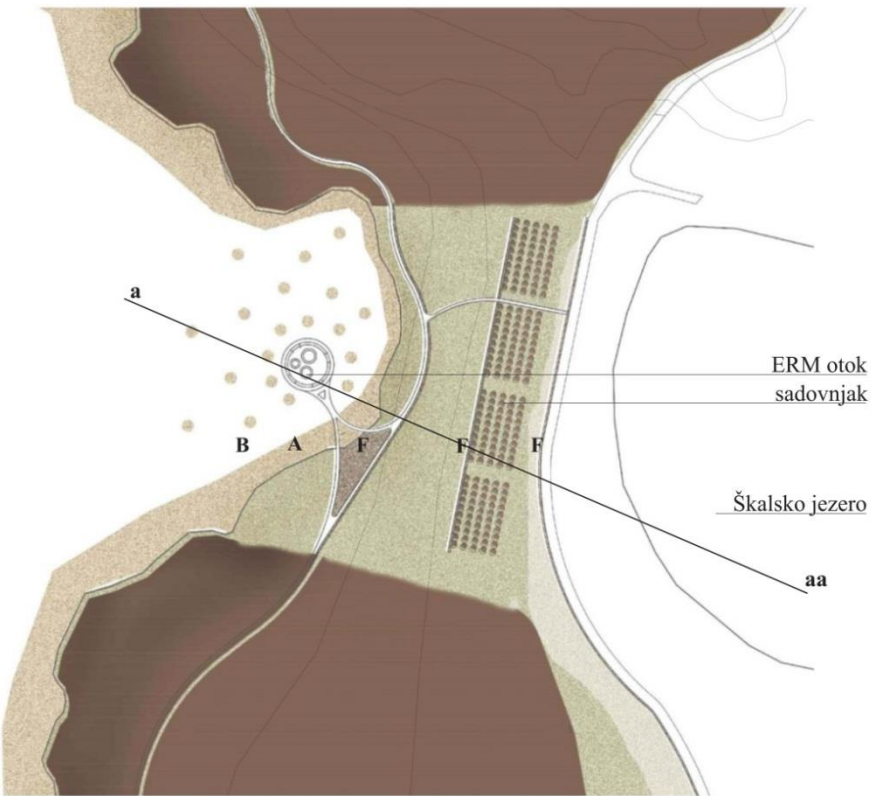
Slika 39: Predlog ureditve območja Velenjskega jezera in njegovih bregov

6.7.1 Območje 1: Območje naravne vrednote

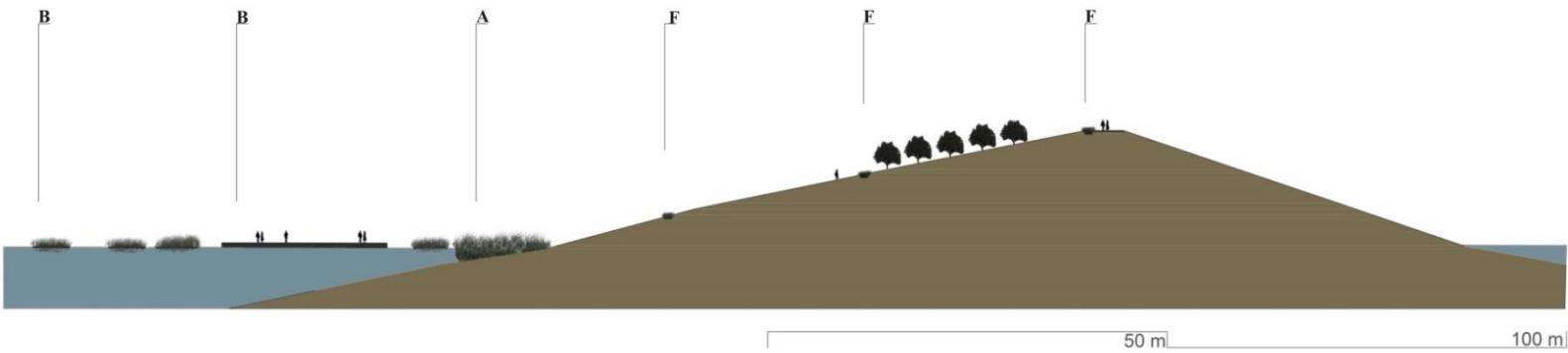
V Pravilniku o določitvi in varstvu naravnih vrednot (2004) je zapisano, da se na naravnih vrednotah lahko posegi in dejavnosti izvajajo le, če ni drugih prostorskih ali tehničnih možnosti, pa tudi v tem primeru jih je treba opravljati tako, da se naravna vrednota ne uniči in da se ne spreminjajo tiste lastnosti, zaradi katerih je bil del narave spoznan za naravno vrednoto. Na območju naravne vrednote se praviloma ohranja obstoječa raba, možna pa je tudi takšna sonaravna raba, ki ne ogroža obstoja naravne vrednote in ne ovira njenega varstva.

Na območju naravne vrednote smo predvideli razgledišča in ga s turistično rekreacijskim območjem povezali s potjo, ki smo jo vzpostavili skozi gozd. Na predel pregrade med Velenjskim in Škalskim jezerom, kjer je prisoten le ozek pas obrežne vegetacije, na pobočju pa je zasajen sadovnjak avtohtonih sadnih vrst, smo predvideli linijsko oblikovane biološke valove tako ob jezero in sadovnjake kot ob pot, ki vodi okoli Škalskega jezera. Načrtovali smo zasaditve s šaši (*Carex sp.*) in različnimi visokimi travami (*Festuca rubra*, *Festuca ovina*), ki iz zemlje črpajo hranilne snovi. Obrežni koridor smo zasadili s širokolistnim rogozom (*Typha latifolia*), ki iz tal in vode odstranjuje hranila, koreninski sistem pa tvori dobro protierozijsko zaščito.

Na jezerski površini smo predvideli večji ERM otok, ki je za obiskovalce dostopen preko mostu, in več manjših. Na njih smo načrtovali grede ERM močvirnih rastlin, na večjem otoku pa smo jih obdali s klopmi. Obiskovalcem bi tako omogočili neposreden stik z vodo in vodnimi rastlinami kot so mala vodna leča (*Lemna minor*), rumeni blatnik (*Nuphar luteum*), jezerski biček (*Scripus lacustris*), širokolistni rogoz (*Typha latifolia*) in prostrane poglede na jezero.



