

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Mejavšek, J., 2014. Idejna zasnova malega vodnega zbiralnika v vasi Hruševo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F., somentor Šantl, S.): 81 str.

Datum arhiviranja: 03-07-2014

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Mejavšek, J., 2014. Idejna zasnova malega vodnega zbiralnika v vasi Hruševo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F., co-supervisor Šantl, S.): 81 pp.

Archiving Date: 03-07-2014

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM VODARSTVO IN  
KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Kandidat:

**JANEZ MEJAVŠEK**

**IDEJNA ZASNOVA MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA  
V VASI HRUŠEVO**

Diplomska naloga št.: 232/VKI

**CONCEPTUAL DESIGN OF SMALL RETENTION  
BASIN IN HRUŠEVO**

Graduation thesis No.: 232/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Franc Steinman

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Dušan Žagar

**Somentor:**

viš. pred. mag. Sašo Šantl

**Član komisije:**

doc. dr. Andrej Kryžanowski

doc. dr. Simon Schnabl

Ljubljana, 30. 06. 2014

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani **JANEZ MEJAVŠEK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:  
**»IDEJNA ZASNOVA MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA V VASI HRUŠEVO«**.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 5. maj 2014,

Janez Mejavšek

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM**

<b>UDK:</b>	<b>621.22:628.113(497.4)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Janez Mejavšek</b>
<b>Mentor:</b>	<b>prof. dr. Franc Steinman</b>
<b>Somentor:</b>	<b>viš. pred. mag. Sašo Šantl</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Idejna zasnova malega vodnega zbiralnika v vasi Hruševo</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>diplomska naloga – univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>81 str., 14 pregl., 42 sl., 35 en.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>vodni zbiralnik, akumulacija, pregrada, izpustni objekt, preliv, prispevno območje, izkop, namakanje, suša</b>

## **IZVLEČEK**

Mali vodni zbiralniki so hidrotehnični objekti za akumuliranje vode z namenom uporabe le-teh v poljedelske, živinorejske ali druge namene. Uporabljajo se predvsem za zadovoljevanje potreb posameznega kmetijskega gospodarstva, se pravi lokalnih lastnih potreb za namakanje manjših površin kmetijskih kultur (vrtnine, trajni nasadi itd.) oziroma pojenju živine. V diplomskem delu so na začetku predstavljeni tipi malih vodnih zbiralnikov glede na razpoložljive vodne vire, omejitve in zahteve glede na slovensko zakonodajo za primer enostavnih in nezahtevnih objektov ter osnovni napotki za gradnjo zbiralnikov glede na različne geološke značilnosti v Sloveniji. Ker so padavine v Sloveniji porazdeljene zelo neenakomerno, sta nam pri izbiri možnih lokacij takšnih objektov v veliko orientacijsko pomoč karti potencialne celoletne in potencialne zimske nabire vode v Sloveniji, ki sta bili izdelani po naročilu Ministrstva za kmetijstvo in okolje. V nadaljevanju sledi podrobnejši opis zasnove in izvedbe vodnega zbiralnika po sestavnih elementih: zbiralni bazen, pregrada, izpustni objekt in visokovodni preliv. V glavnem, praktičnem delu naloge sem predpostavil hipotetično situacijo potrebe po akumuliranju vode v vasi Hruševo. Za dani primer sem zdimenzioniral mali vodni zbiralnik, ki se bo polnil s površinskim meteornim odtokom iz zalednega območja.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

<b>UDC:</b>	<b>621.22:628.113(497.4)(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Janez Mejavšek</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>Prof. Franc Steinman, Ph.D.</b>
<b>Co-Supervisor:</b>	<b>senior lecturer mag. Sašo Šantl</b>
<b>Title:</b>	<b>Conceptual design of small retention basin in Hruševo</b>
<b>Document type:</b>	<b>Graduation thesis – University studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>81 p., 14 tab., 42 fig., 35 eq.</b>
<b>Key words:</b>	<b>retention basin, storage, dam, outlet structure, spillway, catchment area, excavation, irrigation, drought</b>

**ABSTRACT**

Small retention basins are water managing objects for accumulation of water for the purpose of cultivating land, cattle feeding and other. They are mostly used by individual rural economies for their own local needs for irrigation of smaller agricultural areas (orchards, smaller plantations etc.) or source of water for their livestock. At the beginning of this work all types of small retention basins are presented, regarding the available water sources, restrictions and requirements in accordance with Slovenian legislation. This is followed by some basic instructions for building small detention basins on different composition of geological characteristics found in Slovenia. Designation of a good catchment area can be a challenging task because of the very high inequality of precipitation distribution in Slovenia. Therefore this thesis includes a good orientational help in form of maps of potential annual and winter water storage in Slovenia that have been made on demand of Ministry of agriculture. In continuation there is a more thorough description of the realization of all four basic components of retention basin: reservoir, dam, outlet structure and emergency spillway. In the main, practical part of this work, I have designed a small retention basin for the catchment of surface runoff in Hruševo.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Francu Steinmanu. Zahvaljujem se tudi podjetju VGB Maribor d.o.o., še posebej g. Iztoku Čuješu kom.inž., za vse nasvete in pojasnila.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. NAČRTOVANJE IN ANALIZA</b> .....	<b>3</b>
2.1 PREGLED ZAKONODAJE ZA PRIDOBIVANJE DOVOLJENJ IN SOGLASIJ ZA GRADNJO MALIH VODNIH ZBIRALNIKOV .....	3
2.1.1 Omejitve in zahteve za enostavne objekte .....	4
2.1.2 Omejitve in zahteve za nezahtevne objekte .....	5
2.2 TEHNIČNE MOŽNOSTI IZGRADNJE RAZLIČNIH TIPOV MALIH VODNIH ZBIRALNIKOV .....	6
2.2.1 Zajezitev tekočih voda.....	7
2.2.2 Odvzem vode iz struge .....	8
2.2.3 Vodni zbiralnik v vodonosnih plasteh.....	9
2.2.4 Vodni zbiralniki na zamočvirjenih območjih ali območjih občasnih izvirov na kmetijskih površinah.....	10
2.2.5 Zbiranje površinske meteorne vode in dreniranje vodonosnih plasti.....	11
2.2.6 Predlogi gradnje vodnih zbiralnikov na različnih območjih v Sloveniji.....	11
2.2.7 Sklep.....	13
2.3 VODNA BILANCA .....	14
2.3.1 Lastnosti tal in matična podlaga .....	14
2.3.2 Količine možne nabire vode .....	16
2.3.3 Vodna bilanca vodnega zbiralnika.....	17
2.4 ZASNOVA MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA .....	18
2.4.1 Zbiralni bazen .....	19
2.4.1.1 Načrtovanje vkopa .....	20
2.4.1.2 Izvedba vkopov.....	23
2.4.1.3 Tehnična spremljava .....	24
2.4.2 Zemeljske pregrade.....	25
2.4.2.1 Osnovne zahteve in pogoji .....	26
2.4.2.2 Projektiranje zemeljskih pregrad .....	28



2.4.2.3	Presoja stabilnosti in napetosti v zemeljskih pregradah .....	32
2.4.2.4	Opazovanje pregrade.....	33
2.4.3	Izpustni objekt.....	34
2.4.4	Visokovodni preliv .....	36
2.4.5	Dodatni ukrepi in možnosti .....	37
<b>3.</b>	<b>POTREBNI PODATKI ZA ZASNOVO MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA V VASI</b>	
	<b>HRUŠEVO .....</b>	<b>39</b>
3.1	UVOD .....	39
3.2	LOKACIJA .....	39
3.3	NAMAKALNA NORMA .....	41
3.4	VODNI VIR .....	42
3.5	GEOLOŠKA SESTAVA TAL .....	44
<b>4.</b>	<b>DIMENZIONIRANJE MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA .....</b>	<b>46</b>
4.1	IZRAČUN VODNE NABIRE.....	46
4.2	STABILNOSTNA ANALIZA .....	47
4.2.1	Vkop.....	48
4.2.2	Zemeljska pregrada .....	50
4.3	ZBIRALNI BAZEN.....	55
4.4	PREGRADA.....	58
4.5	MASNA BILANCA .....	59
4.6	SPREMLJAJOČI OBJEKTI .....	62
4.6.1	Izpustni objekt.....	62
4.6.2	Visokovodni preliv .....	67
4.6.3	Dimenzioniranje zbirnega jarka.....	70
<b>5.</b>	<b>POPIS DEL IN PREDIZMERE .....</b>	<b>71</b>
<b>6.</b>	<b>ZAKLJUČEK.....</b>	<b>74</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>76</b>

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Vodni zbiralnik s čelno zajezitvijo vodotoka .....	7
Slika 2: Vodni zbiralnik na vzporednem kanalu (derivacija) .....	8
Slika 3: Vodna zbiralnika izkopana v podzemno vodo (levo: v aluvialno plast in desno: pobočni dotoki podzemne vode na neprepustni podlagi) .....	9
Slika 4: Vodni zbiralnik na območju izvira.....	10
Slika 5: Vodni zbiralnik površinske meteorne in drenirane vode.....	11
Slika 6: Hidrološke skupine tal v Sloveniji .....	15
Slika 7: Potencialna celoletna nabira vode ( $m^3/ha/leto$ ) povprečnega leta v obdobju 1971 – 2000 .....	16
Slika 8: Potencialna zimska nabira vode ( $m^3/ha/leto$ ) povprečnega leta v obdobju 1971 – 2000 .....	17
Slika 9: Bilanca zbiralnika .....	18
Slika 10: Vzdolžni prerez malega vodnega zbiralnika.....	19
Slika 11: Prečni prerez akumulacije .....	20
Slika 12: Sprememba toka podtalnice v primeru izkopa.....	21
Slika 13: Sprememba pornih tlakov v primeru izkopa.....	22
Slika 14: Osnovni elementi zemeljske pregrade.....	25
Slika 15: Razmerje med dejavniki, ki vplivajo na komprimacijo.....	28
Slika 16: Primer pronicanja pod in skozi slojevito pregrado.....	29
Slika 17: Načini tesnjenja pregrad .....	31
Slika 18: Prečni prerez možnih izvedb pregrade vodnega zbiralnika .....	33
Slika 19: Primer tipskega meniha, ki ga je uporabiti pri gradnji vodnih zbiralnikov .....	35
Slika 20: Vzdolžni prerez primera umestitve izpustnega objekta.....	36
Slika 21: Prečni prerez primera umestitve visokovodnega preлива na kroni pregrade .....	37
Slika 22: Tloris vodnega zbiralnika z enotnim vtokom (izliv zbirnega jarka) .....	38
Slika 23: Situacija malega vodnega zbiralnika s spremljajočimi objekti .....	40
Slika 24: Stabilnostna analiza izkopa za prazno stanje, naklon brežin 1V : 3H.....	49
Slika 25: Stabilnostna analiza izkopa za polno stanje, naklon brežin 1V : 3H.....	49

Slika 26: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, prazno stanje, vodna stran .....	51
Slika 27: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, prazno stanje, zračna stran .....	51
Slika 28: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, polno stanje, vodna stran .....	52
Slika 29: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, polno stanje, zračna stran .....	52
Slika 30: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, prazno stanje, vodna stran.....	53
Slika 31: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, prazno stanje, zračna stran.....	53
Slika 32: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, polno stanje, vodna stran.....	54
Slika 33: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, polno stanje, zračna stran.....	54
Slika 34: Detajl sidranja hrapave folije debeline 2 mm .....	56
Slika 35: Detajl navezave folije na betonski menih .....	56
Slika 36: Krivulja površin in volumna akumulacije .....	57
Slika 37: Profili za izračun zemeljskih mas.....	60
Slika 38: Ploskovni (zgoraj) in masni profil (spodaj) .....	61
Slika 39: Prečni prerez cevnege prepusta (levo) in vzdolžni prerez tipske betonske poševne glave (desno) .....	63
Slika 40: Skica obremenitve meniha s hidrostatičnim tlakom.....	65
Slika 41: Skica armature v menihu .....	66
Slika 42: Visokovodni preliv in drča .....	69

**KAZALO PREGLEDNIC**

Preglednica 1: Omejitve pri gradnji enostavnih objektov po posameznih področjih veljavne zakonodaje ..	4
Preglednica 2: Omejitve pri gradnji nezahtevnih objektov po posameznih področjih veljavne zakonodaje	5
Preglednica 3: Bruto norma namakanja [ $\text{m}^3/\text{ha}/\text{leto}$ ] za povprečno in sušno leto s pet letno povratno dobo za namakalno območje osrednje Slovenije (kapljično namakanje) .....	42
Preglednica 4: Mesečne višine padavin [mm] za obdobje 2000 – 2009 na merilni postaji Ljubljana - Šentvid .....	43
Preglednica 5: Razpoložljiva količina vode ( $\text{m}^3$ ) v vodnih zbiralnikih različnih prostornin (globine 2 m), po odšteti izgubah (za sušno leto s pet letno povratno dobo) za rastno sezono na namakalnem območju osrednje Slovenije (maj – september) .....	44
Preglednica 6: AC klasifikacija zemljin .....	45
Preglednica 7: Strižne karakteristike zemljin (drenirano stanje) .....	45
Preglednica 8: Faktorji varnosti brežin vkopa .....	48
Preglednica 9: Faktorji varnosti brežin pregrade .....	50
Preglednica 10: Podatki za cevni prepust in tipsko betonsko poševno glavo .....	63
Preglednica 11: Popis del - pripravljala dela .....	71
Preglednica 12: Popis del - zemeljska dela .....	71
Preglednica 13: Popis del – izpustni objekt .....	72
Preglednica 14: Popis del – zaključna dela .....	73

## 1. UVOD

Hiter gospodarski razvoj, večje število prebivalcev in boljši standard ter urbanizacija naselij imajo za posledico povečano potrebo po kakovostni vodi. Zato se zaloge pitne vode zmanjšujejo, povečuje pa se njihovo onesnaženje. Slovenija ima vode v izobilju, vendar neenakomerno porazdeljene, ob tem pa obstajajo problemi glede urejanja, izkoriščanja in zaščite voda.

Oskrba industrije in naselij z vodo je v raznih planih in študijah deležna večjega poudarka kot oskrba z vodo na področju kmetijstva in gozdarstva. Problemi preskrbe z vodo za kmetijske in druge namene so bili do sedaj dokaj zapostavljeni. V načrtih in smernicah za razvoj kmetijstva samega, so sicer opredeljene potrebe po intenziviranju rastlinske pridelave kot osnove za živinorejsko proizvodnjo in potrebe po celostnem razvoju podeželja, vključno s hribovitimi področji. Tudi zaradi tega je oskrba z vodo in zagotavljanje zadostnih količin vode ustrezne kakovosti eden večjih izzivov trajnostnega razvoja človeštva v prihodnje. V Sloveniji se v hribovitih območjih oblikuje ogromna količina vode, kar 95 % vseh količin, ki tečejo z območja naše države, pa vendar je v teh krajih suša pogosta. Naša država je v tem pogledu v posebnem položaju. Po eni strani imamo v povprečju relativno veliko padavin, kar nas uvršča med vodno bogate države, po drugi strani pa so te padavine prostorsko in časovno zelo neenakomerno porazdeljene. Pomemben vpliv imajo tudi geološka podlaga ter raba tal in relief. Vsi ti dejavniki v različni meri vplivajo na razpoložljivost vode v državi.

Za razvoj sušnih območij je potrebno zagotoviti zadostno količino vode in pravilno razporeditev le-te med porabniki. Ena od možnih rešitev omenjenih problemov je proučitev možnosti postavitve manjših vodnih zbiralnikov, ki bi se napajali iz razpršenega površinskega odtoka. Kmetijstvo je namreč največji porabnik vseh aktiviranih vodnih virov na zemeljski obli, namakanje pa je največji porabnik vode v sektorju kmetijstvo, tako da je v prihodnje pričakovati, da se bo zaradi napovedanih primanjkljajev vode še povečal pritisk za gradnjo omenjenih objektov. Male vodne zbiralnice bi se uporabljalo predvsem kot dodatni vodni vir za zadovoljevanje potreb posameznega kmetijskega gospodarstva, torej predvsem lastnih lokalnih potreb.

Prvi del diplomske naloge sestoji iz splošnega opisa hidrotehničnega objekta – malega vodnega zbiralnika. Podan je pregled zakonodaje za pridobitev dovoljenj in soglasij, tehničnih možnosti za gradnjo poznanih tipov malih vodnih zbiralnikov in predlogi za umestitev različnih tipov takšnih objektov glede na izbrano področje v Sloveniji. Predstavljena je metodologija, ki omogoča poiskati pogoje za izbiro lokacij gradnje malih vodnih zbiralnikov glede na lokacijske in hidrološke pogoje oziroma razpoložljive vodne vire, glede na geološke in pedološke razmere in tehnično izvedljivost objektov z vidika načina gradnje ter osnovne

pogoje geotehnične in hidrotehnične stabilnosti s tehničnimi zasnovami objektov in napotkov za vzdrževanje malih vodnih zbiralnikov.

V drugem, praktičnem delu diplomske naloge, sem predpostavil hipotetično situacijo potrebe po akumuliranju vode za namakalne namene v vasi Hruševo. Izdelana je idejna zasnova malega vodnega zbiralnika, ki se bo polnil s površinskim odtokom meteornih vod. Prikazano je dimenzioniranje zbiralnega bazena, zemeljske pregrade in vseh potrebnih spremljajočih objektov.

## 2. NAČRTOVANJE IN ANALIZA

Pri vsaki investiciji se je potrebno zavedati robnih pogojev znotraj katerih je mogoča izvedba nekega projekta. Preveriti je potrebno zakonska določila in omejitve, določiti tehnične možnosti izvedbe ter oceniti investicijske stroške ter koristi.

### 2.1 Pregled zakonodaje za pridobivanje dovoljenj in soglasij za gradnjo malih vodnih zbiralnikov

Izgradnjo malih vodnih zbiralnikov urejajo različna zakonodajska področja, s pravilniki, uredbami in odloki na državnem in občinskem administrativnem nivoju. Zato je v sklopu tega poglavja analizirana obstoječa zakonodaja, ki določa potreben postopek za pridobitev dovoljenj in soglasij za gradnjo omenjenih objektov.

Umestitev v prostor posega v veljavno zakonodajo s področja prostora, kmetijstva, narave in okolja. V odvisnosti na zakonodajo se posege preverja glede na velikost, vrsto in izvedbo malih vodnih zbiralnikov ter načina polnjenja z vodo.

Zbiralniki, obdelani v teoretičnem delu naloge, so namenjeni posameznim lastnikom oziroma kmetovalcem za zadovoljevanje lastnih potreb po namakanju zemljišč. V povezavi s tem dejstvom je ključna predvsem prostornina vodnih zbiralnikov, ki bi omogočala učinkovito umestitev v prostor, izpolnjevala pogoje za površinsko zbiranje meteornih vod in zadoščala namakalnim potrebam zemljišč. Zbiralnike glede na velikost in namakalno površino delimo na naslednje objekte (Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. Ur. L. RS št. 18/2013, 24/2013, 26/2013):

- enostavni objekti,
- nezahtevni objekti,
- zahtevni objekti.

Za vsak mali vodni zbiralnik je potrebno pred začetkom gradnje izdelati posnetek terena v absolutnem koordinatnem sistemu in načrt vodnega zbiralnika, ki vsebuje: tehnični opis z določitvijo dimenzij vodnega zbiralnika in hidravličnim dimenzioniranjem (po potrebi), stabilnostno presojo pregrade pri višinah večjih od 2 m (geotehnično poročilo), tloris (situativni prikaz), vsaj 2 prečna prereza in načrt iztoka. Ostali sestavni deli projekta se izdelajo v skladu z Zakonom o graditvi objektov glede na zahtevnost objekta. Po veljavni zakonodaji male vodne zbiralnike umeščamo med nezahtevne objekte, ter v primeru izključno zbiranja padavinskih vod s površin streh med enostavne objekte (Pintar in sod., 2012).

### 2.1.1 Omejitve in zahteve za enostavne objekte

V nadaljevanju so predstavljene omejitve in zahteve za enostavne objekte po veljavni zakonodaji:

- nista potrebna ne gradbeno dovoljenje, ne poročilo o vplivih na okolje,
- ni potrebno pridobiti uporabnega dovoljenja,
- je potrebno pridobiti soglasja v kolikor imamo opravka s poseganjem na zavarovana območja.

Preglednica 1: Omejitve pri gradnji enostavnih objektov po posameznih področjih veljavne zakonodaje (povzeto po: Pintar in sod., 2012)

Zakonodaja	Omejitve vrste posega
Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poseg mora biti skladen s prostorskimi akti občine</li> </ul>
Zakon o graditvi objektov – ZGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objekt za akumulacijo vode in namakanje; prostornina razlivne vode do vključno 250 m<sup>3</sup></li> <li>• bazen; prostornina do vključno 60 m<sup>3</sup></li> </ul>
Zakon o vodah – ZV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vodno soglasje, vodno dovoljenje, vodna pravica</li> </ul>
Zakon o varstvu okolja – ZVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zmogljivost črpanja do 100 l/s, PVO ni potreben</li> <li>• v kolikor je površina namakalnega zemljišča velika do 50 ha PVO ni potreben, v primeru pa, da se posega na območje zavarovano ali varovano v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo kulturne dediščine ali vodovarstveno območje v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo voda ali območje Natura 2000 ali potencialno območje Natura 2000, zavarovano območje ali naravna vrednota v skladu s predpisi, ki urejajo ohranjanje narave je prag posega zmanjšan na 30 ha, kar pomeni da do 30 ha PVO ni potreben</li> </ul>
Zakon o kmetijskih zemljiščih – ZKZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odločba o uvedbi namakanja</li> </ul>
Področna zakonodaja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zavarovana območja</li> <li>• Naravovarstveno soglasje</li> <li>• Kulturovarstveno soglasje</li> <li>• Soglasje s področja gozdov</li> <li>• Vodno soglasje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• če leži zemljišče na katerem naj bi bil zgrajen enostaven objekt na območju varovalnega pasu oziroma varovanem območju, mora investitor vložiti zahtevo za izdajo soglasja pri pristojnem organu oziroma službi in tej zahtevi priložiti skico in sicer:</li> <li>• če se predlaga uvedba na varovanih, zavarovanih, defradiranih ali ogroženih območjih po predpisih o ohranjanju narave in varstvu okolja</li> <li>• varstvenih ali ogroženih območjih, kjer poseg vpliva na vodni režim ali stanje voda</li> <li>• gozd po predpisih o gozdovih</li> <li>• območjih, ki so varovana po predpisih o varstvu kulturne dediščine</li> </ul>
Se nadaljuje ...	



... nadaljevanje preglednice 1	
Ostali pogoji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• enostavni objekti ne smejo imeti samostojnih priključkov na objekte GJI, pač pa so lahko priključeni le na obstoječe priključke</li> <li>• če leži zemljišče, na katerem naj bi bil zgrajen enostavni objekt na območju, ki je s posebnimi predpisi opredeljeno kot varovalni pas objekta GJI ali na območju, ki je s posebnimi predpisi opredeljeno kot varovano, mora investitor pred začetkom gradnje takšnega objekta pridobiti pisno soglasje pristojnega organa oziroma službe</li> <li>• objekti za lastne potrebe so lahko zgrajeni le na zemljiških parcelah, ki pripadajo stavbi, h kateri se gradijo in sicer najdlje za čas njenega obstoja</li> </ul>

### 2.1.2 Omejitve in zahteve za nezahtevne objekte

V nadaljevanju so predstavljene omejitve in zahteve za nezahtevne objekte po veljavni zakonodaji:

- potrebno je pridobiti gradbeno dovoljenje (na podlagi enostavne skice, brez projektne dokumentacije),
- ni potrebno pripraviti poročila o vplivih na okolje,
- potrebno je pridobiti uporabno dovoljenje,
- potrebna soglasja, če se posega na zavarovana območja.

Preglednica 2: Omejitve pri gradnji nezahtevnih objektov po posameznih področjih veljavne zakonodaje (povzeto po: Pintar in sod., 2012)

Zakonodaja	Omejitve vrste posega
Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPN	<ul style="list-style-type: none"> <li>• poseg mora biti skladen s prostorskimi akti občine</li> </ul>
Zakon o graditvi objektov – ZGO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• objekt za akumulacijo vode in namakanje; prostornina razlivne vode od 250 m<sup>3</sup> do vključno 2000 m<sup>3</sup></li> </ul>
Zakon o vodah – ZV	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vodno soglasje, vodno dovoljenje, vodna pravica za poseg v prostor, če je to določeno s predpisi, ki urejajo varstvena ali ogrožena območja po ZV ali v primeru gradnje vodnih objektov (akumulacije so po ZV vodni objekti)</li> </ul>
Se nadaljuje ...	

... nadaljevanje preglednice 2	
Zakon o varstvu okolja – ZVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• zmogljivost črpanja do 100 l/s, PVO ni potreben</li> <li>• v kolikor je površina namakalnega zemljišča velika do 50 ha PVO ni potreben, v primeru pa, da se posega na območje zavarovano ali varovano v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo kulturne dediščine ali vodovarstveno območje v skladu s predpisi, ki urejajo varstvo voda ali območje Natura 2000 ali potencialno območje Natura 2000, zavarovano območje ali naravna vrednota v skladu s predpisi, ki urejajo ohranjanje narave je prag posega zmanjšan na 30 ha, kar pomeni da do 30 ha PVO ni potreben</li> <li>• suh ali moker zadrževalnik ali objekt za zadrževanje voda, površine 15 ha ali prostornine 250000 m<sup>3</sup>, kar pomeni da do 15 ha površine ali in do 250000 m<sup>3</sup> prostornine PVO ni potreben</li> </ul>
Zakon o kmetijskih zemljiščih – ZKZ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• odločba o uvedbi namakanja</li> </ul>
Področna zakonodaja <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zavarovana območja</li> <li>• Naravovarstveno soglasje</li> <li>• Kulturovarstveno soglasje</li> <li>• Soglasje s področja gozdov</li> <li>• Vodno soglasje</li> <li>• Druga soglasja</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• če leži zemljišče na katerem naj bi bil zgrajen nezahtevni objekt na območju varovalnega pasu oziroma varovanem območju, mora investitor vložiti zahtevo za izdajo soglasja pri pristojnem organu oziroma službi in tej zahtevi priložiti skico in sicer:</li> <li>• če se predlaga uvedba na varovanih, zavarovanih, defradiranih ali ogroženih območjih po predpisih o ohranjanju narave in varstvu okolja</li> <li>• varstvenih ali ogroženih območjih, kjer poseg vpliva na vodni režim ali stanje voda</li> <li>• gozd po predpisih o gozdovih</li> <li>• območjih, ki so varovana po predpisih o varstvu kulturne dediščine</li> </ul>
Ostali pogoji	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nezahtevni objekti ne smejo imeti samostojnih priključkov na objekte GJI, pač pa so lahko priključeni le na obstoječe priključke</li> <li>• če leži zemljišče, na katerem naj bi bil zgrajen nezahtevni objekt na območju, ki je s posebnimi predpisi opredeljeno kot varovalni pas objekta GJI ali na območju, ki je s posebnimi predpisi opredeljeno kot varovano, mora investitor pred začetkom gradnje takšnega objekta pridobiti pisno soglasje pristojnega organa oziroma službe</li> </ul>

## 2.2 Tehnične možnosti izgradnje različnih tipov malih vodnih zbiralnikov

Izhodišča, katera upoštevamo pri umeščanju malih vodnih zbiralnikov v prostor, so (Matičič, 1994):

- zagotovljen vodni vir,
- ustrezna izbira lokacije glede na bližino zemljišča, ki ga želimo namakati in reliefne značilnosti,
- določitev potrebne prostornine za zadostitev namakalnih potreb izbranih kultur,

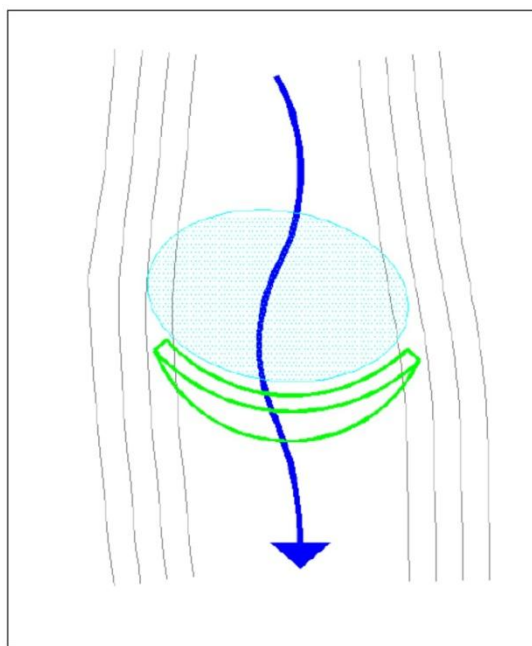
- druge omejitve, ki so posledica razpoložljivih količin vode, tehničnih pogojev izvedbe in načina delovanja,
- možnost gradnje glede na lastništvo zemljišč in ostalo veljavno zakonodajo.

Ob naštetih izhodiščih je enako pomembno tudi poznavanje prostora gradnje in njegovih značilnosti.

Osnovno izhodišče za izbor lokacije in s tem tudi vrste ter velikosti zbiralnika, je zagotavljanje potrebnih količin vode. Na podlagi mogočega načina zbiranja vode se določi tip vodnega zbiralnika (Regent, Juvan, 1995).

### 2.2.1 Zajezitev tekočih voda

Vodotok, ki teče po dolini, se zajezi s prečnim objektom oziroma pregrado, katera sega do robov doline. Nabira vode v zbiralniku je odvisna od razlike med dotokom in odtokom ter razpoložljive prostornine za pregrado.



Slika 1: Vodni zbiralnik s čelno zajezitvijo vodotoka (Pintar in sod., 2012)

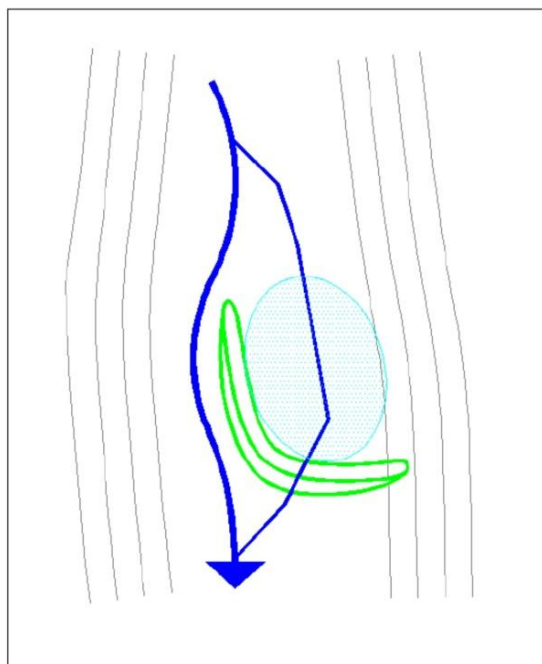
Ob pregradi je za takšne zbiralnike prav tako potrebno predvideti objekte za varno obratovanje v primerih visokih vod. Izpusti, s katerimi se kontrolira količina vode v zbiralniku, morajo zagotavljati pretoke v primeru visokih vod s povratno dobo 100 let, s praznjenjem zbiralnika in visokovodne varnostne prelive, katerih namen je pretok preko pregrade v ekstremnih primerih brez nevarnosti porušitve pregrade. Takšni vodni zbiralniki imajo pretežno velik vpliv na dinamične in hidravlične značilnosti vodotoka. Ob

akumuliranju se dviguje gladina in s tem povečuje potencialna energija vode, katero je potrebno ustrezno izničiti. Ravno tako s samo zajezitvijo vplivamo na tok plavin, kar se odraža kot problem pri odlaganju naplavin v zbiralniku ter povečanju erozije pod zajezbo.

Načeloma so zaradi vpliva na okolje in prostor takšni zbiralniki zahtevni objekti. V praksi so to predvsem akumulacije s čelno zajezitvijo za hidroelektrarne različnih velikosti, ribniki na potokih in podobno (Pintar in sod., 2012).

### 2.2.2 Odvzem vode iz struge

Vodni zbiralnik se umesti vzporedno z vodnim tokom, iz katerega odvajamo potrebno količino vode. Odvzem praviloma težnostnega dotoka vode zagotovimo z delitvijo pretoka na razdelilnem objektu.



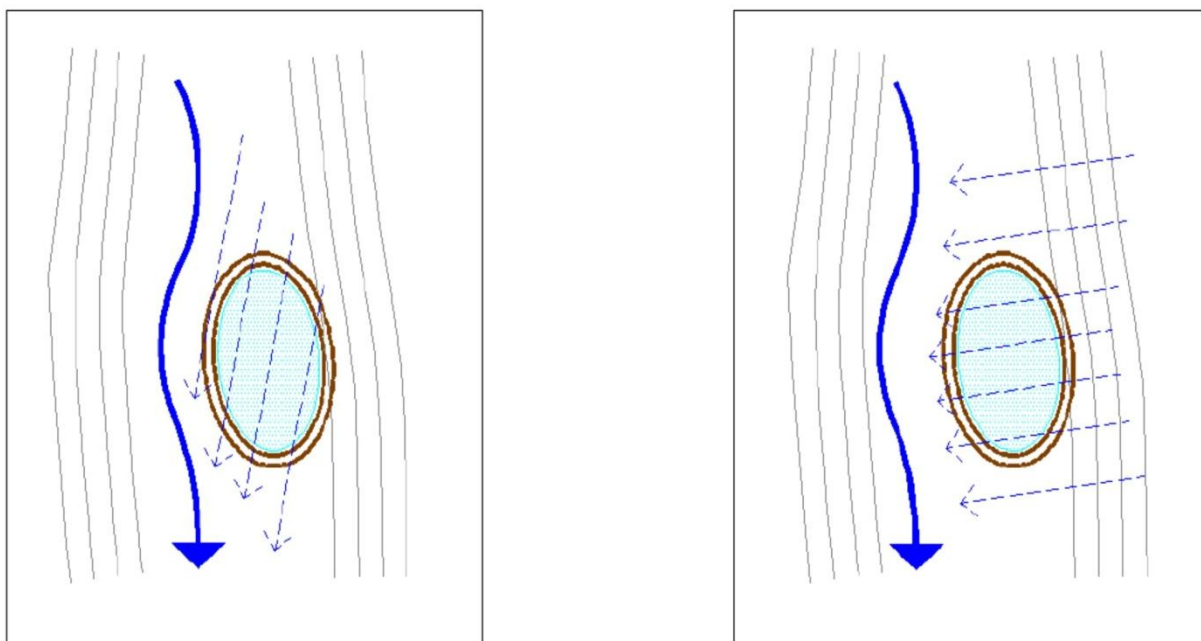
Slika 2: Vodni zbiralnik na vzporednem kanalu (derivacija) (Pintar in sod., 2012)

Pri odvzemu iz vodotokov z relativno vodnatostjo pretočnega prereza ali pri odvzemu iz hudourniških strug s stalno vodo običajno odzemna mesta predvidimo na naravno oblikovanih predelih, kot so tolmeni, stopnje, itd. Pri večjih odvzemih (blizu  $Q_{sr}$ ) se uporablja zahtevnejše jezovne zgradbe z vsemi potrebnimi objekti (talni in prodni izpust, preliv za nizke, srednje in visoke vode, podslapje, ribje steze, peskolov na dotočnem kanalu in podobno). Pri manjših vodnih zbiralnikih je mogoče dotok zagotoviti z manjšimi jarki (mlinščice) ali s cevovjivo. V primeru odprtih odtočnih kanalov je pričakovati dvig podzemne vode zaradi infiltracije oziroma zmanjšanja dreniranja glavnega odvodnika. V primeru cevitve

in toka s prosto gladino je potrebno cevi predimenzionirati in položiti v enakomernem padcu od zajema do zbiralnika. Pri toku pod tlakom, kjer je pretočni prerez poln, se velikost cevi določi glede na tlačne izgube med zajemom in zbiralnikom. V tem primeru se padec cevi lahko prilagaja terenu, vendar je bolj smotrno izvesti padec brez večjih lomov trase saj se s tem izognemo izvedbi dodatnih blatnikov ali zračnikov. Dotok v zbiralnik z derivacijo lahko kontroliramo, zato so iztočni objekti relativno enostavni. Omogočati morajo predvsem ohranjanje gladine in občasno praznjenje vodnega zbiralnika za primer čiščenja ali saniranja nasipov. Izток iz vodnega zbiralnika se praviloma vrača v vodotok, iz katerega smo vodo odvzeli (Pintar in sod., 2012).

