

Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet
Diplomski sveučilišni studij Smjer: **GEOTEHNIKA**

Nasute i potporne građevine 2

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić
Građevinski fakultet Zagreb

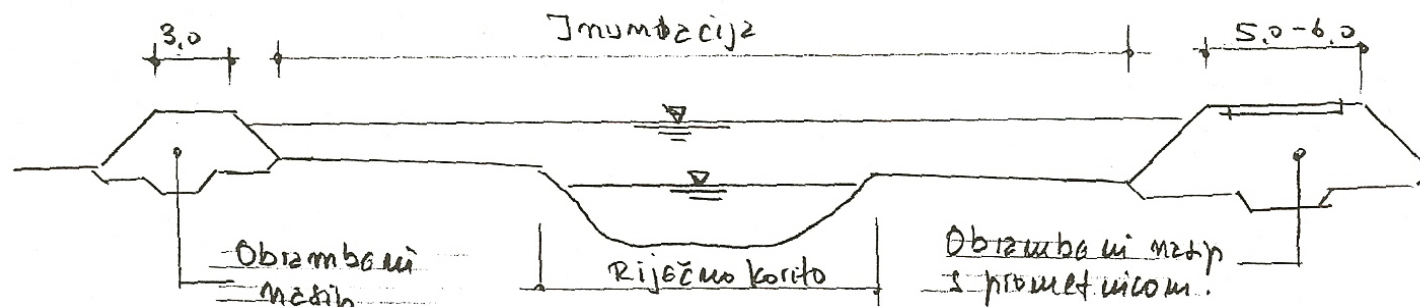
Hidrotehnički nasipi

- **niske brane** velike duljine koji omeđuju i određuju vodene tokove rijeka i kanala razne namjene
- **uzvodna strana:** stalno ili povremeno pod vodom
- **nizvodna strana:** pod utjecajem oborinske i eventualno procjedne vode različito oblikovanje i zaštita uzvodnog i nizvodnog pokosa



Hidrotehnički nasipi

Nasipi za zaštitu od poplava duž riječnih korita



Geotehnički problemi

- Nalazišta zemlje za gradnju nasipa
- Zaštita pokosa nasipa
- Zaštita od prodora vode ispod nasipa
- Hidraulička stabilnost zaobalja

Hidrotehnički nasipi

Primjer: Savski nasip u Zagrebu



Hidrotehnički nasipi

Primjer: Savski nasip u Zagrebu

Lijeva obala



Desna obala

Opća načela prilikom projektiranja

- razmjerno jednostavne građevine - dominantni izvedbeni i troškovni aspekti
- **najvažniji radovi:** iskop - transport - ugradnja - oblikovanje i zaštita pokosa
- grade se iz zemljanih materijala koji se nalaze najbliže trasi nasipa ili iz viškova iskopa ukoliko nisu previše udaljeni
- materijali koje treba dovoziti iz većih udaljenosti koriste se u minimalnim količinama voditi brigu o maksimalnoj zaštiti i očuvanju okoliša
- iskapanja radi dobivanja materijala za gradnju (nalazišta materijala) nacerlo provesti u zaplavnom ili potopljenom području. U otvorenim područjima treba ih estetski oblikovati i , po mogućnosti, dati korisnu namjenu (šljunčare, ribnjaci, rekreacija ..) tamo gdje je prikladno nasipe je poželjno koristiti za promet kako bi im se prosirila namjena i izvori financiranja
- hidrotehnički nasipi su regionalne građevine **dugog vijeka korištenja** - treba pažljivo isplanirati zahvate

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNI ZAHTJEVI

Racionalizacija projektnog poprečnog profila - ušteda u kvadraturi poprečnog presjeka na velikoj duljini daje znatne volumene

Sigurnost građevine:

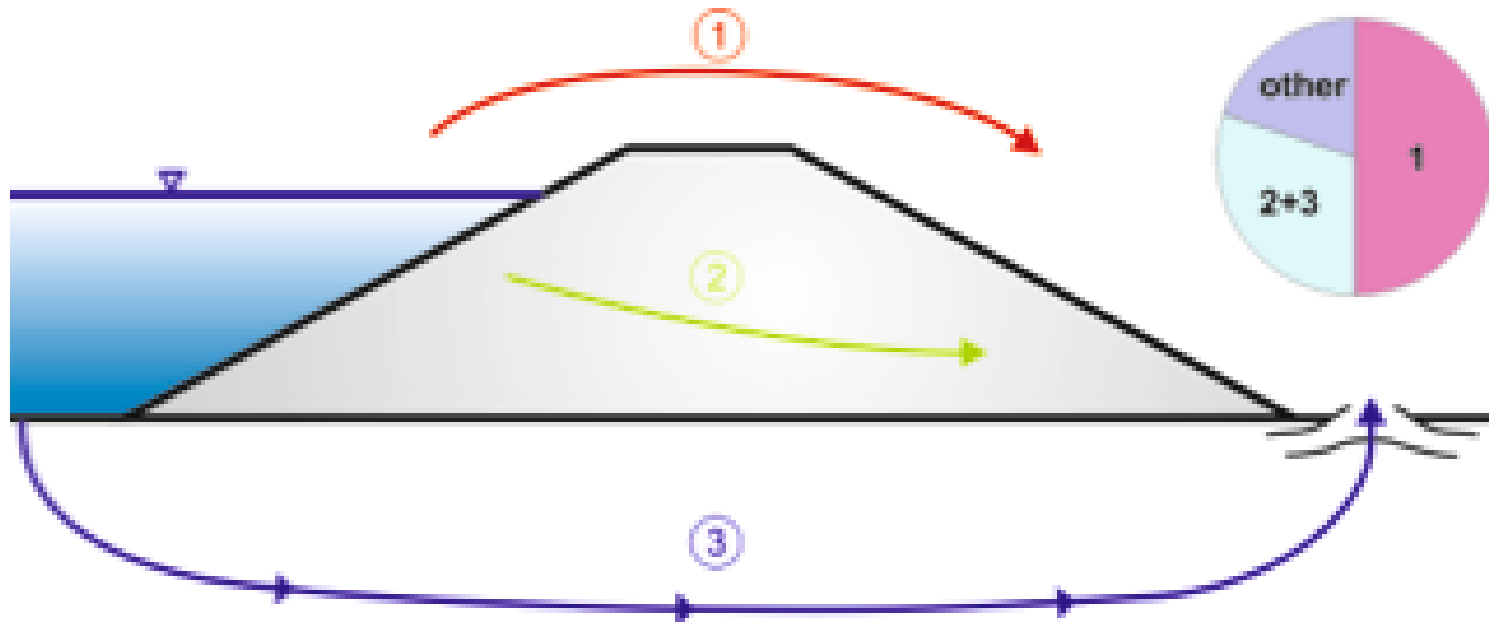
- Opća stabilnost u statičkim i seizmičkim uvjetima
- Hidraulička stabilnost
- Kontrola procjeđivanja
- Održavanje pokosa (sušni periodi i potapanja)

Širina krune nasipa - predvidjeti dovoljno široku za eventualna naknadna nadvišenja i za izvedbu prometnica

Estetsko oblikovanje nasipa, te uzvodnog i nizvodnog okoliša ("pejzažna" arhitektura)