PREREZ a - aa



- A Obrežni koridor
- B ERM otoki
- C Vegetacijska bariera
- D Vegetacijski filter
- E Fitoremediacijski nasad
- F Biološki val
- G Umetno močvirje

Slika 40: Tloris in prerez območja 1: Naravna vrednota

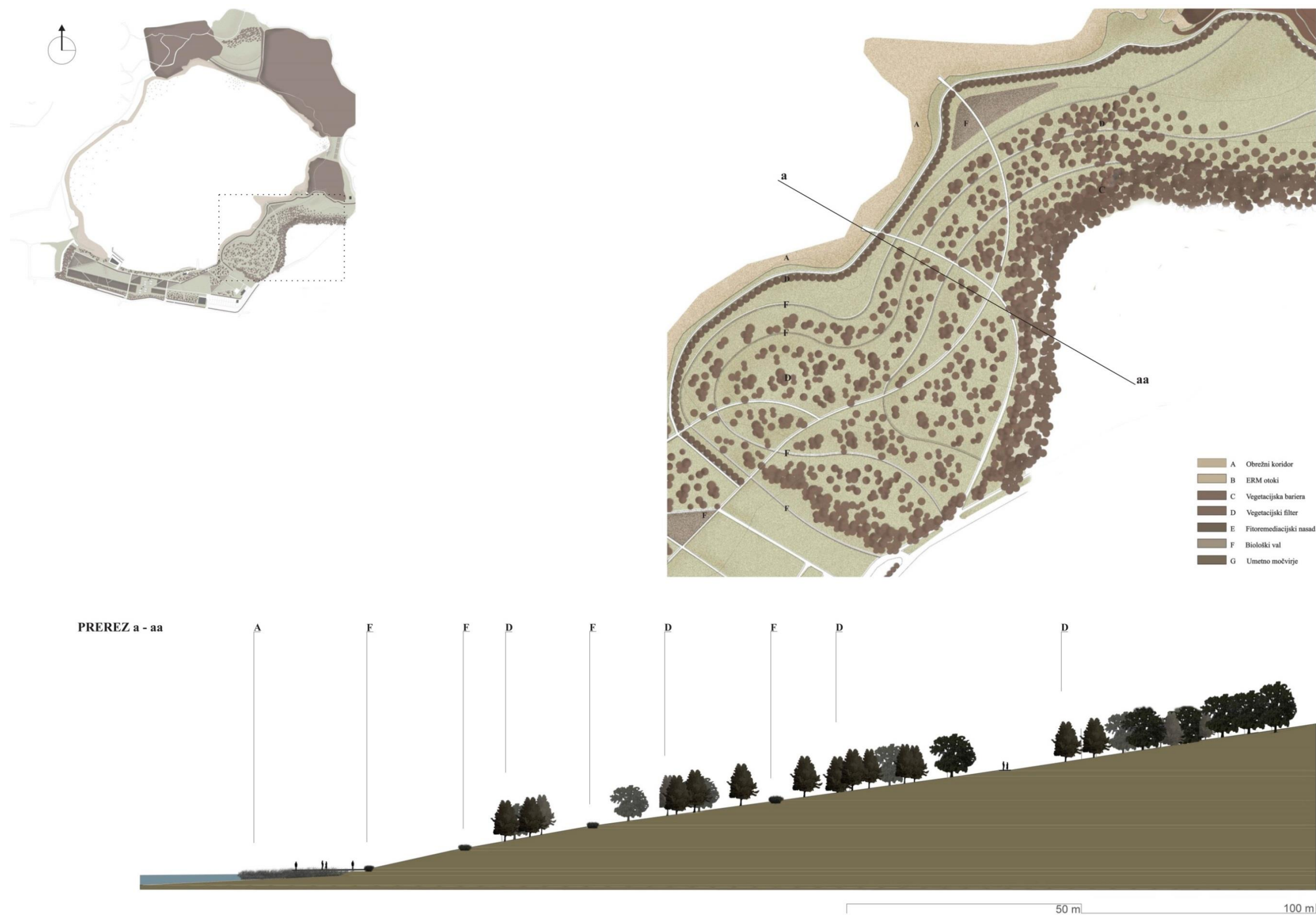
6.7.2 Območje 2: Vzhodni breg

Z območja ob vzhodnem bregu smo predvideli odstranitev vrtičarskega naselja Kunta-Kinte in na novo oblikovanih jasah pod gručami dreves načrtovali kamp ali počitniško naselje. V zasnovi smo ohranili mehke linije višinskih prehodov in valovit prečni profil. Na pobočju smo načrtovali preplet poti in bioloških valov, ki se iz območja, predvidenega za počitnikovanje, nadaljujejo na območje golf igrišča.

Biološke valove smo oblikovali v mehke krivulje, ki sledijo obliki terena in jih zasadili s šaši (*Carex sp.*). V njih smo predvideli zadrževanje površinskega odtoka vode ter odstranjevanje nitrata ter drugih hranljivih snovi, ki so na območju prisotne zaradi gnojenja vrtov in trate golf igrišča.

V oblikovalski zasnovi smo pobočje členili z drevesnimi gručami, črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*), puhaste breze (*Betula pubescens*) in trepetlike (*Populus tremula*) ki ščitijo pred erozijo in iz zemlje črpajo hranilne snovi. Ob vznožju pobočja smo predvideli zaokrožitev območja z linijo glavne poti in drevoredom trepetlik (*Populus tremula*).

Obrežni koridor smo zasadili z vodnimi in obvodnimi ekoremediacijskimi rastlinami, dostope do vode pa omogočili preko pomolov obdanih s šaši in visokimi travami.