### 2.2.3 Vodni zbiralnik v vodonosnih plasteh

Na področjih s plitko lego vodonosnika s podzemno vodo s prosto gladino, lahko zbiralnik izvedemo z izkopom pod gladino podzemne vode na dva načina.



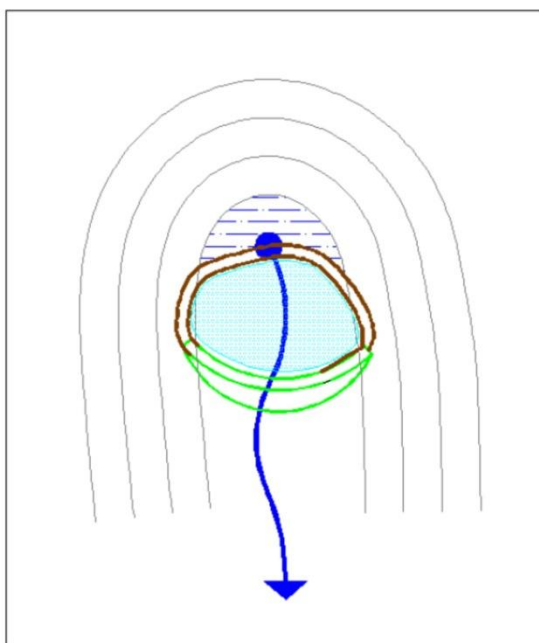
Slika 3: Vodna zbiralnika izkopana v podzemno vodo (levo: v aluvialno plast in desno: pobočni dotoki podzemne vode na neprepustni podlagi) (Pintar in sod., 2012)

a.) Prvi način je, da se vodni zbiralnik, ki se sicer nahaja v bližini vodotoka, napaja neposredno s tokom podzemne vode, kateri je povezan s površinskim tokom v strugi vodotoka. Tako sta dotok vode in gladina v zbiralniku neposredno povezana s tokom v strugi. Objekti za kontroliranje odtoka in dotoka v tem primeru niso potrebni. Takšni vodni zbiralniki se večinoma nahajajo v aluvialnih plasteh.

b.) Drugi način je izkop v vodonosno plast na področjih kjer poteka tok podzemne vode diagonalno ali prečno na dolino. V tem primeru je glavni pogoj, da je hribinska podlaga sorazmerno debela in neprepustna (glina, glinovci, lapor itd.). Potrebni so predvsem objekti za kontrolo odtoka in gladine vode, ki se izvedejo podobno kot pri vodnem zbiralniku, ki se polni z odvzemom vode iz struge. Primeri takšnih zbiralnikov so ribniki in glinokopi. Izvaja se lahko tudi kombinacijo obeh zgoraj omenjenih načinov (Pintar in sod., 2012).

#### 2.2.4 Vodni zbiralniki na zamočvirjenih območjih ali območjih občasnih izvirov na kmetijskih površinah

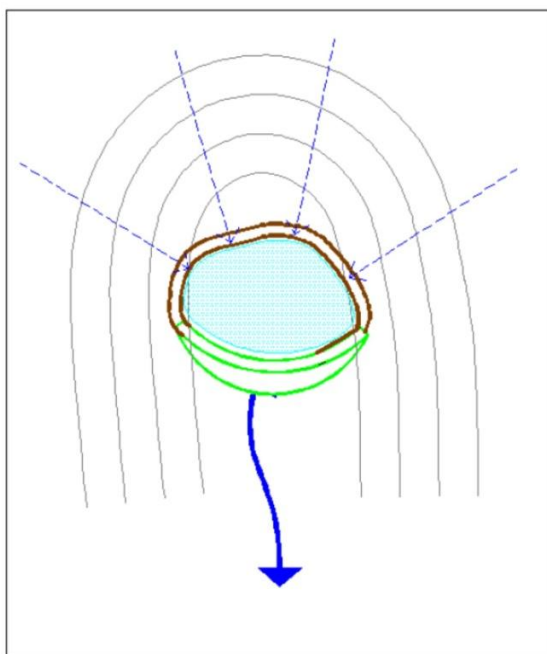
Takšni zbiralniki so praviloma manjši, njihova gradnja pa je možna na območjih kjer je neprepustna vodonosna plast blizu površine tal in kjer se nahajajo občasni izviri. Vodni zbiralnik se izvede delno z gradnjo nasipa na spodnji strani (izravnava terena) in z izkopom. Običajno se uporabi enostavni iztočni objekt, katerega naloga je predvsem ohranjanje gladine in občasno praznjenje zbiralnika. Voda se skozi izpust izliva v jarek ali strugo potoka. V preteklosti so bili takšni objekti zelo pogosti in so služili predvsem napajanju živine. Dodatno polnjenje je mogoče zagotoviti z dreniranjem okoliških izvirov zato so primerni za uporabo tako na hribovitih in gričevnatih predelih, kot na aluvialnih ravninah ali flišnih območjih (Pintar in sod., 2012).



Slika 4: Vodni zbiralnik na območju izvira (Pintar in sod., 2012)

### 2.2.5 Zbiranje površinske meteorne vode in dreniranje vodonosnih plasti

Male zbiralnike takšnega tipa je mogoče predvideti na področjih kjer so tla tik pod površjem težko prepustna, tako da večji delež vode odteče po površini. Dodatno polnjenje zbiralnika lahko zagotovimo tudi z uporabo vode ki odteka s streh stanovanjskih objektov in gospodarskih poslopij ter z dreniranjem vodonosnega sloja, v kolikor je ta dovolj plitek, na mokrotnih zemljiščih. Količina razpoložljive vode je tako odvisna predvsem od količine padavin v času nabire, vrste tal in geološke matične podlage, ter velikosti prispevnega področja. Pri tej vrsti zbiralnikov so poleg nasipa nujni iztočni objekti, ki omogočajo uravnavanje odtoka z dotokom, kontrolo gladine vode in praznjenje zbiralnega bazena. V tem primeru je polnjenje odvisno samo od padavin. Pogoj za izvedbo takšne vrste zbiralnika pa je ustrezna oblikovanost terena (depresija ali izoblikovana dolina). Pri povečanju dotoka v bazen si lahko pomagamo z odtočnimi jarki iz okoliških pobočij (Pintar in sod., 2012).



Slika 5: Vodni zbiralnik površinske meteorne in drenirane vode (Pintar in sod., 2012)

### 2.2.6 Predlogi gradnje vodnih zbiralnikov na različnih območjih v Sloveniji

V nadaljevanju so predstavljeni predlogi gradnje vodnih zbiralnikov glede na relief in geološko sestavo tal na različnih območjih v Sloveniji:

- Območje jugozahodne Slovenije s flišno podlago

Izbira lokacije izkopa in pregradnega prereza je pogojena s potekom flišnih plasti oziroma stika med peščenjakom in laporjem. Ugodnejša so področja kjer plasti ne potekajo vzporedno s pobočjem, saj je v obratnem primeru stabilnost zaradi pričakovanih drsin veliko manjša. Flišni material je načeloma dovolj

neprepusten za izvedbo pregrade zgolj z dovolj veliko komprimacijo in brez dodatnih tesnitvenih ukrepov. V primeru, da se na območju izkopa nahaja plast kvalitetnejšega peščenjaka, se ta vgradi na zunanjo stran pregrade (zaradi stabilnosti in dreniranja), lapor pa na notranjo stran (zagotavljanje vodotesnosti). Pregrade iz fliša so izdatneje podvržene preperevanju in sukaciji, zato jih je potrebno dobro prekriti s plastjo preperine in humusa. Prav tako je potrebna kontrola vsaj 1 krat letno, ter po vsakem večjem deževju ali daljši suši.

- Kraška območja

Najboljša rešitev je zatesnitev kraških vrtač. Dobro je tesniti z glino, vendar je ta na kraškem območju redka tako, da se lahko uporabi kakšne druge težko prepustne zemljine (manj rodovitna preperina). Nad največjim pričakovanim nivojem vode v zbiralniku se požiralniki ne tesnijo. Viški vod se načeloma zato lahko odvajajo v kraško podzemlje. Za proces ponikanja se lahko uporabi tudi sosednje vrtače ali ponikovalna polja oziroma jaške. Ponikovalna polja in jaške je treba redno vzdrževati in čistiti. Same lokacije objektov za ponikanje vode morajo biti pazljivo izbrane, saj voda ne sme ogrozati objektov in infrastrukture ob ekstremnih situacijah. Na področjih možnega onesnaženja je treba vodo pred ponikanjem filtrirati.

- Hriboviti in gričevnati predeli

Zelo pomembno je da so zbiralniki grajeni na stabilni geološki podlagi. Pogojno stabilne ali labilne podlage ne pridejo v poštev. Prostor za akumuliranje vode je običajno treba povečati z izkopom. V primeru, da jih ni mogoče izvesti v nagibih, ki zagotavljajo stabilnost, je potrebna dodatna stabilizacija. Pregrado se običajno gradi na hribini. Kadar je nasipna zemljina nekoherentna, lahko lastnost izboljšamo z dodajanjem drobnozrnate koherentne zemljine. Neprepustnost pregrade dosežemo s tesnilnimi sloji na vodni strani ali v jedru pregrade. Potrebna je kontrola vsaj 1 krat letno, ter po vsakem močnejšem naliwu ali daljši suši. Viške vod se odvaja v naravne odvodnike ali vodotoke.

- Aluvialne ravnice

Izvedba vodnih zbiralnikov je mogoča z izkopom, ki običajno že sam po sebi zagotavlja geološko stabilnost. Priporočljiv naklon brežin je vsaj 1V : 2,5H, v drobnih peskih in meljih pa so potrebne še geomehanske preverbe. V primeru visoke podzemne vode tesnitev ni potrebna (gladini zbrane vode in podtalne vode sta izenačeni), če pa je podzemna voda globoka, za tesnitev uporabimo glino ali bentonit. Viške vod je mogoče odvajati s ponikanjem ali speljati v vodotoke oziroma obstoječe odvodnike (Pintar in sod., 2012).



### 2.2.7 Sklep

V diplomski nalogi bo podrobneje opisana umestitev v prostor in izgradnja vodnega zbiralnika za zbiranje površinske meteorne vode saj je najprimernejši tip, ki pride v poštev na izbrani lokaciji. Druga možnost akumuliranja bi bil še odvzem vode iz struge Hruševnika, vendar se je po pogovoru z lokalnimi prebivalci ta možnost izkazala za nezanesljivo, saj se vse pogosteje dogaja, da ima potok precej nizek vodostaj.

Po veljavni zakonodaji obravnavani vodni zbiralniki najpogosteje spadajo med enostavne (v primeru prestrezanja kapnice) in nezahtevne objekte. Mnogokrat je (predvsem v hribovitih in gričevnatih območjih) prostornina, ki jo dopušča Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Uradni list RS št. 18/2013, 24/2013, 26/2013) v primeru nezahtevnih objektov zadostna. Če so potrebe večje, pa moramo graditi zahtevne objekte (nad 2000 m<sup>3</sup> prostornine), saj trenutna zakonodaja vodnih zbiralnikov ne umešča več med manj zahtevne objekte. Pomembno dejstvo je tudi, da v skladu z Zakonom o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 110/02 – ZGO-1, 2/04 – ZZdl-A, 41/04 – ZVO-1 in 57/08) ni potrebno pridobiti vodne pravice za zbiranje meteorne zaledne vode, pod pogojem da ne posegamo v varstvena ali ogrožena območja.

Upravičenost izvedbe posameznih variant se mora preveriti tudi iz ekonomsko finančnih vidikov, pri tem pa je potrebno cenovno ovrednotiti vse spremembe, posledice in koristi, ki jih prinese umestitev takšnega objekta v okolje, ter jih primerjati s samimi stroški izvedbe, vzdrževanja in obratovanja. Z gradnjo malih vodnih zbiralnikov imamo v Sloveniji malo izkušenj, zato ni na razpolago ustreznih podatkov, ki bi omogočili oceno upravičenosti investicije na nivoju predinvesticijskih študij. Praviloma mora zato analiza stroškov in koristi temeljiti na podrobnejših podatkih saj se tako začetna investicija, kot stroški vzdrževanja močno razlikujejo glede na izbiro lokacije in sestavo tal. Iz Združenih držav Amerike, kjer je praksa malih vodnih akumulacij precej pogosta, prihajajo zelo različne informacije. O tem priča že sam podatek, da se je v nekaterih primerih povpraševanje oziroma vrednost zemljišč v neposredni bližini takšnih objektov povzpela tudi do 35 %, v nekaterih drugih pa ostala praktično nespremenjena, brez kakršnih koli očitnih razlogov (Schueler, Brown, 1997). Obstaja sicer nekaj empiričnih formul za računanje približnega investicijskega zneska v odvisnosti od prostornine akumulacije, ki pa so bile določene na podlagi dolgoletnih izkušenj na območju ZDA. Če se bo v Sloveniji gradnja vodnih zbiralnikov uveljavila v večjem obsegu, se bodo s časom že pokazale vzporednice na podlagi katerih bi lahko določili posplošeni izračun stroškov in koristi, ki bo lahko osnova za ugotavljanje primernosti za gradnjo in tip izvedbe vodnih zbiralnikov za območje Slovenije.

## 2.3 Vodna bilanca

Območja, ki ležijo blizu vodotokov, imajo možnost uporabe vode iz le-teh tako, da so z vidika preskrbe z vodo manj problematična. Za odročnejše predele pa je potrebno preučiti meteorološke in hidrološke možnosti preskrbe z vodo za namakanje s pomočjo malih vodnih zbiralnikov.

Porazdelitev padavin je v Sloveniji regionalno zelo raznolika. Pretežno pogoste suše se najpogosteje pojavljajo na dveh območjih – v priobalnem pasu in Prekmurju. Pogosteje trpijo za sušami tudi na celjskem, v Vipavski dolini in osrednji ter zgornji Savinjski dolini. Drugje so zabeleženi krajši in manjši primanjkljaji vode, ki pa so z leti vse pogostejši. Od aprila do septembra je suša v tridesetletnem obdobju, v pretežnem delu Slovenije prizadela kmetijske rastline kar osemkrat (Sušnik, 2011).

Nabira vode v vodnem zbiralniku je pogojena z naslednjimi dejavniki (Chin, 2000):

- količina in intenzivnost padavin,
- evapotranspiracija,
- infiltracija,
- časovna in krajevna porazdelitev padavin,
- pokrovnost tal,
- primernost lokacije za gradnjo,
- ostali dejavniki.

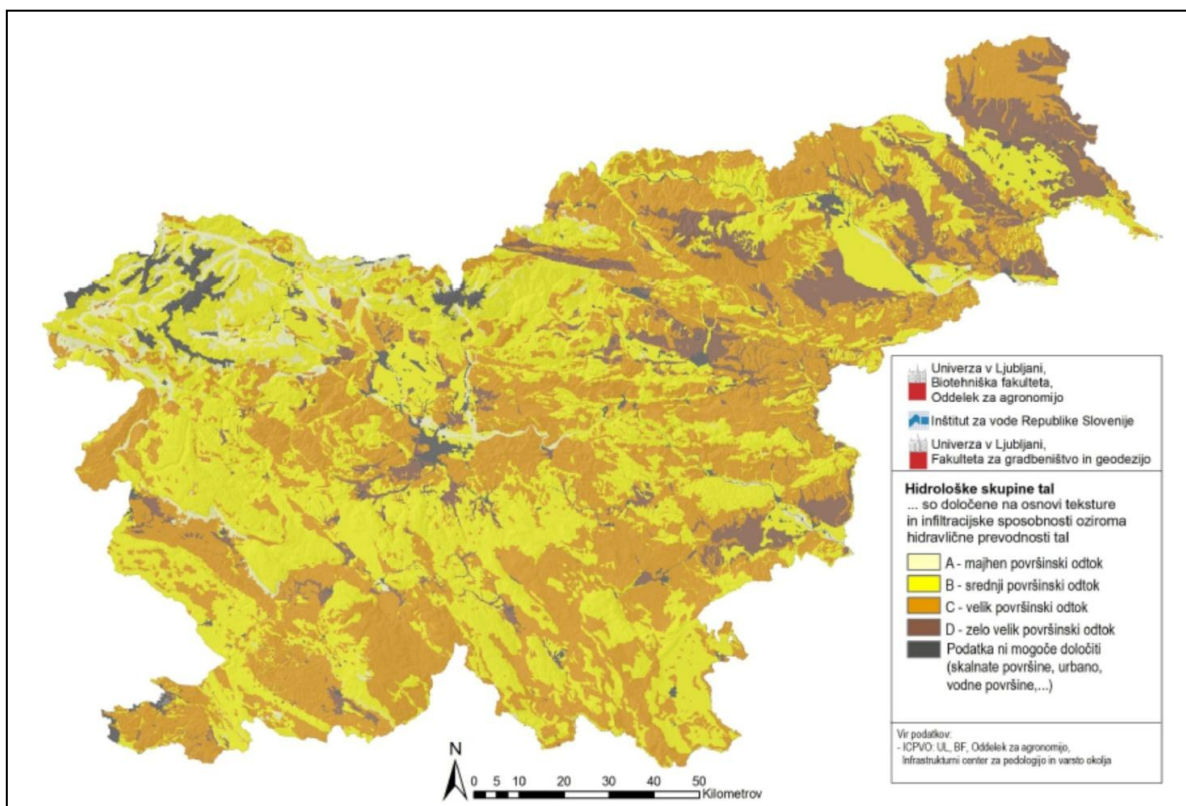
V nadaljevanju sledi prikaz ocene možne količine vode, ki bi se lahko zbirala z zbiralniki iz neposrednega zaledja poljubnega območja v Sloveniji, kot je bila izdelana v delu: »Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji« (Pintar in sod., 2012). Vrednosti so bile izračunane z namenom splošnega pregleda oziroma predstavitve potenciala različnih področij po Sloveniji za možno zbiranje meteornih vod zato tudi v seminarju predstavljene vrednosti služijo le kot orientacija za boljšo predstavo o primernosti območij za gradnjo malih vodnih zbiralnikov. Izračuni nikakor niso dovolj natančni za določanje dimenzij vodne akumulacije v praksi. Zato je še vedno nujen detajlnejši izračun po temu namenjenih metodah.

### 2.3.1 Lastnosti tal in matična podlaga

Ključni podatek za določanje primernih območij za zbiranje vode je določanje lastnosti in infiltracijske sposobnosti tal na prispevnih površinah. V okviru dela: »Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji« (Pintar in sod., 2012), so bili oblikovani razredi za infiltracijsko sposobnost tal in predlagana razvrstitev tal v hidrološke skupine (HST) za opredelitev potencialnega površinskega odtoka v Sloveniji (slika 6).

Lastnosti tal, poleg naklona in rabe tal ter intenzitete padavin, močno vplivajo na infiltrirano vodo, ki teče pod površjem in količino vode, ki odteče po površju. Razmerje med obema količinama nam poda tako imenovana hidrološka skupina tal. Vsaka skupina predstavlja podoben odtočni potencial pod podobnimi pogoji. Na odtok najbolj vpliva globina do sezonske višine gladine podzemne vode, globina do zelo počasi prepustne plasti in nenasičena hidravlična prevodnost. Takšno razvrstitev tal uporablja večina modelov, ki so namenjeni uporabi vode v sistemu tla – rastlina in predstavlja površinski odtok pri enaki intenziteti padavin, rabi tal in naklonu 5 % (SWAT, 2005). Pri klasifikaciji tal so bili uporabljeni osnovni pedološki podatki (tekstura in globina tal, pojav neprepustnega Bg horizonta, delež organske snovi v zgornjih plasteh tal, matična podlaga), ter podatki izvedeni iz pedoloških in drugih prostorskih podatkov (infiltracijska sposobnost tal, količina rastlinam dostopne vode in drugi izvedeni podatki).

Koeficient odtoka nam pove kakšen delež padavin odteče po površini tal. Smiselno je, da je zaledje zbiralnika trajna zelena površina. Zato je bila za namen določitve koeficienta odtoka izbrana enotna raba tal in sicer redno košen travnik (angl: Meadow – continous grass, protected from grazing and generally mowed for hay).



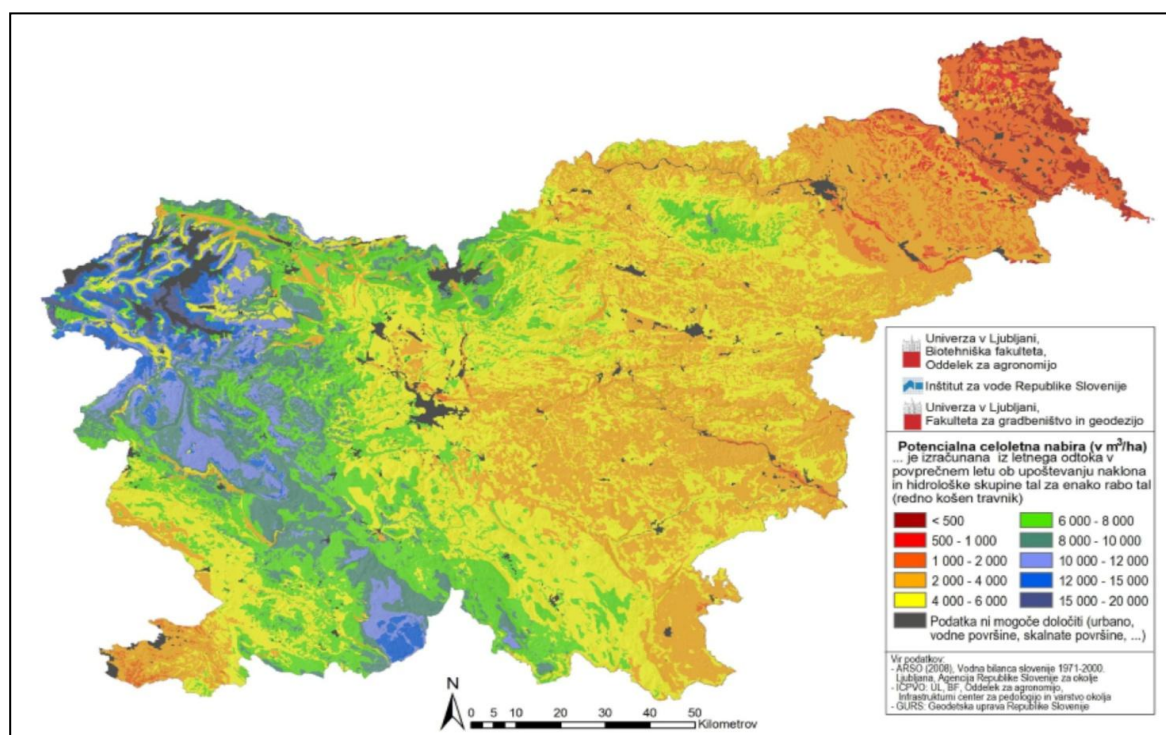
Slika 6: Hidrološke skupine tal v Sloveniji (Pintar in sod., 2012)

V Sloveniji je malo tal z majhnim površinskim odtokom, nahajajo se le v nekaterih alpskih dolinah, gruščnatih pobočjih (litosol) in na večini odsekov neposredno ob rekah Drava, Sava in Kamniška Bistrica. Prevladujejo tla s srednjim in velikim površinskim odtokom s tem, da je zahodni del bolj prepusten od vzhodnega tako, da se posplošeno vzhodni del države izkaže za bolj primerne za nabiro površinske vode. Ravno tako so na vzhodu pogostejša glinasta, zelo neprepustna tla, čeprav se v manjšem obsegu pojavljajo tudi v Vipavski dolini.

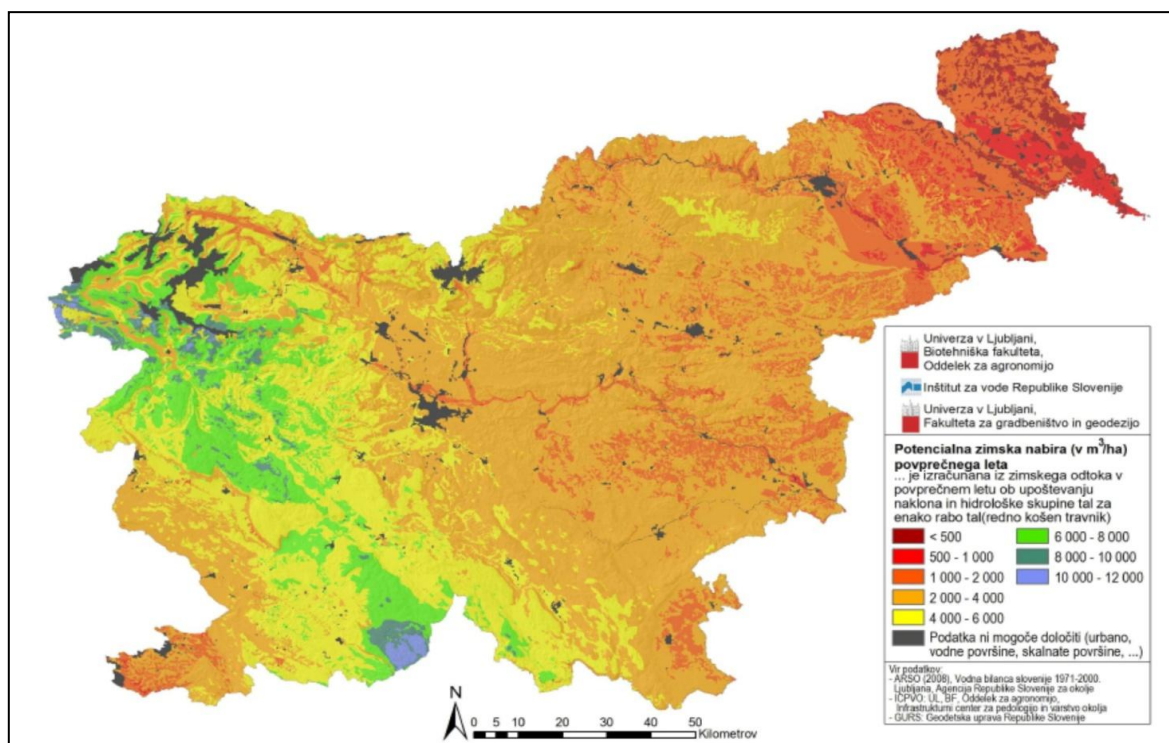
### 2.3.2 Količine možne nabire vode

Pri izračunu potencialne vodne nabire v  $m^3/ha$  kot je prikazana na slikah 7 in 8 so bili uporabljeni naslednji podatki (Pintar in sod., 2012):

- potencial odtokov povprečnega leta za obdobje 1971 -2000, ki je objavljen v knjigi Vodna bilanca Slovenije 1971 – 2000 (ARSO),
- količina celoletnega in zimskega odtoka ter hidrološke skupine tal (HST),
- naklon v %, izračunan iz digitalnega modela reliefa z resolucijo 100 m.



Slika 7: Potencialna celoletna nabira vode ( $m^3/ha/leto$ ) povprečnega leta v obdobju 1971 – 2000 (Pintar in sod., 2012)



Slika 8: Potencialna zimska nabira vode (m<sup>3</sup>/ha/leto) povprečnega leta v obdobju 1971 – 2000 (Pintar in sod., 2012)

Takšna je slika možne nabire v Sloveniji na podlagi prostorske analize odtokov (celoletni in zimski odtok za povprečno leto obdobja 1971 - 2000), glede na infiltracijo v tla (razvrstitev v HST) z upoštevanjem izgub zaradi trajne pokritosti z travno rušo.

Najmanjša potencialna celoletna nabira je na SV (manj kot 500 m<sup>3</sup>/ha) države, nekoliko večja (500 m<sup>3</sup>/ha – 2000 m<sup>3</sup>/ha) je na območjih Pomurja in Slovenskih goric. Na pretežnem področju Koroške, Štajerske, Bele krajine in Primorske se giblje med približno 2000 m<sup>3</sup>/ha in 4000 m<sup>3</sup>/ha, nabira večja od 6000 m<sup>3</sup>/ha pa je možna v predalpskem prostoru, na območju Dinarskega krasa in višje ležečih planot (slika 7). Če upoštevamo le zimsko nabiro vode (slika 8) je ta sicer znatno manjša, vendar pa je ta količina v celoti na voljo za začetek namakanja, saj v zimskem času ni izrabe vode iz zbiralnikov.

### 2.3.3 Vodna bilanca vodnega zbiralnika

Potrebna prostornina vodnega zbiralnika je pogojena z lokacijo, obdobjem in trajanjem rasti kultur, ki jih želimo namakati. Vodna bilanca zbiralnika se tekom rastne sezone spreminja. Pri vtoku in odtoku je potrebno upoštevati tudi izgube zaradi evaporacije in padavine, ki padejo neposredno na površino zbiralnika. Izgube vode iz zbiralnika se zaradi evaporacije povečujejo od aprila do avgusta, medtem ko se v septembru zaradi večjih padavin zmanjšajo. Izgube na območjih panonskih in mediteranskih razmer

lahko dosežejo tretjino do polovico letnih padavin na območju, medtem ko na drugih področjih dosegajo izgube petino do desetino letnih padavin (Matičič in sod., 1994).

Spremembo volumna vode v akumulaciji poda enačba:

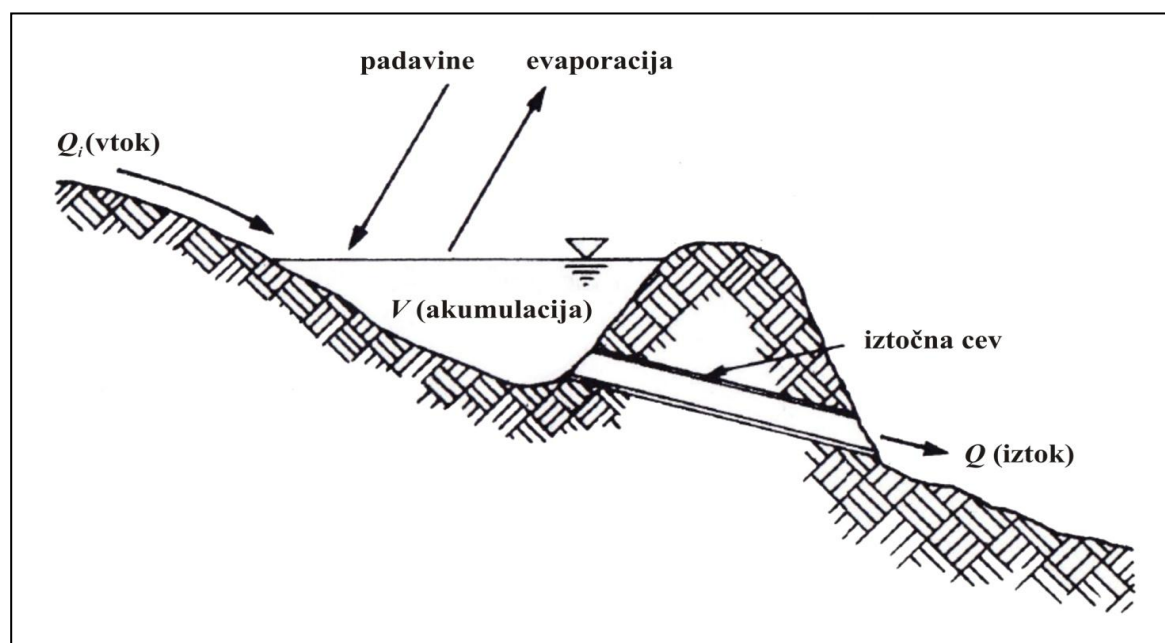
$$Q_i - Q_o = \frac{dV}{dt} \quad (1)$$

$Q_i$  vtok v zbiralnik (in padavine, ki padejo na površino akumulacije) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$Q_o$  odtok iz zbiralnika (in evaporacija) [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$V$  prostornina vode v akumulaciji [ $\text{m}^3$ ]

$t$  čas [s]

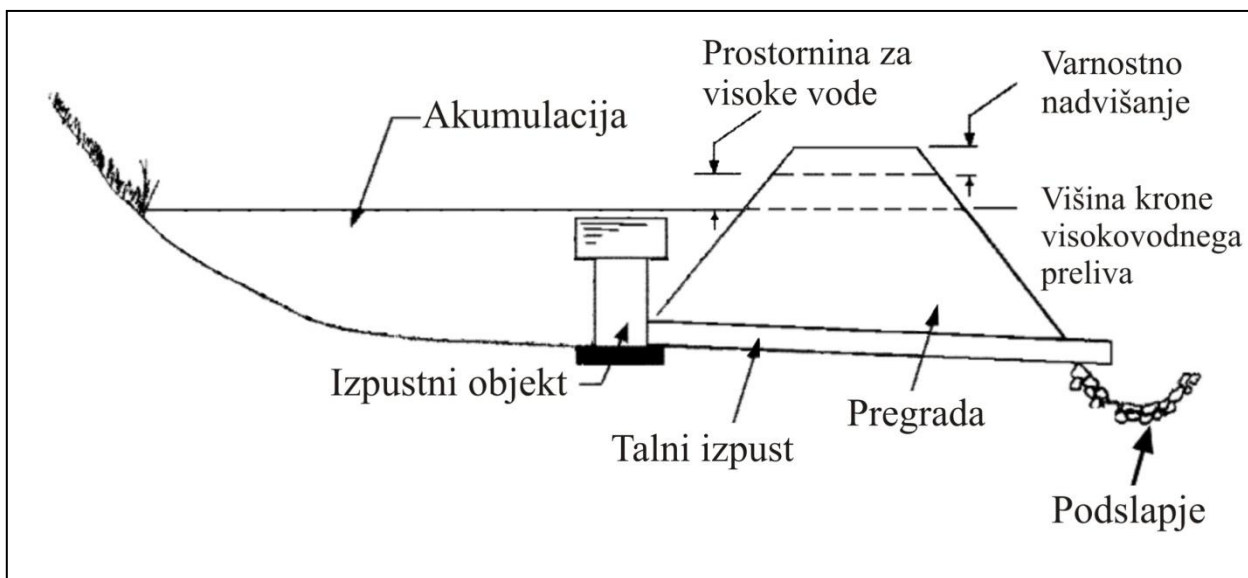


Slika 9: Bilanca zbiralnika (Povzeto po: Viessman, 2008)

#### 2.4 Zasnova malega vodnega zbiralnika

Poleg zagotovitve potrebne količine vode, predstavljajo v primeru gradnje vodnih zbiralnikov glavni izziv tehnični pogoji, ki so povezani z geomehansko stabilnostjo območja posega in predvidenih nasipov. Območja tokov podzemne vode na plitkih vodonosnih plasteh se načeloma smatrajo za labilna ali pogojno stabilna. Poleg tega so takšna področja pogosto izpostavljena daljšim deževjem, kar lahko v kombinaciji s povečanjem naklona terena pripelje do nezaželenih posledic. Tako izkop, kot gradnja nasipov dodatno zmanjšuje stabilnost tal, saj obtežba povzroči dvig gladine vode in povečanje strujnih tlakov ter vzgona.