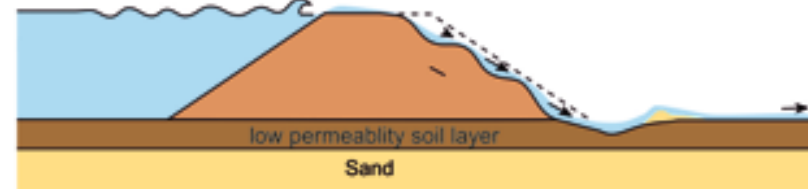
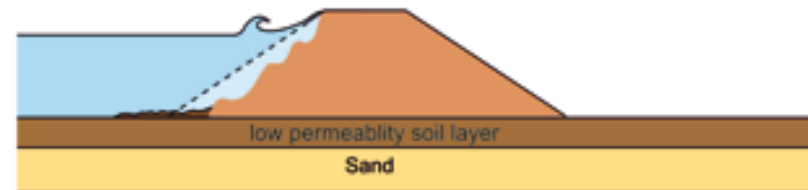
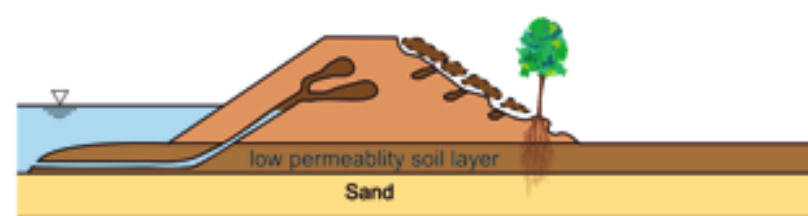
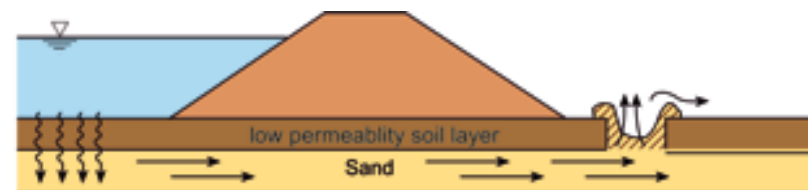
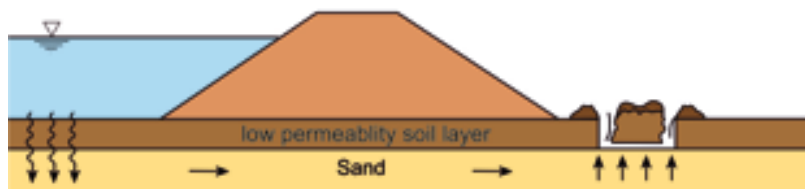
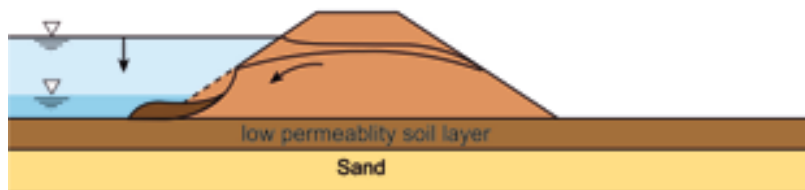
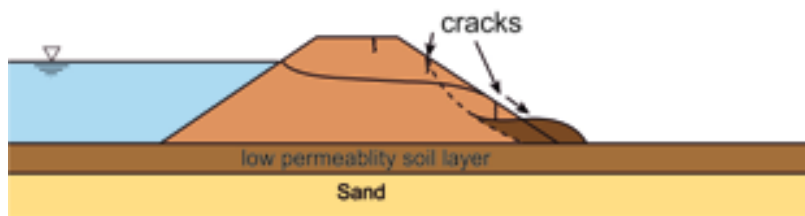
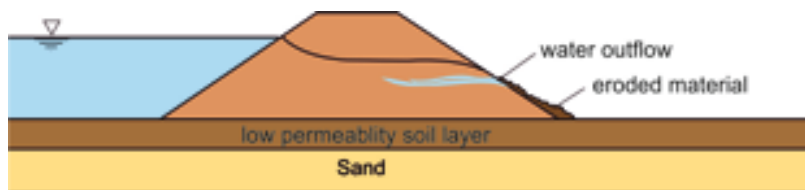
Hidrotehnički nasipi – projektiranje

Uzroci i način sloma nasipa



Hidrotehnički nasipi – projektiranje

Uzroci i način sloma nasipa



Hidrotehnički nasipi

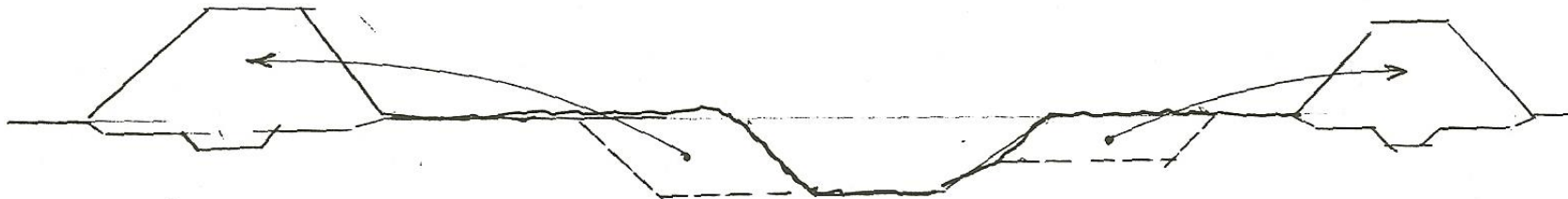
IZVEDBA NASIPA

- Kontrola gradiva na nalazištima
- Kontrola ugradnje (što, koliko, kako)
- Oblikovanje i obrada pokosa (nasipavanje preko profila, skidanje viškova, valjanje pokosa i sl.)

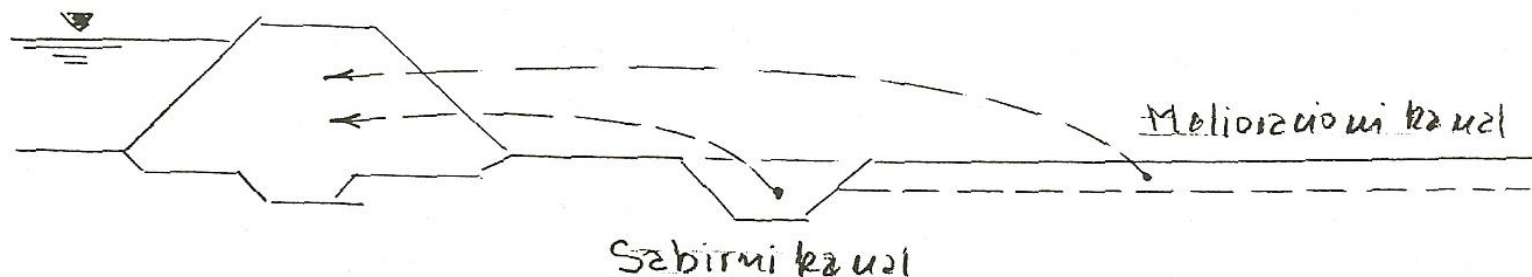
Hidrotehnički nasipi

Nalazišta zemlje za gradnju nasipa

- proširenje i produbljenje riječnog korita
- korištenje površinskog sloja iz inundacije