Slika 41: Tloris in prerez območja 2: Vzhodni breg

6.7.3 Območje 3: Turistično rekreativni center Jezero

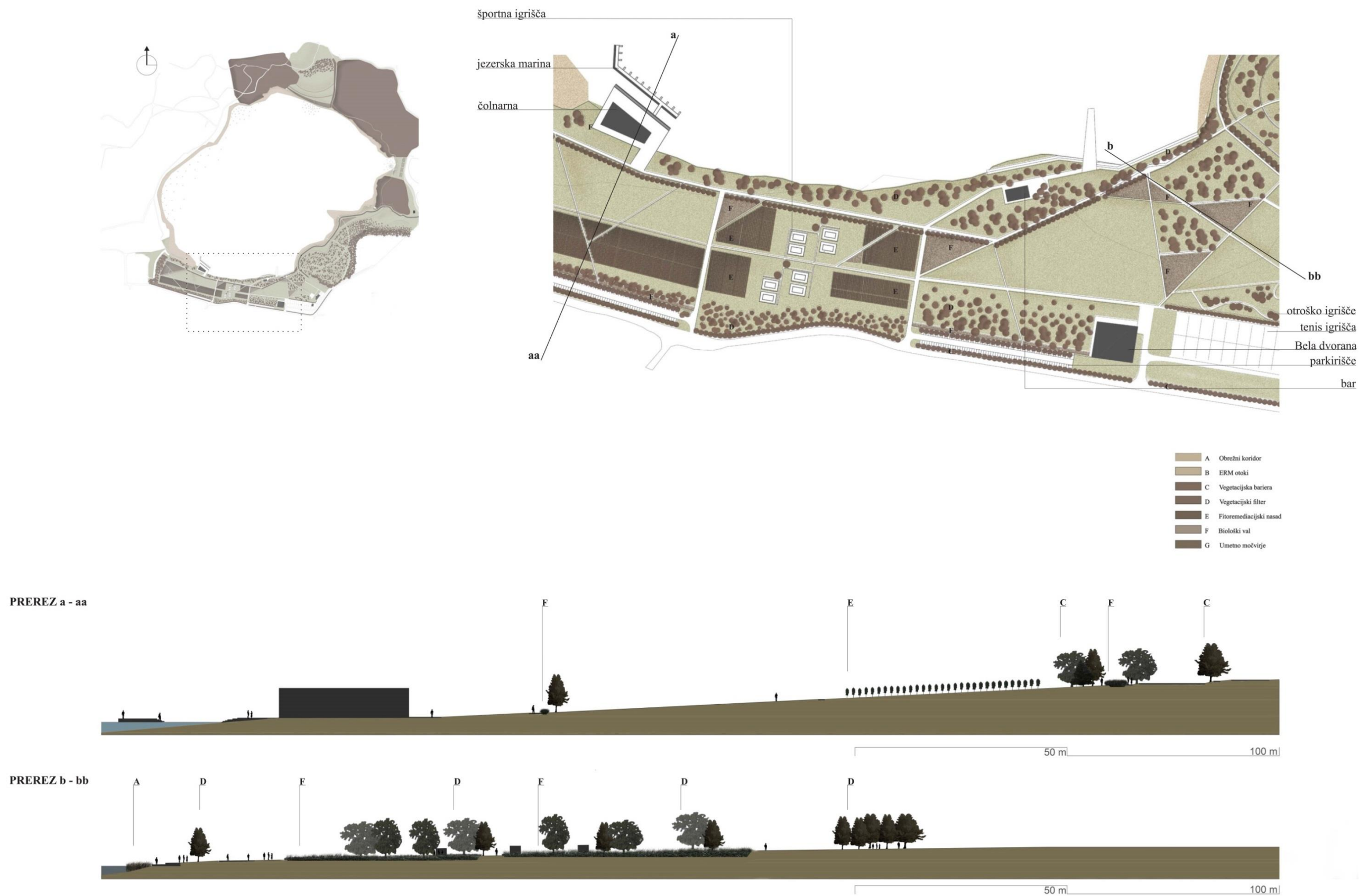
Na južnem robu obravnavanega območja smo predvideli gosto zasaditev z vegetacijskimi barierami, ki zadržujejo prašne delce in smrad ter umestitev dveh novih parkirišč, ki skupaj obsegata 260 parkirnih mest. Parkirišči obdaja vegetacijska protiprašna in protihrupna bariera črne jelše (*Alnus glutinosa*), ki senči avtomobile in zadržuje prašne delce in hrup z lokalne ceste. Ob parkirišču smo predvideli umestitev bioloških valov zasajenih s šaši (*Carex sp.*), ki zadržujejo in čistijo vodo s prometnih površin. V oblikovalski zasnovi smo biološke valove ob parkiriščih obdali z gručami ERM dreves vrb (*Salix alba*, *Salix caprea*), črnega gabra (*Ostrya carpinifolia*) in črne jelše (*Alnus glutinosa*) ter parkirišče tako ločili od rekreacijskega območja, hkrati pa predvideli zanimiv in dinamičen pogled na robove obravnavanega območja.

Jaso, predvideno za razne prireditve in dejavnosti na prostem, smo v oblikovalski zasnovi razdelili na dva dela. Vzhodni del monotone površine smo členili z biološkimi valovi in ekoremediacijskimi filtri drevesnih gruč topolov (*Populus nigra*, *Populus tremula*) in gabrov (*Ostrya capinifolia*, *Carpinus betulus*). Drevesne gručke nudijo senco, prostor razgibajo in usmerjajo poglede. V bioloških valovih smo predvideli zasaditev s šaši in visokimi travami ter tako poudarili kontrast med teksturo travnih ploskev in bioloških valov in s tem povečali doživljajski potencial krajine. Na jaseh ob poteh smo predvideli prostore za postavitve stojnic in različnih komercialnih in športnih programov ter za izvajanje raznih družabnih iger na prostem. Zahodni del jase predstavlja velika odprta površina, primerna za večje prireditve na prostem. V zasnovi se oba dela jase med seboj povezujeta s promenadama. Potek prve smo načrtovali ob restavraciji Jezero, potek druge pa ob obali jezera in jo obdali z drevoredom trepetlik (*Populus tremula*).

Na brežine jezera smo predvideli umestitev lesenih podestov, ki so namenjeni počitku, sprostitvi, igri. V oblikovalski zasnovi leseni podesti prireditveni prostor povezujejo s plažo, ki smo jo obdali z bogato zasajenimi gručami drevesnih vrst (*Populus tremula*, *Betula pubescens*). Za večjo razgibanost prostora smo ureditev plaže načrtovali tako, da se v linijah na njej izmenjujejo trije različni materiali: prod, trata in les. Prod filtrira in zadržuje meteorno vodo, na travne zaplate je posajena drevnina, ki utrjuje brežine in iz zemlje črpa hranilne snovi in težke kovine (*Populus tremula*, *Fraxinus excelsior*), hkrati pa prostor tudi senči. Leseni podesti služijo sončenju, počivanju in kot podaljšek terase obstoječega gostinskega lokala tik ob plaži.

Na ogromni jasi ob južnem bregu smo predvideli umestitev več športnih igrišč ter ga členili in popestrili z geometrijsko zasajenimi sklopi fitoremediacijske drevnine (bela vrba (*Salix alba*)), ki prostor členijo in delujejo kot očiten kontrast veliki travni ploskvi in jezeru. Poleg ERM učinka fitoremediacijskih nasadov smo v oblikovalski zasnovi predvideli tudi učinke presenečenja in odpiranja različnih pogledov na jezero obiskovalcem, ki bi se sprehodili skozi nasade.

Močno linijsko potezo fitoremediacijskih nasadov smo nadaljevali po celotnem robu območja, z njo poudarili smer osrednje poti in prostranost odprtega prostora. S parkirišča smo skozi nasade speljali sprehajalne poti do velike odprte jase, kjer se nam pogled odpre na jezero in jezersko marino.