Zato je predpogoj pri izgradnji in načrtovanju nujno upoštevanje osnovnih geotehničnih in geomehanskih izhodišč, ki so specifična za vsako posamezno lokacijo.

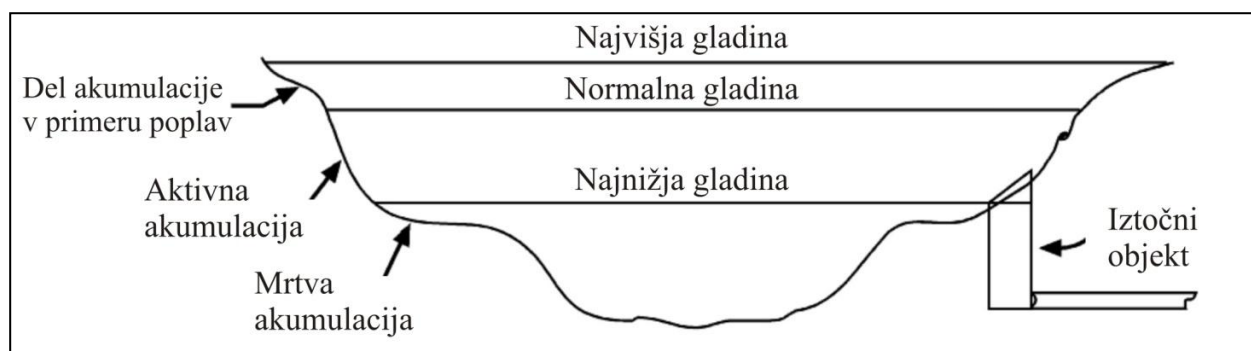


Slika 10: Vzdolžni prerez malega vodnega zbiralnika (Povzeto po: Storm Water Pond Systems, 2000)

Osnovne faze gradnje vodnega zbiralnika kot nezahtevnega objekta se lahko v grobem delijo na izbiro lokacije in določitev razpoložljivih količin voda ter na izvedbo akumulacijskega bazena in pregrade. V sklopu gradnje pregrade je treba izvesti še talni izpustni objekt in visokovodni preliv, kar je podrobneje predstavljeno v nadaljevanju naloge.

#### 2.4.1 Zbiralni bazen

V večini primerov postopkov izbiranja mesta za potrebe izgradnje zemeljskih objektov za zajem meteornih vod so lokacije izbrane v najnižjih točkah posestva oziroma prispevnega padavinskega območja. Zaželeno je, da se vodni zbiralnik umesti na mesto kjer je oblikovanost terena že sama po sebi primerna in zahteva čim manjši poseg preoblikovanja terena z izkopom. Če pa na področju, kjer želimo zgraditi vodni zbiralnik, pogoji niso dovolj ugodni, je potrebno prostor za akumulacijo vode zagotoviti z izkopom. V primeru malih vodnih zbiralnikov je v veliki večini sicer globina vkopa še zmeraj razmeroma plitka in tudi nakloni brežin se lahko izvajajo v razmerju 1 V : 2H (za večje vodne akumulacije je potrebno naklon brežin ustrezno zmanjšati), vendar pa je po drugi strani objekt podvržen večjemu tveganju za porušitev ravno zaradi spremenljive obtežbe (pogosto polnjenje in praznjenje bazena). Enako kot v primeru zadrževalnikov, volumen akumulacije vodnih zbiralnikov sestavljajo trije segmenti (slika 11).



Slika 11: Prečni prerez akumulacije (Povzeto po: Storm Water Pond Systems)

Mrtva akumulacija je volumen bazena pod nivojem izpustnega objekta. Višino najnižje gladine določamo z višino vtoka v izpustni objekt. Namenjena je zbiranju sedimenta v času mirovanja akumulirane vode. Tudi za male vodne zbiralnike, ki imajo manjšo zbirno površino je potrebno žrtvovati nekaj volumna za mrtvo akumulacijo saj so zabeleženi primeri, ko se je ta zapolnila že v času enega močnejšega naliva. V izogib takšnim težavam je potrebno dobro utrditi ali zatraviti prispevno površino v zaledju in po praznjenju zbiralnika redno čistiti sedimentiran material.

Aktivna akumulacija je prostor med mrtvo akumulacijo in normalno gladino. To je dejanski uporabni volumen na katerega lahko računamo pri zalivanju kmetijskih kultur. Njegovo najnižjo točko določa višina iztočnega objekta, najvišjo pa varnostno nadvišanje pregrade.

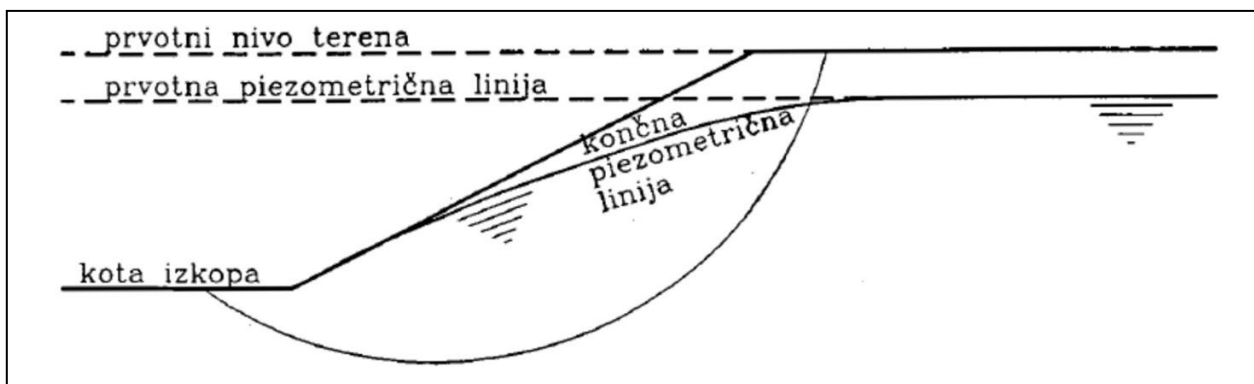
Del akumulacije v primeru poplav je visokovodni volumen, ki se lahko nabere v zbiralnem bazenu v primeru ekstremnih padavin, na račun nadvišanja pregrade, in ni del uporabnega volumna zbiralnika. Prekomerni volumen se ne uporablja v namakalne namene, temveč se odvaja preko varnostnega preлива, umeščene na vrhu pregrade v odtočni jarek, ki vodi v bližnji vodotok oziroma vodonosnik (Mays, 2001).

#### 2.4.1.1 Načrtovanje vkopa

Samo geometrijo zbiralnega bazena se določi za vsako lokacijo posebej, saj je močno odvisna od razmer na terenu. Pri vkopu gre za spremembo geometrije terena, kjer s povečanjem naklona brežin povzročimo manj stabilno stanje. Z odstranitvijo materiala povzročimo več stvari. Zmanjšamo podporo preostalemu materialu, ki se je prej nahajal pod izkopenim in s tem poslabšamo statične razmere v zemljini. Za materiale, ki so bili prej locirani globlje pod površjem, se spremenijo tako obremenitev kot atmosferski vplivi. Zemljina na vkopnih brežinah je naenkrat izpostavljena padavinam, zmrzali in eroziji, kar povzroča hitrejše preperevanje materiala, ter s tem spreminjanje njegovih mehanskih lastnosti. Z zmanjšanjem



obremenitve pa se zmanjšajo tudi tlaki v zemljini, s čemer vplivamo neposredno na tok podtalnice (slika 12).



Slika 12: Sprememba toka podtalnice v primeru izkopa (Logar, 2009)

V izogib nesrečam so potrebne kvalitetne raziskave, katere običajno izvaja geolog ali geomehanik. Obvezno je preveriti zgradbo tal s poudarkom na menjavanju bolj in manj prepustnih slojev ter kontaktov med njimi. Prepričati se moramo o plastovitosti in morebitnih razpokah, ter določiti strižne karakteristike in prostorninsko težo zemljin. Zaradi spremembe tlakov v zemljini moramo poznati režim podtalnice, ter prepustnosti posameznih slojev. Nazadnje pa moramo za materiale, ki bodo po posegu na površju, preveriti še občutljivost na atmosferske vplive in razbremenitev (Masič in sod., 1997).

Pri projektiranju vkopov je potrebno upoštevati naslednje dejavnike (Logar, 2009):

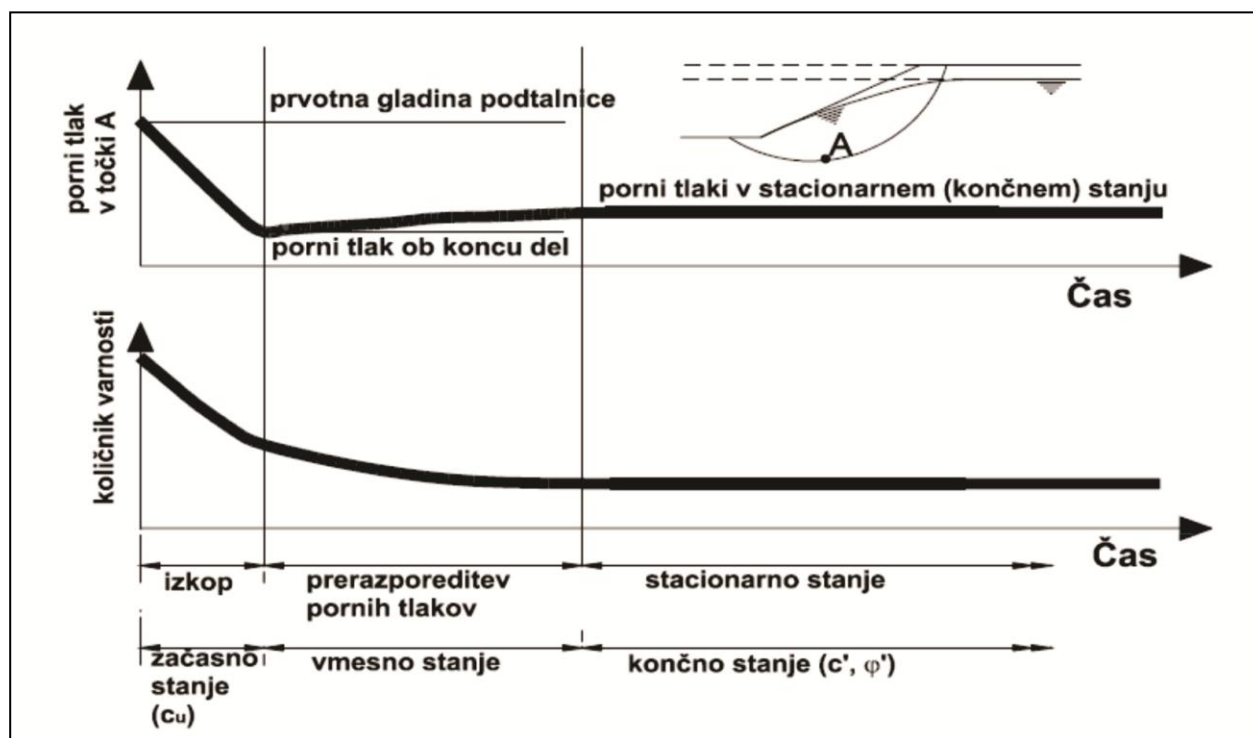
- stabilnost vkopnih brežin,
- vpliv vkopa na bližnjo okolico (stabilnost okolice, vpliv spremembe režima podtalnice itd.),
- vpliv okolice na vkop (seizmičnost in stabilnost terena itd.),
- vzdrževanje vkopnih brežin,
- vpliv vetrov (peščeni nanosi, erozija itd.),
- izgled vkopa in vklapljanje v okolico,
- ekonomičnost.

Tipične raziskave za gradnjo vkopov so inženirsko geološko kartiranje, sondažna dela s terenskimi preiskavami karakteristik tal, geofizikalne meritve in po potrebi dodatne laboratorijske preiskave. Po Evrokodu 7 je potrebno tla raziskati za vsaj še 40 % globine vkopa pod dnem vkopa ali minimalno 2 m pod dnem vkopa (Logar, 2009).

Za določanje stabilnosti vkopnih brežin je potrebno preveriti več dejavnikov, med katere spadajo strižne karakteristike, prostorninska teža in prepustnost ter sama lega in lastnosti stikov med sloji. Ob poznavanju

geološke zgodovine prostora je pomembno preveriti tudi smer in vpad plasti ter razpok in njihove karakteristike (smer, medsebojno oddaljenost, hrapavost, odprtost, zapolnjenost itd.). Nenazadnje pa je najpogostejši vzrok za nestabilnost vkopanih brežin voda. Površinska voda povzroča erozijo, podtalna pa strujne sile ter zmanjševanje efektivnih tlakov in lahko privede do pojava notranje erozije in rahljanja zemeljske mase. Po Evrokodu 7 je potrebno opazovanje nivojev podtalnice v vrtnah in piezometrih v rednih časovnih presledkih. Ugotoviti je potrebno morebitne arteške pritiske podtalnice ter posebnosti kot so zaprti vodonosniki in nihanja zaradi plimovanja (Logar, 2009).

Upoštevanje vpliva vode na stabilnost brežin je najpomembnejše z vidika spremembe napetosti v zemljini. Takoj po izgradnji vkopa so sicer pogoji najugodnejši saj so zaradi razbremenitve porni tlaki zelo majhni, v določenih primerih celo negativni. To stanje je predvsem v prepustnih zemljinah zelo kratkotrajno. S časom se površinske napetosti med zrnca zemljine povečajo in material izgubi nekaj začetne trdnosti. Končno stanje je v prepustnih zemljinah doseženo razmeroma hitro, v manj prepustnih (na kakršnih pretežno gradimo zbiralnike za meteorno vodo) pa lahko traja tudi več let. Zato je potrebno vkope analizirati z upoštevanjem drenirane strižne trdnosti in po potrebi uvesti dodatne stabilizacijske ukrepe (Mays, 2001).



Slika 13: Sprememba pornih tlakov v primeru izkopa (Logar, 2009)

#### 2.4.1.2 Izvedba vkopov

Gradnjo vkopov za primer zbiralnih bazenov izvajamo v naslednjih korakih (Mays, 2001):

- zakoličba in postavitve profilov,
- odstranitev in deponiranje humusa,
- izkopavanje materiala (po potrebi s sprotim odvodnjevanjem),
- utrditev tal in brežin vkopa,
- dodatno tesnjenje tal in brežin vkopa (po potrebi).

Z obzirom na materiale v vkopih je izkope različno težko izvajati oziroma so dela različno zahtevna, kar posledično vpliva tudi na ceno. Zemljine in kamnine, ki se uporabljajo za gradbena dela, se razvrščajo v pet kategorij (Logar, 2009):

1. Plodna zemljina se nahaja na površini terena (humus in ruša s primesmi gramoz, peska, melja ter gline) in je uporabna zgolj za ozelenitve.
2. Slabo nosilne zemljine so v lahko gnetni do židki konsistenci in lahko vsebujejo organske snovi. Za nadaljnjo uporabo so neprimerne, zato jih je potrebno odstraniti in ustrezno deponirati.
3. Drobnozrnata (vezljiva) in grobozrnata (nevezljiva) zemljina se nahaja pod plodno zemljino v srednje gnetni do trdni konsistenci ali v zbitem stanju. V naravnem stanju in ustreznem vremenu je lahko primerna za nadaljnjo uporabo. Nosilnost in stabilnost sta odvisni od zunanjih vplivov.
4. Mehke kamnine so praviloma dobro stabilne in nosilne. V to kategorijo spadajo lapor, fliš, skrilavec, tuf, konglomerat, breča itd.
5. Trde kamnine so sicer dobro nosilne in stabilne, vendar pa sam izkop navadno poteka z miniranjem, kar je v primeru gradnje vodnih zbiralnikov preveč kompliciran proces.

Ob upoštevanju sodobne gradbene mehanizacije spadajo pod gradbena dela izkopi, transport in vgrajevanje. Primeren izkopan material se uporabi za gradnjo pregrade in po potrebi berm, oziroma nasipov namenjenih optimiziranju odtoka površinske vode. Za potrebe vodnih zbiralnikov se v večini uporablja strojni izkop (buldožer, bager, transportna sredstva itd.) (Masič in sod., 1997).

Takoj po končanem izkopu in pred nadaljnjimi deli, je dno akumulacije potrebno zvaljati oziroma utrditi. V primeru, da je mehanska sestava tal v bodoči akumulaciji preveč prepustna (gramoz, kamenje, kraški teren) je navadno najbolj ekonomično celoten bazen tesniti s plastično folijo. Obstajajo tudi drugi materiali s katerimi je mogoče zmanjšati prepustnost obstoječe podlage na mestu vodnega bazena. Iz naravovarstvenega vidika je gotovo najbolje uporabiti naravni material (glina), ki ga lahko kombiniramo z bentonitno folijo. Uporaba drugih oblog (beton, asfalt) je za te vrste objektov cenovno in okoljsko neprimerna. Idealen material za tesnjenje vodne akumulacije mora biti neprepusten za vodo, primerno

trden, prilagodljiv na temperaturne spremembe, odporen proti mehanskim poškodbam in preperevanju, ter poceni in lahek za namestitvev. Najbolj razširjena je uporaba črne polivinilne folije. Varjenje folije je lahko opravljeno v tovarni (na mesto akumulacije se jo pripelje v enem kosu) ali pa poteka na sami lokaciji, kjer jo nato ustrezno namestimo ter sidramo. Debelina folije niha med 0,5 mm do 2 mm, odvisno od razmer in možnosti poškodb na terenu. Tovarne, ki se ukvarjajo s proizvodnjo folije in njeno namestitvijo, zagotavljajo življenjsko dobo 25 let. Sicer pa je doba odvisna od številnih pogojev v času delovanja akumulacije (hoja v akumulaciji, varovanje z ograjo itd.) (Matičič, 1994).

Zaželeno je, da pri načrtovanju vkopov poskušamo že od začetka izkopavati v primernem naklonu, brez dodatnih stabilizacijskih ukrepov. Če to zaradi oblikovanosti terena ni mogoče, lahko uporabimo eno ali kombinacije metod, opisanih v nadaljevanju.

Pomemben faktor pri izbiri tehničnih možnosti zaščite je prepustnost zemljine. Če je ta neprepustna oziroma zelo slabo prepustna, igra pri izbiri in izvedbi varovalnih ukrepov veliko vlogo daljši čas umirjanja napetosti oziroma tlakov v brežinah. Če pa je zemljina prepustna, je ob izbiri ukrepov potrebno upoštevati dejstvo, da bo za uporabo bazena vkop potrebno zatesniti z neprepustnim materialom. Najpogosteje uporabljana metoda je vegetacijska zaščita nepotopljenega dela brežin, ki služi kot protierozijska zaščita oziroma ojačitev površinskega sloja, ki je najbolj podvržen preperevanju. V primeru zbiralnikov sicer redka ampak izvedljiva možnost omilitve nezaželenih vplivov rahljanja in preperevanja slabo prepustne zemljine je tudi roliranje brežin, ki so najbolj izpostavljene vtoku v zbiralni bazen (Mays, 2001).

### 2.4.1.3 Tehnična spremljava

Tehnična spremljava med gradnjo (Logar, 2009):

- geološka spremljava (kartiranje terena – določanje natančnejše zgradbe terena) omogoča morebitne potrebne korekcije projekta, kot so dodatni ukrepi za stabilizacijo brežin, točna lokacija drenaž ali berm itd.),
- geodetsko opazovanje, inklinometri (opazovanje deformacij – preverjanje stabilnosti vkopa).

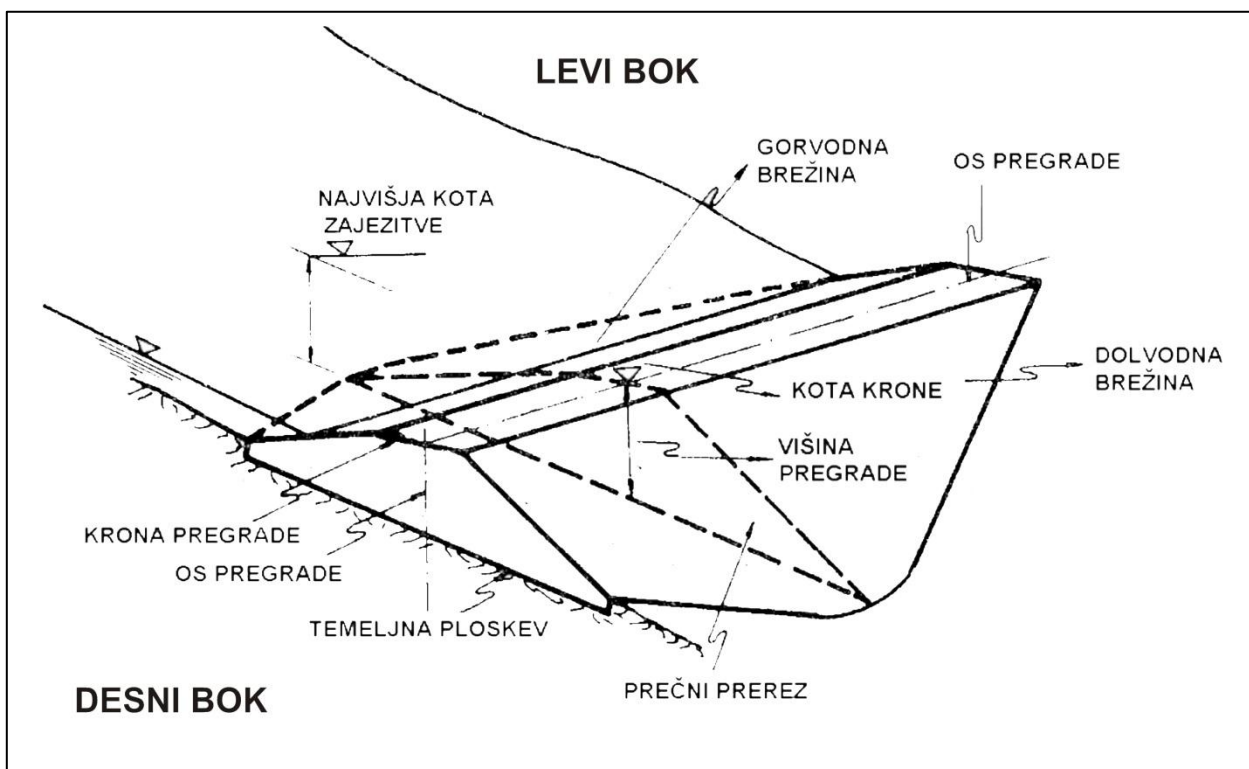
Tehnična spremljava med uporabo (Logar, 2009):

- redni pregledi brežin in drenažnih sistemov omogočajo pravočasno odkrivanje problemov,
- občasno geodetsko opazovanje in meritve z inklinometri opozarjajo na pojave nestabilnosti.

### 2.4.2 Zemeljske pregrade

»Zemeljske pregrade so konstruirane iz naravnih materialov, izkopanih v bližini gradbišča. Razpoložljivi materiali so uporabljeni na najboljši možni način glede na njihove fizikalne lastnosti. Naravni materiali so vgrajeni oziroma komprimirani brez dodatka veznega sredstva, z uporabo visoko sposobne strojne opreme.« (Steinman F., Banovec P., 2008, str. 38)

V marsičem so podobne običajnim zemeljskim nasipom. Pri gradnji je potrebno zagotoviti ustrezno temeljenje in kakovost vgrajenega zemeljskega materiala. Poleg osnovnih zahtev stabilnosti in sprejemljivega velikostnega reda deformacij, predstavlja dodaten problem prepustnost. V primeru, da je ta prevelika, imamo prevelike vodne izgube v akumulaciji, strujanje vode čez pregrado pa še dodatno zmanjšuje stabilnost. Nevarnost pronicanja ter notranje erozije predstavlja hkrati največje tveganje v primeru nizkih zemeljskih pregrad, zato je potrebno temu nameniti še posebno pozornost. Ob kontinuiranem procesu gradnje in posledično nižjim stroškom izvedbe napram betonskim, pa je dodatna prednost tudi sama prilagodljivost na raznovrstne pogoje temeljenja, ter možnost vgraditve zelo različnih materialov glede na danosti bližnjih nahajališč.



Slika 14: Osnovni elementi zemeljske pregrade (Logar, 2009)

### 2.4.2.1 Osnovne zahteve in pogoji

Hidrotehnični nasipi oziroma zemeljske pregrade morajo poleg osnovnih zahtev stabilnosti in deformabilnosti, ki veljajo za vse vrste nasipov, zadoščati tudi drugim za varnost, trajnost in stabilnost pomembnim pogojem. Izpolnjevati morajo zakonitosti vezane na nadzorovanje toka vode skozi pregrade in temeljna tla (tesnjenje, prepustnost). Pri uporabi gradbenega materiala je potrebno upoštevati zahtevano odpornost na izpiranje ter notranjo in površinsko erozijo. Prav tako moramo biti pozorni na kompatibilnost materialov in tehnologij, namenjenih za izgradnjo različnih plasti. Pregrada mora biti zasnovana tako, da je odporna na potres in likvifikacijo.

Na samo zasnovo zemeljskih pregrad vplivajo (Gramec, 2010):

- geotehnične značilnosti temeljnih tal in gradbenega materiala,
- količina razpoložljivega materiala primerne za vgradnjo, ter oddaljenost le-tega od lokacije izvedbe pregrade,
- pogoji izvedbe drugih objektov ob ali v pregradi,
- klimatski pogoji, ki vplivajo na samo gradnjo,
- stopnja potresne ogroženosti območja,
- hidrološke karakteristike lokacije gradnje,
- pogoji zahtevane varnosti in ogrožanje okolice v primeru porušitve,
- okoljske zahteve.

S predpisanimi postopki in preiskavami je potrebno dokazati, da vgradni material izpolnjuje kriterije in lastnosti, privzete v računskih analizah, ki dokazujejo da zgrajena pregrada zadostuje mejnim stanjem nosilnosti in uporabnosti. Bistvene lastnosti terena, ki jih je potrebno preučiti, so geološka zgradba in morfologija terena, tektonika ter prepustnost in geotehnične lastnosti temeljnih tal in bokov pregrade. Namen preiskav na izbrani lokaciji je podrobneje spoznati geotehnične, hidrološke in hidrogeološke značilnosti terena. Ker se med gradnjo teren dodatno spoznava, se te raziskave izvaja v dveh fazah. V preliminarni fazi raziskav pridobimo groba spoznanja o lokaciji in dovolj podatkov za uvrstitev objekta v ustrezno geotehnično kategorijo po Evrokodu 7 (1, 2 ali 3). V primeru, da objekt ni postavljen na zelo potresnem področju oziroma ne predstavlja velikega tveganja za okolico, pregrade primerne za male vodne zbiralnike načeloma spadajo v 2. kategorijo. Temeljna tla je potrebno sondirati do globine, ki še pomembno prispeva k posedkom oziroma do globine pod katero je manj kot 10 % celotnega pričakovanega posedka. Pogosto se tekom gradnje opravlja podrobnejše preiskave tako, da je mogoče projektne rešitve optimizirati tudi med samo izvedbo objekta. Evrokod 7 upošteva dejstvo, da je vsak geotehnični model zgolj približek dejanske situacije na terenu, zato dopušča projektiranje, ne le na osnovi

računskih analiz, temveč tudi z opazovalno metodo, predpisovanjem ukrepov (za preproste objekte) ali na podlagi eksperimentalnih modelov (Logar, 2009).

Lastnosti, ki določajo primernost materiala za vgradnjo, so ustrezna trajnost, trdnost, togost in vodoprepustnost pri zgoščanju. Načeloma je dovoljeno v pregrado vgrajevati kateri koli naravni material, vendar lahko imamo v določenih primerih nato težave z zagotavljanjem trajnosti, trdnosti in vodoprepustnosti. Danes se za neprimerne materiale smatra organske zemljine in šoto, ki se ju dosledno zavrača, saj se z vgradnjo zemljine mejne kakovosti navadno poveča obseg del in posledično stroški izgradnje. Izbor vgradnega materiala je odvisen predvsem od razpoložljivih količin le-tega v okolici mesta gradnje. Popoln material za zemeljsko pregrado bi imel veliko strižno trdnost, majhno deformabilnost in majhno prepustnost. To so načeloma izključujoče lastnosti, zato se pri grajenju kombinira materiale visoke trdnosti in majhne deformabilnosti od brežin proti jedru pregrade in materiale majhne prepustnosti v jedru pregrade (Logar, 2009).

Pri vgrajevanju osnovnih treh elementov pregrade so potrebni naslednji tipi materialov. Za grajenje jedra, kot tesnilnega elementa, je najpomembnejša karakteristika neprepustnost. Material mora dosežati tudi srednjo ali visoko plastičnost, da ne pride do razpok. Optimalen delež glin je 25 % – 30 %, vgrajujemo pa lahko tudi peščeno glino ali melje. Pri večjih pregradah je lahko vgradnja glinastih jeder vprašljiva z vidika dolgotrajne vodotesnosti, vendar pri dimenzijah uporabljenih za male vodne zbiralnike, kjer lahko v primeru razpok tudi popolnoma izpustimo vodo in problem saniramo, to ne igra prevladujoče vloge.

Za samo telo pregrade je potrebno paziti, da ima zemljina zadosten strižni kot zato, da omogoča ekonomično gradnjo, tako iz finančnega vidika oziroma vidika potrebne količine materiala, kot iz prostorskega (čim več prostora za zbiranje vode). Material mora imeti dovolj veliko prepustnost, da se lahko porni tlaki učinkovito porazdelijo.

Za izvedbo drenaže oziroma filtra je potreben čist in kemično obstojen material. Primerni so fini naravni prod, lomljenec in grob do srednji pesek. Izvedba je zaradi zakompliciranosti draga, zato moramo dimenzionirati čim bolj racionalno.

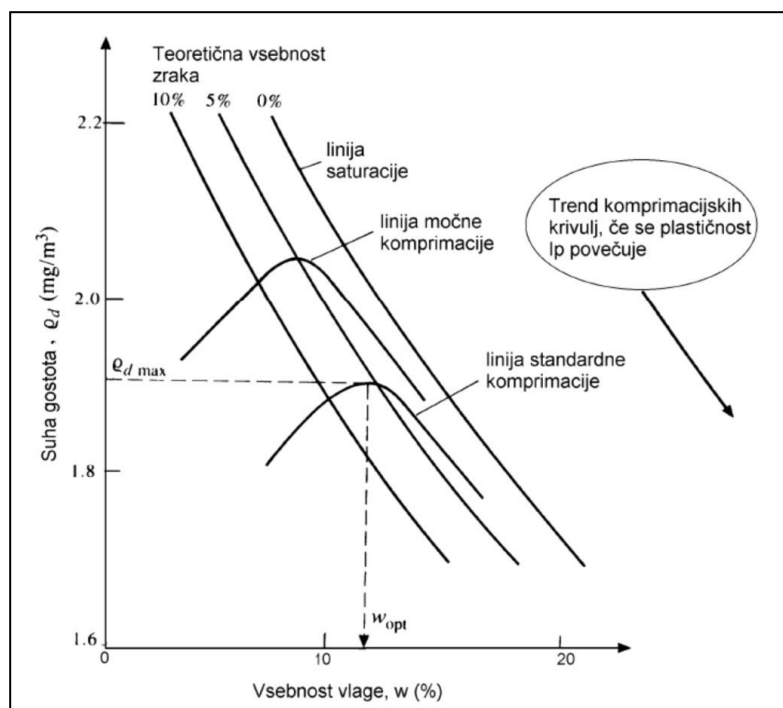
Pri vgrajevanju plasti je potrebno upoštevati nekaj osnovnih načel. Ob brežinah se vgrajuje grobe materiale. Bolj ko se bližamo jedru bolj prehajamo na finejše. Jedro bi naj bilo čim večje, kolikor to dopušča ekonomičnost. Na mestih kjer se ne da izogniti hitrim spremembam tipa materialov, je potrebno vključiti prehodne oziroma vmesne plasti (Steinman, Banovec, 2008).

Če material iz okolice v naravnem stanju ni primeren za vgradnjo, ga je potrebno izboljšati z uporabo enega ali kombinacije naslednjih postopkov (Logar, 2009):

- sprememba vlažnosti (sušenje ali vlaženje),
- mešanje s cementom, apnom in drugimi vezivnimi materiali (za pregrade manj priporočljivo),
- izvedba zaščite z ustreznim materialom,
- uporaba drenažnih slojev.

#### 2.4.2.2 Projektiranje zemeljskih pregrad

Ob upoštevanju zgoraj naštetih pogojev projektiranja zemeljskih pregrad je najpomembneje, da se z ustreznim prečnim profilom zagotoviti stabilnost. Ta je v primeru, da leži na skalni podlagi ali drugih dobro nosilnih temeljnih tleh odvisna le od geometrije in lastnosti materiala v pregradi. Nagib brežin določa strižna odpornost vgrajenega materiala. Strižno trdnost zemljine se lahko izboljša s komprimiranjem. Pri zgoščanju pride do povečanja gostote zemljine pretežno na račun zmanjšanja volumna z zrakom zapolnjenih por, torej brez spremembe vlažnosti. S komprimacijo zemljine zmanjšamo tudi njeno prepustnost, volumen in stisljivost (zmanjšamo posedke). Sloje zgoščujemo v debelini 150 do 250 mm. Za določanje optimalne vlažnosti zemljine za vgradnjo v pregrado pa uporabljamo Proctorjev preizkus.