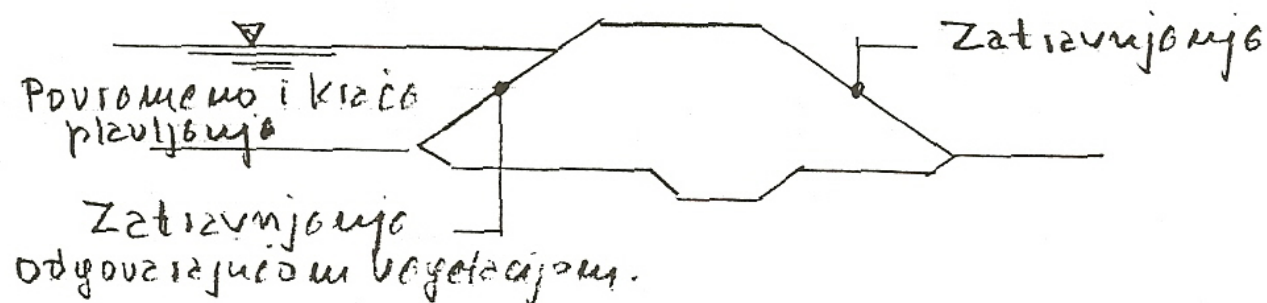


Sabirni i melioracioni kanali kao izvorište

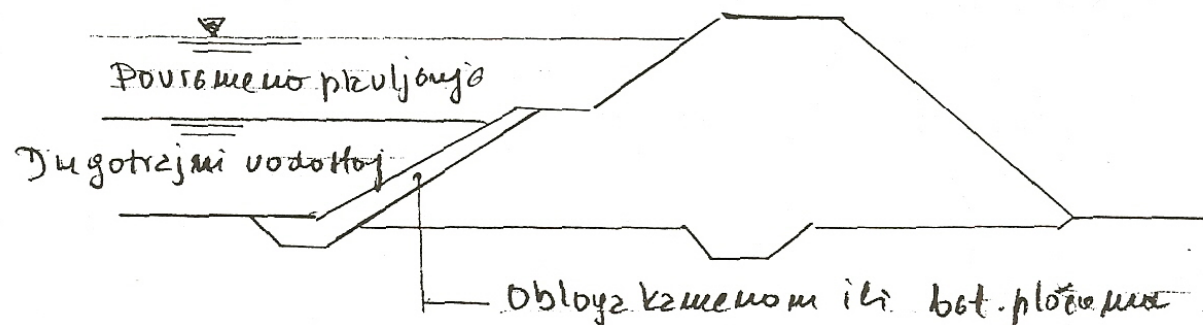


Hidrotehnički nasipi

Zaštita pokosa nasipa – povremeno i kraće plavljenje

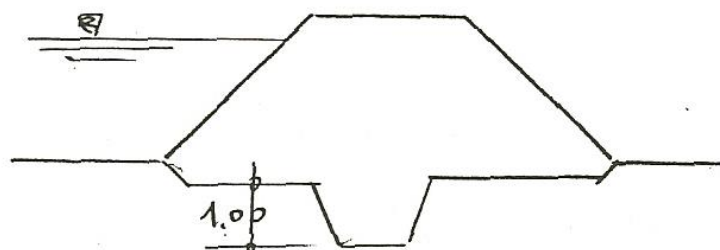


Zaštita pokosa nasipa – dio nasipa s dugotrajnim vodostajem

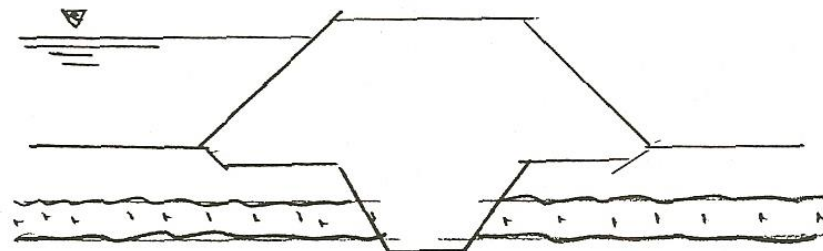


Hidrotehnički nasipi

Zaštita od prodora vode ispod nasipa

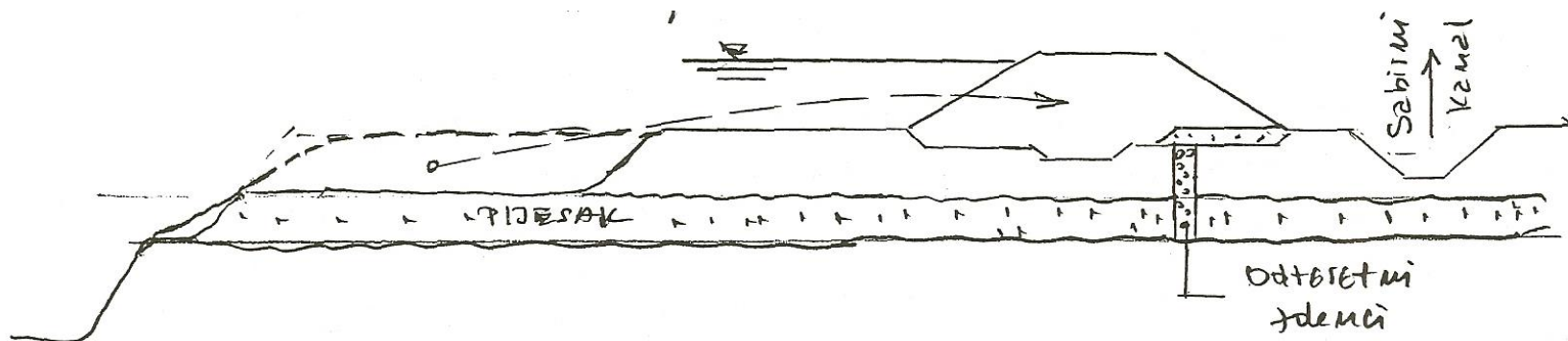


Prosijecanje životinjskih rovova



Prosijecanje sloja (prostojke) pijeska

Hidraulička stabilnost zaobalja



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

- **PRETHODNI RADOVI**

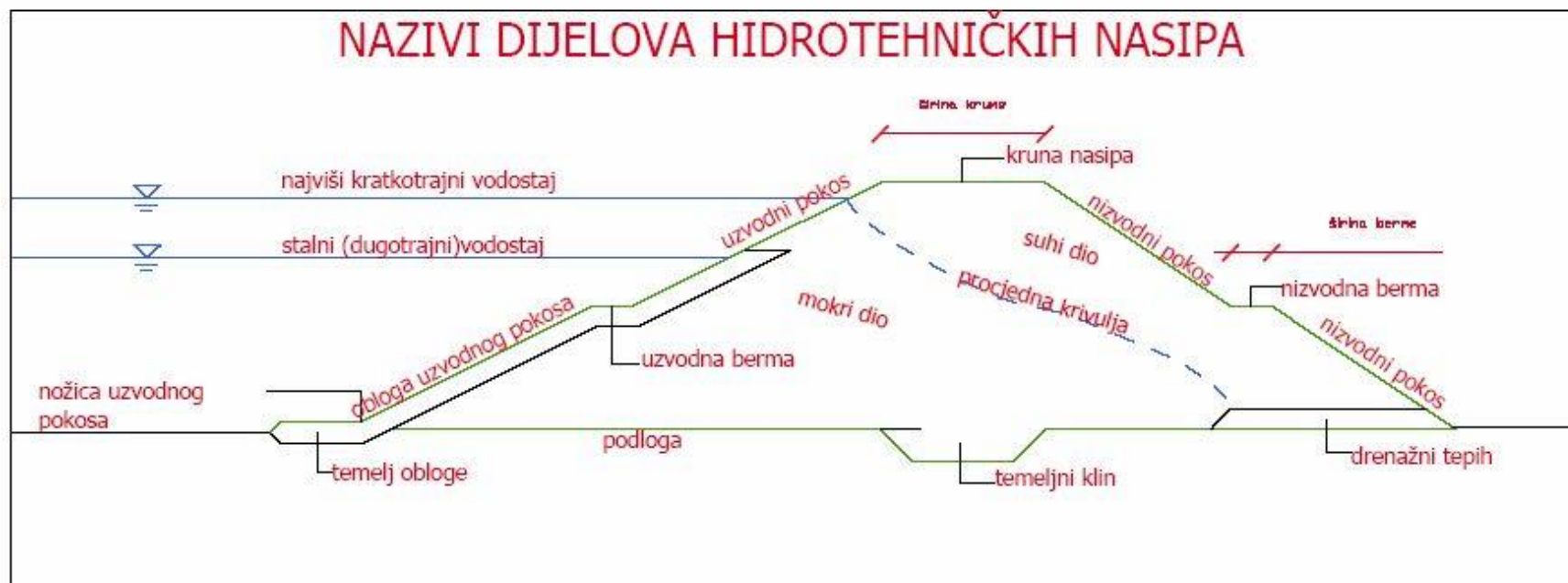
- Hidrološka studija
- Studija utjecaja na okoliš
- Geotehnički (i inženjerskogeološki) istražni radovi: duž trase nasipa i na predvidivim nalazištima
- Klimatska analiza radi izbora završne obrade pokosa
- Gospodarska studija radi dobre procjene troškova gradnje, uređenja okoliša i naknadnog održavanja

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

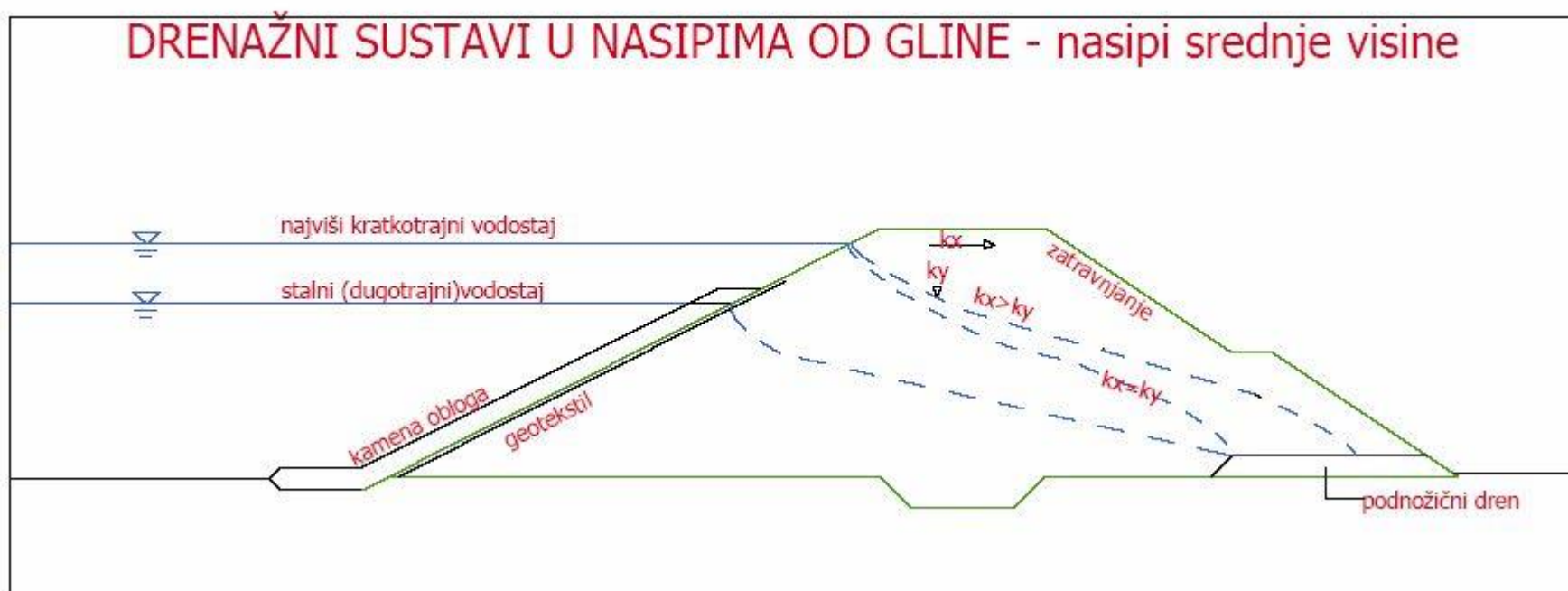
PROJEKT TEHNIČKIH OPAŽANJA (PRAĆENJE PRI KORIŠTENJU)

- Praćenje slijeganja (obično geodetski)
- Praćenje razina vode (piezometri - u nasipu i nizvodno)
- Redovite vizualne inspekcije
- Program uzbunjivanja i evakuacije stanovništva