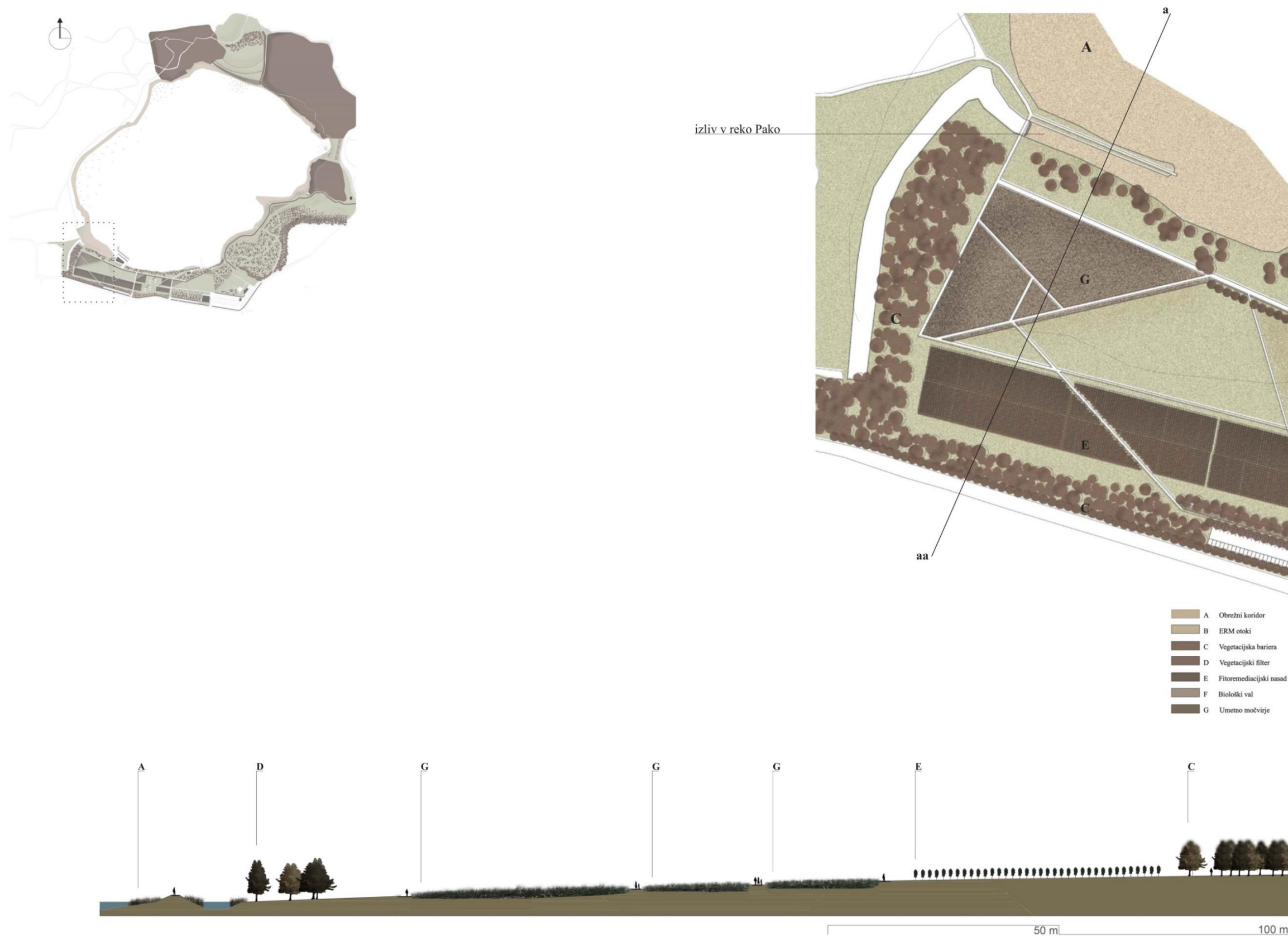


Slika 42: Tloris in prerez območja 3: Turistično rekreativni center Jezero

6.7.4 Območje 4: Iztok iz jezera

Ob iztoku iz jezera v reko Pako smo poleg fitoremediacijskih nasadov predvideli umestitev umetnega močvirja, kjer bi se voda zadržala dalj časa in se s pomočjo ERM rastlin čistila. V oblikovalski zasnovi smo močvirje povezali s fitoremediacijskimi nasadi s prepletom sprehajalnih poti. V močvirju smo načrtovali predvsem zasaditev ERM rastlinskih vrste navadni trst *Phragmites australis*, ki odstranjuje sulfate in težke kovine, saj se iztok nahaja v neposredni bližini deponije pepela. Ob robovih območja smo predvideli močno vegetacijsko bariero črne jelše (*Alnus glutinosa*), črnega in belega gabra (*Ostrya carpinifolia*, *Carpinus betulus*) in velikega jesena (*Fraxinus excelsior*), ki bi zadrževala prašne delce in preprečila nezaželene poglede na deponijo pepela in TEŠ.

Tik ob vodi smo predvideli vzpostavitev obrežnega koridorja rastlinskih vrst, ki bi iz zemlje in vode odstranjevale težke kovine, obiskovalci pa bi lahko njihovo rast in spreminjanje opazovali skozi vse leto (mala vodna leča (*Lemna minor*), navadni trst (*Phragmites australis*), jezerski biček (*Scirpus lacustris*), rumeni blatnik (*Nuphar luteum*)).