Slika 15: Razmerje med dejavniki, ki vplivajo na komprimacijo (Steinman, Banovec, 2008)



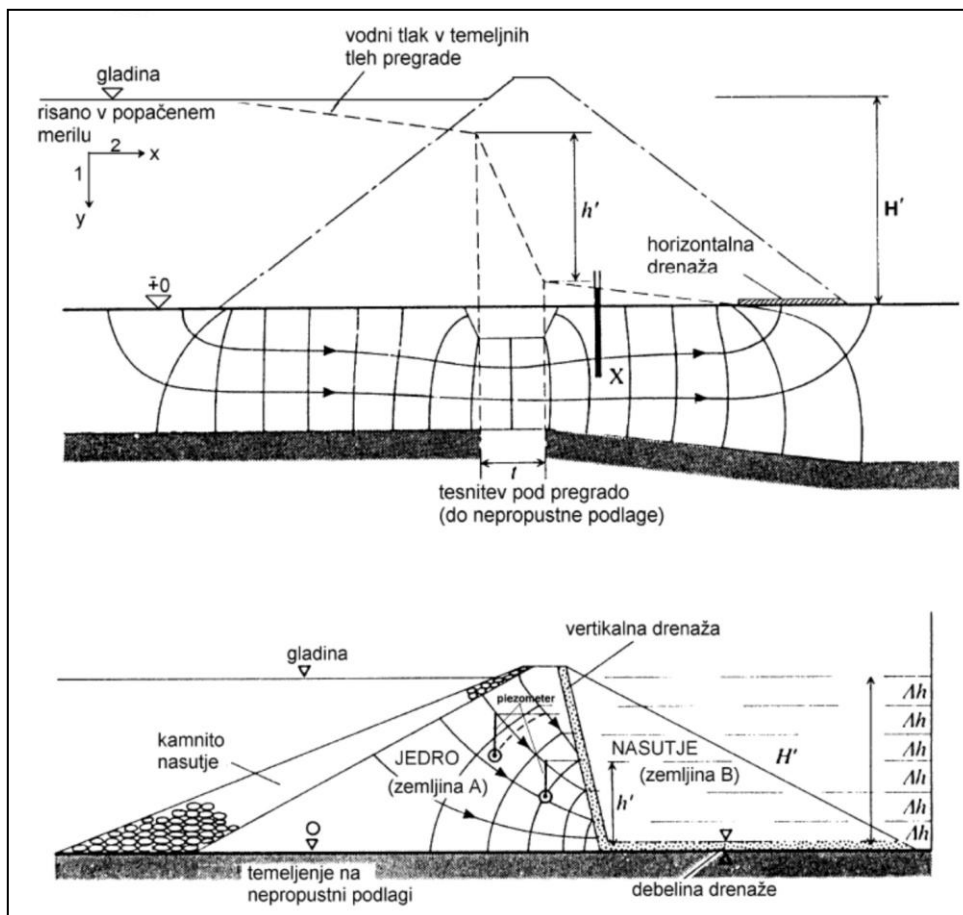
Stopnja komprimiranja (suha gostota):

$$\rho_d = \frac{\rho}{(1 + w)} \quad (2)$$

$\rho$  gostota v naravnem stanju [kg/m<sup>3</sup>]

$w$  vlažnost [%]

Če je pregrada temeljena na slabše nosilni zemljini, je nagib brežin funkcija lastnosti temeljnih tal in materiala pregrade. Poleg stabilnosti je potrebno biti posebej pozoren tudi na kontrolo pronicanja. Pronicanje skozi in pod pregrado mora biti omejeno v takšni meri, da ne povzroča sufozije ali regresivne erozije. Pronicevalni pritiski, hitrosti in hidravlični gradient morajo biti v mejah, ki jih dani material še prenese. Enako velja tudi za talni izpust, katerega je potrebno izvesti tako, da preprečimo pronicanje vode ob objektu oziroma vzdolž preboja tesnilnih plasti. Gorvodna stran mora biti zaščitena pred mehanskimi poškodbami, ki bi lahko nastale zaradi ledu ali valovanja (Steinman, Banovec, 2008).



Slika 16: Primer pronicanja pod in skozi slojevito pregrado (Steinman, Banovec, 2008)

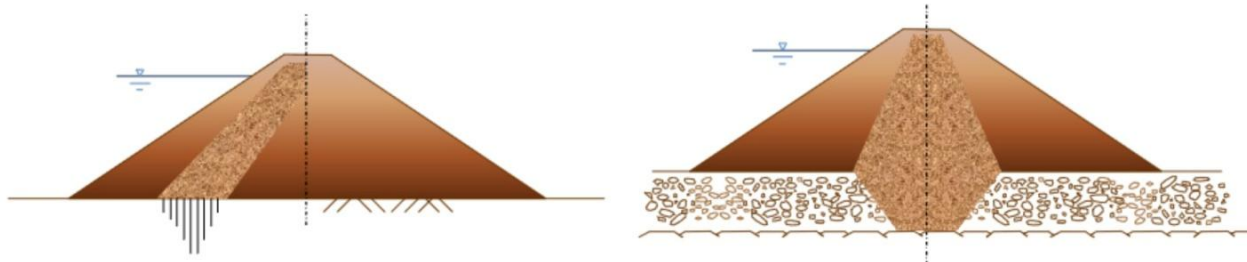
Najstrmejši nagib brežin v primeru malih vodnih akumulacij ne sme presežati razmerja  $1H : 2V$ , ne glede na velikost pregrade same. Koto krone določa kota najvišje vode v akumulacijskem bazenu in varnostno nadvišanje (pri malih vodnih zbiralnikih običajno velja, da mora biti krona vsaj 0,5 m nad koto normalne gladine), ki mora biti zadostno, da prepreči prelivanje zaradi valov. Ob tem je potrebno upoštevati tudi višino zaradi posedanja pregrade. V primeru malih vodnih zbiralnikov morata imeti preliv visokih voda in odvodnik zadostno kapaciteto za odvod visokih vod z vsaj petsto letno povratno dobo. Potrebno je določiti razmerje med zahtevama, da je širina krone čim manjša, saj vpliva na celotno maso pregrade in po drugi strani dovolj široka, da omogoča varen transport in zagotavlja varnost pri morebitnih erozijskih procesih ter drugih poškodbah pregrade (vsaj 2,5 m) (Detention basin guidelines, 1991).

Predvsem pri pregradah, ki služijo akumuliranju vode je posebej pomemben kriterij vodotesnosti. V osnovi ločimo dve vrsti precejanja; skozi telo pregrade in pod pregrado.

Kriterij vodotesnosti v pregradi zagotavljamo z uporabo slabo prepustnega gradbenega materiala za celo pregrado, tesnilnega jedra ali vodotesne obloge. V tleh pa z zmanjšanjem prepustnosti prepustnih slojev tal (injektiranje, diafragma, nadomeščanje) ali z zmanjšanjem hidravličnega gradienta (podaljšanje poti precejni vodi). Zračno stran pregrade je potrebno čim bolj oddaljiti od območja z vzpostavljeno gladino precejajoče vode tako, da porni tlaki ne povzročajo nestabilnosti brežine (erozija, zdrsi, lokalno razmočenje) (Steinman, Banovec, 2008). Možne variante tesnjenja zemeljskih pregrad so prikazane na sliki 17.

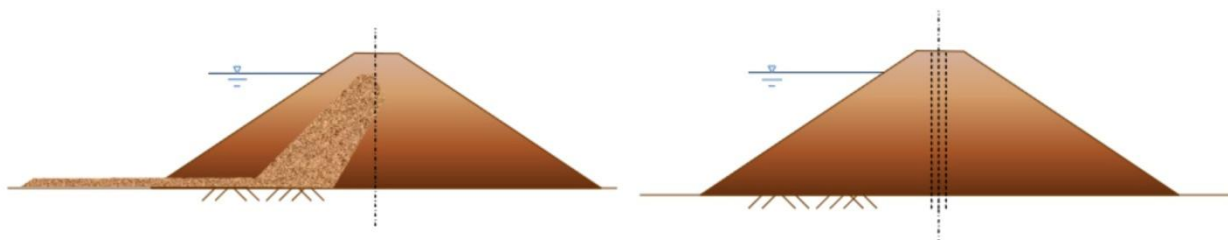
Poleg vodotesnosti je potrebno v obzir vzeti tudi nevarnost hidravličnega loma tal. Analizo nevarnosti hidravličnega loma pri zemeljskih pregradah običajno omejimo le na neprepustno jedro. Do tega pojava in posledično notranje erozije lahko pride, če skupni tlak v jedru pade pod nivo pornih tlakov pod pregrado. Problem rešujemo z dimenzioniranjem dovolj debelega jedra pregrade, ki je grajen z materialom z ustrezno plastičnostjo, ter z uporabo ustreznih filtrskih plasti ob jedru (Steinman, Banovec, 2008).

Za proces precejanja vode skozi pregrado je pomemben tudi vidik hidravlične stabilnosti, ki zagotavlja varnost pred notranjo erozijo. Z izrazom notranja erozija opisujemo pojav, ko pri večjih hidravličnih gradientih pride do transporta drobnih delcev znotraj telesa pregrade. To je najbolj izrazito na stikih različno zrnatih materialov (npr. stik glinastega jedra z gramoznimi boki), zato mora biti vsak prehod iz finejših v bolj grobe materiale postopen. Približno 40 % porušitev zemeljskih pregrad nastopi zaradi notranje erozije. Izpiranje preprečujemo z znižanjem hidravličnega gradienta in vgradnjo filtrskih slojev med plastmi zemljine (Gramec, 2010).



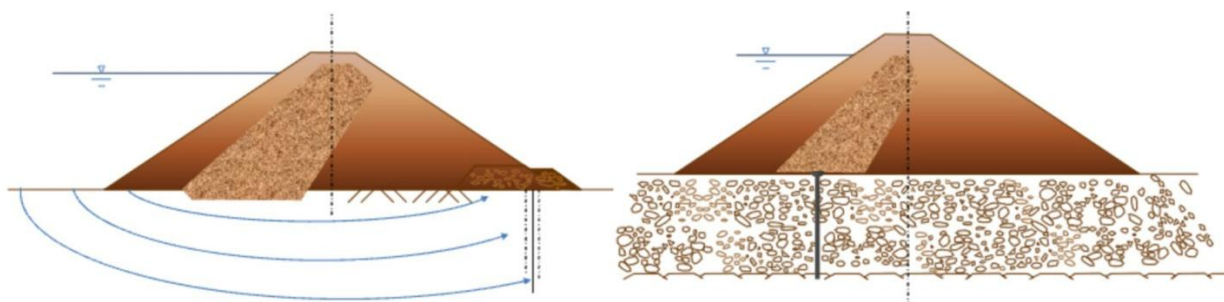
a) tesnilno jedro in injektiranje tal pod njimi

b) tesnilno jedro sega v tla do neprepustnega sloja



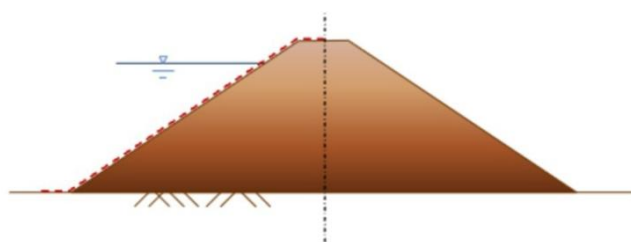
c) neprepustni tepih na mokri strani podaljša pot strujanja

d) vertikalna tesnilna zavesa



e) prepustni tepih na suhi strani in drenažne zavesa zmanjšujejo visoke porne tlake na suhi strani

f) neprepustna diafragma pod tesnilnim jedrom



g) tesnjenje z geomembranami na vodni strani

Slika 17: Načini tesnjenja pregrad (Gramec, 2011)

### 2.4.2.3 Presoja stabilnosti in napetosti v zemeljskih pregradah

Analize stabilnosti brežin in tal pod pregradami izvajamo po klasičnih metodah, s katerimi iščemo odpor zemljine vzdolž potencialne drsne ploskve v odnosu na zunanje obremenitve. Metode temeljijo na presoji statičnega ravnotežja potencialno aktivne mase zemljine, ki leži na določeni drsni ploskvi. Namen stabilnostne analize je torej določitev potencialne drsne ploskve, ki z najmanjšim količnikom varnosti zagotavlja ravnovesje vseh sil, ki delujejo na togo telo nad drsno ploskvijo. Imenujemo jo kritična drsina, količnik varnosti pa definiramo kot (Steinman, Banovec, 2008):

$$F = \frac{\Sigma\tau_f}{\Sigma\tau} \quad (3)$$

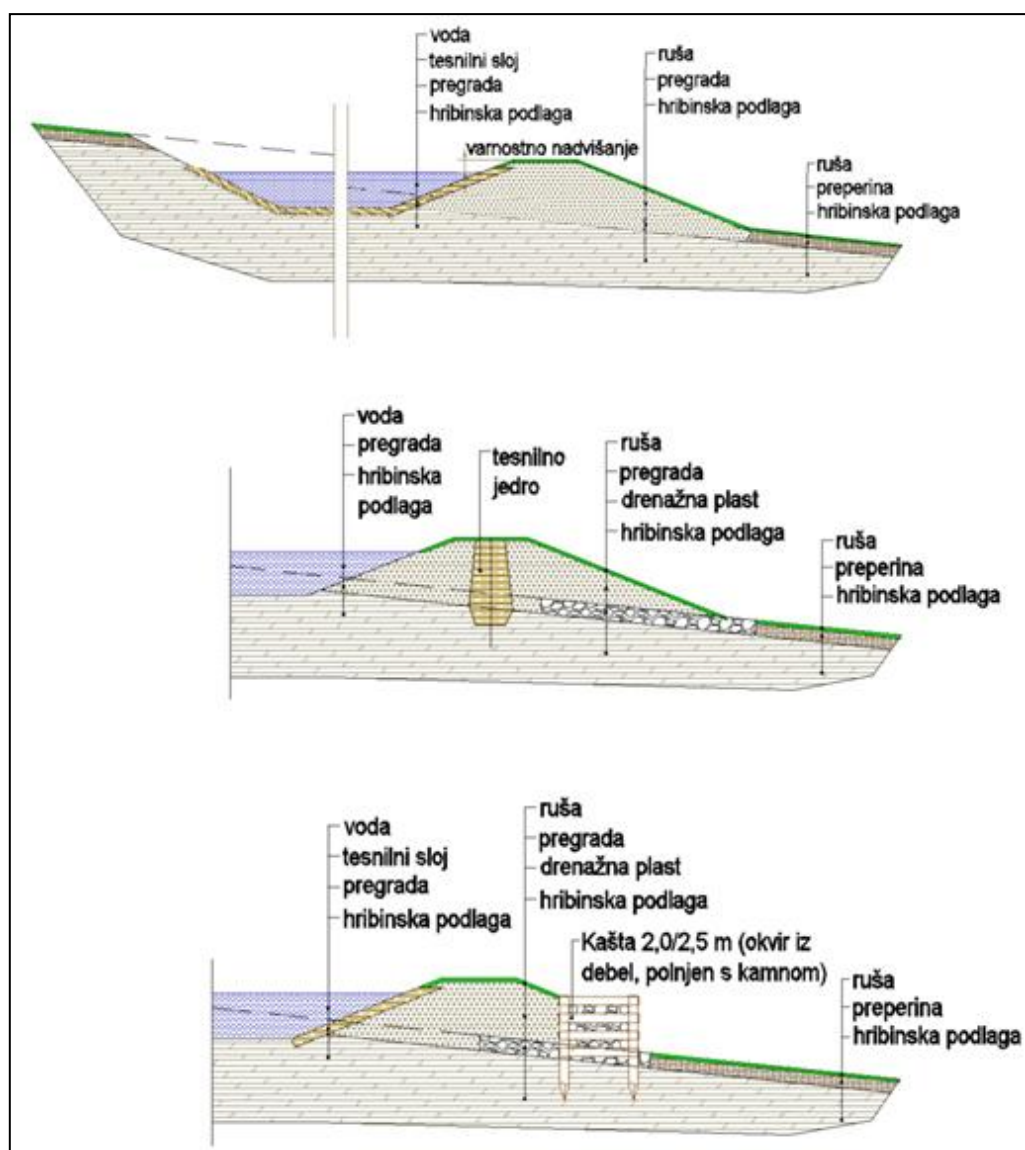
$F$  faktor varnosti

$\tau_f$  največja strižna napetost, ki jo lahko mobiliziramo v zemljini tik pred porušitvijo [kPa]

$\tau$  dejanska strižna napetost, ki nastopi v zemljini [kPa]

Zemeljske pregrade gradimo s komprimiranjem materiala v plasteh pri čim bolj optimalni vlagi. Z nasipavanjem v višino povečujemo obremenitve v temeljnih tleh in nižjih delih pregrade, pri čemer zaradi teže zgoraj ležečih plasti prihaja do konsolidacije materiala. V primeru, da so temeljna tla zasičena ali da je jedro grajeno iz vlažne in slabo prepustne gline, skupaj z naraščanjem obremenitev narašča tudi presežni porni tlak, kar lahko pripelje do porušitve že v času gradnje. K nestabilnosti brežin pogosto prispeva tudi prekratek čas gradnje.

V primeru podtalnice porni pritisk pod vodno gladino zmanjšuje kontaktni tlak in tako povzroči zmanjšanje efektivnega pritiska zemljine. Reakcija na dodano obtežbo, v telo pregrade in temeljna tla se kaže kot sprememba pornega pritiska, s tem pa se spremeni tudi maksimalna mobilizirana strižna napetost, kar lahko pripelje do porušitve. Strižna odpornost predstavlja največji upor, ki ga zemljina lahko mobilizira. Ker je stabilnost zelo občutljiva na porne pritiske, katere je potrebno oceniti iz tokovne slike ali določiti glede na parametre zemljine, je potrebno analizo stabilnosti izvajati z upoštevanjem efektivne strižne odpornosti (upoštevanje kohezije [ $c'$ ] in strižnega kota [ $\varphi'$ ] izražena z efektivnimi napetostmi). Parametra  $c$  in  $\varphi$  je dovoljeno uporabljati zgolj v primerih kratkoročnih razmer in pri posplošenih stabilnostnih analizah.



Slika 18: Prečni prerez možnih izvedb pregrade vodnega zbiralnika (Povzeto po: Pintar in sod., 2012)

#### 2.4.2.4 Opazovanje pregrade

Tehnično opazovanje je nujen del gradnje in vzdrževanja pregrade, saj omogoča ustrezno ukrepanje v primeru, da obnašanje ni skladno s predvidevanji. Glede na pogoje se opazuje oziroma meri predvsem (Gramec, 2010):

- posedke pregrade (posedalne plošče, horizontalni inklinometri),
- deformacije (geodetske meritve točk na površini, vertikalni inklinometri),
- porne tlake v temeljnih tleh in glinenih jedrih (piezometri),
- nivo vode v prepustnih delih pregrade,

- količino precedne vode,
- seizmično aktivnost (seizmografi).

### 2.4.3 Izpustni objekt

Vsak akumulacijski bazen potrebuje izpust vode v primeru sanacije pregrade ali čiščenja sedimentiranega materiala, ki s časom zmanjšuje volumen zbiralnika. Vsi mali vodni zbiralniki so tako opremljeni z dvema vrstama objektov, ki sta namenjena izpustu vode iz bazena. To sta talni izpust in visokovodni preliv. Voda iz zbiralnika mora biti speljana v bližnji naravni ali umetni odvodnik. Običajno sta tako visokovodni preliv kot talni izpust speljana v odvodni jarek za pregrado, ta pa naprej v najbližji naravni vodotok. Izogibati se je potrebno le dodatnemu zamakanju labilnih ali pogojno stabilnih področij (Detention basin guidelines, 1991).

Iztočni objekti (menihi) so praviloma objekti iz betona oziroma armiranega betona, z nastavljivim prelivnim robom in zapornico, ki omogoča praznjenje zbiralnika. Izveden mora biti tako, da je vedno dostopen za upravljavca. Izpustni objekt sestoji iz iztočnega jaška in cevi. Cev, ki vodi pod pregrado, mora biti napeljana takoj po pripravi temeljnih tal. Uporabljajo se betonske, galvanizirane železne ali plastične cevi. Minimalni naklon naj bo vsaj 10 %.

Potrebni premer cevi oziroma iztočne odprtine se določi iz površine, ki jo izračunamo po enačbi (BMP DD Dry Dentention Basin, 2001):

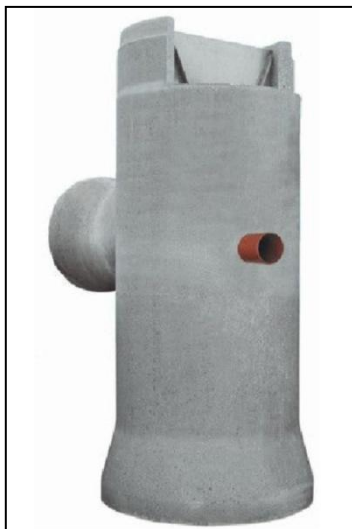
$$a = \frac{2 \cdot A \cdot \sqrt{(H - H_0)}}{c \cdot T \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \quad (4)$$

$a$	površina odprtine oziroma odtočne cevi [m <sup>2</sup> ]
$T$	čas izpraznitve zbiralnega bazena [s]
$A$	povprečna površina zbiralnega bazena [m <sup>2</sup> ]
$H$	višina gladine polnega bazena [m]
$H_0$	višina središča odtočne odprtine na iztočnem objektu [m]
$g$	gravitacijski pospešek [m/s <sup>2</sup> ]
$c$	koeficient iztoka

Za koeficient iztoka se običajno uporabi brezdimenzijska vrednost 0,6. Čas izpraznitve zbiralnega bazena pa je ponavadi 40 ur, vendar lahko v primeru dimenzij malih vodnih zbiralnikov uporabimo tudi 24 ur. Običajno se odprtino (okrogle oblike) in cev predimenzionira tako, da se izognemo nevarnosti zamašitve.

Ker gre v večini primerov za krajše odseke cevi se je v nekaterih primerih v preteklosti odprtino povečalo tudi do šestkrat (Detention basin guidelines, 1991).

Za izdelavo takšnega objekta obstaja mnogo variant, a sta se v primeru malih vodnih zbiralnikov za nabiro meteornih vod, glede na način izvedbe uveljavili naslednji dve možnosti, ki ju srečamo v veliki večini primerov. Prva varianta je uporaba montažnega iztočnega objekta, ki je izveden v betonarni in sestavljen na območju zbiralnika – t.i. tipski menihi.

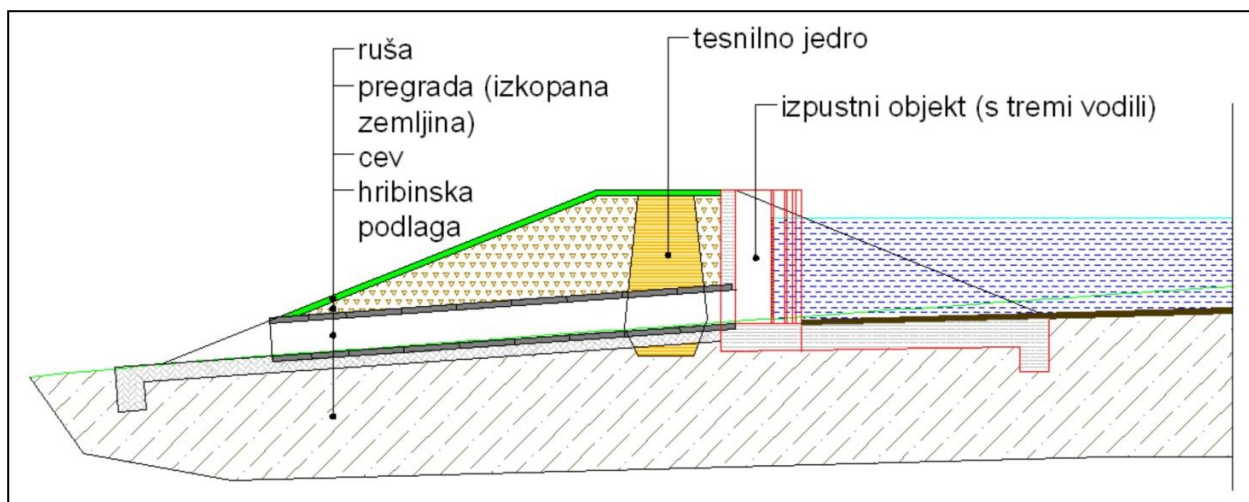


Slika 19: Primer tipskega meniha, ki ga je uporabiti pri gradnji vodnih zbiralnikov (Pintar in sod., 2012)

Druga možnost pa je, da se iztočni objekt v celoti izvede na načrtovani lokaciji. V tem primeru je jašek zasnovan iz armiranega betona, najnižja vtočna odprtina pa mora biti vsaj 30 cm nad dnom zbiralnika (mrtva akumulacija). Tvorijo ga dno, dve bočni steni in sprednja stena v kateri je priključek izpustne cevi. Zaradi dostopnosti mora biti širina jaška vsaj 1 m. V bočnih stenah so običajno predvidena tri vodila:

- za prelivno steno, ki določa gladino v vodnem zbiralniku,
- za potopno steno, ki preprečuje odtok plavja (nevarnost zamašitve),
- za občasno zaporo ob sanaciji prelivne ali potopne stene.

Vse tri stene so navadno iz lesenih plohov debeline 5 cm. Bočne oziroma krilne stene se izvedejo pod naklonom brežin pregrade, njihova debelina pa mora biti vsaj 0,25 m. Minimalne globina temelja jaška je 0,5 m (Pintar in sod., 2012).



Slika 20: Vzdolžni prerez primera umestitve izpustnega objekta

#### 2.4.4 Visokovodni preliv

Ob talnem izpustnem objektu mora imeti vsak zbiralni bazen še varnostni visokovodni preliv, ki v primeru zamašitve izpusta ali še intenzivnejšem deževju odvaja viške vod preko roba zbiralnika in tako varuje pregrado pred dodatno erozijo zaradi prelivanja. V primeru malih vodnih zbiralnikov mora biti dimenzioniran tako, da lahko odvaja vsaj pretok s stoletno povratno dobo. Običajno se ga izvede v obliki trapeznega korita na robu krone pregrade. Umeščen mora biti na ravnem odseku pregrade zato, da voda nanj ne priteka pod kotom in tako ne povzroča spodjedanja notranjih robov preliva. Prelivni rob mora biti vsaj 30 cm pod krono pregrade in sovpada z višino predvidene gladine vode pri polni akumulaciji. Minimalna širina dna je sicer 30 cm, čeprav je tako kot pri izpustni cevi priporočljivo predimenzioniranje. Kljub majhnim dimenzijam pregrad je potrebno posebno pozornost nameniti hitrosti odtekajoče vode, ki naj ne bi presegala 2 m/s in tako povzročala dodatne erozije pregrade. Hitrost vode in s tem erozijo dodatno omejimo tako, da preliv oziroma drčo obložimo z lomljencem ali ustrezno zatravimo, zato je potrebno izpust pogosto čistiti. Tako za preliv kot za talni izpust je potrebno na izlivu urediti še podslapje, katerega namen je umiritev vodnega toka tako, da voda odteka v režimu mirnega toka. Če nam umestitev in oblika zbiralnika dopuščata, pa lahko varnostni preliv izvedemo tudi v matičnem substratu ob pregradi in se s tem popolnoma izognemo prelivanju vode čez grajeni objekt (Detention basin guidelines, 1991).

Varnostne prelive je potrebno dimenzionirati v skladu s pričakovanimi visokimi vodami. Ker so zbiralniki predvideni na območjih z manjšo prispevno površino, je možno uporabiti empirične obrazce. Med prikladnejšimi je obrazec VGI (prof. Jože Pintar):

$$Q_{100} = q_{100} * F^N \quad (5)$$



$$Q_{500} = 1,3 * Q_{100} \quad (6)$$

$Q_{100}$  odtok s stoletno povratno dobo [ $m^3/s$ ]

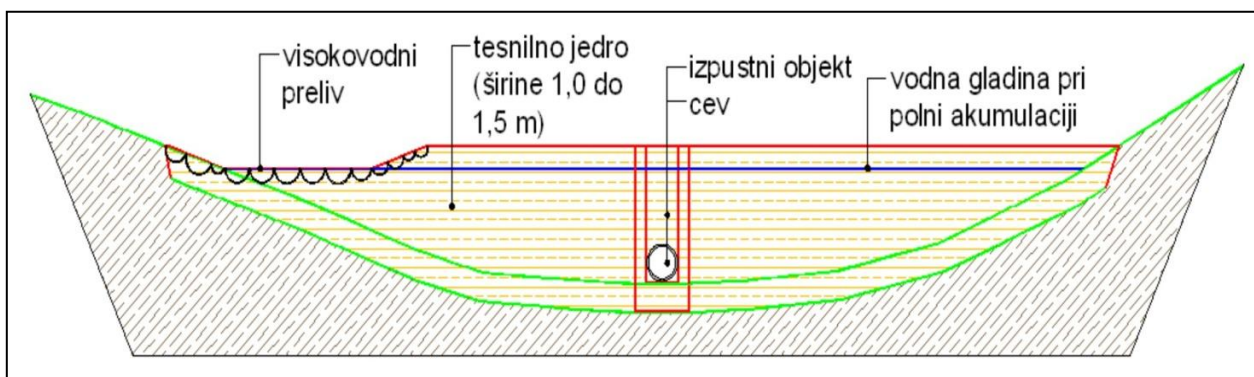
$F$  prispevna površina do prereza vodnega zbiralnika [ $km^2$ ]

$N$  koeficient povodja [od 0,65 do 0,75],

$q_{100}$  specifični odtok s stoletno povratno dobo [ $m^3/s/km^2$ ]

$q_{500}$  specifični odtok s petsto letno povratno dobo [ $m^3/s/km^2$ ]

Za Slovenijo velja, da je specifični odtok od  $6 m^3/s/km^2$  do  $8 m^3/s/km^2$  v vzhodni in severovzhodni, od  $7 m^3/s/km^2$  do  $10 m^3/s/km^2$  v osrednji in  $9 m^3/s/km^2$  do  $12 m^3/s/km^2$  v zahodni Sloveniji (Pintar in sod., 2012).

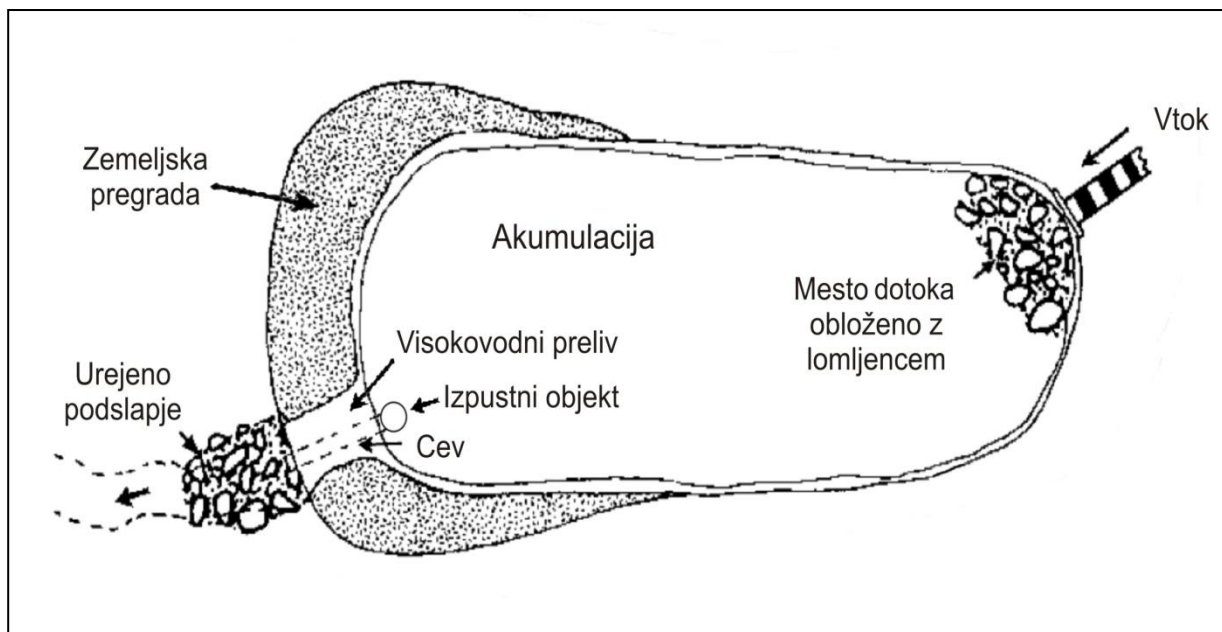


Slika 21: Prečni prerez primera umestitve visokovodnega preлива na kroni pregrade

#### 2.4.5 Dodatni ukrepi in možnosti

Pomemben dejavnik za učinkovito obratovanje vodnega zbiralnika je ureditev vodozbirne površine. Najnujnejši ukrep zajema ugodno zaraščenost zaledja zbiralnika. Vegetacija je potrebna zato, da ne prihaja do prevelikega spiranja oziroma erozije zemljine, po drugi strani pa rastje ne sme biti preveč bujno saj bi tako prestrezalo večje količine padavin. Na podlagi izkušenj je iz tako ekonomskega vidika kot vidika učinkovitosti najprimernejša košena travno – deteljna mešanica. Na prispevnem področju se nato izkopljejo prestrezalni in odtočni plitvi jarki, ki se izlivajo v zbiralnik. Pri tem je potrebno paziti, da ne prečkajo gramoznih oziroma prepustnih površin. V primeru, da zbiralni bazen ni tesnjen s folijo, se vtok običajno obloži z lomljencem, ki učinkovito umiri vodni tok in tako nudi zaščito materialu s katerim je akumulacija tesnjena. V preteklosti precej uporabljan dodatni ukrep je namestitev velikih plastičnih ponjav za zbiranje padavin, kar je sicer zelo učinkovito vendar iz estetskega vidika pogosto nesprejemljivo. Če se zbiralnik nahaja v bližini bivanjskih ali drugih pomožnih objektov, se lahko kot

dodaten ali samostojni (v primeru manjših, za gradnjo enostavnih objektov) vodni vir uporabi tudi zbiranje vode iz streh le-teh (Detention basin guidelines, 1991).



Slika 22: Tloris vodnega zbiralnika z enotnim vtokom (izliv zbirnega jarka) (Povzeto po: Storm Water Pond Systems)

Če obstaja možnost, da bi se v vodni zbiralnik izlivala tudi vode iz površin, ki bi zmanjšale kvaliteto vode v akumulaciji (njive, prometne ceste ipd.), lahko spiranje neželenih snovi v veliki meri preprečimo z gostimi mejicami. Gre za posaditev drevesnih in grmovnih vegetacij, med takšnimi površinami in zbiralnikom, ki učinkovito zadržujejo hranila in druge snovi.

Zaradi sedimentiranega materiala, ki prispe iz prispevnega področja, se s stopnjevanjem polnjenja zbiralnika s časom spreminja tudi volumen akumulacije. Nalaganju sedimentov je namenjen del bazena poimenovan mrtva akumulacija. Ko se ta zapolni, jo je potrebno očistiti, kar v primeru malih vodnih zbiralnikov ni proces, ki bi močnejše oviral obratovanje, saj je spričo dimenzij akumulacije in dejstva, da se bazen pogosto polni in prazni, čiščenje mogoče izvesti hitro in razmeroma enostavno.

V primeru, da je teren za gradnjo enega večjega zbiralnika neugoden, lahko uporabimo tudi metodo zaporedne vezave dveh zbiralnikov, kjer sta akumulaciji med seboj povezani s cevovodom. Takšen način gradnje je bil v Sloveniji uporabljen na planini Vremščica pri Senožečah kjer akumulaciji, sprva namenjeni raziskavam Biotehniške fakultete – UL in pojenju živine, stojita že od leta 1993. Danes sta v uporabi le še zaradi slednje funkcije.

Po ZGO mora biti takšen objekt varovan z ograjo. Običajno se tako celotna vodozbirna površina kot akumulacija sama ogradi z leseno ali žičnato ograjo višine vsaj 1,2 m (Matičič, 1994).