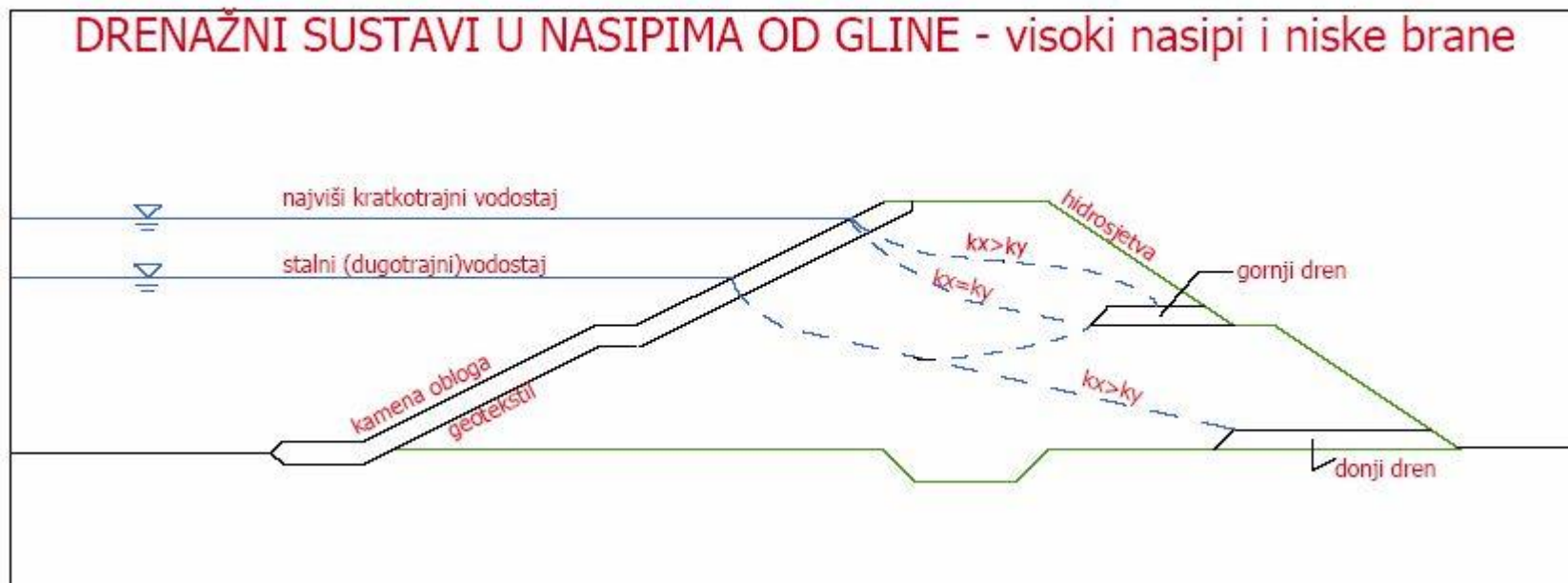
Hidrotehnički nasipi



Hidrotehnički nasipi

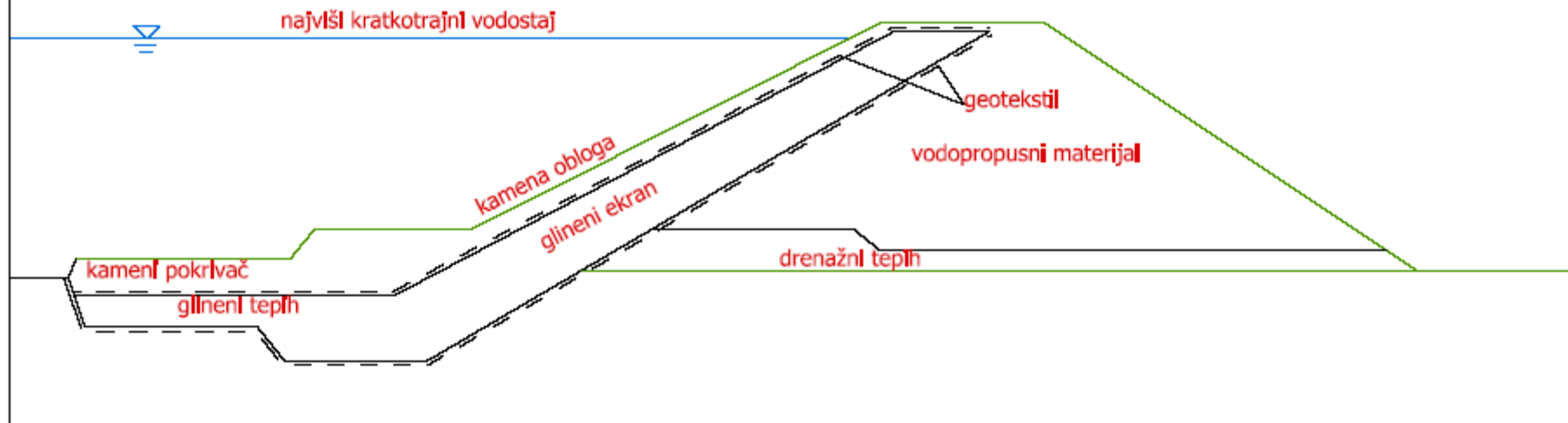


Hidrotehnički nasipi



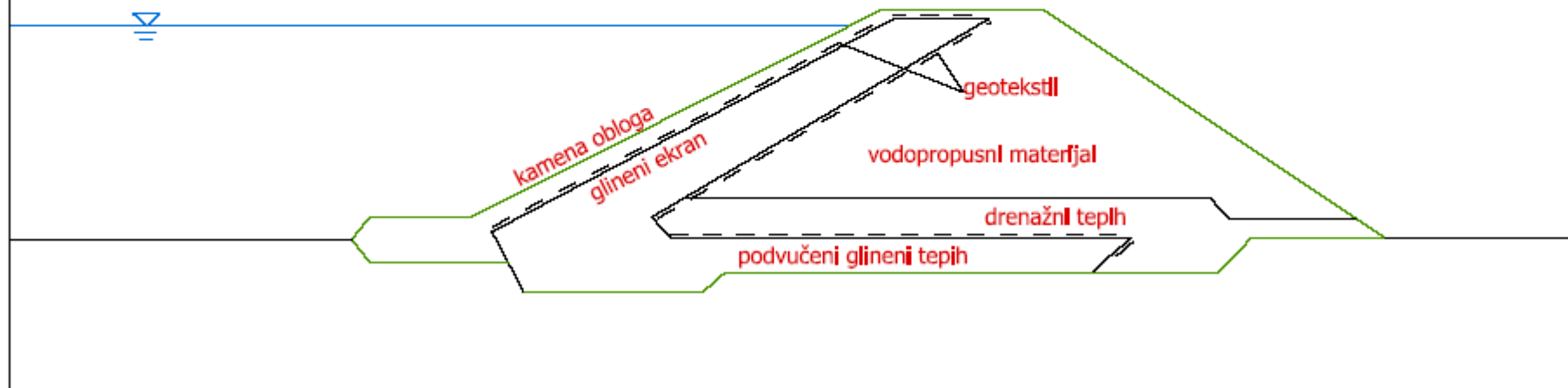
Hidrotehnički nasipi

OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - glineni tepih na uzvodnoj strani