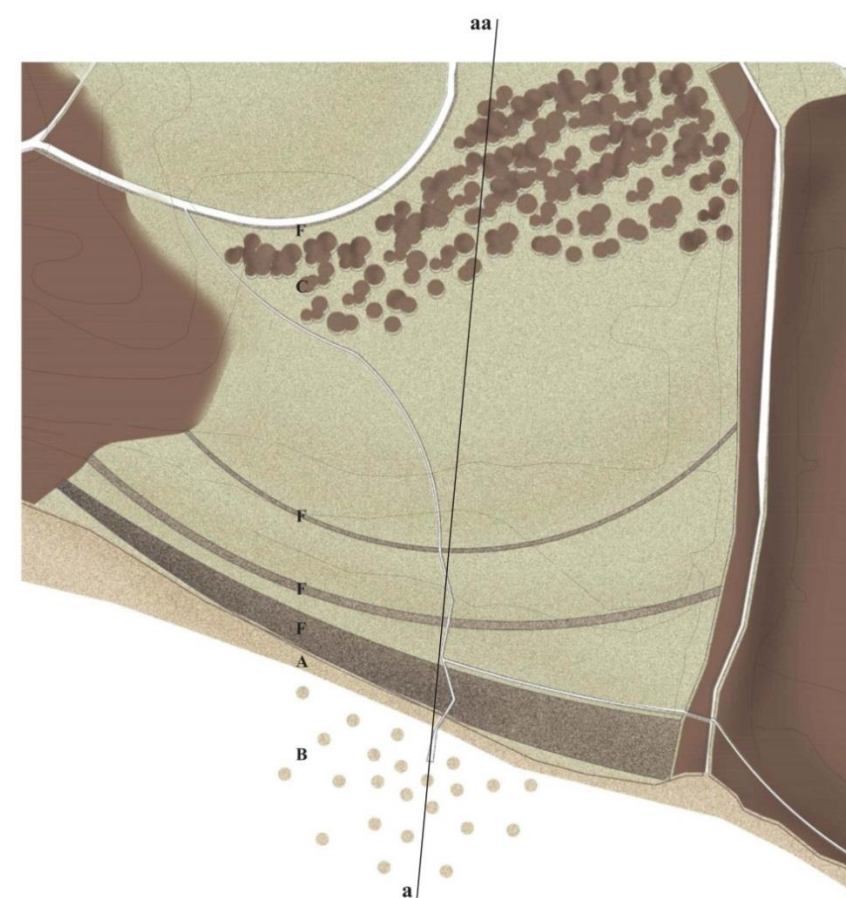


Slika 43: Tloris in prerez območja 4: Iztok iz jezera

6.7.5 Območje 7: Obrežni pas in izliv Sopote

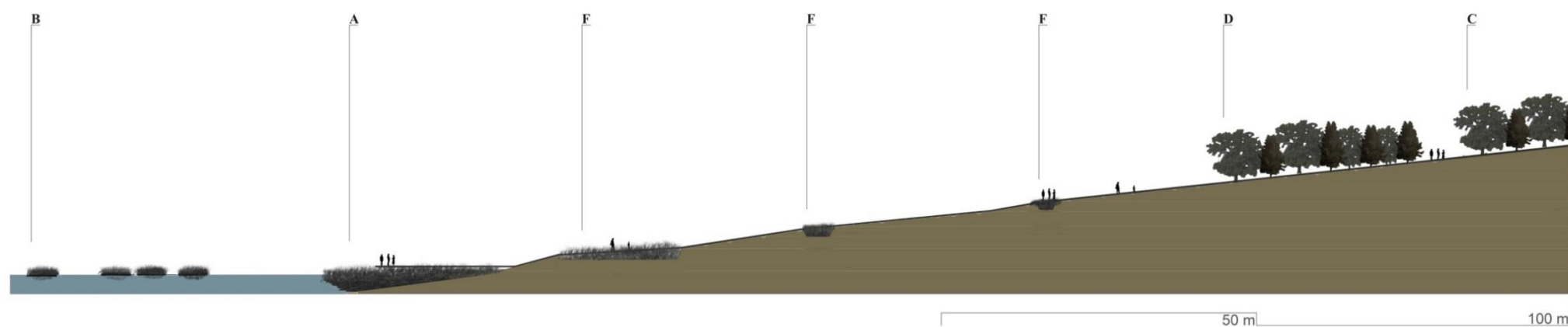
Na skoraj golem območju, ki meji na pregrado iz deponije pepela in na območje naravne vrednote, smo predvideli bogato zasaditev z ERM rastlinami in ga tako povezali z območjem naravne vrednote.

Tudi tukaj smo predvideli umestitev bioloških valov, ki sledijo nagibom in obliki terena. Biološki valovi zadržujejo površinski odtok vode s kmetijskih površin in preprečujejo njen iztok direktno v jezero. Poleg bioloških valov smo na območju načrtovali tudi vzpostavitev vegetacijske bariere ERM drevnine kot so puhasta breza (*Betula pubescens*), veliki jesen (*Fraxinus excelsior*) in črna jelša (*Alnus glutinosa*) in gostega obrežnega koridorja ERM močvirnih rastlin, ki bi preprečevala vnos hranilnih snovi iz kmetijskih površin. Na vodni gladini smo predvideli plavajoče otoke ERM rastlin, ki bi jih obiskovalci lahko opazovali z razgledišča, do katerega bi se sprehodili po poti, ki vodi skozi obrežni koridor.



- A Obrežni koridor
- B ERM otoki
- C Vegetacijska bariera
- D Vegetacijski filter
- E Fitoremediacijski nasad
- F Biološki val
- G Umetno močvirje

PREREZ a - aa



Slika 44: Tloris in prerez območja 7: Obrežni pas in izliv Sopote

7 RAZPRAVA

V nalogi smo raziskovali, kako lahko biotehnične ukrepe, natančneje ERM ukrepe, uporabimo kot oblikovalske elemente oziroma, kako lahko tehnične značilnosti ene od oblik sanacije nezaželenega stanja prevedemo v oblikovalske ukrepe.

Pokazali smo, da je upoštevanje ekosistemskih funkcij in vpletanje ERM ukrepov v oblikovanje krajine pomembno, tako zaradi ekološke kot tudi turistične, rekreacijske in izobraževalne vloge. ERM vegetacijske metode so učinkovite in cenovno ugodne. V primeru čezmernega onesnaževanja jezerskih voda nudijo zanimive in kompleksne rešitve, ki jih je vredno še podrobneje raziskati. Prav tako je pomembno, da so zaradi preproste tehnologije delovanja sprejemljive za ljudi. Družba danes smatra kot uspešne projekte tiste, ki v človekovo bivalno okolje vpletejo naravne procese. Smiselno je, da kot krajinski arhitekti raziščemo, kako je mogoče spodbujati razvoj spontanega naravnih procesov znotraj oblikovalskih zasnov ter tako gradimo odpornejše okolje, ki je obenem členjeno in obvladljivo, dostopno in prilagojeno uporabniku.

Vzdrževanje ERM rastlinskega gradiva je nujno, saj je določene rastline treba odstranjevati in nadzorovati. Stroški vzpostavitve ekoremediacijskih ukrepov pa so še vedno nižji od stroškov klasičnih in kemičnih postopkov (npr. solidifikacija, izpiranje, areacija...), ki lahko negativno vplivajo na kakovost tal in jezerski ekosistem, zato je rastlinska ekoremediacija dobra alternativa za manj onesnažena področja. Stroški gradnje in vzdrževanja so morda višji kot navadno, vendar le, če ne upoštevamo pozitivnega dolgoročnega ekološkega vpliva.

Kot strukturni okvir smo zasnovali vegetacijski obroč ERM rastlinskih vrst, ki deluje kot velik biološki čistilni sistem in tako povečuje kakovost vode v jezeru in upočasnjuje njegovo eutrofikacijo ter izboljšuje ekološko stanje jezera.