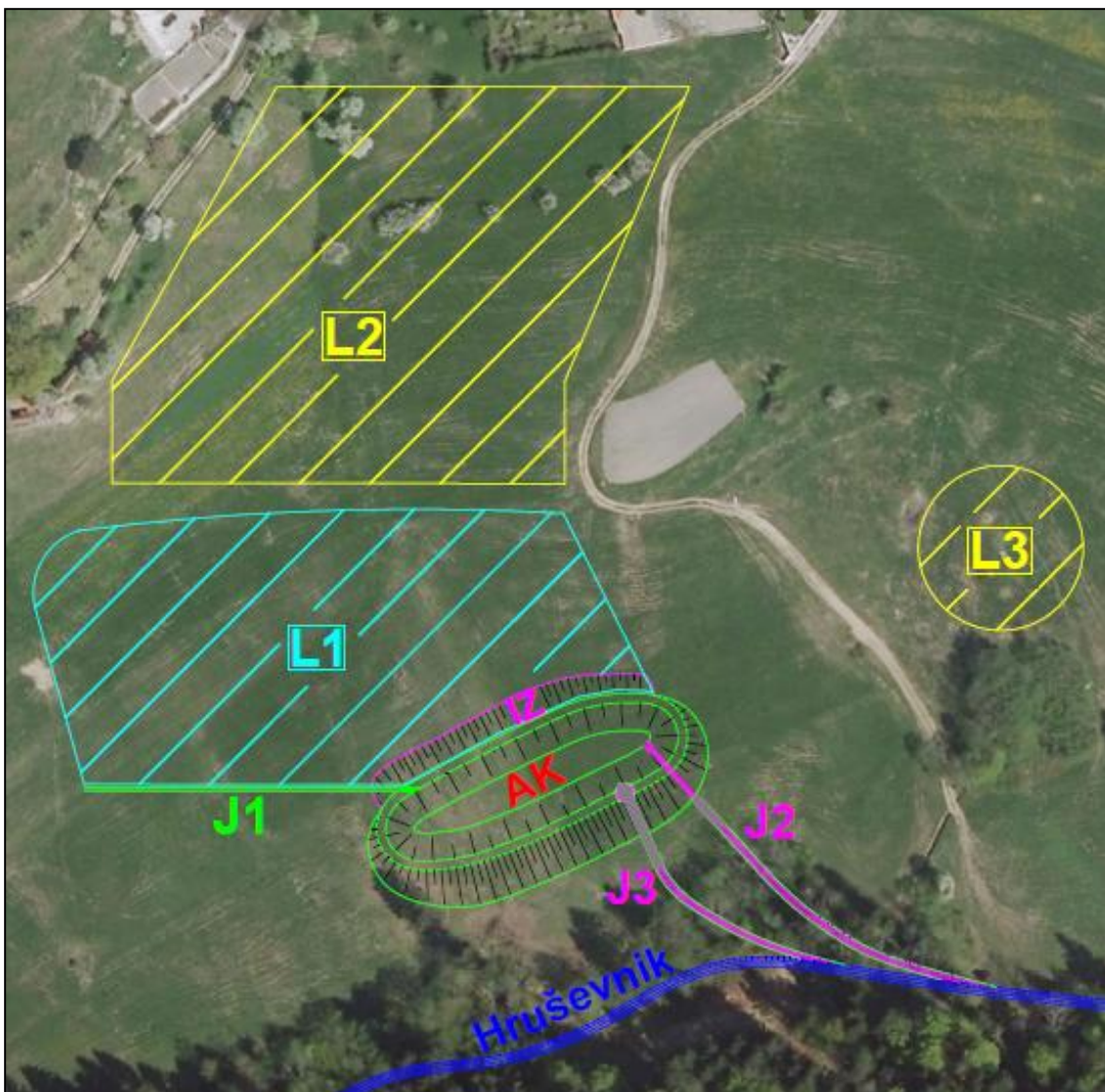
### **3. POTREBNI PODATKI ZA ZASNOVO MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA V VASI HRUŠEVO**

#### **3.1 Uvod**

Za praktični del diplomske naloge sem predpostavil, da obstaja potreba po vodi na izbrani dejanski lokaciji. V vasi Hruševo, na območju občine Dobrova - Polhov Gradec, je predviden trajni nasad sadnih dreves – hruške (sorte Konferans). Za rast in razvoj sadnega drevja sta ugodna lega ter voda oziroma količina padavin najpomembnejša dejavnika. Namakanje je izredno velik porabnik vode, zato je le-to potrebno akumulirati v času vodnih viškov in jo uporabljati v času suše. Ker se pod nasadom razprostira velika travnata površina pod ugodnim naklonom in ker je za namakanje potreben le dodatni vodni vir, katerega namen ni zagotavljanje potreb po vodi v celoti, ampak pokrivanje vodnih primankljajev v času največjih namakalnih potreb, je območje primerno za postavitev vodnega zbiralnika, ki se bo polnil s površinskim odtokom meteornih vod. Prav tako bo v primeru nuje mogoče vodo iz akumulacije uporabljati kot dodatni vir v primeru gašenja požarov. Na podlagi volumna in globine zbiralnega bazena se po Uredbi o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Ur. L. RS št. 18/2013, 24/2013, 26/2013) objekt uvršča med nezahtevne objekte. Izvedba malega vodnega zbiralnika je predvidena z izkopom in zemeljsko pregrado na zahodni, južni in vzhodni strani akumulacijskega bazena. V nadaljevanju sledi prikaz tehničnega vidika izvedbe takšnega objekta na izbrani lokaciji.

#### **3.2 Lokacija**

Izvedba akumulacije je predvidena na južnem vznožju pobočja pod vasjo Hruševo, kot je prikazano na sliki 23 kot AK. Izbrana lokacija se nahaja na koordinatah  $46^{\circ} 04' 05''$  severne zemljepisne širine in  $14^{\circ} 23' 09''$  vzhodne zemljepisne dolžine. Za namene diplomske naloge so bile s strani Geodetske uprave Republike Slovenije za omenjeno področje posredovani digitalni posnetki temeljnih topografskih načrtov (1 : 5000) in digitalni ortofoto (velikost slikovnega elementa 0,5). Zahodno in severno od mesta, predvidenega za izvedbo zbiralnika, se razteza travnik, na jugu in vzhodu pa prevladujejo gozdne površine. Podana lokacija je bila izbrana za najprimernejši prostor za gradnjo objekta iz naslednjih razlogov: Prioriteta je, da je zbiralnik umeščen v neposredni bližini namakalne površine, saj se s tem zmanjšajo stroški energije črpanja iz bazena. Nadalje mora biti prostor dovolj velik in primeren za umestitev akumulacije potrebnega volumna. Relief je za izvedbo vkopa željene prostornine ugoden. Naklon terena se na tem odseku zmanjša (padec je večji nad in pod izbranim območjem) tako, da je potrebna višina pregrade nižja in delo na terenu lažje.



Slika 23: Situacija malega vodnega zbiralnika s spremljajočimi objekti

Legenda:

- AK – akumulacijski bazen,
- IZ – izkop v zaledju,
- L1 – vodozbirno področje,
- L2 – lokacija trajnega nasada,
- L3 – lokacija za izkop dodatnega materiala,
- J1 – zbirni jarek,
- J2 – odtočni jarek za vodo iz izpustnega objekta,
- J3 – odtočni jarek za vodo iz visokovodnega preliva.

Med lokacijo, predvideno za gradnjo malega vodnega zbiralnika in lokacijo, predvideno za trajni nasad, se razteza neobdelovana površina oziroma travnik. Zaradi ugodnega padca zalednega območja lahko, tudi ob upoštevanju spodnjih vrednosti površinskega odtoka, še zmeraj računamo na zadostno količino površinskega odtoka, da je mogoče zadostiti potrebam investitorja. Prav tako na obravnavani lokaciji ni nikakršnih topografskih in geoloških posebnosti oziroma omejitev, ki bi lahko ovirale izvedbo izbranega objekta. Ker se z gradnjo zbiralnika ne posega v gozdnata območja oziroma le-teh ne bo potrebno redčiti, tudi po izvedbi objekta ne bo potrebe po zasaditvi drevesnih vrst.

Na prispevnem območju v jesenskem času ni pričakovati velike količine listja, katerega vnos bi bilo potrebno preprečiti z grmovnicami oziroma mejicami, zato naknadna zasaditev po izgradnji objekta ne bo potrebna. Pod mestom, predvidenim za izgradnjo male akumulacije, teče potok Hruševnik, ki se izliva v Gradaščico in predstavlja primeren odvodnik za vodo, izpuščeno iz zbiralnika preko talnega izpusta ali visokovodnega preliva. Tudi v primeru porušitve pregrade bi bila nastala škoda minimalna, saj se med akumulacijo in potokom nahaja zgolj travnik in nekaj dreves. Zbiralnik je načrtovan v neposredni bližini lokalne ceste, kar močno olajša samo logistiko, saj ni potrebno urejati dodatne dovozne poti. V primeru, da se material izkopen na mestu objekta izkaže za uporabnega v manjši količini kot je predvideno, se vzhodno od ceste nahaja lahko dostopen, ravninski del terena, na katerem se lahko uredi izkop dodatnega materiala (slika 23 - L3). Na podlagi navedenih argumentov je bila podana lokacija izbrana za najustreznejšo.

### **3.3 Namakalna norma**

Na območju označenem na sliki 23 kot L2, je predviden trajni nasad hruške (Konferans) v velikosti 1,2 hektara. Ob ugodni (prisojni) legi je za dobro rast in razvoj sadnega drevja najpomembnejša zadostna količina vode oziroma padavin. Na območju osrednje Slovenije imamo približno 1200 mm padavin na leto, kar bi zadostovalo za uspešno gojenje sadnih dreves, če bi bile porazdeljene enakomerno čez vso leto. Vendar nas poletne suše opozarjajo, da v tako intenzivnih kot ekoloških nasadih pridelovalci potrebujejo namakalne sisteme (Pintar in sod., 2012).

Nasad bo v sušnem obdobju zalivan s kapljičnim namakanjem. Do lokacije se bo vodo iz zbiralnika dovajalo s pomočjo črpalke, ki tako kot namakani sistem ni vključena v projekt, saj je izbira, nakup in uporaba v celoti prepuščena investitorju. Prednosti takšnega namakanja so v veliki enostavnosti sistema, kjer po ceveh usmerimo vodo do številnih šob, ki so nameščene ob posameznih devesih. V nasprotju z razpršilci je voda dovajana po kapljicah tako, da ne moči listov. Ob tem omogoča možnost dodajanja primerne količine gnojil v vodo, s čimer je delo pridelovalca še dodatno olajšano. Takšen način se je

izkazal za najbolj ekonomičnega tako energetsko kot v smislu vodnih izgub, ki v primeru kapljičnega namakanja (na poti od hidranta do rastline) znašajo približno 8% (Pintar, 1998).

Sadno drevo Konferans je v pogledu namakanja precej zahtevna sorta hruške. Tla morajo biti neprekinjeno vlažna, saj se lahko v nasprotnem primeru izostanek vode hitro odrazi na manjšem pridelku. Večje potrebe po vodi ima spomladi ob koncu aprila oziroma v začetku maja za razvoj listne mase in za začetno rast plodičev ter največjo na prehodu iz poletja v jesen (približno od konca avgusta do sredine septembra) zaradi večanja plodov (Vrešak, 2012).

Ob ugotavljanju namakalne norme in določanju vodne nabire je potrebno upoštevati dejstvo, da mali vodni zbiralniki za potrebe namakanja lahko predstavljajo zgolj dodatni vodni vir. Zaradi tega, ker so v celoti odvisni od količine padavin in izpostavljeni zunanjim vplivom, veljajo za premalo zanesljive, da bi bil celoten pridelek odvisen zgolj od nabire v njih (Mays, 2011). Njihova uporabnost se pokaže v primeru pokrivanja vodnega primankljaja v sušnem obdobju ter v ekonomičnosti razpolaganja z vodo nasploh (ekološki in finančni razlogi). V obravnavanem primeru bo omogočeno tudi dognojevanje (fertiligacija) z dodajanjem tekočega gnojila v namakalni sistem.

Preglednica 3: Bruto norma namakanja [ $m^3/ha/leto$ ] za povprečno in sušno leto s pet letno povratno dobo za namakalno območje osrednje Slovenije (kapljično namakanje) (povzeto po: Pintar in sod., 2012)

Trajni nasadi - hruške	Lahka tla		Srednja tla		Težka tla	
	maksimalna	povprečna	maksimalna	povprečna	maksimalna	povprečna
	2137	554	1816	399	1795	382

V preglednici 3 so prikazane bruto norme namakanja za sadno drevo hruške. V obravnavanem primeru je referenčna vrednost  $1816 m^3/ha/leto$  (maksimalna norma namakanja v sušnem letu na srednje težkih tleh). Ob upoštevanju namakalne površine v velikosti 1,2 hektara je količina vode, ki jo potrebujemo za zalivanje trajnega nasada  $2180 m^3$  letno.

### 3.4 Vodni vir

Mali vodni zbiralnik se bo polnil s površinskim odtokom meteornih vod. Najpomembnejši dejavniki, ki vplivajo na nabiro vode in s tem na samo določitev zbirne površine so intenzivnost in časovna porazdelitev padavin na tem območju ter infiltracija, pokrovnost in naklon tal.

Za računanje padavin so uporabljeni podatki s strani ARSO in sicer Meteorološki letopis 2000 – 2009, za meteorološko postajo Ljubljana – Šentvid (preglednica 4). Letno so padavine na tem območju precej

pogoste (približno 1300 mm/leto), problem je le v vse pogostejših sušnih obdobjih, saj se lahko na pridelku pozna že dva do tri tedensko obdobje brez padavin. Zbirno območje predstavlja travnik, ki je do sedaj služil kot občasni pašnik. Sama sestava tal sicer ni zelo primerna za akumuliranje površinskega odtoka, saj v zgornjem pasu prevladuje zaglinjeni grušč, ki ima precejšno infiltracijsko sposobnost, tako da s tem izgubimo del vode, ki pronica v tla. Vendar pa v prid govori ugoden naklon zalednega območja in dejstvo, da je relief brez večjih posebnosti. Padeč terena je v povprečju 16 %, površina vodozbirnega območja pa znaša 1 hektar.

Površinski odtok se bo zbiral s travnika nad akumulacijo, kot je prikazano na sliki 23 kot L1. Del odtoka se bo zbiral z direktnim vtokom v zbiralni bazen, del pa s pomočjo zbirnega jarka (slika 23 – J1).

Preglednica 4: Mesečne višine padavin [mm] za obdobje 2000 – 2009 na merilni postaji Ljubljana - Šentvid. (ARSO, Meteorološki letopis 2000 – 2009)

Leto	jan.	feb.	mar.	apr.	maj.	jun.	jul.	avg.	sep.	okt.	nov.	dec.
<b>2000</b>	7	32	122	69	86	80	168	45	147	184	347	161
<b>2001</b>	193	25	216	108	68	123	50	26	296	61	95	53
<b>2002</b>	22	74	46	148	94	210	136	232	98	213	154	58
<b>2003</b>	90	49	2	81	53	63	63	74	143	183	164	116
<b>2004</b>	134	104	100	178	165	169	148	95	98	331	127	188
<b>2005</b>	5	48	65	165	116	88	175	305	246	72	176	120
<b>2006</b>	57	50	131	163	206	35	60	215	114	16	65	66
<b>2007</b>	93	134	109	6	122	111	153	112	249	157	50	56
<b>2008</b>	57	45	156	158	101	138	192	161	29	152	85	277
<b>2009</b>	117	111	188	139	76	176	190	71	75	97	140	223

Pri akumuliranju vode se pojavljajo tudi izgube v obliki evaporacije z vodne površine, ki jih je pri dimenzioniranju in računanju uporabnih volumnov zbiralnikov potrebno upoštevati. V preglednici 5 so podatki o prostorninah izgub zaradi evaporacije v odvisnosti od prostornine vodnih zbiralnikov, ki so bili navedeni v okviru dela »Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji« (Pintar in sod., 2012). Izračunani so na podlagi obstoječih podatkov o referenčni evapotranspiraciji, pridobljenih z uradne spletne strani ARSO. Iz literature (Allen in sod. 2000) so bili privzeti koeficienti, s pomočjo katerih lahko iz podatkov o referenčni evapotranspiraciji izračunamo mesečno evaporacijo iz odprtih vodnih površin za mesece v rastni dobi (maj – september). Obravnavano je 30 letno obdobje 1980 – 2009 (Pintar in sod., 2012).

Preglednica 5: Razpoložljiva količina vode ( $m^3$ ) v vodnih zbiralnikih različnih prostornin (globine 2 m), po odšteti izgubah (za sušno leto s pet letno povratno dobo) za rastno sezono na namakalnem območju osrednje Slovenije (maj – september) (povzeto po: Pintar in sod., 2012)

Območje Ljubljane in okolice		
Prostornina vodnega zbiralnika [ $m^3$ ]	Prostornina izgub [ $m^3$ ]	Razpoložljiva voda za namakanje [ $m^3$ ]
500	51,4	448,6
1000	92,4	907,6
1500	131,8	1368,2
2000	170,4	1829,6
2500	208,4	2291,6
3000	246,1	2753,9

### 3.5 Geološka sestava tal

Geološka sestava ter strižne karakteristike tal so povzete in prirejene situaciji na osnovi geološko geotehničnega poročila: »Sanacija plazu Babna gora I na LC 067071« (Žiberna, S. in sod. 2011).

Obravnavano območje gradijo permokarbonske kamnine temno sive barve, ki jih sestavljajo glinasti skrilavec, peščenjak in v manjši meri meljevec temno sive barve. Na osnovi opravljenega geološko geomehanskega ogleda lokacije in treh geomehanskih vrtin, ki so bile z namenom ugotovitve sestave tal izvedene na terenu, je bilo ugotovljeno, da se v vseh treh vrtinah pod slojem humusa nahaja približno 3 metre debel sloj glinenega grušča, globlje pa se nahaja permokarbonski skrilavec, ki ga sestavljajo predvsem glinovci. Permokarbonske kamnine so lahko podvržene preperevanju, kar je mogoče opaziti tudi v obravnavanem primeru, saj je plast skrilavca v začetku preperela. Sestavljajo jo pretežno glinovci in



v manjši meri meljevci. Material je neprepusten za vodo, plasti pa so občasno delno pretirte, kar kaže na preteklo tektonsko aktivnost. Temu dejstvu se pripisuje razlog, da je med plastema na globini treh metrov v vseh treh vrtnah opaziti sicer zelo majhen dotok podzemne vode. Izkop se bo predvidoma vršil le v plasti zaglinjenega grušča oziroma v zemljini III. kategorije. Na podlagi laboratorijskih preiskav je bilo ugotovljeno, da je material pridobljen ob izvedbi vkopa mogoče uporabiti za gradnjo pregrade. Predhodno je potrebno odstraniti le humusni sloj v povprečni debelini 20 cm. Problematična pa je velika vodoprepustnost zgornjega sloja, tako da bo potrebno tesnenje akumulacijskega bazena in pregrade dodatno urediti. Pri gradnji naj sodeluje tudi geomehanik, saj bo med izvajanjem zemeljskih del mogoče določiti podrobnejše pogoje vgrajevanja zemljin. Privzeta sestava tal za namene naloge je podana v preglednici 6.

Preglednica 6: AC klasifikacija zemljin

Globina [m]	Geotehnični opis zemljin	AC klasifikacija
0 – 0,2	humus	
0,2 – 3	zaglinjen grušč	GC
3 – 6	skrilav meljavec in glinovec	PC

V primeru, da večji del izkopanega materiala iz kakršnih koli razlogov ne bi bil uporaben, ali da bi za gradnjo zbirnega jarka potrebovali večje količine gline, je za dodatno nahajališče materiala predvidena lahko dostopna lokacija v neposredni bližini (slika 23 – L3).

Geofizikalni parametri zemljin (drenirane vrednosti), uporabljeni pri izračunu stabilnostnih analiz, so podani v preglednici 7.

Preglednica 7: Strižne karakteristike zemljin (drenirano stanje)

Geotehnični opis zemljin	Prostorninska teža $\gamma$ [kN / m <sup>3</sup> ]	Strižni kot $\phi$ [°]	Kohezija c [kPa]
Pregrada	20	25	1
Zaglinjen grušč	21	26	1
Skrilav glinovec	23	40	10

## 4. DIMENZIONIRANJE MALEGA VODNEGA ZBIRALNIKA

### 4.1 Izračun vodne nabire

V nadaljevanju sledi izračun količine nabire vode v malem vodnem zbiralniku. Za vsak mesec je izračunano povprečje padavin glede na Meteorološki letopis 2000 – 2009, za meteorološko postajo Ljubljana – Šentvid (preglednica 4). Za izračun vodne nabire so privzete predpostavke, da se zbiralnik polni v času izven rastne sezone (oktober – april), da je travnik prispevne površine redno košen, da je zbiralnik očiščen (na razpolago je celotni koristni volumen akumulacijskega bazena) ter, da je zbiralnik v začetku rastne sezone poln in se ga lahko uporablja za namakanje kmetijskih kultur.

Zbiralnik se bo polnil s površinskim odtokom iz zaledja v velikosti 1 ha, tako s pomočjo zbiralnega jarka kot tudi z direktnim izlivom površinskega meteornegega odtoka v bazen. Predvideno je, da se bo z zbiralnim jarkom zbiral odtok z območja velikosti 0,55 ha, neposredno v akumulacijo pa se bo zlivala voda iz območja velikosti 0,45 ha. Ob tem je potrebno upoštevati še padavine, ki padejo neposredno na površino akumulacije. Za potrebe izračuna so bile za vsak posamezen mesec določene povprečne višine padavin glede na podatke iz preglednice 4. Vsota višin padavin v mesecih izven rastne sezone znaša 820 mm. Za travnike na peščenih tleh in naklonom večjim od 7% (lawns, sandy soil, steep) je vrednost odtočnega koeficienta med 0,15 in 0,20 (Marek, A. M. 2011). Izbrana je najmanjša vrednost, saj je potrebno ugotoviti minimalno količino površinskega odtoka, ki ga je na danem območju mogoče zbrati. Vodna nabira je izračunana na podlagi empiričnih formul.

- Količina vode, zbrane z zbirnim jarkom:

$$V_J = F_J * i * C = 5500 \text{ m}^2 * 0.82 \text{ m} * 0.15 = 676.5 \text{ m}^3 \quad (7)$$

- Količina vode, zbrane z neposrednim vtokom v akumulacijo:

$$V_Z = F_Z * i * C = 4500 \text{ m}^2 * 0.82 \text{ m} * 0.15 = 553.5 \text{ m}^3 \quad (8)$$

- Količina vode, ki pade neposredno na površino akumulacije:

$$V_A = F_A * i = 1773 \text{ m}^3 * 0.82 = 1454 \text{ m}^3 \quad (9)$$

- Količina možne nabire vode na dani lokaciji:

$$V = V_J + V_Z + V_A = 2684 \text{ m}^3 \quad (10)$$

Zaradi dejstva, da mali vodni zbiralniki ne služijo kot edini vodni vir in ker obstaja možnost zalivanja trajnega nasada tudi z vodo iz vodovoda, ni potrebe, da volumen akumulacije predvidimo tako, da bo pokrival celotne namakalne potrebe. Zato se lahko pri določanju volumna oziramo tudi na druge dejavnike, ki olajšajo oziroma pocenijo samo izvedbo projekta. Ob upoštevanju namakalnih potreb, so po veljavni zakonodaji (Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje, Uradni list RS št. 18/2013, 24/2013, 26/2013) v danem primeru najprimernejši vodni zbiralniki v razredu nezahtevnih objektov (do 2000 m<sup>3</sup>). Predvideno je, da bo s tolikšno količino vode in ob upoštevanju padavin, ki padejo neposredno na nasad, mogoče pokrivati namakalne potrebe v celoti. Kljub temu, da je zbiralnik namenjen predvsem pokrivanju vodnih primankljajev v sušnih obdobjih in fertirigaciji, je celoten volumen zbiralnega bazena pri stalni gladini določen na 2000 m<sup>3</sup>. Vodna bilanca vodnega zbiralnika se bo tekom rastne sezone spreminjala. Poleg rabe vode, nanjo vplivajo tudi padavine, ki padejo neposredno na površino zbiralnega bazena in evaporacija iz zbiralnika. Ob upoštevanju podatkov iz preglednice 5 lahko vidimo, da bo minimalna količina razpoložljive vode v očiščeni akumulaciji ob začetku rastne sezone znašala vsaj 1650 m<sup>3</sup> (odštetih je 170 m<sup>3</sup> vode zaradi evaporacije in 180 m<sup>3</sup> mrtve akumulacije), kar bo več kot zadostovalo za pokrivanje vodnih primankljajev v daljših sušnih obdobjih rastne sezone. Odločitvi, da se zgradi objekt s takšno kapaciteto botrujejo tudi načrti investitorja, ki ima željo v prihodnosti nasad razširiti še na vzhodno stran od ceste.

## 4.2 Stabilnostna analiza

Stabilnostne analize za vkop in pregrado v kritičnem profilu (priloga A – P1) so izvedene v računalniškem programu SLIDE 6.0. Delni faktor varnosti je upoštevan po Evrokodu 7, projektni pristop 3 – globalna stabilnost (zahtevan pri računu stabilnosti). Za zadostno stabilnost je zahtevan faktor  $\gamma_r = 1,25$  ( $\gamma_\phi = \gamma_c = 1,25$ ). Analize so izvajane po Bishopovi analitični metodi (ravninski sistem) ob suponiranih krožnih porušnicah po enačbi (Bishop, 1955):

$$\sum_{i=1}^n (W_i * \sin\alpha_i) = \sum_{i=1}^n \frac{c_i * b_i + tg\varphi_i(W_i - u_i * b_i)}{F * \cos\alpha_i + tg\varphi_i * \sin\alpha_i} \quad (11)$$

W	teža lamele
$\varphi$	strižni kot
c	kohezija
b	debelina lamele

$\alpha$  naklon dna lamele

F varnostni faktor

Strižne karakteristike zemljin, ki so uporabljene pri izvedbi stabilnostnih analiz izkopa in pregrade, so podane v preglednici 7. Glede na registrirane mokre cone v vrtnah je upoštevan nivo vode v pasu med gruščem in glinovci, na približno 3 metrih pod površino. Privzete geomehanske lastnosti pregrade so precej nizke zaradi varnosti, saj bo objekt postavljen na dokaj potresnem območju. Prav tako pa se lahko (skozi daljše časovno obdobje) stabilnost takšnega objekta zaradi naravnih vplivov občutno zmanjša.

#### 4.2.1 Vkop

Stabilnostne analize so izvedene za izkop v naklonu 1V : 3H in 1V : 2,5H za prazno stanje (prazna akumulacija) in polno stanje (gladina vode je na enaki višini kot prelivni rob visokovodnega preлива).

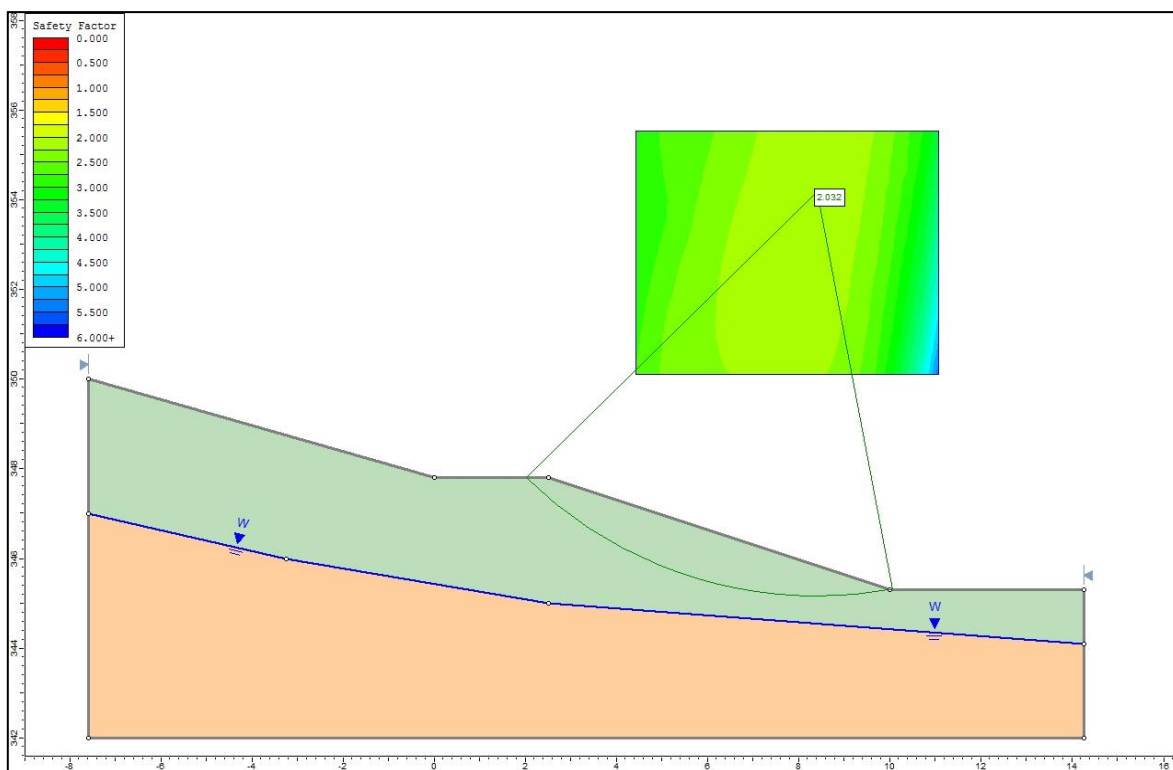
Ker bo akumulacijski bazen po celotni površini tesnjen s folijo, je v programu voda v zbiralniku obravnavana kot dodatna obtežba. V skladu z Evrokodom 7 (projektni pristop 3 – globalna stabilnost) mora biti spremenljiva obtežba pomnožena s faktorjem globalne stabilnosti  $\gamma_q = 1,3$ . Ob globini vode 2 m (pri polni akumulaciji) tako obtežba znaša 26 kN/m<sup>2</sup>.

Faktorji varnosti za vse štiri variante so podani v preglednici 8.

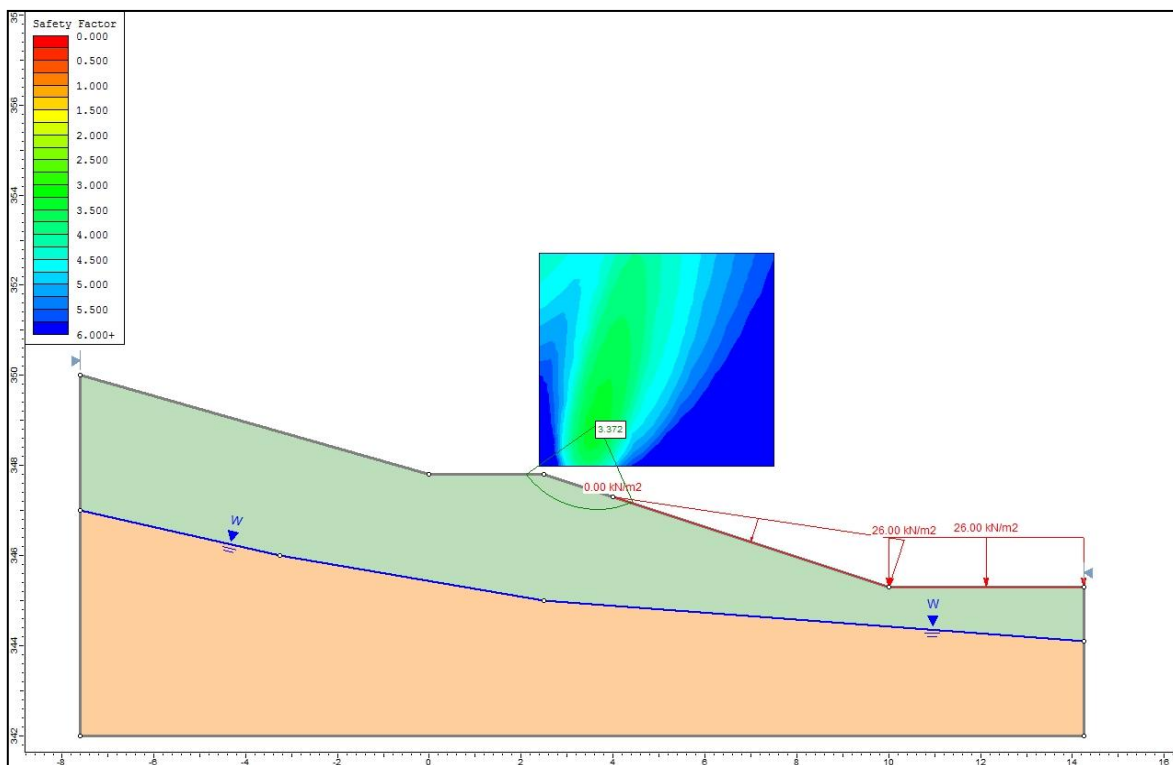
Preglednica 8: Faktorji varnosti brežin vkopa

	1V : 3H	1V : 2,5H
Prazno stanje	2,032	1,554
Polno stanje	3,372	2,509

Najnižja vrednost je v primeru praznega bazena z naklonom 1V : 2,5H, kar je povsem pričakovano. Ob predpostavki, da bo zbiralnik tesnjen s folijo, voda v bazenu predstavlja zunanjo obtežbo, ki dodatno poveča stabilnost brežin. Faktor varnosti 1,554 je precej nizek, če upoštevamo dejstvo, da je vkop podvržen različnim naravnim in drugim zunanjim vplivom, ki lahko skozi daljši čas zmanjšujejo stabilnost (voda, veter, erozija, dodatna gradbena dela, čiščenje bazena, okoliška favna itd.). Zato je zaradi varnosti izbrani naklon brežin 1V : 3H. Kritični drsini za izbrani naklon sta prikazani na slikah 24 in 25.



Slika 24: Stabilnostna analiza izkopa za prazno stanje, naklon brežin 1V : 3H (Slide 6.0)



Slika 25: Stabilnostna analiza izkopa za polno stanje, naklon brežin 1V : 3H (Slide 6.0)

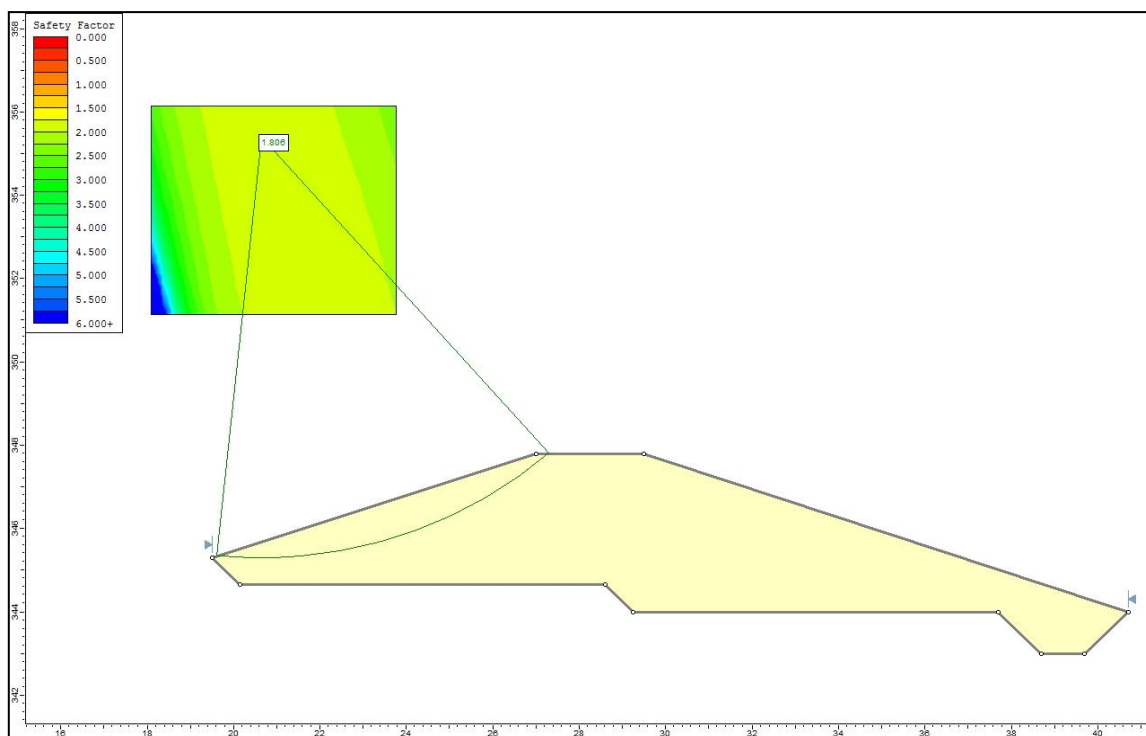
#### 4.2.2 Zemeljska pregrada

V primeru določanja varnostnega faktorja za obe brežini pregrade je v izbranih naklonih (1V : 3H in 1V : 2,5H) potrebno preveriti stabilnost tako pregrade same, kot stabilnost pregrade v kombinaciji z zemljino, v kateri je temeljena. Oba primera sta izvedena za polno in prazno stanje. Varnostni faktorji za vseh šest variant so podani v preglednici 9.