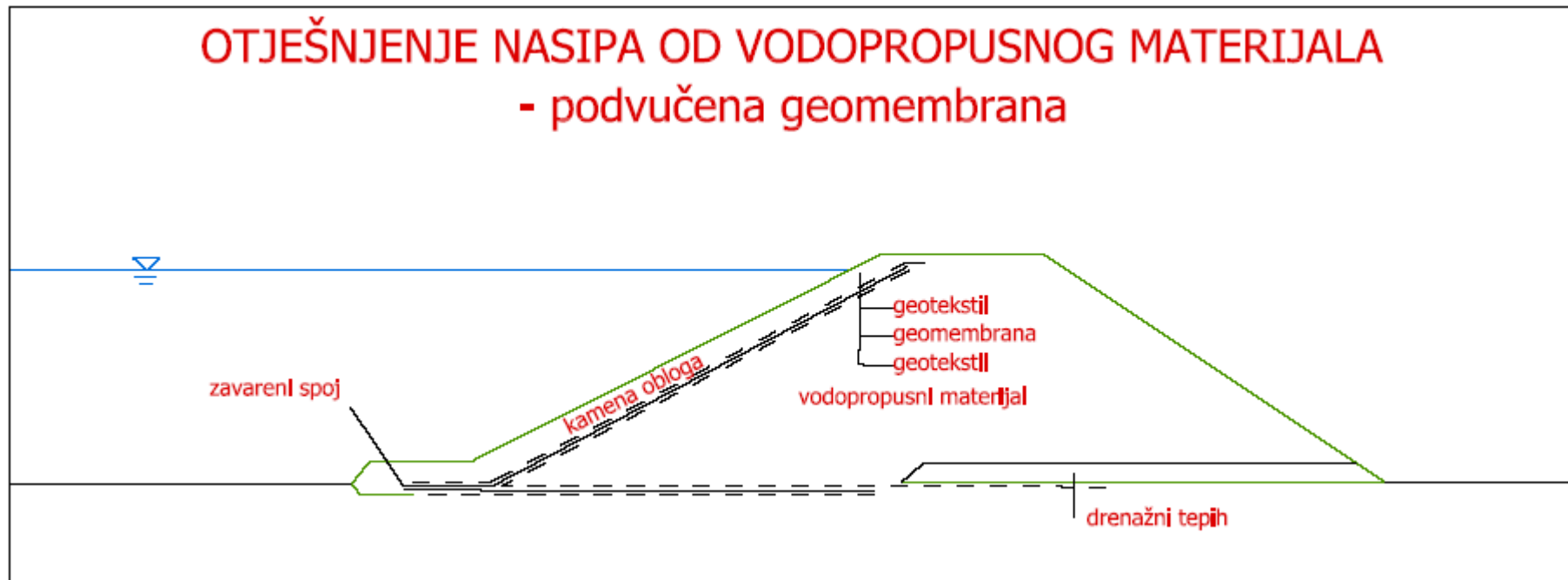
Hidrotehnički nasipi

OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - podvučeni glineni tepih

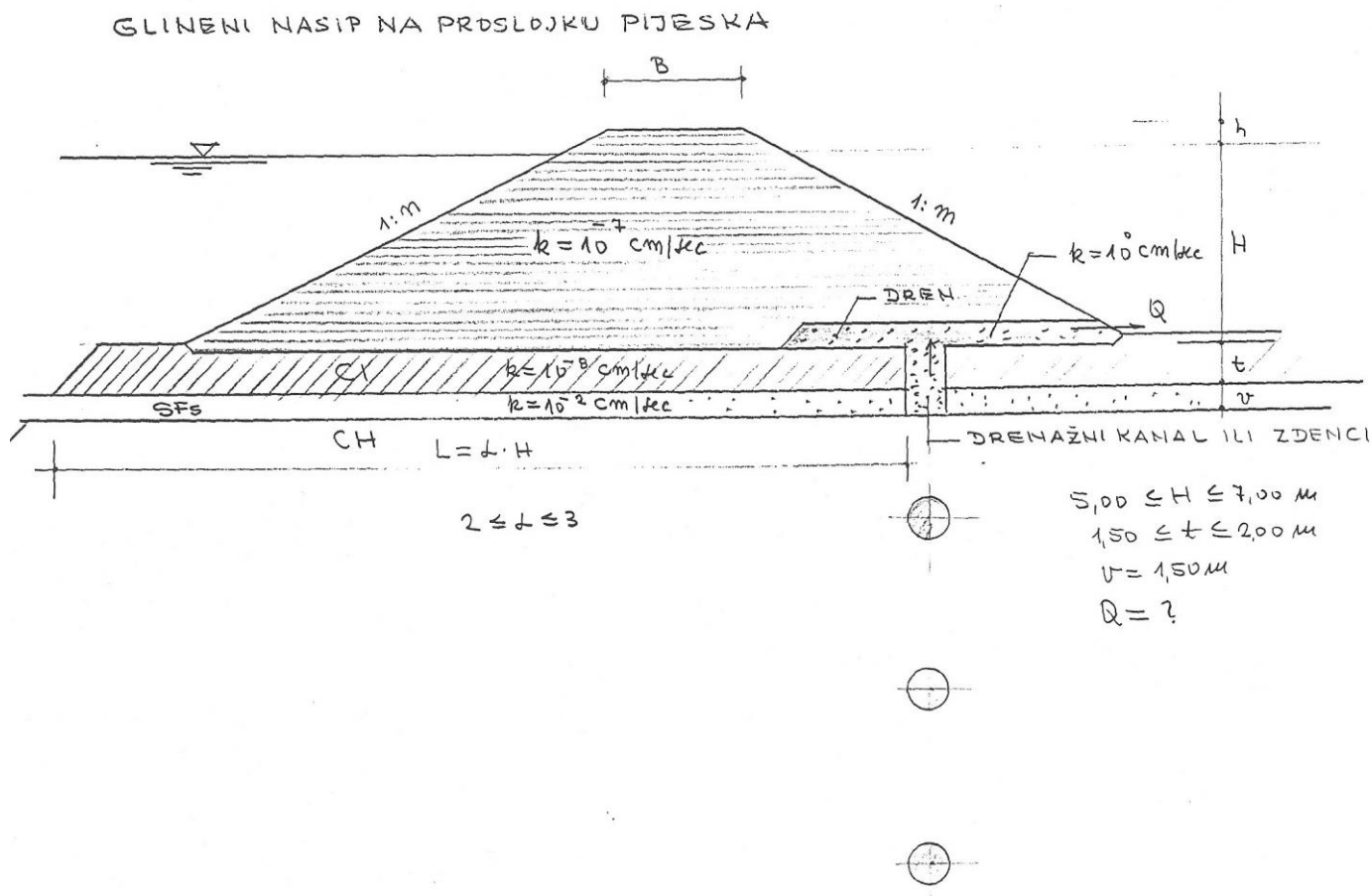


Hidrotehnički nasipi

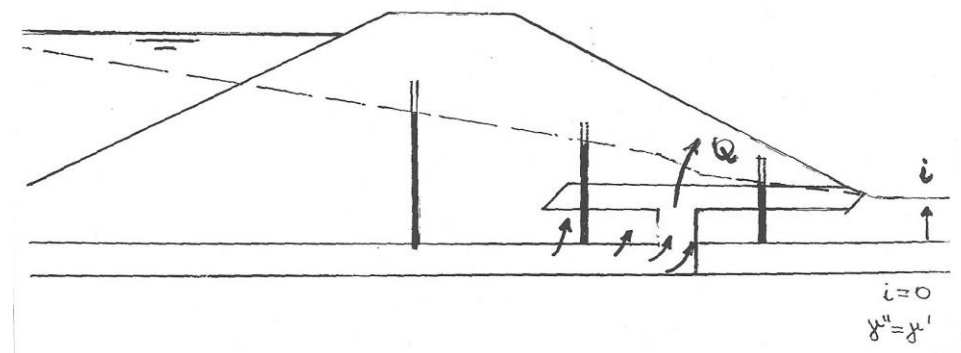
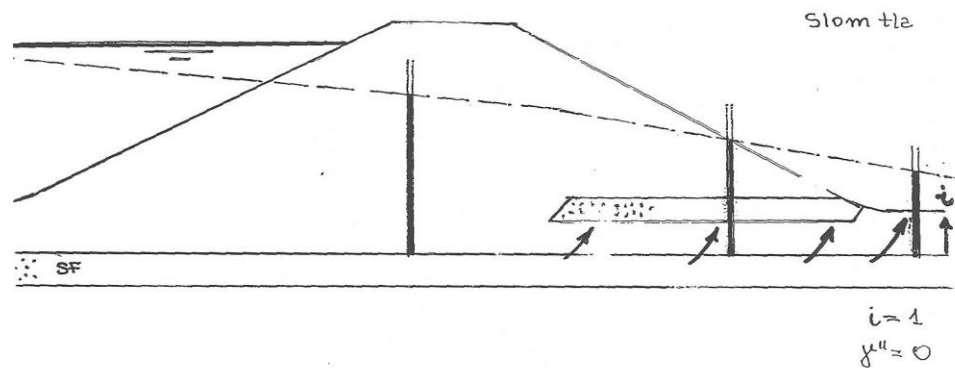
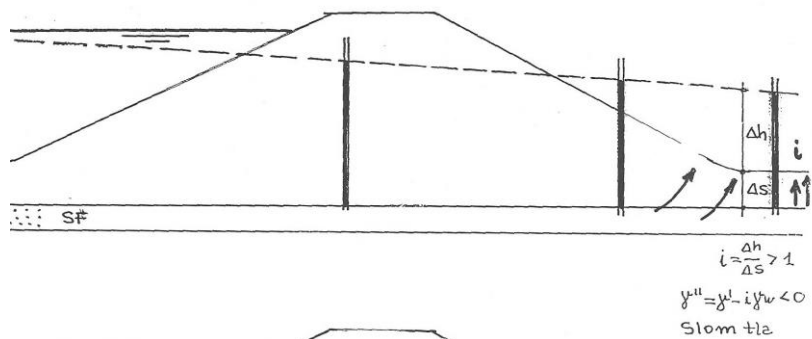
OTJEŠNJENJE NASIPA OD VODOPROPUSNOG MATERIJALA - podvučena geomembrana