V okviru vegetacijskega obroča smo upoštevali naravne zakonitosti območja kot so relief, mikroklima, vrsta tal in rastišča. Za vzpostavitev smo razvili merila, ki jih je moč prilagoditi zakonitostim prostora, in jih tako uporabiti tudi za ozelenitev območja kakšnega drugega jezera oziroma vodnega telesa.

S pomočjo analiz obrežne vegetacije in jezerskih brežin smo nato določili prednostna območja, kamor smo umestili ekoremediacijske ukrepe, s katerimi smo jezersko krajino oblikovali in členili glede na robne pogoje in predvidene potrebe uporabnikov.

Pri oblikovanju zasnov obravnavanih območji smo naleteli na številne dileme. Umeščanja ekoremediacijskih ukrepov smo se lotili z oblikovalskega vidika krajinskega arhitekta. Za optimalno izvedbo bi bilo nujno treba vključiti tudi strokovnjake s področja ekologije in hidrologije ter predvsem izvesti podrobno inventarizacijo hidroloških značilnosti prispevnega območja Velenjskega jezera in inventarizacijo vseh virov onesnaževanja. S pomočjo zbranih podatkov bi lahko najučinkoviteje na območje umestili ERM rastlinsko gradivo. Naloga se je naslonila na tiste podatke, ki so ji bili

dostopni, teh pa je bilo dovolj, da smo lahko pokazali, kako je ERM ukrepe možno uporabljati ne le kot sanacijske temveč tudi kot oblikovalske.

Kljub dilemam je ideja o umeščanju ekoremediacijskih ukrepov na območju Velenjskega jezera smiselna in aktualna. Uporabljeni ekoremediacijski ukrepi bi zmanjšali evtrofikacijo in izboljšali ekološko stanje jezera, hkrati bi s smiselno aplikacijo, kakršno smo v nalogi skušali predstaviti, območje uredili bolj privlačno in prijaznejše uporabnikom.

Ukrepe smo poskušali umeščati tako, da bi strukturne značilnosti in njihove ERM funkcije izkoristili za členjenje monotonih površin, usmerjanje pogledov, vnašanje teksturnih razlik, poudarjanje kontrastov, itd., skratka, za povečanje doživljajske vrednosti območja.

8 POVZETEK

V magistrski nalogi je predstavljena problematika eutrofikacije Velenjskega jezera zaradi razpršenih virov onesnaževanja, ki jim ni moč določiti natančne količine in izvora. Velenjsko jezero je antropogenega nastanka, nastalo je zaradi ugrezanja na območju izkopavanja premoga v Velenju. Pred ugrezanjem površja so organske snovi s tekočo vodo sproti odtekale, sedaj pa se kopičijo v jezerih. Posledice se kažejo kot hitra eutrofikacija jezera in izrazito pomanjkanje kisika v spodnjih plasteh. Na pospešeno eutrofikacijo in ekološko stanje Velenjskega jezera najbolj vplivajo površine virov razpršenega onesnaževanja, ki gravitirajo na jezero – snovi se približno enakomerno stekajo po njih v jezero. Onesnaženje se kaže v spremembi koncentracij naravno prisotnih spojin (nitrati, fosfati, kovine). Jezero močno obremenjujejo dejavnosti, ki se izvajajo na njegovih bregovih in v bližnji okolici. Zaradi kmetijstva in vrtičkarstva se povečuje erozija prsti in denudacija, s tem pa tudi vnos hranil v jezero, zlasti zaradi gnojenja kmetijskih površin. V jezeru se povečuje tudi vsebnost sulfatov in kovin.

Namen magistrske naloge je raziskati možnosti, na kakšen način je ekoremediacijske ukrepe, s katerimi bi zmanjšali eutrofikacijo in izboljšali splošno ekološko stanje jezera, mogoče uporabiti kot dejavnike oziroma kot sredstva oblikovanja bregov, obrežnega pasu in neposredne okolice Velenjskega jezera. Problema smo se lotili enakovredno – tako iz oblikovalskega vidika kot iz ekološkega in s sistematičnim pristopom dognali rešitve. Oblikovalske elemente (gruče, ploskve, linije, točke, itd.) z ekoremediacijskimi funkcijami smo povezali v smiselno celoto, v novo oblikovano, kompleksno, spremenljivo in do neke mere še vedno tudi nepredvidljivo krajino, ki obdaja Velenjsko jezero in se na različne načine povezuje z okoliškimi rabami. Naloga tako postavlja programske in prostorske smernice za umestitev ekoremediacijskega rastlinskega gradiva in ekoremediacijskih tehničnih ukrepov na primeru preoblikovanja bregov Velenjskega jezera in njegove neposredne okolice.

Poleg poznavanja procesov, ki se dogajajo v jezerskem ekosistemu, je pomembno, da dobro poznamo vire in vrste onesnaževanja ter sestavo obrežnega pasu in značilnosti obrežne vegetacije. Inventarizacijo vegetacije in strukture obrežnega pasu Velenjskega jezera smo opravili na terenskih ogledih, s pomočjo digitalnega ortofoto posnetka območja Velenjskega jezera in analize fotografij. Vire in vrste onesnaževanja smo določili s pomočjo analize rab v pojezerju Velenjskega jezera in s pomočjo podatkov o stanju vode. Inventarizacija vegetacije je služila za določitev prednostnih območij za umeščanje ekoremediacijske vegetacije in ekoremediacijskih tehničnih ukrepov. Po pregledu stanja brežin in inventarizaciji vegetacije obrežnega pasu smo se odločili, na katerih območjih je umestitev ekoremediacijskih ukrepov nujna. V nadaljevanju smo predstavili, na kakšen način lahko obrežno vegetacijo uporabimo v namen ekoremediacije jezera oziroma na kakšen način lahko tudi z obrežno ekoremediacijsko vegetacijo oblikujemo jezero in njegove bregove ter vplivamo na proces eutrofikacije jezera.

Izbor ekoremediacijskih metod je temeljil na preučitvi razpršenih virov onesnaževanja, ki gravitirajo v Velenjsko jezero, analizi obrežne vegetacije, analizi jezerskih brežin in upoštevanju analiz vode. Za izhodišče oblikovalske zasnove smo vzeli dejstvo, da lahko z vzpostavitvijo ERM vegetacijskega

obroča na bregovih in v jezeru izboljšamo njegovo slabo ekološko stanje in zmanjšamo eutrofikacijo zaradi razpršenega onesnaževanja. Vegetacijski obroč, ki deluje kot velik biološki čistilni sistem nam je služil kot strukturni okvir, kamor smo umestili posamezne ERM ukrepe in rabe ter jih med seboj povezali z rekreacijskimi potmi in pešpotmi.