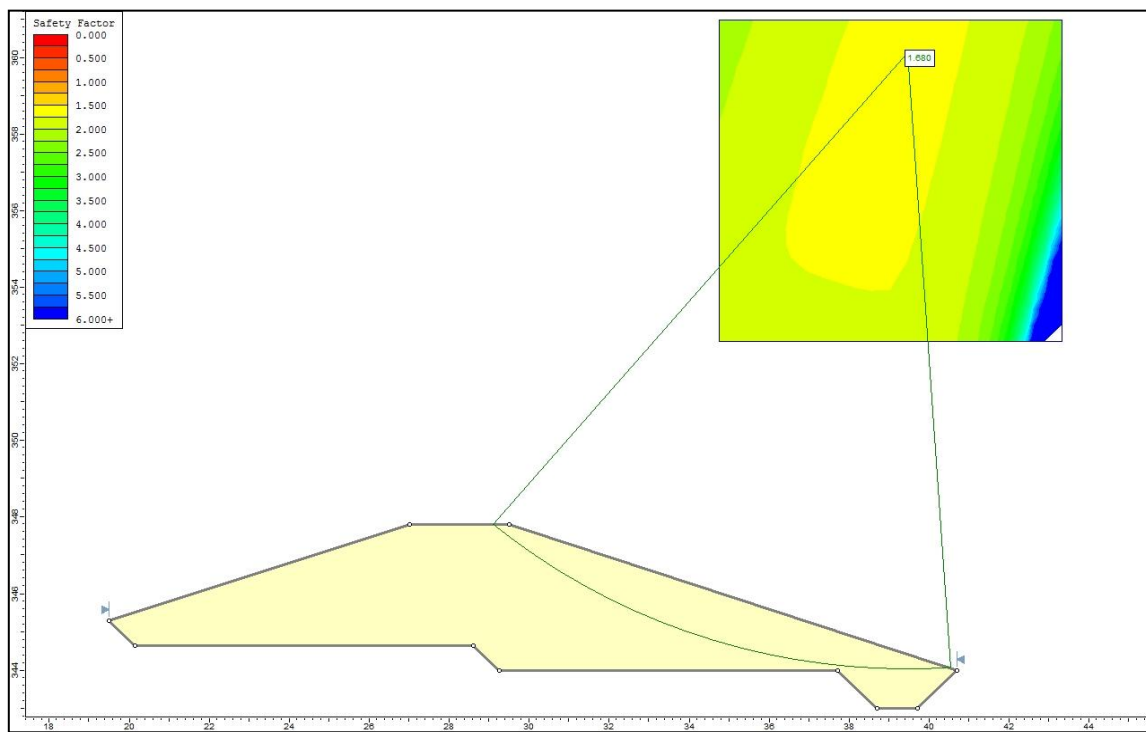
Preglednica 9: Faktorji varnosti brežin pregrade

	1V : 3H		1V : 2,5H	
	Vodna stran	Zračna stran	Vodna stran	Zračna stran
Samo pregrada (prazno stanje)	1,806	1,68	1,552	1,457
Samo pregrada (polno stanje)	2,643	1,679	2,394	1,46
Pregrada in teren (prazno stanje)	1,807	1,679	1,552	1,46
Pregrada in teren (polno stanje)	2,85	1,679	2,611	1,46

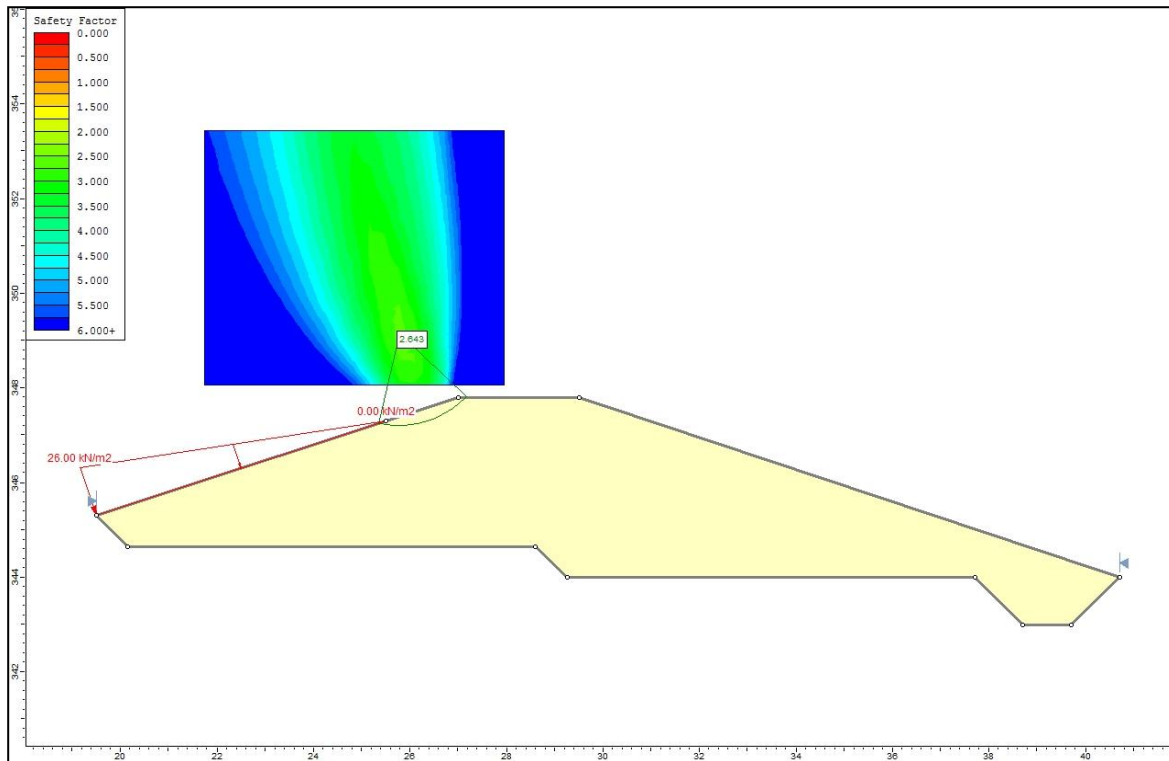
Brežini pregrade se bosta iz enakih razlogov, kot so navedeni v poglavju 4.2.1, izvajali pod naklonom 1V : 3H, saj so faktorji varnosti ob praznem stanju in naklonu brežin 1V : 2,5H še nižji kot pri vkopu. Pri stabilnostni analizi peta pregrade ne igra vloge, ker so strižne karakteristike materiala pregrade nižje od karakteristik zemljine, na kateri je temeljena (zaglinjen grušč). Na terenu pa je peta nujna, saj objekt varuje pred zdrsom. Kritične drsine v profilu P1 za izbrani naklon so prikazane na slikah od 26 do 33.



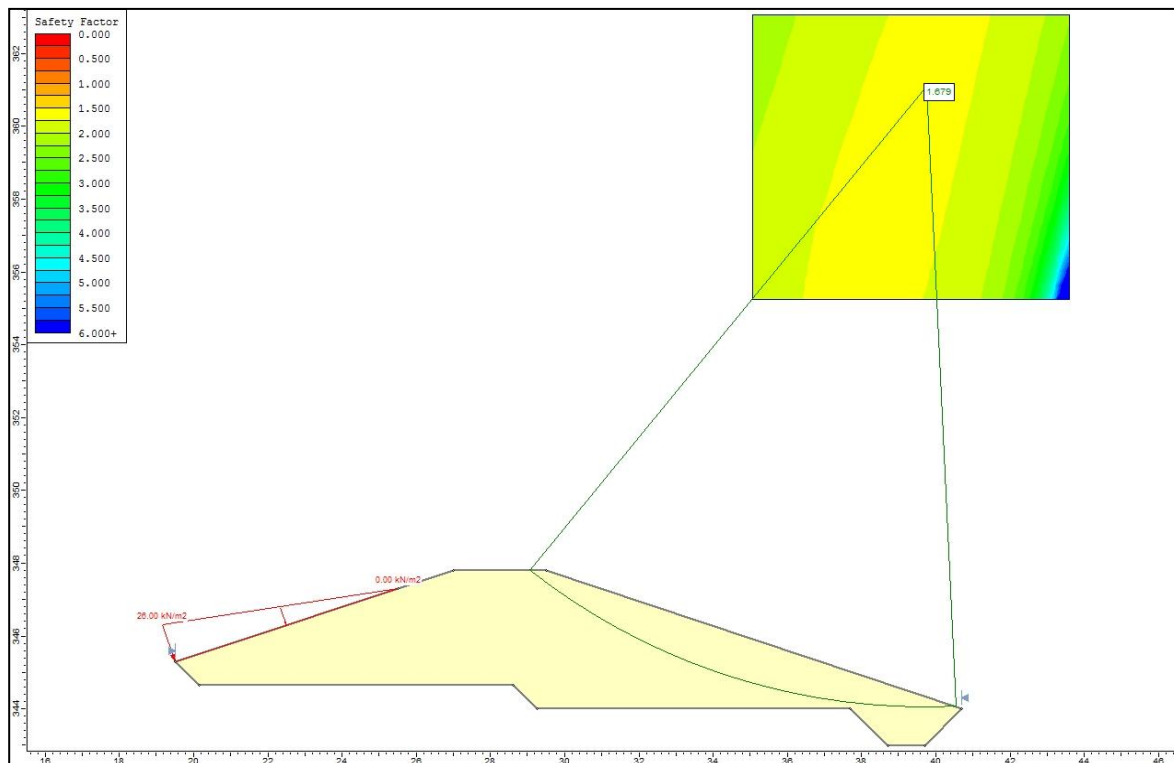
Slika 26: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, prazno stanje, vodna stran (Slide 6.0)



Slika 27: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, prazno stanje, zračna stran (Slide 6.0)

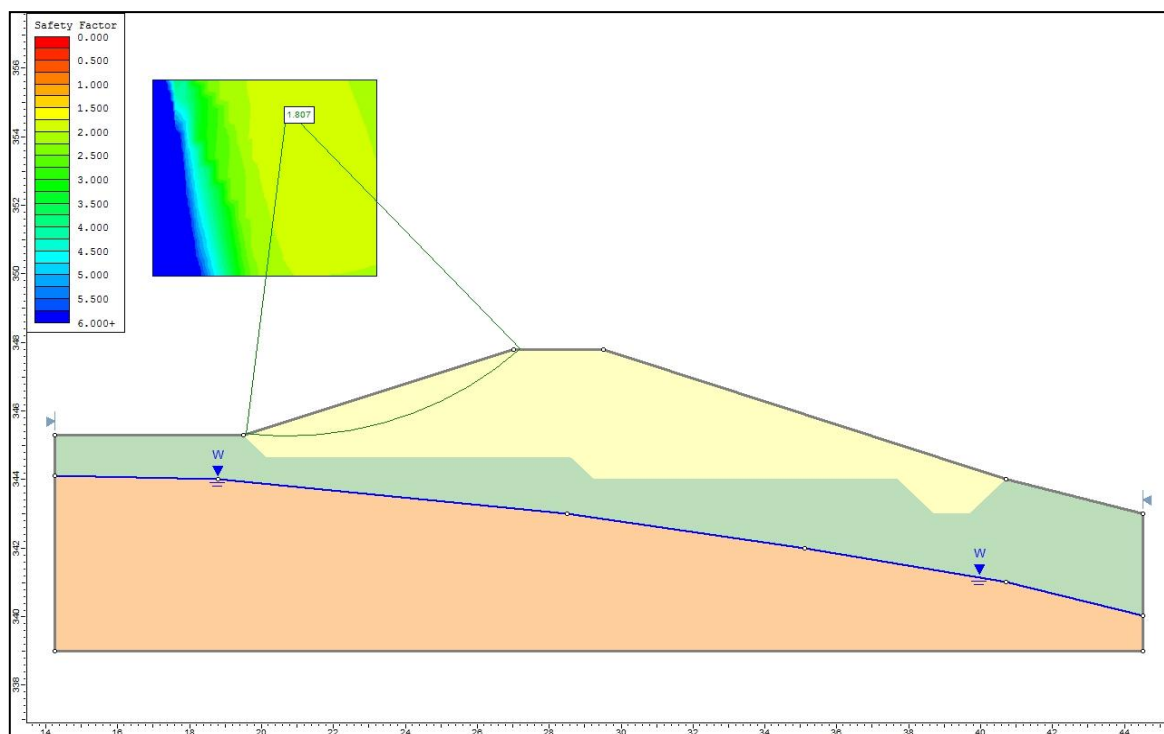


Slika 28: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, polno stanje, vodna stran (Slide 6.0)

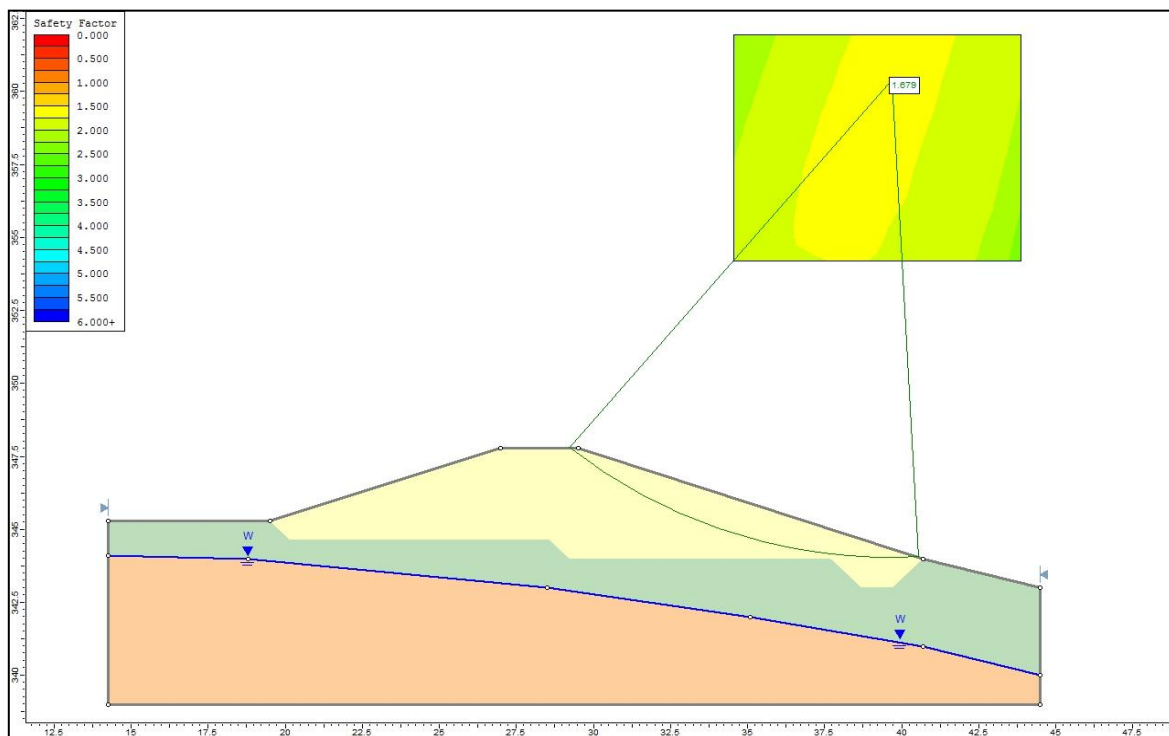


Slika 29: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, samo pregrada, polno stanje, zračna stran (Slide 6.0)

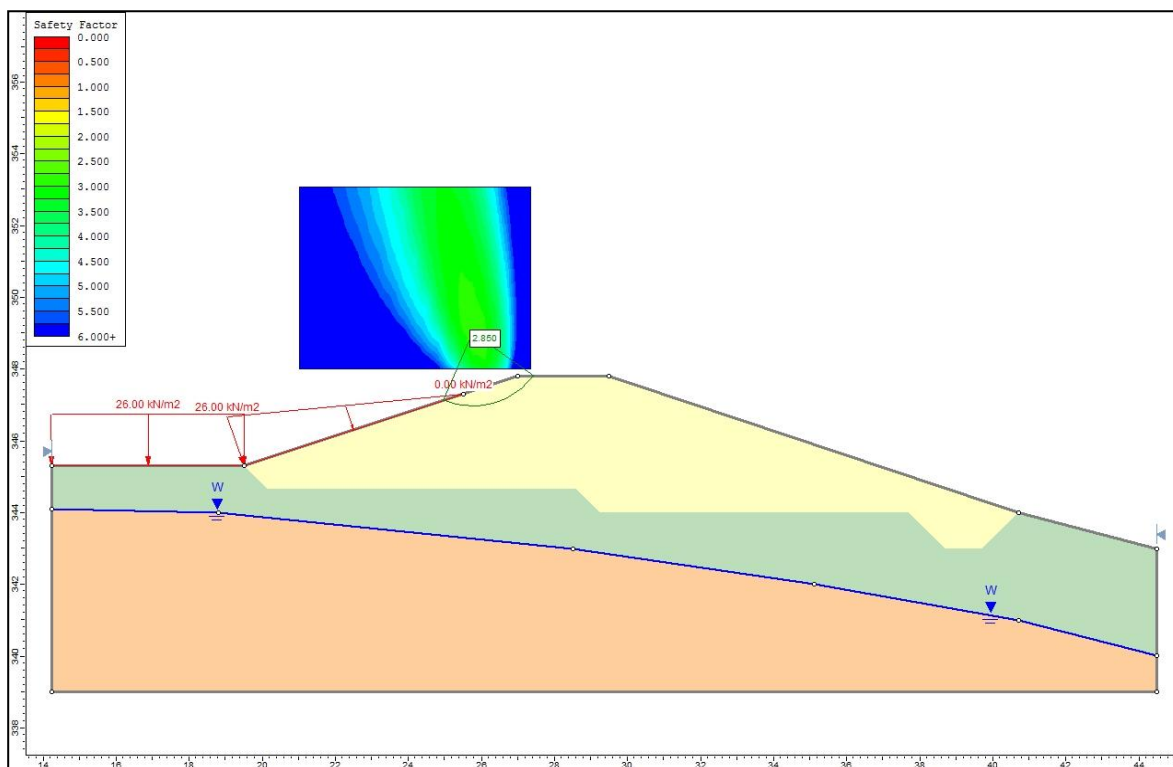




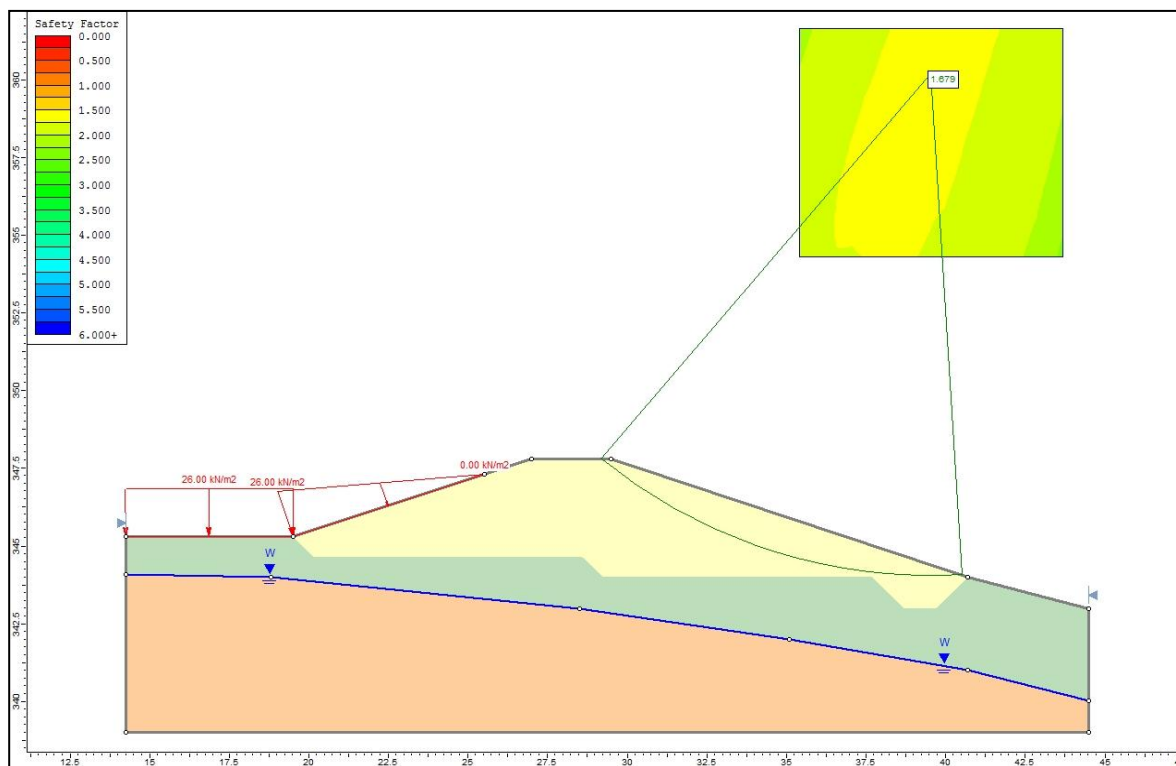
Slika 30: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, prazno stanje, vodna stran (Slide 6.0)



Slika 31: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, prazno stanje, zračna stran (Slide 6.0)



Slika 32: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, polno stanje, vodna stran (Slide 6.0)



Slika 33: Stabilnostna analiza pregrade: naklon brežin 1V : 3H, pregrada in teren, polno stanje, zračna stran (Slide 6.0)

### 4.3 Zbiralni bazen

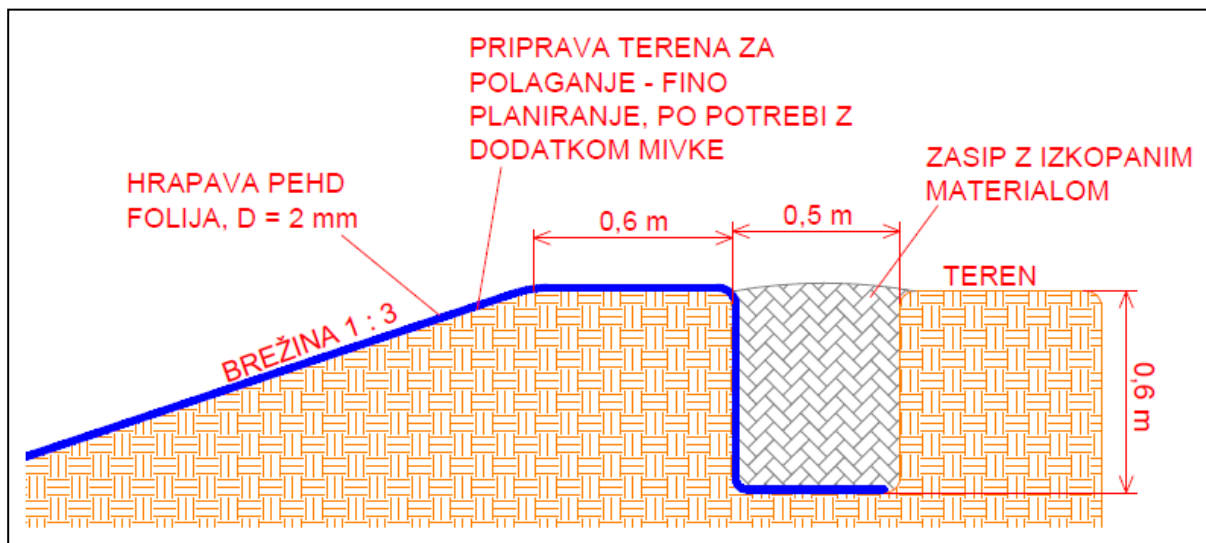
Akumulacija je zasnovana tako, da se čim bolje vklopi v okolje. Severni del je vkopan, iz vzhodne, južne in zahodne strani pa je obdana z zemeljsko pregrado. Na severni strani je predvideno, da se bo površinski meteorni odtok lahko zlival s terena neposredno v zbiralni bazen. Zato je pred bermo načrtovan manjši zaledni izkop (slika 23 – IZ) v naklonu približno 1V : 4H, kar je le malo bolj strmo od naravnega stanja. Ob upoštevanju tega pogoja je akumulacija umeščena tako, da bo z izkopom mogoče pridobiti čim večjo količino uporabnega materiala za gradnjo pregrade. Po izvedbi se izkop zatravi tako, da bodo vidne le zelene površine.

Na koti 347.80 mnv je predvidena berma širine 2,5 m (zaradi povoznosti), ki se po obsegu nadaljuje v krono pregrade. Zaradi lažjega iztekanja vode v bazen, je tako berma kot krona pregrade nagnjena 2,5 % proti središču akumulacije. Pod bermo so brežine vkopanega bazena v naklonu 1V : 3H. Kota dna v središču akumulacije je 345.30 mnv, tla pa so pod naklonom 1 % v prečni in 1% v vzdolžni smeri proti talnemu izpustu zaradi učinkovitejšega iztekanja vode. Največja razlika med koto obstoječega terena in koto dna akumulacije je približno 2 m, tako da je predvideno, da se bo celoten zbiralnik izvedel v plasti zaglinjenega grušča. Med procesom opravljanja zemeljskih del naj sodeluje tudi geomehanik.

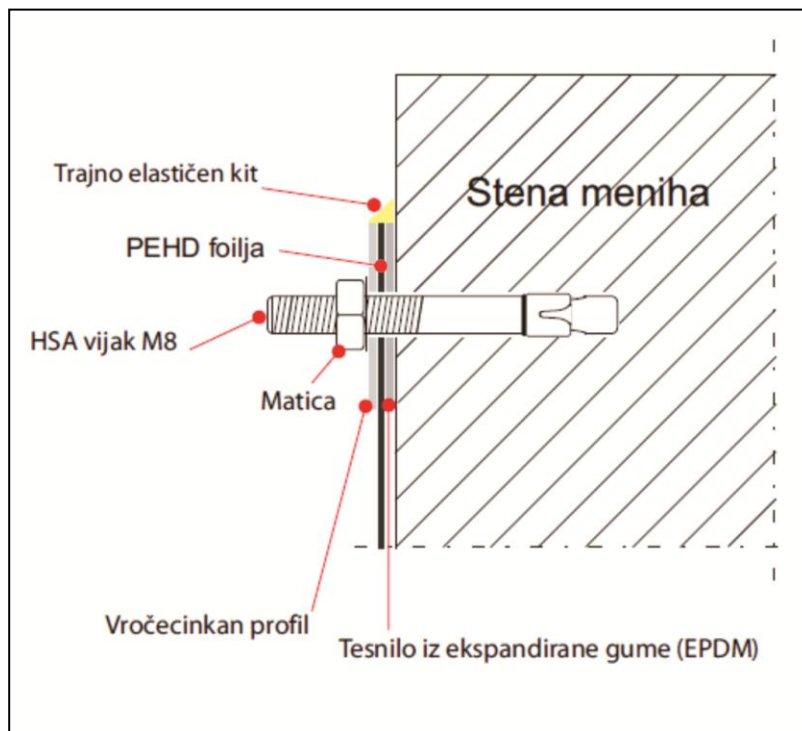
Vsa zemeljska dela je priporočljivo izvajati v letnem obdobju, ko je iz zaledja pričakovati najmanjše dotoke površinske in precejne vode ter nizke vlažnosti zemljin na mestu izkopa in mestu vgradnje zemljin v pregrado. Pred začetkom izkopavanja je potrebno najprej odstraniti in deponirati humusno plast. Ker gre za razmeroma majhno količino enega sloja materiala z enakimi lastnostmi, bo mogoče zemljino do 2 m globine izkopavati direktno z bagersko žlico (strojni izkop) ter ves material začasno odlagati na isto lokacijo. Priporočljivo mesto za začasno deponiranje materiala je prostor neposredno pod zbiralnikom in nad potokom Hruševnik, kjer se padeč terena znatno zmanjša. V okviru izkopa zbiralnega bazena se izvede tudi izkop za izpustni objekt (poglavje 4.6.1).

Zaradi poroznosti materiala bo potrebno vkop in vodno stran pregrade tesniti s folijo. Zbiralni bazen je potrebno primerno urediti (odstraniti večje kamnite strukture ter zasipati s tanko plastjo zdrobljenega grušča in utrditi z valjanjem). Z ozirom na karakteristike zemljine je predvideno tesnenje akumulacije z grobo PEHD folijo, ki se položi po dnu in brežinah. Tesnenje s folijo ima poleg ekonomičnosti tudi to prednost, da vodo dodatno segreje, kar je za namakanje dobrodošlo. Na izkopano zemljino se zaradi njenih karakteristik najprej položi zaščitna polst (500 gramov), nato pa PEHD debeline 2 mm. Folija je sidrana po celotnem obsegu krone pregrade in berme z sidrnim jaškom. Na kroni pregrade naj se folijo sidra vsaj 60 cm od notranjega roba pregrade, kot je to prikazano na sliki 34. Na severnem delu, kjer se voda zliva neposredno v zbiralnik, pa naj se folijo vkoplje na zunanji rob berme tako, da se dotoku vode iz zaledja prepreči možnost pronicanja v zemljino tik pred folijo. Na mestu izpustnega objekta mora biti

folija tesnjena na steno meniha (slika 35), dodatna pozornost pri sidranju pa bo potrebna tudi na mestih visokovodnega preliva in vtoka zbirnega jarka v akumulacijo, kjer bo potrebno folijo speljati in vkopati po brežinah obeh objektov.

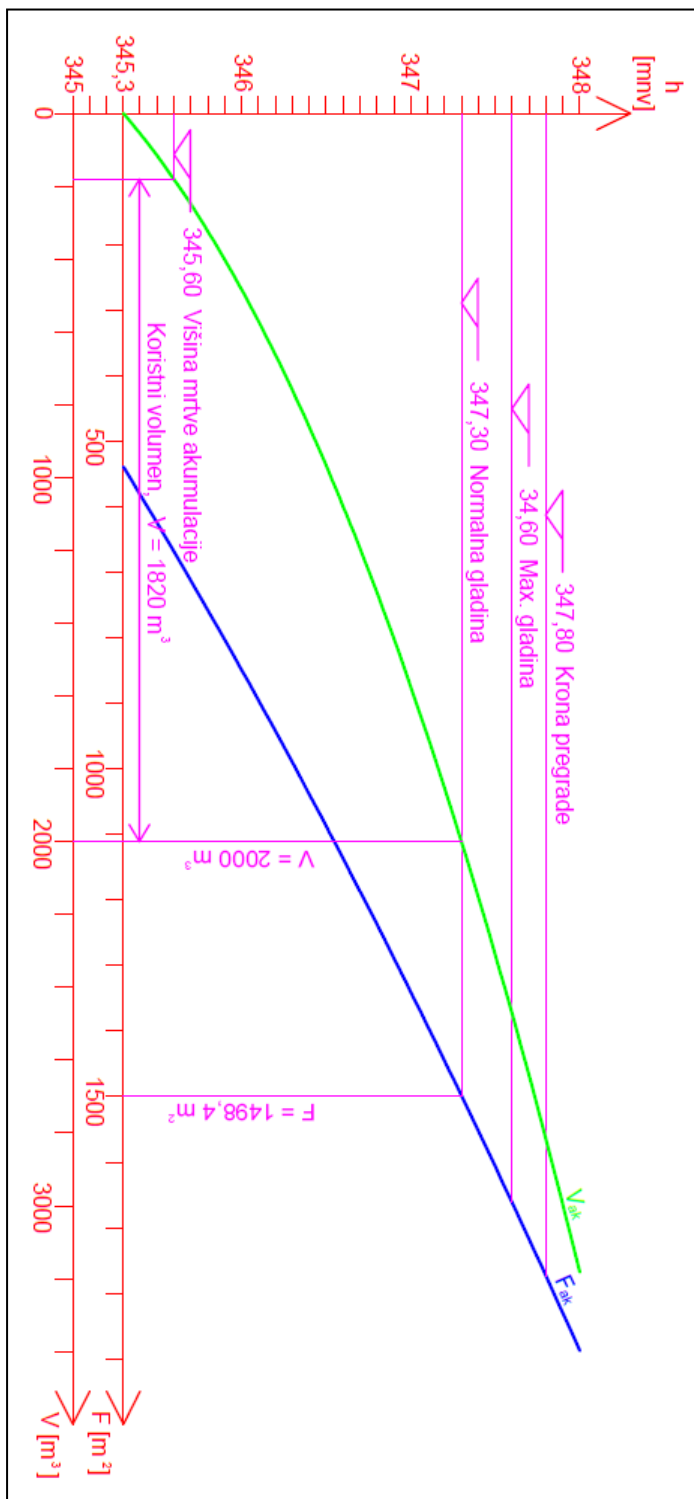


Slika 34: Detajl sidranja hrapave folije debeline 2 mm (podane so minimalne priporočljive dimenzije)



Slika 35: Detajl navezave folije na betonski menih (pridobljeno od: VGB Maribor d.o.o.)

Na sliki 36 je prikazana sprememba površine gladine in volumna vode v zbiralnem bazenu v odvisnosti od spremembe višine gladine vode (pri koristnem volumnu niso vštete izgube zaradi evaporacije).



Slika 36: Krivulja površin in volumna akumulacije

#### 4.4 Pregrada

Na osnovi izdelanih analiz in presoj bo mogoče pregradni nasip izdelati v naslednjih dimenzijah:

- naklon zračne brežine: 1V : 3H,
- naklon vodne brežine: 1V : 3H,
- širina krone: 2,5 m,
- naklon krone pregrade v smeri središča akumulacije: 2,5 %,
- višina pregrade v kritičnem profilu (od dna bazena do krone): 2,5 m,
- maksimalna širina pregrade: 22,75 m,
- volumen vgrajenega materiala: 3672 m<sup>3</sup>.