Hidrotehnički nasipi



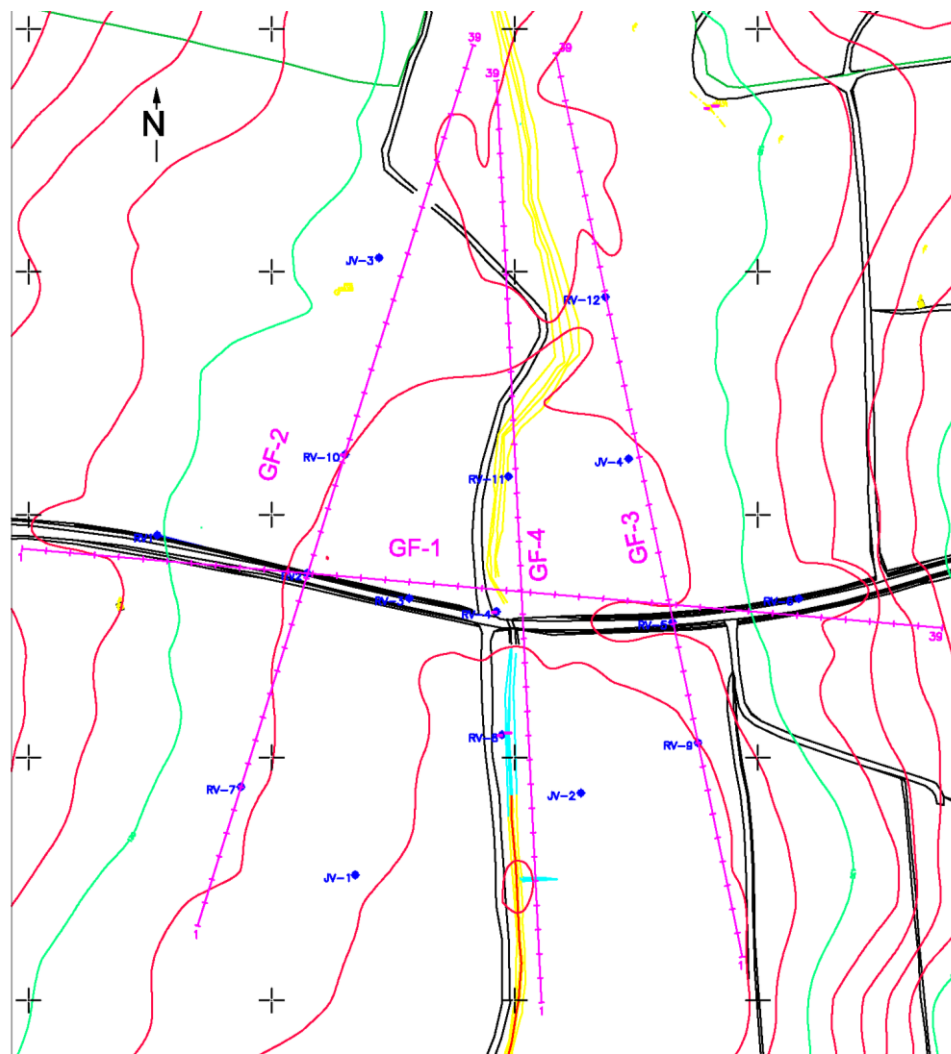
Hidrotehnički nasipi



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

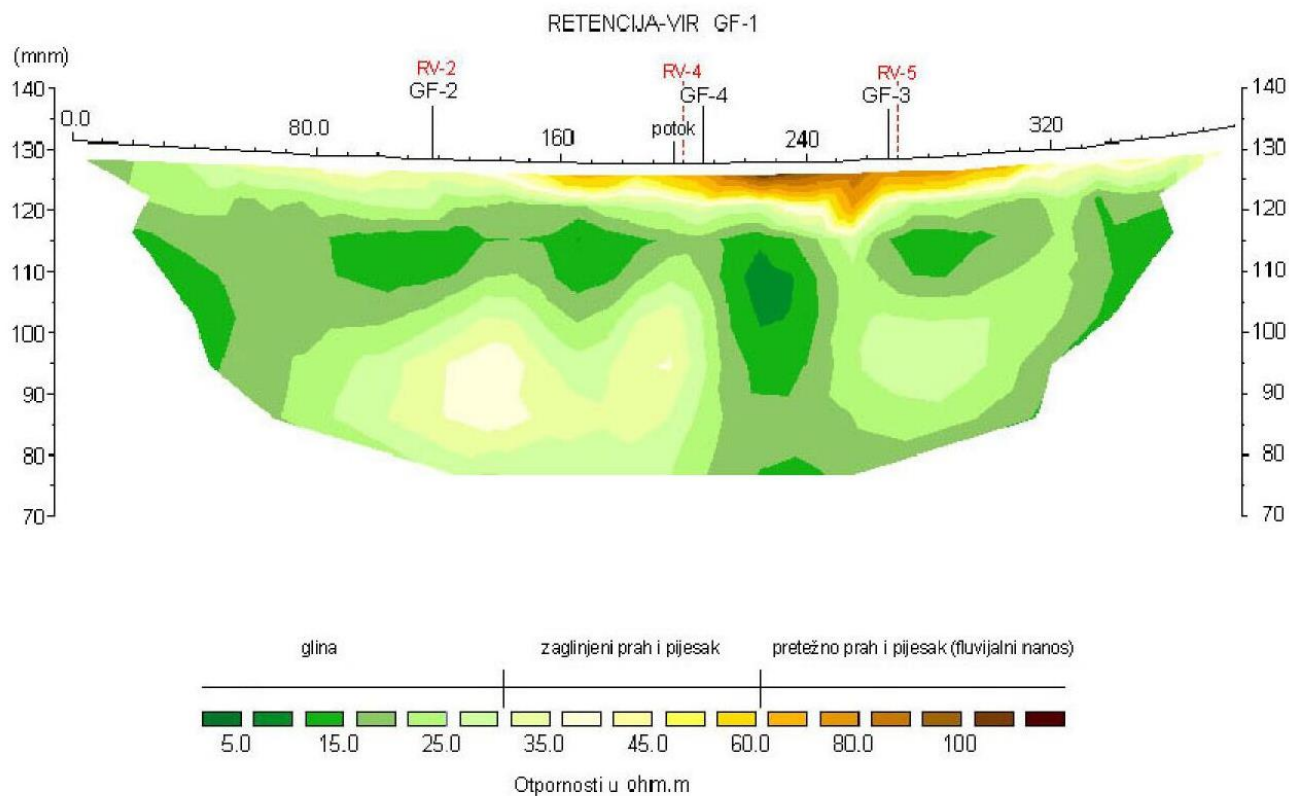
- Položaj trase – na temelju hidroloških studija i hidrauličkih proračuna, projekta melioracionih zahvata, u obzir se uzima planovi razvoja i prostornog uređenja naselja ili regije (“gospodarenje vodom”)
- Za geotehničara je polazna osnova trasa nasipa i razina najvišeg vodostaja u vodotoku
- Geotehnički projekt obuhvaća:
 - planiranje i izvedbu geotehničkih istraživanja
 - projektna rješenja (Idejni, Glavni i Izvedbeni projekt)
 - Izvedba nasipa, nadzor na izvedbom (kontrola kakvoće)
 - Promatranja (praćenje) nasipa i pojava uz nasip
 - Održavanje nasipa