Ob upoštevanju analiz in zastavljenih oblikovalskih korakov smo nato izdelali zasnovo, v kateri smo oblikovali bregove Velenjskega jezera s pomočjo ekoremediacijskega rastlinskega gradiva in tehničnih ekoremediacijskih ukrepov, ki sovpadajo z okoliškimi rabami in hkrati omogočajo nadaljni razvoj območja in umeščanje novih rab.

9 VIRI

- Ambrožič Dolinšek J. 2007. Rastline in razstrupljanje okolja, onesnaženega s težkimi kovinami. *Proteus* 70, 2: 57-63
- Catalogue of tree and shrubs. 2008. Oldenburg, Brunz-pflanzen-export GmbH & Co. KG: 936 str.
- Constructed wetlands treatments of municipal wastewaters. 2000. United States Environmental Protection Agency.
http://www.epa.gov/owow/wetlands/pdf/Design_Manual2000.pdf (5. apr. 2013)
- Ekološko pomembno območje Velenjsko-Konjiško hribovje. 2013. Atlas okolja. Agencija RS za okolje.
http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (12. marec, 2013)
- France R. L. 2003. Wetland design. Principles and practices for landscape architects and land-use-planners. New York, W. W. Norton: 160 str.
- Gaberščik A. 1997. Makrofiti in kvaliteta voda. *Acta biologica Slovenica*, 41, 2-3: 141-148
- Griessler Bulc T. 2008. Vloga rastlinskih čistilnih naprav v prihodnosti. V: Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja. Maribor, Filozofska fakulteta, mednarodni center za ekoremediacije: 31-40
- Hladnik J. 1998. Vodni in obvodni prostor kot del integralnega prostorskega urejanja. Pogled na probleme prostorskega urejanja vodnega in obvodnega prostora. V: Voda – raba, varovanje, oblikovanje. Zbornik 5. Letnika strokovnega srečanja Društva krajinskih arhitektov. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS za prostorsko planiranje: 40-45
- Hluszyk H., Stankiewicz A. 1998. Slovar ekologije. Ljubljana, DZS: 166 str.
- Jeršič M. 1999. Prostorsko planiranje rekreacije na prostem. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor. Urad za prostorsko planiranje: 135 str.
- Jørgensen S. E., Vollenweider R. A. Guidelines of lake management. Volume 1. Principles of Lake Management. Kusatsu, ILEC: 195 str.
http://www.ilec.or.jp/en/wp/wpcontent/uploads/2013/04/Vol.1_Principles_of_Lake_Management.pdf (12. april, 2013)
- Kartografsko gradivo Občine Velenje: GO82362, GO82462. 2012. Velenje, občina Velenje (izpis iz baze podatkov, februar 2013)
- Koželj J. 1998. Degradirana urbana območja. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Urad RS

za prostorsko planiranje: 252 str.

Kravanja N. 2008. Rastline za ozelenjevanje. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (zapiski s predavanj pri predmetu Rastline za ozelenjevanje, maj 2013).

Kučan A. 2010. Vsi odtenki zelene = all shades of green. Ljubljana, Narodna in univerzitetna knjižnica: 255 str.

Land&water. 2013.

<http://www.land-water.co.uk/environmental-solutions/biomatrix> (23. sept. 2013)

Macarol B. 2003. Ekoremediacije neznane znamke pri zaščiti in obnovi okolja. Geografski obzornik, 50, 3/4: 20-25

Naravna vrednota Škale-rudninske ugreznine. 2013. Atlas okolja. Agencija RS za okolje.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (12. marec, 2013)

Neufret E. 2008. Projektiranje v stavbarstvu. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 550 str.

Območni razvojni program Savinjsko-šaleške regije za obdobje 2007-2013. 2006. Mozirje, Savinjsko-šaleška območna razvojna agencija d.o.o.: 83 str.

Ocena stanja jezer v Sloveniji v letu 2011. Kratko poročilo. 2012. Agencija Republike Slovenije za okolje: 8 str.

http://www.arso.gov.si/vode/jezera/Poro%C4%8Dilo%20JEZERA%20_2011.pdf
(20. mar. 2013)

Odlok o lokacijskem načrtu za rekreacijsko območje »Jezero« v Velenju. 2013. Uradni vestnik Mestne občine Velenje, 9/13

Odlok o ureditvenem načrtu za območje sanacije ugreznin s pepelom, žlindro in produkti razžvepljanja. 2008. Uradni vestnik Mestne občine Velenje, 24/07

Places. 2013.

<http://placesobserver.net/slideshow/partly-sunny/11407/177/27> (24. sept. 2013)

Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot. 2004. Ur.l. RS, št. 111/04

Prostorski sloj Pedološka karta. 2007. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Sektor za sonaravno kmetijstvo.

<http://portal.geopedia.si/sloj/metapodatki/6257> (12. marec 2013)

Prostorski sloj Raba tal. 2010. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Sektor za

sonaravno kmetijstvo.

<http://portal.geopedia.si/sloj/metapodatki/397> (12. marec 2013)

Dodatek k poročilu o vplivih na okolje. 2009. Šoštanj, Termoelektrarna Šoštanj d.o.o. in Premogovnik Velenje d.d.: 97 str.

http://www.miroslavgregoric.com/wp-content/uploads/2012/02/eia_final_slo-premog-velenje.pdf (12. marec 2013)

Remec-Rekar Š., Bat M. 2003. Jezera. Vodno bogastvo Slovenije. Agencija Republike Slovenije za okolje: 39-45

http://www.arso.gov.si/vode/publikacije_in_poročila/Vodno_bogastvo_3jezera.pdf (21. junij, 2013)

Romih N., Grabner B., Ribarič Lasnik C., Remediacija onesnaženih tal s težkimi kovinami. Celje, Inštitut za okolje in prostor: 8 str.

http://www.kis.si/datoteke/file/kis/SLO/MEH/Biomasa/PRIROCNIK_IOP-1.pdf (15. marec, 2013)

Šaleška jezera – vodni vir in razvojni izziv. Končno poročilo. 2011. ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o: 246 str.

<http://arhiva.velenje.si/www3/Datoteke/2011/%C5%A0ale%C5%A1ka%20jezera%20Vodni%20vir%20in%20razvojni%20izziv,%20Erico%202011-05.pdf> (15. mar. 2013)

Šterbenk E. 1999. Šaleška jezera. Vpliv premogovništva na pokrajinsko preobrazbo Šaleške doline. Velenje, ERICo Velenje: 192 str.

Šterbenk E. 2009. Doktorska disertacija. Vloga vodnih virov v trajnostno sonaravnem razvoju Šaleške doline in obrobja. Ljubljana, Filozofska fakulteta: 179 str.