Pregrada bo v celoti grajena iz materiala, pridobljenega z izkopom akumulacijskega bazena, naklone brežin pa so narekemale geomehanske karakteristike tal. V kolikor bi se izkopani material izkazal za neuporabnega v večji količini kot je predvideno, je najprimernejše mesto za odvzem vzhodno od objekta (slika 23 – L3). Po opravljenem posegu je na tem območju potrebno formirati teren (travnik). Za količino gline, ki bi bila potrebna za tesnenje pregrade z neprepustnim jedrom, bi bilo na dani lokaciji potrebno kopati pregloboko, kar bi zelo povečalo stroške izvedbe objekta. Tesnenje s PEHD folijo pa je bolj ekonomično tudi zaradi dejstva, da v tem primeru pregrada predstavlja zgolj oporo, saj do pronicanja skozi telo objekta ne bo prihajalo. Zato ni potrebno niti umeščanje drenaže pod zračno stranjo pregrade niti izvedba betonskih prstanov proti pronicanju vode ob cevem prepustu.

Izvajalec naj izvaja vsa dela v suhem vremenu, ko bo podtalna in precejna voda na svojem minimalnem nivoju. Zemeljsko pregrado bo mogoče temeljiti na naravnih tleh. Predhodno je potrebno odstraniti humusni sloj povprečne debeline 20 cm. Zaradi naklona pobočja je potrebno temeljna tla stopničiti in v izogib zdrsu na dnu pregrade urediti peto, kot je prikazano v prilogi B. Cevovod oziroma talni izpust se položi takoj po ureditvi temeljnih tal (poglavje 4.6.1).

Nasipavati se začne na južni strani, kjer bo pregrada glede na prvotni teren najvišja, nato pa naj se nasip razširi še v obe smeri po pobočju tako, da pregrada ustrezno zaobjame akumulacijski bazen. V obeh smereh proti pobočju je pomembno, da se temeljna ploskev primerno stopniči. Po pridobljeni višini naj se material vgrajuje s komprimiranjem v enakomernih slojih od 15 cm do 25 cm po celotni dolžini pregrade. Dejansko stopnjo zbitosti in vlažnosti vgradne zemljine je potrebno sukcesivno kontrolirati. Ker bo objekt temeljen v raščenem terenu, usedanja pregradnega nasipa kot takšnega ne bo. Pojavila se bo le konsolidacija samega pregradnega telesa, ki pa bo zaradi majhnih dimenzij imela zanemarljivo majhne razsežnosti, še posebej ob pravilnem vgrajevanju zemljine.

Predvideno je, da bo v telo nasipa mogoče z zgoščevanjem vgraditi ves izkopani material. Le-tega naj se zgosti do vrednosti 92% Proctorske gostote (v času pripravljanih del naj se izdelata vsaj 2 analizi optimalne vlage po Proctorju). Vgradni material ne sme vsebovati večjih količin organskega materiala, zmrznjene zemlje in skal, zato je mogoče tudi, da bo potrebno večje kamne zdrobiti na primerno granulacijo. Med izvajanjem zemeljskih del bo mogoče določiti (z ozirom na razpoložljivo mehanizacijo) podrobnejše pogoje vgrajevanja zemljin, zato naj bo med celotno gradnjo objekta zagotovljen sproten geotehnični nadzor, ki bo podajal morebitne spremembe ali dodatne pogoje izvedbe pregrade z ozirom na zatečeno stanje.

Akumulacija ima premajhno vodno površino (1500 m<sup>2</sup>), da bi lahko prihajalo do poškodb pregrade zaradi valovanj (višji valovi nastopijo pri površinah nad 0,5 ha). Prav tako folija zagotavlja dodatno varnost pred hitrimi spremembami gladine v bazenu, zato na pregradi ni potrebno urejati nikakršnega dodatnega varovanja (Mays, 2012).

Po zaključku nasipavanja se izkoplje visokovodni preliv in odtočno korito oziroma drča (poglavje 4.6.2), nato pa je potrebno pregrado prekriti s plastjo humusne prsti na vseh delih, ki ne pridejo v stik z vodo in jo povaljati, da zmanjšamo verjetnost erozije polnilnega materiala. Na koncu naj se pregrado še zaseje s travno – deteljno mešanico, da ne pride do žlebljenja oziroma drugih poškodb površine zaradi atmosferskih vplivov. Po opravljenih gradbenih delih naj se celotni zbiralnik ogradi z leseno ograjo višine 1,5 m, ki bo preprečevala dostop večjim živalim.

Potrebne kontrole v času same gradnje zemeljske pregrade:

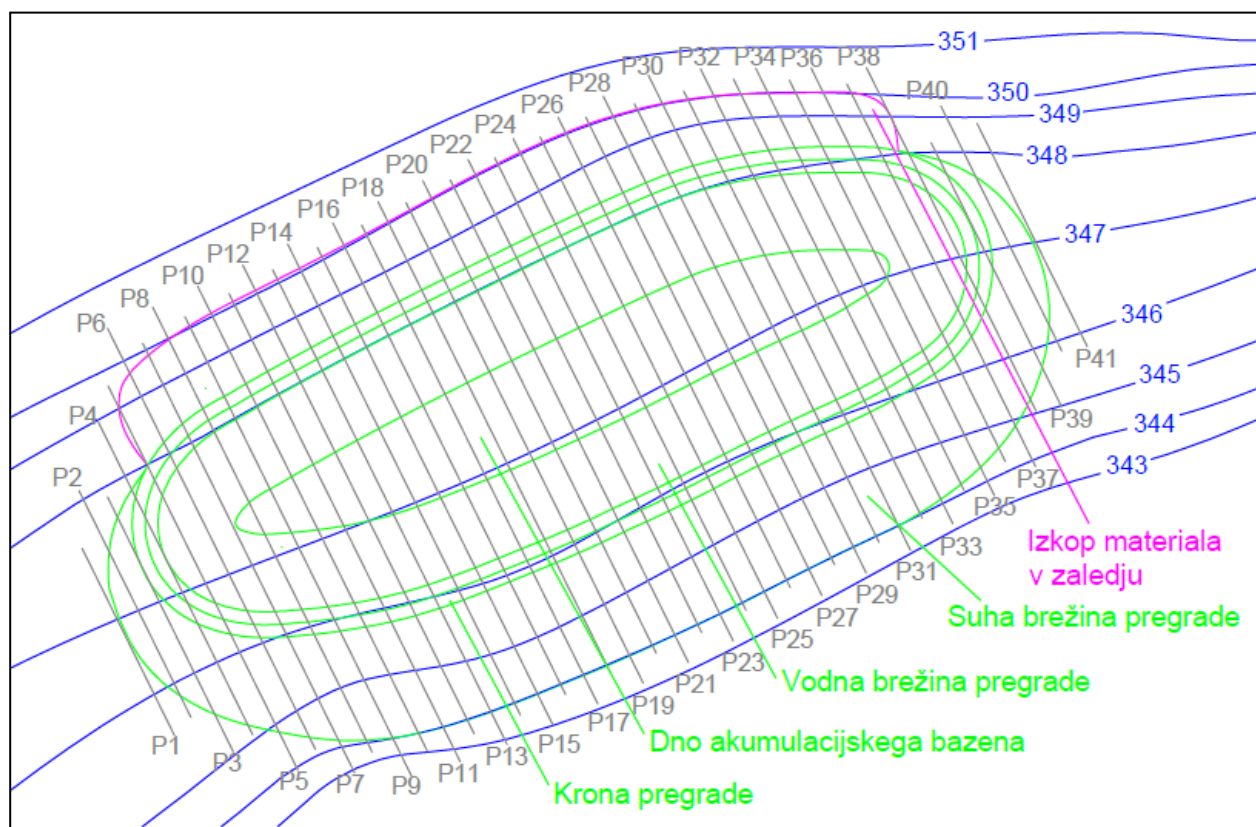
- kontrola in pregled planuma (morebitne sanacije),
- kontrola osušenosti pete pregrade,
- kontrola vgrajevanja in kvalitete nasipnega materiala,
- kontrola in opazovanje nihanja podtalnice.

#### **4.5 Masna bilanca**

Vodilo pri snovanju rešitve je bila, ob zagotavljanju potrebnega volumna vode za namakanje, tudi optimalna izravnava zemeljskih mas oziroma razmerje med količino izkopanega materiala in količino potrebnega materiala za gradnjo pregrade. Glede na projektirane dimenzije so bile dosežene naslednje količine:

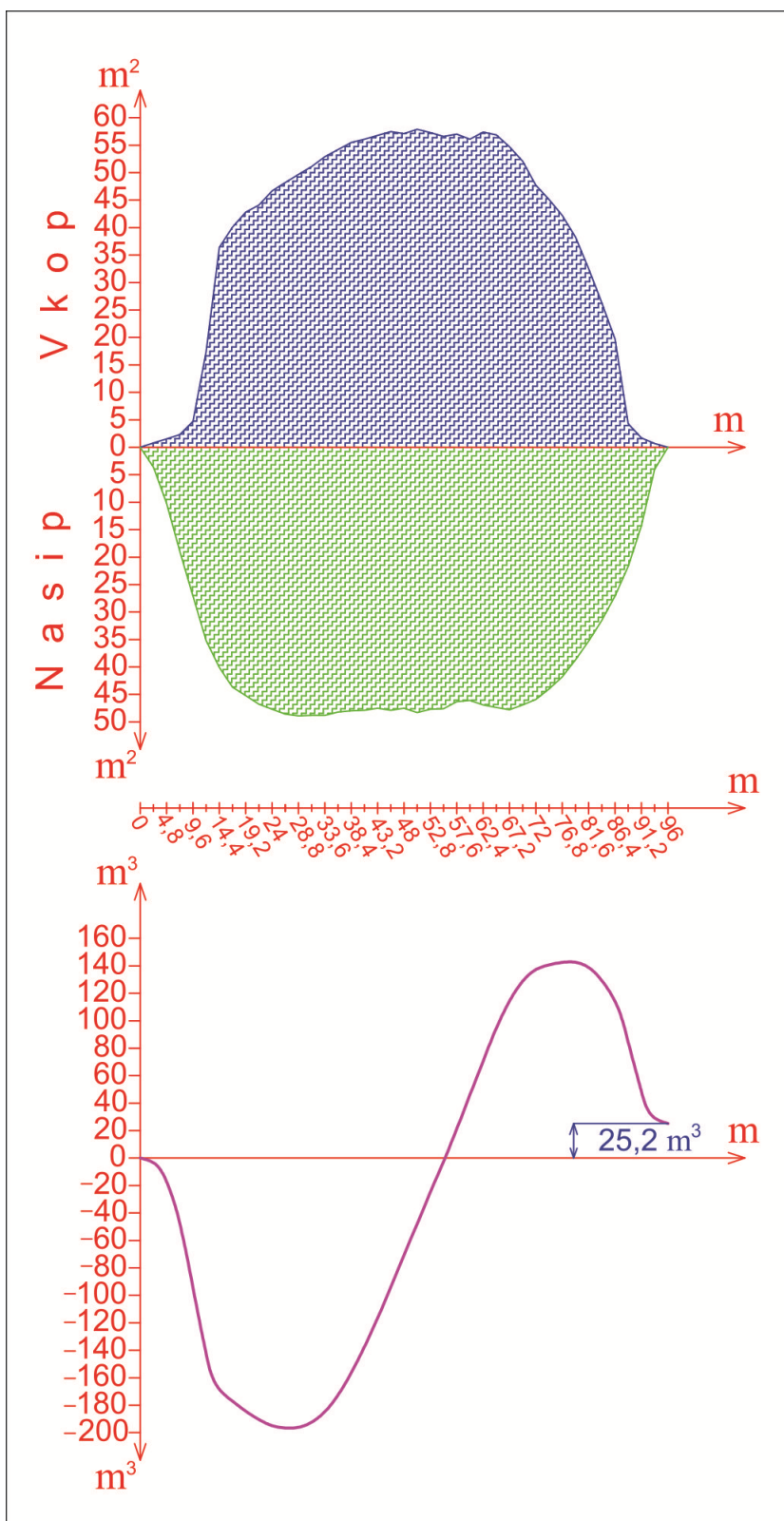
- volumen izkopanega materiala (brez humusne plasti): 3697 m<sup>3</sup>,
- potrebni volumen nasipnega materiala: 3672 m<sup>3</sup>,
- volumen odkopanega humusa (odvoz na deponijo): 817 m<sup>3</sup>.

Za potrebe izračuna prostornine je bil mali vodni zbiralnik razdeljen na 41 profilov z vmesno razdaljo 2,4 m (Slika 37). Po masnem profilu bi izkopani material moral zadoščati za izvedbo pregradnega nasipa, saj pride do majhnega presežka ( $25 \text{ m}^3$ ). Vendar je potrebno upoštevati dejstvo, da običajno ves izkopani material ni vgradljiv ter da volumen odvzetega materiala ni enak volumnu vgrajenega. Med izvajanjem zemeljskih del bo mogoče natančneje določiti masno razmerje. Varno pa je trditi, da do velikih razhajanj ne bo prišlo.



Slika 37: Profili za izračun zemeljskih mas (izohipse prikazujejo prvotni nivo terena)





Slika 38: Ploskovni (zgoraj) in masni profil (spodaj)

## 4.6 Spremljajoči objekti

Mali vodni zbiralnik bo opremljen z dvema objektoma za izpust vode iz zbiralnega bazena – s talnim izpustnim objektom in z visokovodnim prelivom. Namen prvega je omogočiti izpraznitev celotne akumulacije v primeru sanacije bazena oziroma pregrade, drugega pa vzdrževanje stalne gladine v primeru močnejših padavin ali zamašitve cevnega izpusta in varovanje pregrade pred erozijo zaradi nekontroliranega prelivanja. Ker gre za majhne količine vode, sta lahko odtočna jarka speljana v nižje ležeči potok Hruševnik.

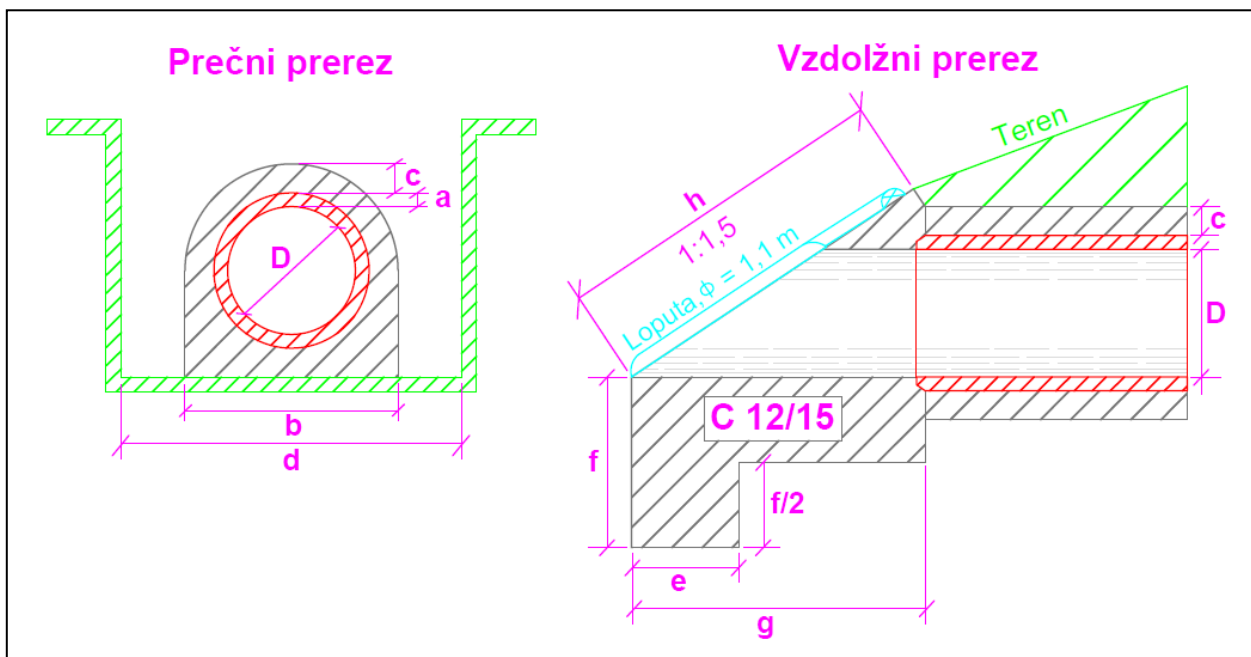
### 4.6.1 Izpustni objekt

Izpustni objekt je sestavljen iz talnega izpusta (cev) in iztočnega objekta (menih) (priloga – P3). Menih bo armirano betonski jašek izveden na sami lokaciji. Umeščen bo na najnižji koti dna (344,95 mnv) akumulacije. Kota prelivnega roba meniha (347,3 mnv) bo sovpadala z višino normalne gladine pri polni akumulaciji. V izogib izvedbi dodatnih armirano betonskih bočnih kril ali zmanjševanju naklona brežin vkopa, bo objekt lociran na začetku brežine. Dostop do meniha bo mogoč le s čolnom, saj urejen dostop (npr. most) poleg dodatnih investicijskih stroškov pomeni tudi večjo verjetnost poskusa dostopa neusposobljenega osebja ali celo odtujitve rešetak na temenu objekta (kar je v praksi precej pogost primer).

Na čelni strani bo iztočni objekt odprt in opremljen s tremi vrstami vodil UNP 6,5 cm. Dve vrsti sta namenjeni za lesene plohe z vmesnim glinenim nabojem (tesnilna funkcija), tretje vodilo pa za čelno rešetko. V eni vrsti vodil bo 12 lesenih plohov dimenzij: debelina 5 cm, širina 95 cm, višina 20 cm (z izjemo spodnjega, ki je višine 15 cm) zato, da jih bo v primeru praznenja celotne akumulacije mogoče odstranjevati posamično. V čelnem vodilu je predvidenih 6 ovirjev rešetak dimenzij: širina 5 cm, dolžina 96 cm, višina 40 cm (z izjemo zgornje, ki ima višino 35 cm) z medosno razdaljo 5 cm. Na zgornjem delu, nad nivojem normalne gladine je objekt z vseh štirih strani zaprt z jeklenimi rešetakami, ki so vstavljene v vodila UNP 6,5 cm. Dimenzije čelne in hrbtna so: širina 5 cm, dolžina 118 cm, višina 30 cm. Dimenzije bočnih pa: širina 5 cm, dolžina 162 cm, višina 30 cm. Vse naj imajo medosno razdaljo palic rešetak približno 5 cm. Menih bo temeljen v plasti zaglinjenega grušča do globine 0,5 m. Dno temelja bo tako še vsaj 0,8 m nad nivojem slabše prepustne plasti skrilavega glinovca. Betonska plošča za izravnavo terena v debelini 8 cm naj se izvede iz betona C12/15, celoten menih vključno s temeljem pa iz C 25/30. Znotraj meniha bo lestev zato, da bo možno odstranjevanje plohov v primeru praznenja akumulacije.

Za talni izpust se uporabi betonske cevi premera 60 cm, v skupni dolžini 17,3 m. Premer je predimenzioniran tako, da je v primeru zamašitve mogoče čiščenje cevne prepuste. Izvede se ga po detajlu za cevne prepuste in tipske betonske poševne glave (slika 39 in preglednica 10). Ker je zbiralnik

tesnjen s folijo, ne obstaja nevarnost precdnih vod, tako da okoli cevne prepusta niso predvideni betonski prstani. Na zgornji strani je cev priključena na menih, spodaj pa na odtočni jarek, ki vodi v potok Hruševnik. Iztok iz cevi naj bo zaprt z loputo premera 110 cm z nastavljivimi stopnjami odprtosti. Za odtočni jarek (slika 23 – J2) veljajo enaki pogoji in napotki, kot so opisani v poglavju 4.6.2 visokovodni preliv. Dolžina jarka je približno 85 m, kanal trapezne oblike dimenzij: širina dna 0,8 m, višina preseza 0,5 m, naklon brežin 1V : 1,5H, pa je na prvotnem delu (dolžine 11 m) obložen z lomljencem.



Slika 39: Prečni prerez cevne prepusta (levo) in vzdolžni prerez tipske betonske poševne glave (desno)

Preglednica 10: Podatki za cevni prepust in tipsko betonsko poševno glavo

Podatki za cevni prepust					
Profil cevi (D)	Teža	Debelina cevi (a)	Širina temeljenja (b)	Debelina obodnega betona (c)	Širina izkopa na dnu (d)
cm	kg	cm	m	cm	m
60	390	6,5	1	13,5	1,6
Podatki za poševno betonsko glavo					
Profil cevi (D)	Peta temeljenja (e)	Globina temeljenja (f)	Dolžina temeljenja (g)	Poševnina glave (h)	
cm	m	m	m	m	
60	0,5	0,8	1,38	1,6	

Za temeljenje meniha v plasti zaglinjenega gruča je izračunana dopustna obremenitev tal v skladu z Evrokodom 7 (projektni pristop 2 – nosilnost temelja). Uporabljene so strižne karakteristike iz preglednice 7.

- Izračun korekcijskih faktorjev nosilnosti:

$$N_q = e^{\pi * tg\varphi} * tg^2 \left( 45 + \frac{\varphi}{2} \right) = 11,85 \quad (12)$$

$$N_c = (N_q - 1) * cot\varphi = 22,25 \quad (13)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) * tg\varphi = 10,58 \quad (14)$$

- Izračun korekcijskih faktorjev oblike temelja ( $B = 1,9$  m;  $L = 2,345$  m):

$$s_q = 1 + \left( \frac{B}{L} \right) * sin\varphi = 1,36 \quad (15)$$

$$s_c = \frac{s_q * N_q - 1}{N_q - 1} = 1,39 \quad (16)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3 * \left( \frac{B}{L} \right) = 0,76 \quad (17)$$

- Ker dno temelja ni pod naklonom, so korekcijski faktorji  $b_q = b_c = b_\gamma = 1$
- Ker ni horizontalne obremenitve, so korekcijski faktorji nagiba sile  $i_q = i_c = i_\gamma = 1$
- Izračun najmanjše efektivne obtežbe na globini temeljenja  $h = 0,5$  m:

$$q' = \gamma * h = 21 \text{ kN/m}^3 * 0,5 \text{ m} = 10,5 \text{ kN/m}^2 \quad (18)$$

- Izračun projektne vrednosti nosilnosti temelja:

$$\frac{R}{A'} = c * N_c * b_c * s_c * i_c + q' * N_q * b_q * s_q * i_q + \frac{\gamma}{2} * B * N_\gamma * b_\gamma * s_\gamma * i_\gamma = 360,56 \text{ kN/m}^2 \quad (19)$$

$$R_k = \frac{R}{A'} * A' = 360,56 \text{ kN/m}^2 * 4,46 \text{ m}^2 = 1606,48 \text{ kN} \quad (20)$$

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_{R,V}} = \frac{1606,48 \text{ kN}}{1,4} = 1147,5 \text{ kN} \quad (21)$$

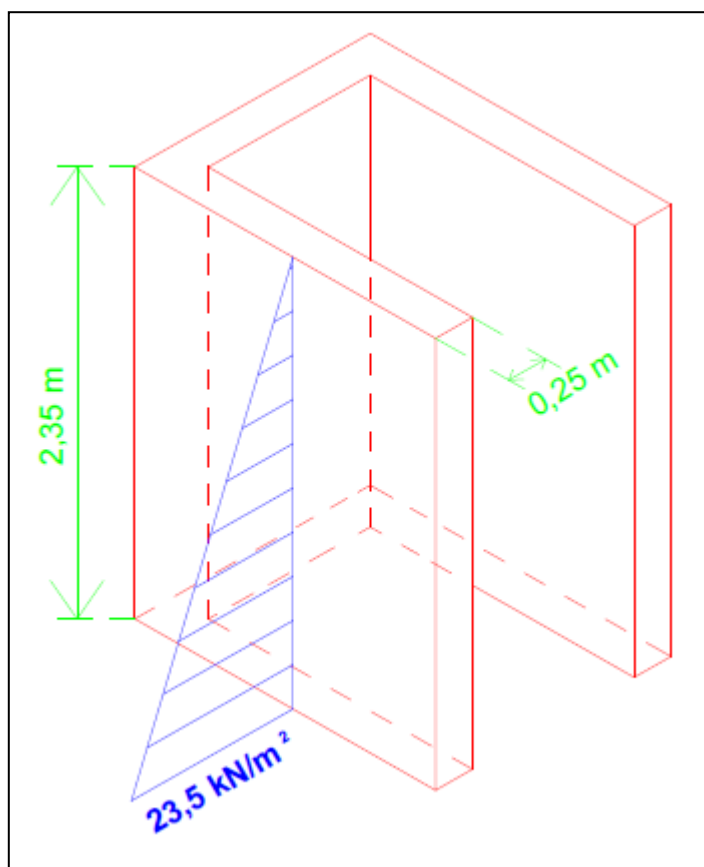
- Izračun projektne vrednosti vertikalne obtežbe na temelj. Stalno obtežbo ( $V_k$ ) tvorijo: teža uporabljenega betona, armature in jekla pri izvedbi meniha ter naspnega materiala nad površino temelja. Spremenljivo obtežbo ( $V_N$ ) tvori teža vode nad površino temelja v skupni višini 2,65 m (do vrha visokovodnega preliva - 347,6 mmv):

$$\begin{aligned} V_d &= \gamma_G * V_k + \gamma_Q * V_N = 1,35 * 140 \text{ kN} + 1,5 * 85 \text{ kN} \\ &= 317 \text{ kN} \end{aligned} \quad (22)$$

Ker je  $R_d > V_d$  dopustna obremenitev tal nedvomno zadošča za gradnjo meniha.

- Izračun potrebne armature:

$$q = \gamma * h = 10 \text{ kN/m}^3 * 2,35 \text{ m} = 23,5 \text{ kN/m}^2 \quad (23)$$



Slika 40: Skica obremenitve meniha s hidrostatičnim tlakom

$$M_{Ed} = \gamma_Q * \frac{q * h^2}{2} = 1,5 * \frac{23,5 \text{ kN/m}^3 * 5,52 \text{ m}^2}{2} = 97,33 \text{ kN/m} \quad (24)$$

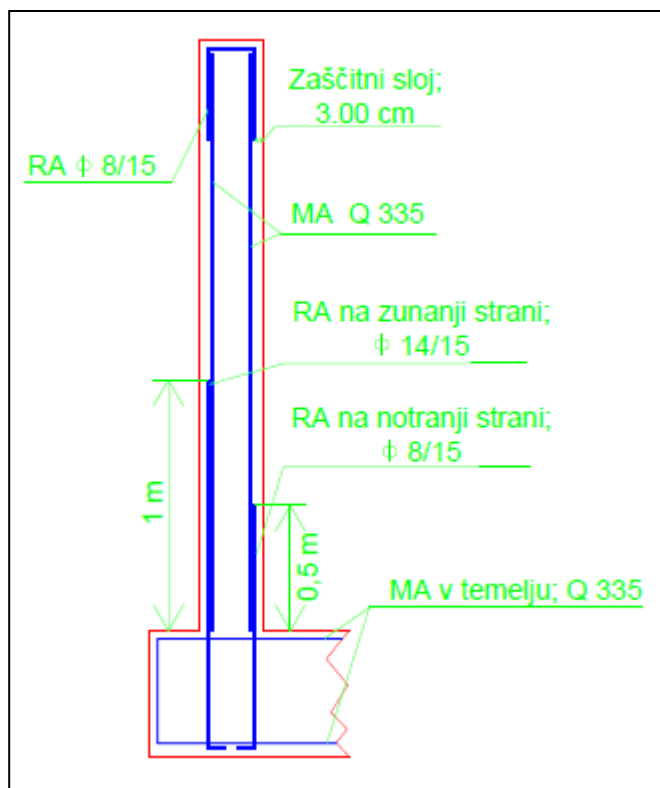
$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{50 \text{ kN/cm}^2}{1,15} = 43,5 \text{ kN/cm}^2 \quad (25)$$

$$A_s = \frac{M_{Ed}}{0,85 * d * f_{yd}} = \frac{97,33 \text{ kN/m}}{0,85 * 0,22 \text{ m} * 43,5 \text{ kN/cm}^2} = 9,01 \text{ cm}^2 \quad (26)$$

Račun je izveden za linearno obtežbo in do izbrane višine armiran na maksimalno obremenitev. Na zunanji strani sten meniha se do višine 1 m izbere rebrasto armaturo  $\emptyset 14/15$ . Na notranji strani je potrebna minimalna armatura.

$$A_{s,min} = 0,002 * A_c = 0,002 * 25 \text{ cm} * 100 \text{ cm} = 5 \text{ cm}^2 \quad (27)$$

Skupaj je potrebno  $5 \text{ cm}^2$  armature, torej  $2,5 \text{ cm}^2$  na vsaki strani. Zato naj se uporabi mrežno armaturo Q 335. Ker zaradi težavnosti pri izvajanju gradbenih del mrežne armature ne moremo nadaljevati iz temelja, je potrebno na notranji strani stik med steno meniha in temeljem dodatno armirati s palično rebrasto armaturo  $\emptyset 8/15$  (slika 41).



Slika 41: Skica armature v menihu

#### 4.6.2 Visokovodni preliv

Visokovodni preliv naj se izvede v trapezni obliki na robu južnega (ravnega) odseka pregrade. Po pregradi je drča speljana v odtočni jarek, ki vodi v potok Hruševnik.

Preliv bo izveden z znižanjem krone v kratkem odseku na koto 347,30 mnv (slika 42). Zaradi varnosti je dimenzioniran tako, da lahko odvaja vsaj odtok s petsto letno povratno dobo. Ker so mali vodni zbiralniki predvideni na območju z majhno prispevno površino, je možno uporabiti empirično enačbo Pintarja (enačba 5). Vrednosti specifičnega odtoka s stoletno povratno dobo ( $9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}$ ) in koeficienta povodja (0,75) sta povzeta po »Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji« (Pintar in sod., 2012). Ker prelivno korito ne bo betonirano, naj bo naklon brežin položen (v razmerju  $1V : 4H$ ), dno pa rahlo nagnjeno proti iztočni strani. Širina dna preлива je 0,8 m, računška višina pa 0,3 m. Za izračun pretočne kapacitete je uporabljena enačba za pravokotni preliv z izbranim odtočnim koeficientom  $\mu = 0,50$  (Steinman, 1999).

Drča je v obliki trapeznega korita speljana do odtočnega kanala po zračni strani brežine pregrade z naklonom 33%. Širina dna je 0,8 m in globina kanala 0,2 m, naklon brežin pa v enakem razmerju kot pri prelivu ( $1V : 4H$ ). Povprečna hitrost po prerezu ( $u$ ) je izračunana po Manningovi enačbi za enakomerni tok pri maksimalni odtočni kapaciteti drče. Vrednost koeficienta trenja  $n_g = 0,108 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$  je vsota njegovih parcialnih vrednosti in sicer: vpliva materiala, ki sestavlja korito ( $0,028 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ), stopnje hrapavosti omočenega oboda ( $0,02 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ) in relativnega vpliva ovir v koritu ( $0,06 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ) (Steinman, 1999). Tako preliv kot drča bosta obložena z zložbo iz kamna (lomljenec). Ker je malo verjetnosti, da bosta pogosteje uporabljena oziroma, ker obstaja zelo majhna verjetnost, da bi morala prevajati maksimalno kapaciteto vode, je predvideno, da se kamnomet v debelini 20 cm prekrije z zemeljskim materialom in zatravi tako, da bodo vidne samo zelene površine.

- Izračun petsto letnih visokih vod:

$$Q_{100} = q_{100} * F^N = 9 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2 * 0,01 \text{ km}^2^{0,75} = 0,285 \text{ m}^3/\text{s} \quad (28)$$

$$Q_{500} = 1,3 * Q_{100} = 1,3 * 0,285 \text{ m}^3/\text{s} = 0,37 \text{ m}^3/\text{s} \quad (29)$$

$q_{100}$  specifični odtok s stoletno povratno dobo [ $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ ]

$F$  prispevna površina [ $\text{km}^2$ ]

$N$  koeficient povodja

$Q_{100}$  odtok s stoletno povratno dobo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

$Q_{500}$  odtok s petsto letno povratno dobo [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

- Dimenzioniranje preliva (poenostavljeno za pravokotni prerez):

$$Q = \frac{2}{3} * \mu * b * \sqrt{2g} * h_{pr}^{2/3} = \frac{2}{3} * 0,5 * 2 \text{ m} * \sqrt{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} * 0,3 \text{ m}^{2/3} \quad (30)$$

$$= 0,485 \text{ m}^3/\text{s}$$

$h_{pr}$  prelivna višina [m]

$\mu$  odtočni koeficient

$b$  širina korita (zaradi poenostavitve s pravokotnim prelivom merjena na srednji višini pretočnega prereza) [m]

$Q_{pr}$  maksimalni odtok čez preliv [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

- Dimenzioniranje drče:

$$u = \frac{1}{n_g} * \sqrt{I} * \frac{S^{2/3}}{O^{2/3}} = \frac{1}{0,108} * \sqrt{0,33} * \frac{0,32 \text{ m}^2^{2/3}}{2,45 \text{ m}^{2/3}} = 1,37 \text{ m/s} \quad (31)$$

$$Q_{dr} = u * S = 1,37 \text{ m/s} * 0,32 \text{ m}^2 = 0,438 \text{ m}^3/\text{s} \quad (32)$$

$n_g$  koeficient trenja [ $\text{s/m}^{1/3}$ ]

$I$  naklon brežine

$h$  višina pretočnega prereza [m]

$S$  pretočni prerez [ $\text{m}^2$ ]

$O$  omočeni obod [m]

$u$  povprečna hitrost po prerezu [m/s]

$Q_{dr}$  maksimalen odtok po drči [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]

- Račun Froudovega števila:

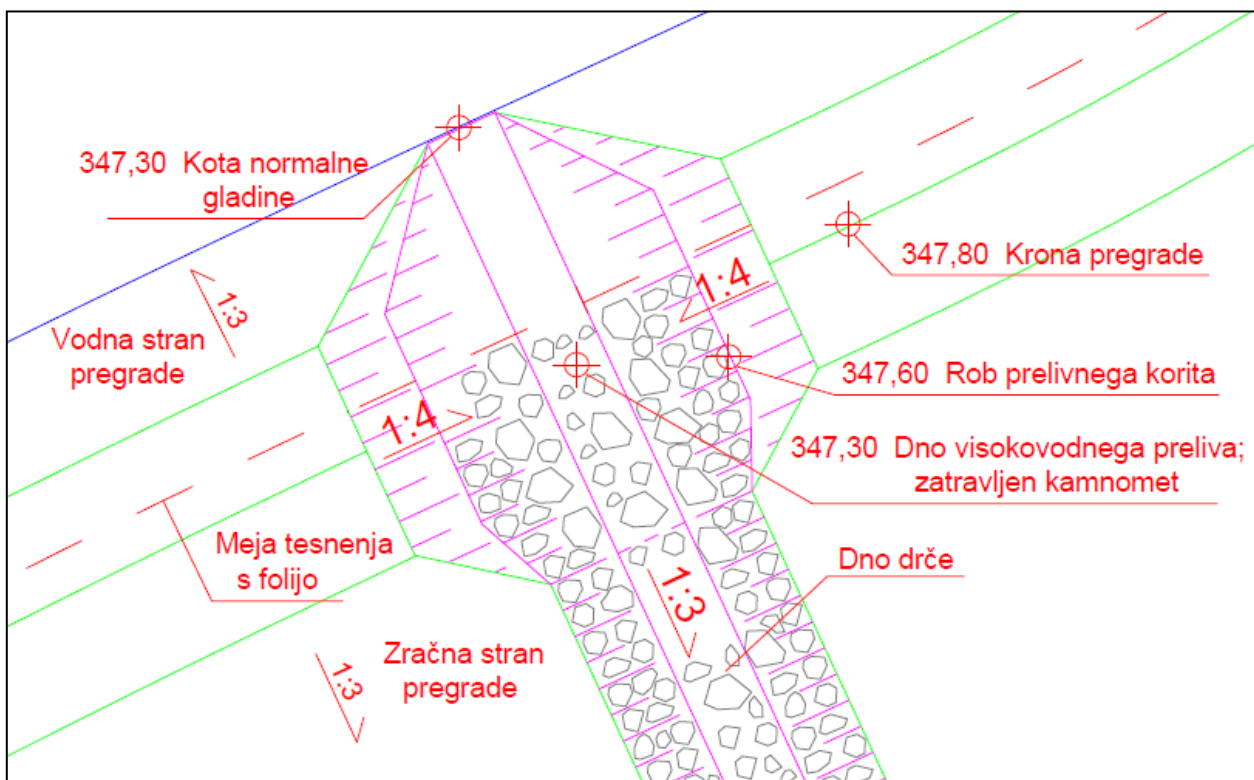
$$Fr = \frac{u}{\sqrt{g * h}} = \frac{1,37 \text{ m/s}}{\sqrt{9,81 \text{ m/s}^2 * 0,2 \text{ m}}} = 0,97 \quad (33)$$

Tudi ob upoštevanju varnostnega predimenzioniranja drče za 680 l/s, je vrednost Froudovega števila še zmeraj manjša od 1, kar pomeni, da ne nastopi deroči tok (voda odteče v režimu mirnega toka in ob vstopu v odtočni jarek ne pride do vodnega skoka) in ni potrebe po ureditvi podslapja. Tudi povprečna hitrost



ostane v mejah sprejemljivega, tako da ne bo prihajalo do spodjedanja po ostenju korita. Tako preliv kot drčo je potrebno redno pregledovati in po potrebi očistiti.