Geotehnički istražni radovi



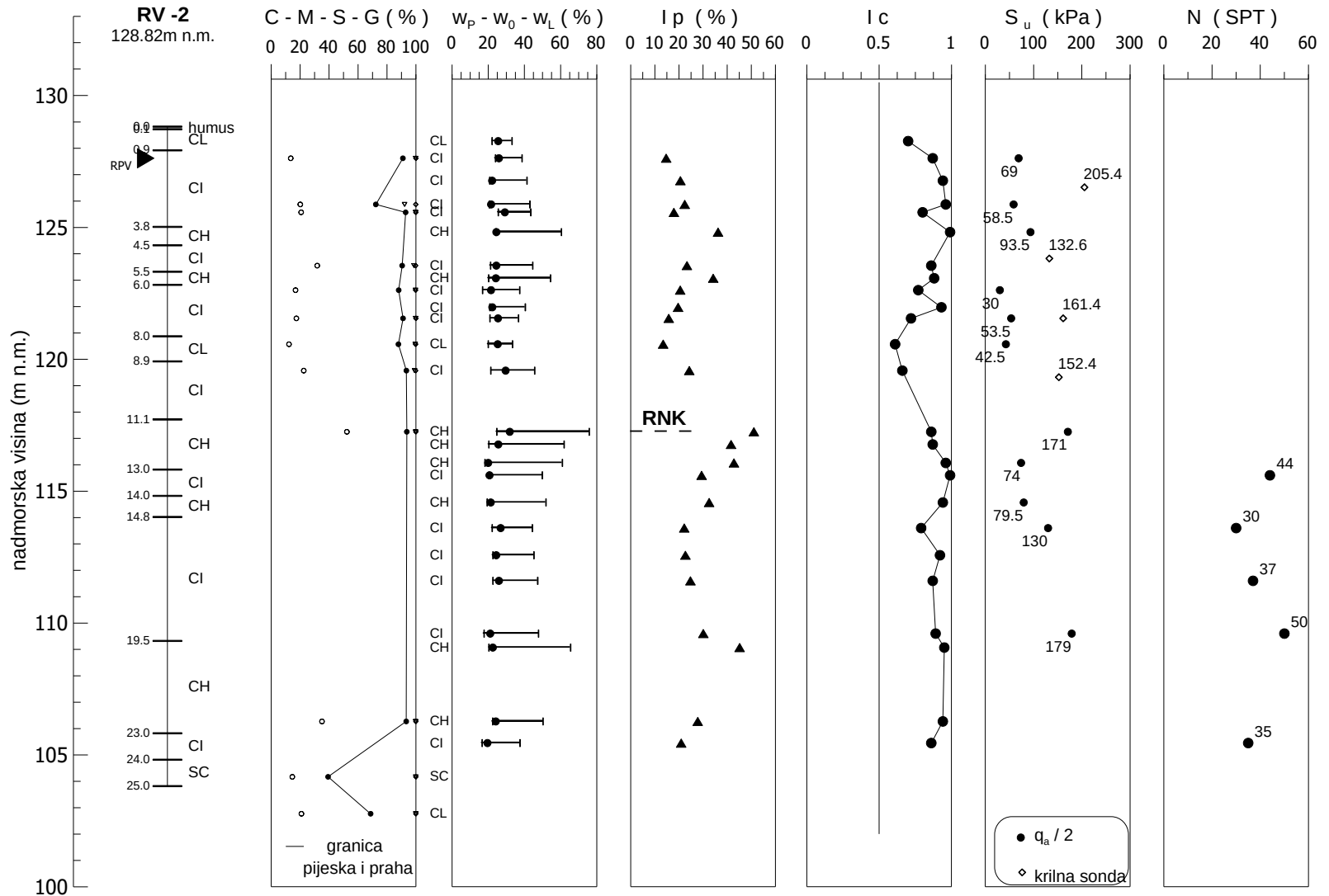
Mala brana Vir kod Vrbovca

Karakterizacija temeljnog tla

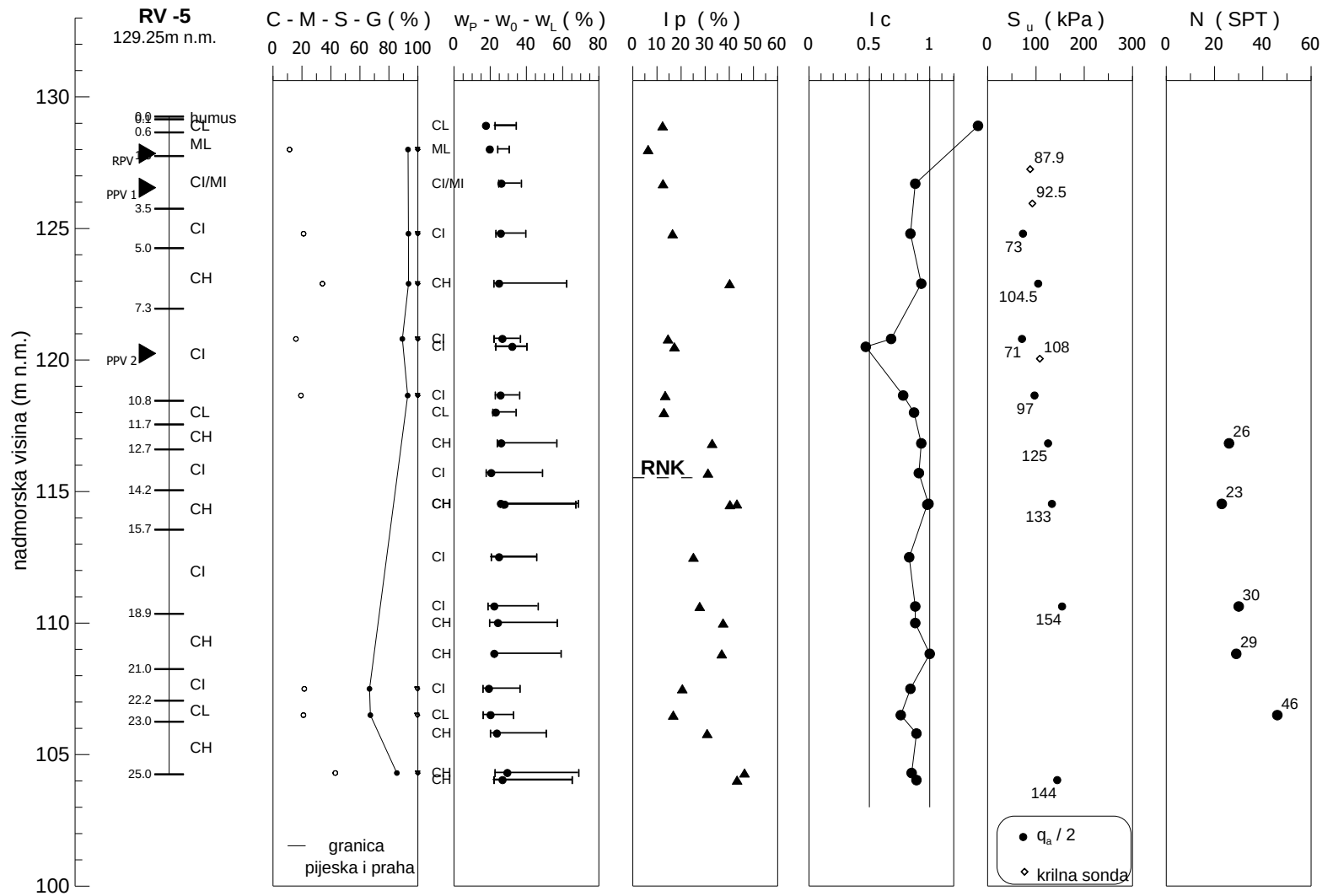


Horizontal scale is 19.00 pixels per unit spacing
Vertical exaggeration in model section display = 2.00
First electrode is located at 0.0 m.
Last electrode is located at 380.0 m.