Tarman K. 1992. Osnove ekologije in ekologija živali. 1. Izdaja. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 547 str.

Toman M. J. 2010. Varstvo in urejanje voda. Jezerski ekosistemi. Ljubljana, Biotehniška fakulteta (zapiski s predavanj pri predmetu Varstvo in urejanje voda, april 2013).

TTN 5: G262300, G262400. 1995. Velenje, Geodetska uprava Velenje (izpis iz baze podatkov, januar 2013)

Urbančič G. in sod. 2010. Hidromorfološki elementi kakovosti za opis ekološkega stanja jezer: Struktura in stanje obrežnega pasu. Poročilo o delu za leto 2010. Inštitut za vode republike Slovenije: 34 str.

Uredba o stanju površinskih voda. 2009. Ur.l. RS, št. 14/09

Vovk Korže A. 2008. Trajnosti razvoj z ekoremediacijami V: EKOREMEDIACIJE: sredstvo za

doseganje okoljskih ciljev in trajnostnega razvoja, Ljubljana, Založba KATR: 17-31

- Vovk Korže A., Janškovec K. 2009. Čiščenje prsti s pomočjo rastlin. Geografski obzornik, 56, 1-2: 14-21
http://zgs.zrc-sazu.si/Portals/8/Geografski_obzornik/go_2009_1_2.pdf (12. mar. 2013)
- Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2007. Ekoremediacije za doseganje okoljskih ciljev v Sloveniji. Revija za geografijo, 1-2: 39-53
- Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2008. Celoviti pristopi varovanja in sanacije okolja z ekoremediacijami. V: Ekoremediacije v državah Zahodnega Balkana in Osrednji Evropi za izboljšanje kvalitete življenja. Maribor, Filozofska fakulteta, mednarodni center za ekoremediacije: 9-21
- Vovk Korže A., Vrhovšek D. 2009. Ekoremediacije za učinkovito varovanje okolja. Maribor, Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta: 56 str.
- Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2007. Ekoremediacije. Maribor, Filozofska fakulteta, Mednarodni center za ekoremediacije: 128 str.
- Vrhovšek D., Vovk Korže A. 2008. Ekoremediacije kanaliziranih vodotokov. Ljubljana, LIMNOS: 219 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Ani Kučan za strokovnost in celovito mentorstvo, kritičnost, konstruktivne pogovore in za izkazano razumevanje.

Hvala Emi za branje diplome in Aniti za prevod ter za vajino vzpodbudo.

Hvala fantu Janiju za iskreno podporo in prijateljici Sari za vse pozitivne besede in misli.

Predvsem pa najlepša hvala mojima staršema, ki sta me podpirala skozi študij, me spodbujala in mi stala ob strani skozi ves čas pisanja magistrskega dela.

PRILOGA A

Preglednica: Rastlinske vrste obrežnega pasu Velenjskega jezera (Šaleška jezera..., 2011:79)

RASTLINSKA VRSTA	EKOREMEDIACIJSKA FUNKCIJA
Submerzne vodne rastline	
<i>Myriophyllum spicatum</i> (klasasti rmanec)	
<i>Najas marina</i> (velika podvodnica)	
<i>Nuphar lutea</i> (rumeni blatnik)	da
<i>Potamogeton lucens</i> (bleščeči dristavec)	
emerzna vodna rastlina	
<i>mentha aquatica</i> (vodna meta)	da
Zelnate rastline	
<i>Calystegia sepium</i> (navadni plotni slak)	
<i>Clematis vitalba</i> (navadni srobot)	
<i>Juncus articulatus</i> , (bleščeče plodno ločje)	
<i>Leontodon autumnalis</i> (jesenski otavčič)	
<i>Lotus corniculatus</i> (navadna nokota)	
<i>Lycopus europaeus</i> (navadni regelj)	
<i>Lythrum salicaria</i> (navadna krvenka)	
<i>Poa</i> sp. (latovka)	
<i>Pteridium aquilinum</i> (orlova praprotn)	
<i>Ranunculus acris</i> (ripeča zlatica)	
<i>Reynoutria japonica</i> (japonski dresnik)	
<i>Rumex acetosa</i> (navadna kislica)	
<i>Setaria verticillata</i> (muhrič)	
<i>Solidago canadensis</i> (kanadska zlata rozga)	
<i>Symphytum officinale</i> (navadni gabez)	
<i>Trifolium repens</i> (plazeča detelja)	da
<i>Tussilago farfara</i> (navadni lapuh)	
Grmovne vrste	
<i>Corylus avellana</i> (navadna leska)	
Drevesne vrste	
<i>Alnus glutinosa</i> (črna jelša)	da
<i>Alnus incana</i> (siva jelša)	da
<i>Cornus sanguinea</i> (rdeči dren)	
<i>Quercus robur</i> (dob)	
<i>Picea abies</i> (navadna smreka)	
<i>Pinus sylvestris</i> (rdeči bor)	da
<i>Salix caprea</i> (iva)	da

PRILOGA B

Pogled na ERM otok (Območje 1: Naravna vrednota)



PRILOGA C

Pogled na prireditveno jaso, biološke valove zasajene s šaši in obrežni koridor (Območje 3: TRC Jezero)



PRILOGA D

Pogled na prireditveno jaso in paviljone, v ozadju biološki val zasajen s šaši (Območje 3: TRC Jezero)



PRILOGA E

Pogled na jasno športnih igrišč, v ozadju fitoremediacijski nasad vrb v začetni fazi (Območje 3: TRC Jezero)



PRILOGA F

Pogled na pot med fitoremediacijskimi nasadi (Območje 3: TRC Jezero)



PRILOGA G

Pogled na zasajen obrežni koridor ob čolnarni (Območje 3: TRC Jezero)



PRILOGA H

Pogled na umetno močvirje (Območje 4: Izliv v reko Pako)



PRILOGA I

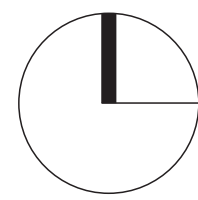
Pogled na zasajen obrežni koridor (Območje 4: Izliv v reko Pako)



PRILOGA J

Pogled na jezero in ERM otoke z razgledne točke (Območje 7: Izliv Lepene)





Lepena

Deponija pepela / območje ugrezanja površja

območje 7

območje 1

območje 2

območje 4

območje 3

sadovnjak

ERM otok

Štalsko jezero

Sopota

ribogojnica

plaža

kavarna

otroško igrišče

restavracija Jezero

tenis igrišča

Bela dvorana

bar

parkirišče

- A Obrežni koridor
- B ERM otoki
- C Vegetacijska bariera
- D Vegetacijski filter
- E Fitoremediacijski nasad
- F Biološki val
- G Umetno močvirje