Odočni jarek, po katerem bo voda iz preliva speljana v potok Hruševnik, naj se po odstranitvi humusne plasti izkoplje v matični zemljini (slika 23 – J3). Dolžina jarka je približno 65 m, pretočni prerez trapezne oblike pa ima naslednje dimenzije: širina dna 0,8 m, višina prereza 0,5 m in naklon brežin v razmerju 1V : 1,5H. Naklon dna korita je na začetnem odseku (dolžine 5 m) 27 %, zato naj se prvih 10 m obloži z zložbo iz kamna (lomljenec). V nadaljevanju in vse do potoka je povprečni padec terena 6 %. Ocenjeno je, da bo koeficient trenja večji od  $0,1 \text{ s/m}^{1/3}$ , tako da bo hitrost vode pri maksimalnem pretoku nizka. Hitrost pretoka bo mogoče natančneje določiti po izkopu jarka na terenu in po potrebi izvesti dodatne stabilizacijske ukrepe, vendar je verjetnost za to zelo majhna, saj se predvidene pretočne hitrosti gibljejo pod 1 m/s. Dno in brežine korita naj se po izkopu utrdijo z valjanjem, tesnenje pa ni potrebno, saj pronicanje vode na tem odseku ne predstavlja nikakršne nevarnosti za objekt ali okolico. Sprememba smeri jarka naj se izvede čim bolj enakomerno, brez nenadnih odklonov na kratkih odsekih. Pomembno je, da se iztok v potok uredi čim bolj vzporedno na strugo vodotoka tako, da bo voda pritekala v Hruševnik pod čim manjšim kotom. Po izkopu naj se jarek zatravi.



Slika 42: Visokovodni preliv in drča

### 4.6.3 Dimenzioniranje zbirnega jarka

Za učinkovito obratovanje malega vodnega zbiralnika bo na lokaciji potrebno izvesti zbirni jarek (slika 23 – J1). Predvideno je, da se bo del vode iz zaledja akumuliral v zbiralniku z neposrednim vtokom, del pa s pomočjo jarka, ki je dimenzioniran na visoke vode s petsto letno povratno dobo. Prerez je v obliki trapeznega korita z naklonom brežin 1V : 1,5H, višino 0,3 m in širino dna 0,3 m. Ob upoštevanju podatka o velikosti zalednega območja, ki bo prispeval vodo v zbirni jarek (0,55 ha), znaša maksimalni odtok, za katerega mora zadostovati kapaciteta korita 0,21 m<sup>3</sup>/s. Jarek se po odstranitvi humusa izkoplje v plasti zaglinjenega grušča. Kota dna na najvišje ležeči točki je 353,80 mnv, povprečni padec pa 7%. Dolžina kanala je 90 m, iztok v bazen pa naj se izvede na koti 347,50 mnv. Korito se tesni z glino, dno pa naj se zaradi povečanja hrapavosti dodatno obloži z lomljencem z namenom zmanjšanja hitrost dotekajoče vode v zbiralni bazen. Na zadnjem odseku (del jarka, ki teče preko berme) se kanal tesni z isto PEHD folijo (debeline 2 mm) kot akumulacijo, pri čemer naj se nameni dodatno pozornost sidranju ter polaganju folije po brežinah korita.

Ker je predvideno, da bodo hitrosti dotekajoče vode v akumulacijo nizke in ne bo prišlo do nastopa deročega toka, je hitrost maksimalnega odtoka v zbirnem jarku izračunana po Manningovi enačbi na enak način kot v primeru drče (poglavje 4.6.2). Predpostavko naj se ob prvih večjih deževjih po izgradnji objekta preveri in po potrebi dodatno poveča hrapavost ostenja jarka. Upoštevaní koeficient trenja  $n_g = 0,068 \text{ s/m}^{1/3}$  je vsota njegovih parcialnih vrednosti in sicer: vpliva materiala, ki sestavlja korito (0,028 s/m<sup>1/3</sup>), stopnje hrapavosti omočenega oboda (0,02 s/m<sup>1/3</sup>) in relativnega vpliva ovir v koritu (0,02 s/m<sup>1/3</sup>).

- Dimenzioniranje zbirnega jarka:

$$u = \frac{1}{n_g} * \sqrt{I} * \frac{S^{2/3}}{0^{2/3}} = \frac{1}{0,068} * \sqrt{0,07} * \frac{0,23 \text{ m}^2^{2/3}}{1,38 \text{ m}^{2/3}} = 1,18 \text{ m/s} \quad (34)$$

$$Q_{dr} = u * S = 1,18 \text{ m/s} * 0,23 \text{ m}^2 = 0,271 \text{ m}^3/\text{s} \quad (35)$$

## 5. POPIS DEL IN PREDIZMERE

V nadaljevanju sledi popis del, ki se bodo izvajala v okviru projekta malega vodnega zbiralnika. Namen popisa s predizmerami je investitorju prikazati čim bolj natančen opis vseh del, potrebnih za izgradnjo objekta.

Preglednica 11: Popis del - pripravljala dela

Št.	Opis dela	Enota	Količina
A1	Zakoličba osi pregrade in akumulacije z lesenimi količki 4 x 4 cm, vključno z zavarovanjem izven operativnega pasu s trikotnikom iz lesa 2,5 x 2,5 cm na količkih premera 4cm	m	196
A2	Postavitev gradbenih prečnih profilov iz desk 15 x 2,5 cm na dveh lesenih količkih 5 x 5 cm, na potrebni višini s potrebnimi označbami	kom	14

Preglednica 12: Popis del - zemeljska dela

Št.	Opis dela	Enota	Količina
B1	Strojni odriv humusa debeline 20 cm in odvoz na deponijo (vključno s spremljajočimi jarki)	m <sup>3</sup>	905
B2	Strojni izkop v zemljini III. kategorije z odrivom materiala na začasno deponijo (vključno z zalednim izkopom, visokovodnim prelivom, drčo, spremljajočimi jarki in izkopom za talni izpust)	m <sup>3</sup>	3895
B3	Strojno formiranje pregrade z materialom iz izkopa in komprimiranjem do zbitosti 92 % po Proctorju	m <sup>3</sup>	3670
B4	Strojno planiranje poševnih površin	m <sup>2</sup>	2950
B5	Fino planiranje dna in brežin akumulacije	m <sup>2</sup>	2350
B6	Dobava in polaganje geotekstila 500 g, na pripravljeno planirano podlago	m <sup>2</sup>	3330
B7	Dobava in polaganje hrapave PEHD folije, debeline 2 mm, za tesnenje dna in brežin na pripravljeno planirano podlago	m <sup>2</sup>	2480
B8	Dobava potrebnega materiala in izvedba navezave PEHD folije na betonski menih	m	7,4
Se nadaljuje ...			

... nadaljevanje preglednice 12			
B9	Strojni izkop za izdelavo jaška za sidranje folije z dodatkom ročnega izkopa ter zasip	m <sup>3</sup>	59
B10	Izvedba kamnite zložbe iz lomljenca debeline 20 cm, na visokovodnem prelivu, drči, odseku (prvih 10 m) obeh odtočnih jarkov in dnu zbirnega jarka	m <sup>3</sup>	30
B11	Humusiranje kamnite zložbe na visokovodnem prelivu, drči in odseku (prvih 10 m) odtočnega jarka v debelini 20 cm ter zatraitvijo s travnim semenom z dodatkom umetnega gnojila	m <sup>2</sup>	98
B12	Dobava gline in tesnenje zbirnega jarka v debelini 20 cm	m <sup>3</sup>	27
B13	Humusiranje zalednega izkopa in brežin pregrade na zračni strani ter do nivoja normalne gladine vode	m <sup>2</sup>	1420

Preglednica 13: Popis del – izpustni objekt

Št.	Opis dela	Enota	Količina
C1	Izdelava, montaža in demontaža opaža z donosom in odnosom lesa	m <sup>2</sup>	61
C2	Dobava in vgrajevanje podložnega betona C 12/15 debeline 8 cm	m <sup>3</sup>	0,4
C3	Dobava in vgrajevanje betona C 25/30 (temelj in menih)	m <sup>3</sup>	5,3
C4	Dobava in polaganje mrežne armature Q 335	kg	290
C5	Dobava in polaganje rebraste armature Ø 8/15 in Ø 14/15	kg	54
C6	Dobava in vgraditev vodil iz UNP 6,5 za rešetke in plohasti zapornici (Priloga C – Detajl UNP 6,5)	kg	65
C7	Dobava in izdelava rešetk in okvirja iz jekla 50 x 5 mm z medosnimi razdaljami 50 mm	kg	154
C8	Dobava in umestitev lesenih hrastovih plohov dimenzij 95 x 20 x 5 cm za plohasti zapornici	kom	22
C9	Dobava in umestitev lesenih hrastovih plohov dimenzij 95 x 15 x 5 cm za plohasti zapornici	kom	2
C10	Zatesnitev prostora med plohastima zapornicama z glinenim nabojem	m <sup>3</sup>	0,4
Se nadaljuje ...			

... nadaljevanje preglednice 13			
C11	Dobava, izdelava in montaža vstopne lestve iz jeklenih cevi premera 32 mm	kg	23
C12	Dobava in vgrajevanje obodnega betona C 12/15 za cevni prepust in betonsko poševno glavo	m <sup>3</sup>	8,8
C13	Dobava in polaganje betonske cevi Ø 60	m	18
C14	Omet vidnih površin na betonski glavi	m <sup>2</sup>	1,6
C15	Dobava in montaža lopute Ø 70 na iztoku iz talnega izpusta	kom	1

Preglednica 14: Popis del – zaključna dela

Št.	Opis dela	Enota	Količina
D1	Dobava in postavitve lesene ograje okoli celotnega zbiralnika v višini 1,5 m	m	270
D2	Razplaniranje viška materiala ali odvoz na deponijo		
D3	Projektantski in geomehanski nadzor v času gradnje		
D4	Izdelava projekta izvedenih del		
D5	Geodetski posnetek izvedenih del		

Popis del je osnova za projektantski predračun. Na podlagi podanih predizmer je mogoče pridobiti ponudbene cene.

## 6. ZAKLJUČEK

Zadnja leta so katastrofalne suše v Sloveniji kar pogoste. Nastopilo je več sušnih obdobj, ki so za seboj pustila veliko škodo v kmetijstvu in gozdarstvu. Tako suše kot tudi krajša sušna obdobja, ki jih imamo v Sloveniji skoraj vsako leto, vplivajo na nestabilnost kmetijske pridelave. Nekateri strokovnjaki vedno intenzivneje opozarjajo na vpliv »tople grede« in na povečanje temperature na Zemlji. V primeru, da bi se ta scenarij izkazal za resničnega, bi to nedvomno vplivalo na pogostejše suše in povečalo zahteve po namakanju v rastlinski pridelavi tudi v Sloveniji. Zaskrbljujoče dejstvo pa je, da se naša država vedno bolj oddaljuje od prehrabene samozadostnosti. Z dosledno izvajanim nacionalnim programom namakanja in jasno zastavljenimi cilji pridelave čim več kakovostne in zdrave hrane na namakanih zemljiščih in zagotavljanje samooskrbe s potrebno hrano, bi bilo zagotovo mogoče doseči višji nivo v razvoju kmetijske pridelave. Za takšne cilje s predznakom »nacionalni interes«, bi bilo potrebno za investicijske naložbe najti ustrezne oblike, ki ne bodo nujno pogojevale visoke stopnje finančne rentabilnosti naložbe.

Uresničevanje takšnega programa namakanja zahteva zagotavljanje ustreznih vodnih virov tudi v obliki gradnje vodnih akumulacij, za katere so geografske danosti Slovenije zelo primerne. Za učinkovito izvajanje takšnega programa pa ni potrebna le profesionalna izvedba objektov, ampak bi bilo nujno organizirati tudi vzgojno-izobraževalne programe za vse možne nivoje kmetijskih proizvajalcev, svetovalcev, načrtovalcev, organizatorjev itd. Pomemben korak za razvoj države v to smer je predlog spremembe zakonodaje, ki je bil pripravljen v sklopu dela »Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji« (Pintar in sod., 2012), ki investitorjem oziroma uporabnikom za tovrstne posege omogoča pridobitev ustreznih dovoljenj za gradnjo na bolj enostaven način.

Pri vrednotenju, v diplomski nalogi dimenzioniranega zbiralnika, je potrebno med stroške izvedbe (groba ocena izvedenih del, navedenih v predizmerah je med 25000 in 30000 EUR) všteti še administrativne stroške ter stroške izvedbe terenskih raziskav. Dejstvo pa je, da heterogenost geoloških značilnosti pri izvedbi vodnih akumulacij, ki jih v celoti ni mogoče evidentirati s predhodnimi preiskavami, daje tudi možnost neugodnih presenečenj pri izvedbi ali po njej. Zaradi tega je tudi za izvajalca pogodba »na ključ« lahko zelo rizična. Takšna verjetnost nepredvidenih dogodkov se lahko zmanjša s kvalitetnejšim načrtovanjem, predvsem z večjim obsegom predhodnih raziskav, kar pa pomeni tudi večje finančno vrednotenje projekta. Po drugi strani pa izkušnje pri gradnji kažejo na to, da je zahtevnost dela v majhni meri odvisna od velikosti objekta, kar nakazuje, da gradnja zbiralnikov večjih kapacitet ne bi botrovala manj odgovorni izvedbi, kar je pogost pomislek naravovarstvenikov.

Pred izvedbo programa takšnega obsega bi bilo vsekakor smotno preveriti obstoječe alternative. Eden od osnovnih problemov je, da se lahko vodne akumulacije za zbiranje meteornih vod uporabi le enkrat, nato

pa je potrebno ponovno čakati na izdatnejše padavine, ki so za časa daljših sušnih obdobj izjemno redke. Prav tako se lahko zaradi razmeroma majhnih prostornin smatrajo le kot dodatni vodni vir, pogosto le za individualne odjemalce. Ob tem dejstvu pa je potrebno upoštevati, da moramo zagotoviti razmeroma veliko prispevno območje, ki je lahko namenjeno izključno zbiranju vode.

Naravovarstveniki po svetu pogosto opozarjajo na drugačne, bolj sonaravne načine zbiranja voda. Za pametnejšo odločitev (v kolikor je to na nekem področju mogoče) od zbiranja meteornih vod z zbiralniki, ki je prostorsko precej potratna, označujejo že zbiranje vode z odvzemom vode iz struge vodotoka. Eden pogostejše zagovarjanih modelov je zbiranje meteorne vode v terasah (manjši bazeni izvedeni prečno na hribino) vzdolž pobočij hribov, kjer se voda preliva iz višje ležeče terase v nižje ležečo preko prelivov. Druga zelo pogosta možnost (v primeru, da lokacija to dopušča) je t.i. podaljšani zadrževalni bazen (extended detention basin), kjer gre za iz vidika gradnje zelo podoben objekt, le da je akumulacija razdeljena na dva dela. Prvi, sedimentacijski bazen (ki v času med deževji ostane suh) je namenjen izključno odstranjevanju nekaterih polutantov, od zbiralnega bazena pa ga ločuje kamnita berma, preko katere se preliva voda. Tako podaljšamo dobo med čiščenji glavnega bazena in povečamo kvaliteto zbrane vode, ki jo lahko uporabimo za namakanje ali spustimo v vodotok. V preteklosti je bilo po svetu izvedenih še mnogo različnih sonaravnih variant vodnih akumulacij, ki so temeljile predvsem na celostni integraciji objekta v okolje in prečiščevanju zbrane vode. Možnosti je veliko, zato bi bila neka generalna rešitev nespametna poteza. Strokovnjaki bi morali, po posvetu z naročniki oziroma uporabniki, na terenu oceniti vsako lokacijo posebej in šele nato izbrati najprimernejšo varianto.

**VIRI**

Bishop, A. W. 1955. The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Geotechnique, Volume 5, Issue 1, 7 – 17.

Chin, D. A. 2006. Water - resources engineering (2nd edition). Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall: 976 str.

Detention basin guidelines. 1991. Contra Costa County Flood Control and Water Conservation District, USA: 13 f.

Gramec, M. 2010. Gradnja energetskih nasipov iz peska - študija izvedljivosti. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Gramec): 84 f.

Logar, J. 2009. Zemeljska dela. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tal: 138 str.

Masič, M., Murovec, M., Čuješ, I. 1997. Problematika pri izvedbi malih vodnih akumulacij, Mišičev vodarski dan '97, 69-74.

Matičič, B. in sod. 1994. Nacionalni program namakanja Republike Slovenije. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 644 str.

Matičič, B. 1994. Male vodne akumulacije. Ujma 8/1994, 204 – 211.

Matičič, B. 1994. Suša in namakanje v Sloveniji. Ujma 8/1994, 211-215.

Mays, L. W. (ur.). 2001. Stormwater collection systems design handbook. Tempe, Arizona, USA, Department of Civil and Environmental Engineering, Arizona State University, McGraw-Hill Professional: 1008 str.

Mays, L.W. (ur.). 2011. Water resources engineering (2nd edition). Tempe, Arizona, USA, Department of Civil and Environmental Engineering, Arizona State University, Wiley: 920 str.



Pintar, M. in sod. 2012. Projekcija vodnih količin za namakanje v Sloveniji, Ciljni raziskovalni projekt (V4-1066): Končno poročilo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za vode republike Slovenije: 179 f.

Pintar, M. 1998. Določitev izhodiščnih parametrov za rabo vode za namakanje kmetijskih površin glede na klimo, tla in tipične kulture (C-769). Ljubljana, Vodnogospodarski inštitut, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Uprava Republike Slovenije za varstvo okolja: 100 str.

Regent, T., Juvan, S. 1995. Problematika projektiranja in izgradnje malih vodnih akumulacij za potrebe namakanja. Mišičev vodarski dan '95, 113 -118.

Schueler, T., Brown, W. 1997. The Economics of Stormwater BMPs in the Mid-Atlantic Region. Ellicott City, MD, USA. Chesapeake Research Consortium, Edgewater, Center for Watershed Protection: 17 str.

Steinman, F., Banovec, P. 2008. Hidrotehnika – Vodne zgradbe 1. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin: 147 str.

Steinman, F. 1999. Hidravlika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za mehaniko tekočin: 295 str.

SWAT. 2005. Soil and water assessment tool – Theoretical documentation Section 2, Chapter 1 Surface Runoff. Tempe, Texas, USA, Agricultural Research Service: 94 – 118.

Viessman Jr., W. in sod. 2008. Water Supply and pollution control (8 edition). Upper Saddle River, New Jersey, USA, Prentice Hall: 864 str.

Vrešak, M. 2012. Možnost pridelave hruške po načelih biološko - dinamične metode kmetovanja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta – Oddelek za agronomijo (samozaložba M. Vrešak): 55 f.

Žiberna, S. in sod. 2011. Sanacija plazu Babna gora I na LC 067071, Geološko geotehnično poročilo – PGD, PZI. Ljubljana, Občina Dobrova – Polhov Gradec: 14 f.

## **PREDPISI IN STANDARDI**

SIST EN 1997 – 1 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – Del 1: splošna pravila

Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Ur.l. RS št. 18/2013, 24/2013, 26/2013)

Uredba o vrstah posegov v okolje, za katere je potrebno izvesti presojo vplivov na okolje (Ur.l. RS št. 78/2006, 72/2007, 32/2009, 95/2011, 20/2013)

Zakon o graditvi objektov (Ur.l. RS št. 110/2002, 126/2007, 108/2009, 20/2011, 57/2012)

Zakon o kmetijskih zemljiščih – ZKZ – UPB2 (Ur.l. RS št. 71/2011)

Zakon o spremembah in dopolnitvah Zakona o kmetijskih zemljiščih – ZKZ – C (Ur.l. RS št. 43/2011)

Zakon o prostorskem načrtovanju (ZPNačrt) (Ur.l. RS št. 33/2007, 70/2008, 108/2009, 106/2010, 43/2011, 57/2012, 109/2012, 35/2013)

Zakon o varstvu okolja – Neuradno prečiščeno besedilo – ZVO – NPB4 (Ur.l. RS št. 41/2004, 20/2006, 39/2006, 70/2008, 108/2009)

Zakon o vodah (ZV) – Neuradno prečiščeno besedilo (Ur.l. RS št. 67/2002, 57/2008)

## **ELEKTRONSKI VIRI**

Allen R. G. in sod. 2000. FAO Irrigation and Drainage Paper – No. 56 Crop Evapotranspiration. Rome, Food and Agriculture Organization: 300 str.

<http://www.fao.org/waicent/404/NotFound.asp?404;/docrep/x0490e/x490e00.htm> (Pridobljeno 7. 10. 2013)

ARSO. Vodna bilanca Slovenije 1971 - 2000. Agencija RS za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodna%20bilanca/vodna\\_bilanca.html](http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/vodna%20bilanca/vodna_bilanca.html) (Pridobljeno 16. 9. 2013)

ARSO. Mesečne statistike, Pretok. Agencija RS za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski\\_arhiv.html](http://www.arso.gov.si/vode/podatki/arhiv/hidroloski_arhiv.html) (Pridobljeno 16. 9. 2013)

ARSO. Meteorološki letopis 2000 – 2009. Agencija RS za okolje, Ministrstvo za okolje in prostor.

[http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%C5%A1ki%20letopis/meteoroloski\\_letopisi.htm](http://www.arso.gov.si/vreme/podnebje/meteorolo%C5%A1ki%20letopis/meteoroloski_letopisi.htm)

(Pridobljeno 4. 9. 2013)

BMP DD Dry Detention Basin. 2001. Ventura Countrywide Stormwater Quality Management Program, California, USA: 7 str.

<http://www.vestormwater.org/documents/workproducts/landuseguidelines/dry.pdf> (Pridobljeno 9. 9. 2013)

Huang, M. in sod. 2006. A modification to Soil Conservation Service curve number method for steep slopes in the Loess Plateau of China. Hydrological Processes 20: 579 – 589.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.5925/abstract> (Pridobljeno 14. 9. 2013)

Marek, A. M. 2011. Hydraulic Design Manual. Design Division, Texas Department of Transportation, Texas, USA: 478 str. ([http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/rational\\_method.htm](http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/hyd/rational_method.htm))

(Pridobljeno 10. 12. 2013)

Sušnik, A. 2011. Kontingenca suše – Ranljivostna ocena kmetijske suše v Sloveniji. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje: 2 str.

[http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/susa\\_letak.pdf](http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/susa_letak.pdf) (Pridobljeno 8. 9. 2013)

Storm Water Pond Systems. Minnesota Pollution Control Agency, Chapter 5. 2000: 85 str.

<http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=7156> (Pridobljeno 28. 8. 2013)

Vrkljan, I. 2009. Inženjerska mehanika stijena (Tehnike stabiliziranja). Rijeka, Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, Inštitut građevinarstva Hrvatske d.d. Zagreb: 25 str.

<http://ebookbrowse.com/08-tehnike-stabiliziranja-pdf-d73069953> (Pridobljeno 1. 11. 2013)

**OSTALI VIRI**

Brilly, M., Šraj, M. 2005. Modeliranje površinskega odtoka in navodila za program HEC – HMS. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 180 str.

Saje, F., Rajko, R., Miran, L. 2005. Priročnik za dimenzioniranje armiranobetonskih konstrukcij po metodi mejnih stanj. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 361 str.

Dunnett, N., Clayden, A. 2007. Rain Gardens – Managing water sustainably in the garden and designed landscape. Oregon, USA, Timber press Inc.: 190 str.

Kay, M. 2008. Practical Hydraulics. USA, Canada, Taylor & Francis: 250 str.

Lancaster, B. 2008. Rainwater Harvesting for Dryland and Beyond, volume 2, Water-Harvesting Earthworks. Tucson, Arizona, USA, Rainsource Press: 358 str.

Mays, L.W. (ur.). 1999. Hydraulic Design Handbook. Tempe, Arizona, USA, Department of Civil and Environmental Engineering, Arizona State University, McGraw-Hill Professional: 1024 str.

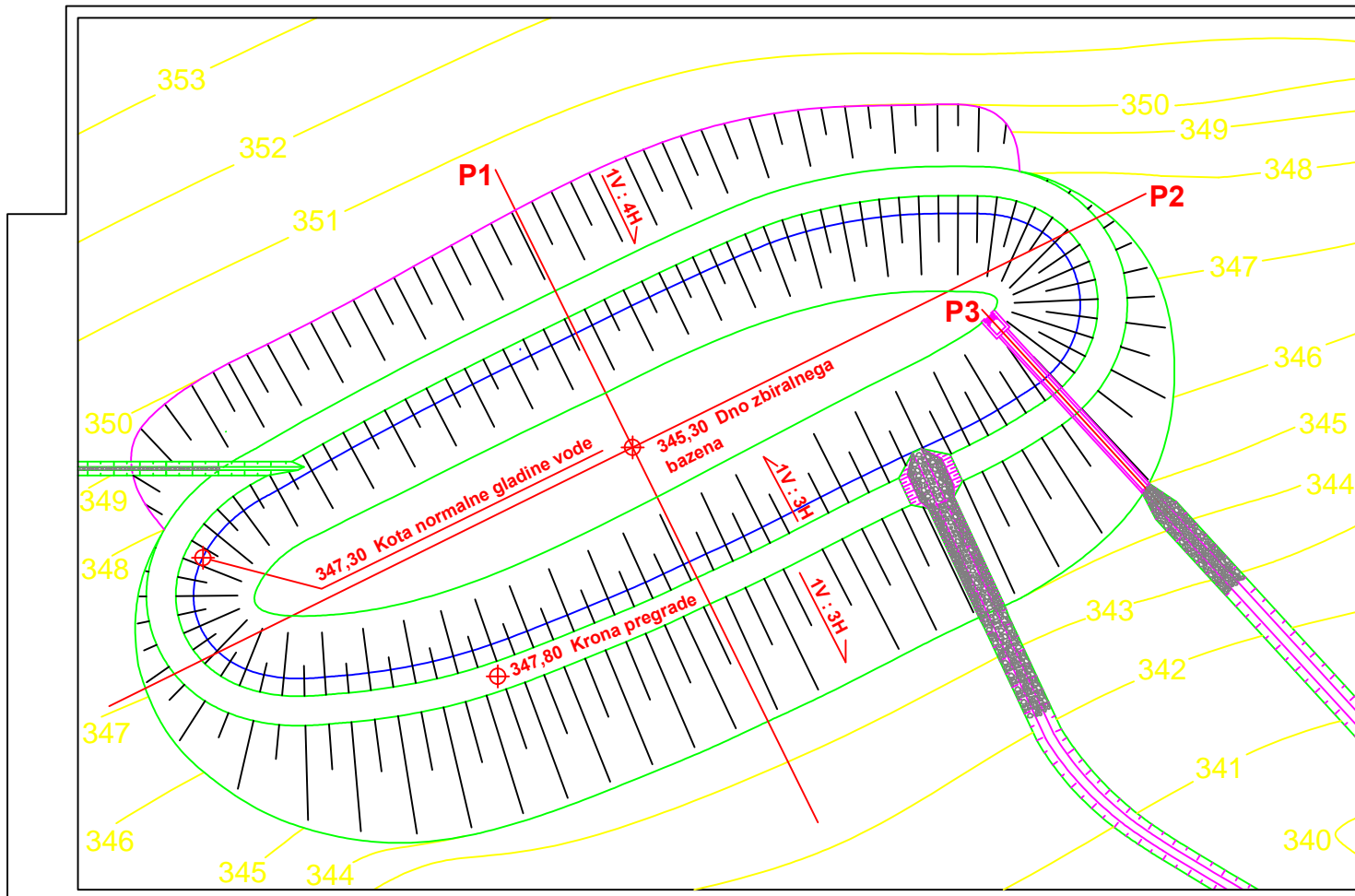
Mutschmann, J., Stimmelmayer, F. 1999. Snabdevanje vodom – Priručnik (Treće, dopunjeno izdanje). Beograd, DIP Građevinska knjiga: 698 str.

## **SEZNAM PRILOG**

### **PRILOGA A – SITUACIJA**

### **PRILOGA B – PREČNI IN VZDOLŽNI PREREZ ZBIRALNIKA**

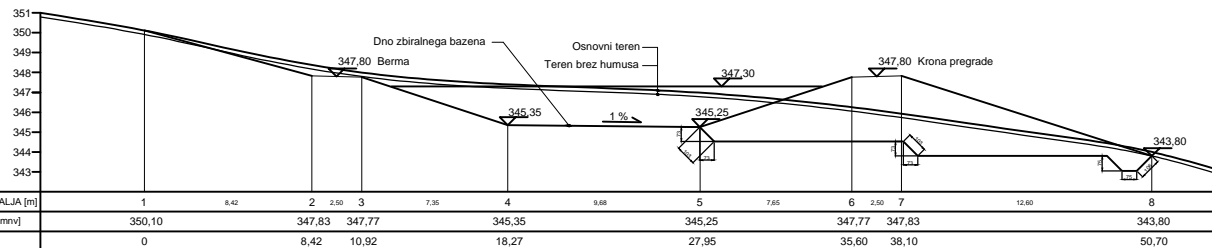
### **PRILOGA C – IZPUSTNI OBJEKT**



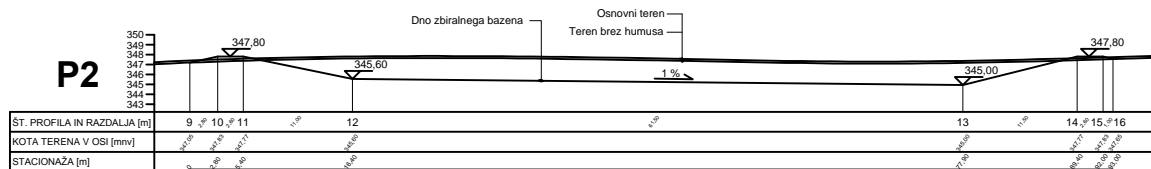
## Situacija

Univerza v Ljubljani - FGG Okoljsko gradbeništvo		
Projekt:	Idejna zasnova MVZ	
Naslov:	Situacija	
Izdela:	Janez Mejavšek	
Mentor:	prof. dr. Franc Steinman	
2. 5. 2014	Merilo: 1 : 200	Priloga A

P1



P2



## Prečni in vzdolžni prerez zbiralnika

Univerza v Ljubljani - FGG  
Okoljsko gradbeništvo

Projekt: Idejna zasnova MVZ

Naslov: Prečni profil (P1) in vzdolžni profil (P2)

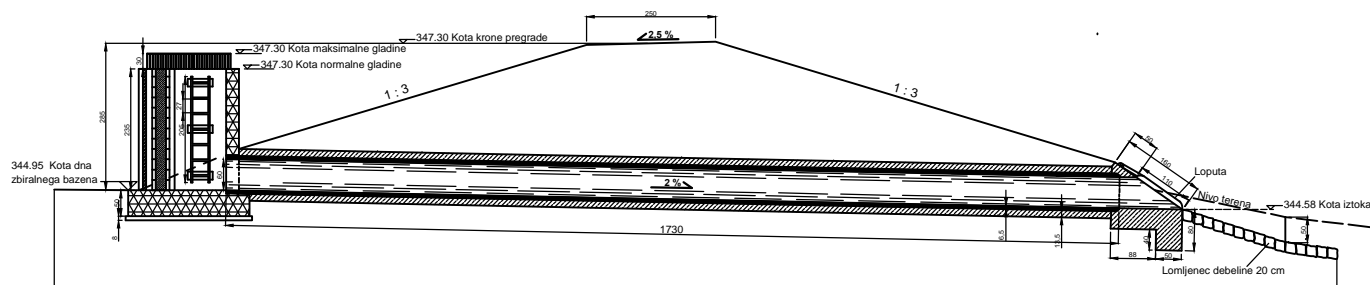
Izdelal: Janez Mejavšek

Mentor: prof. dr. Franc Steinman

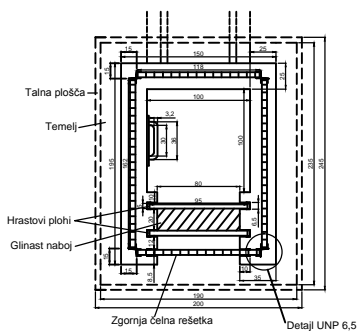
3. 5. 2014

Merilo (P1): 1 : 130  
Merilo (P2): 1 : 260

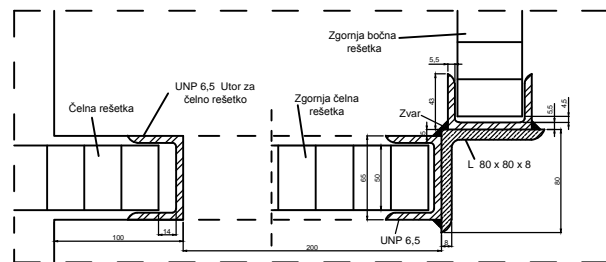
Priloga B



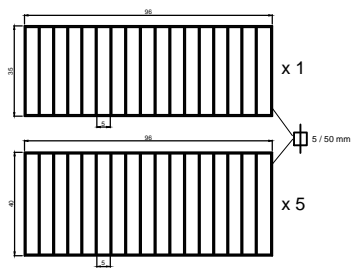
Tloris meniha  
M 1 : 25



Detajl UNP 6,5  
M 1 : 2



Detajl čelnih rešetk  
M 1 : 10



Opomba: Vse dimenzije so v centimetrih, razen Detajl UNP 6,5 je v milimetrih

## Izpustni objekt

Univerza v Ljubljani - FGG  
Okoljsko gradbeništvo

Projekt: Idejna zasnova MVZ

Naslov: Izpustni objekt

Izdela: Janez Mejavšek

Mentor: prof. dr. Franc Steinman

4. 5. 2014

Merilo: 1 : 50 Priloga C - P3