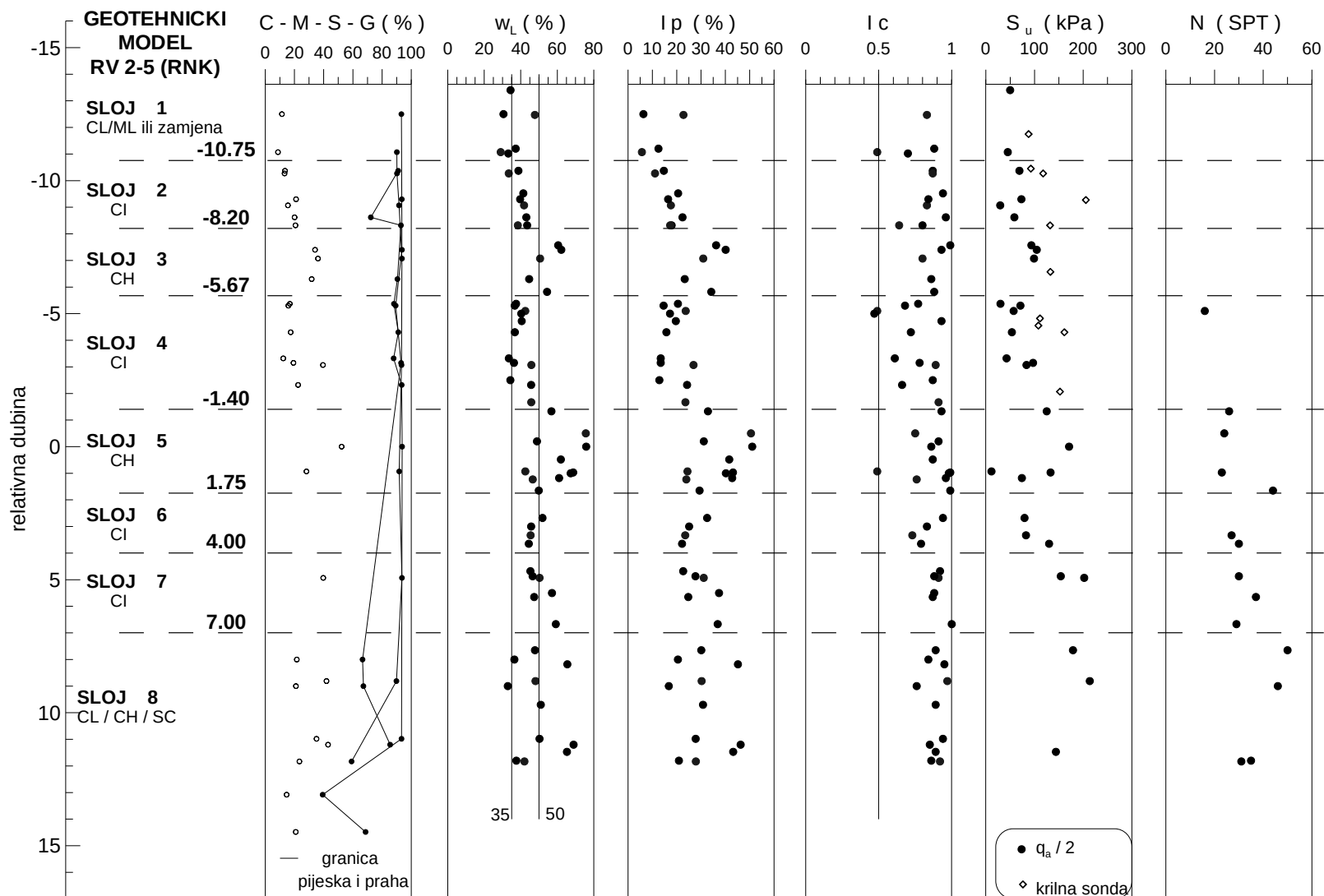
Karakterizacija temeljnog tla



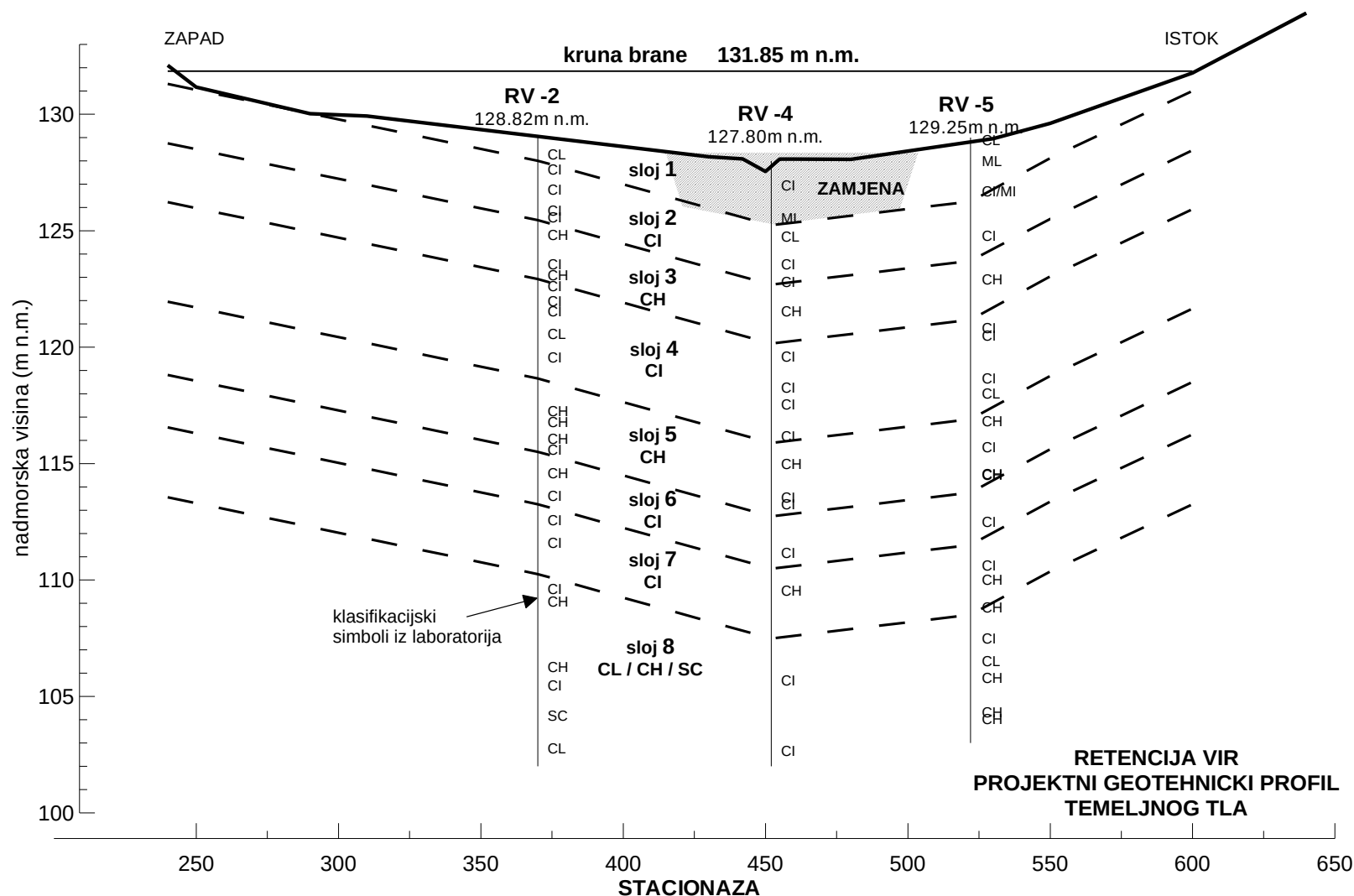
Karakterizacija temeljnog tla



Karakterizacija temeljnog tla



Karakterizacija temeljnog tla



FAZE PROJEKTIRANJA 1

- **Idejno rješenje**: moguće varijante trase, uklapanje u regionalne planove, zaštita i očuvanje okoliša, prenamjena postojećih prostora, nalazišta i namjena iskopa
- **Idejni projekt**: definira se trasa nasipa, prethodni istražni radovi manjeg opsega, utvrđivanje vidljivih i zatrpanih rukavaca, IG prospekcija, varijante karakt. profila nasipa, veze s prometnicama, ulaz u inundaciju (rampe za prijelaz lokalnog prometa)
- **Studije utjecaja na okoliš, lokacijska dozvola**

Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – lokacija budućeg pregradnog profila



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – pogled na desni bok retencije



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena

Potok



“Pozicioniranje” krune brane



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – obilazak zaplavnog prostora, moguća prostorna ograničenja



Idejni projekt male retencijske brane

Pregled terena – obilazak zaplavnog prostora, moguća prostorna ograničenja

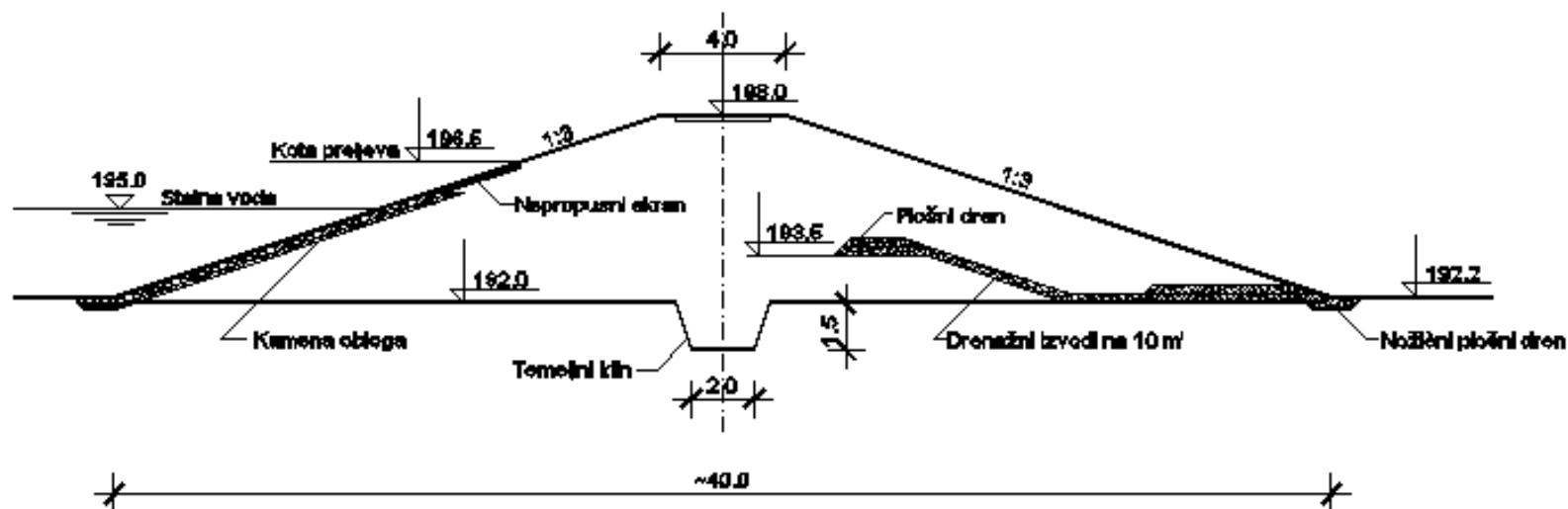


Idejni projekt male retencijske brane

Varijante poprečnog profila

NORMALNI POPREČNI PROFIL: JEDNOLIKI NAGIB POKOSA

M 1:200

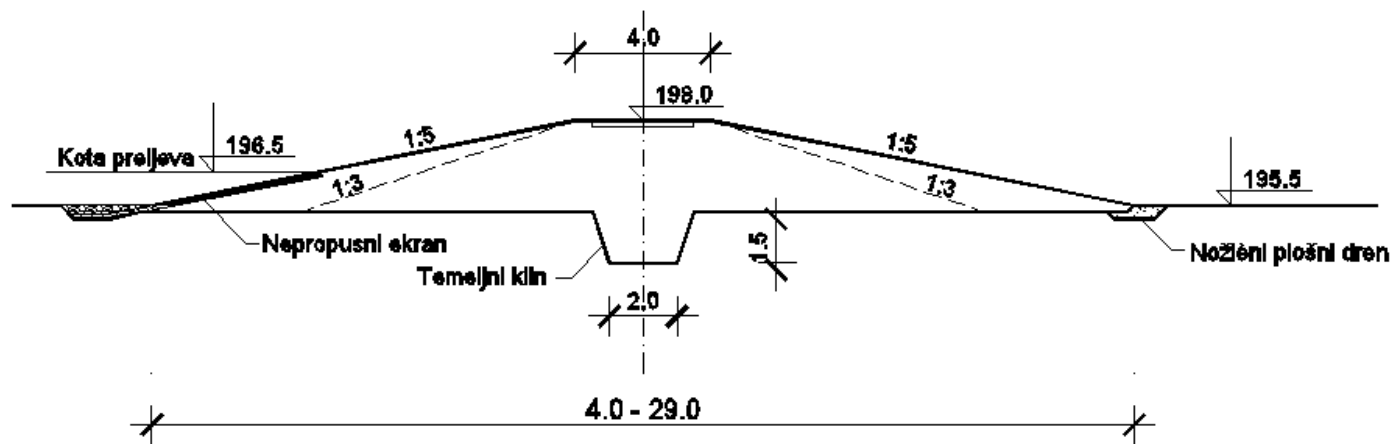


Idejni projekt male retencijske brane

Varijante poprečnog profila

NORMALNI POPREČNI PROFIL: PROMJENJIV NAGIB POKOSA

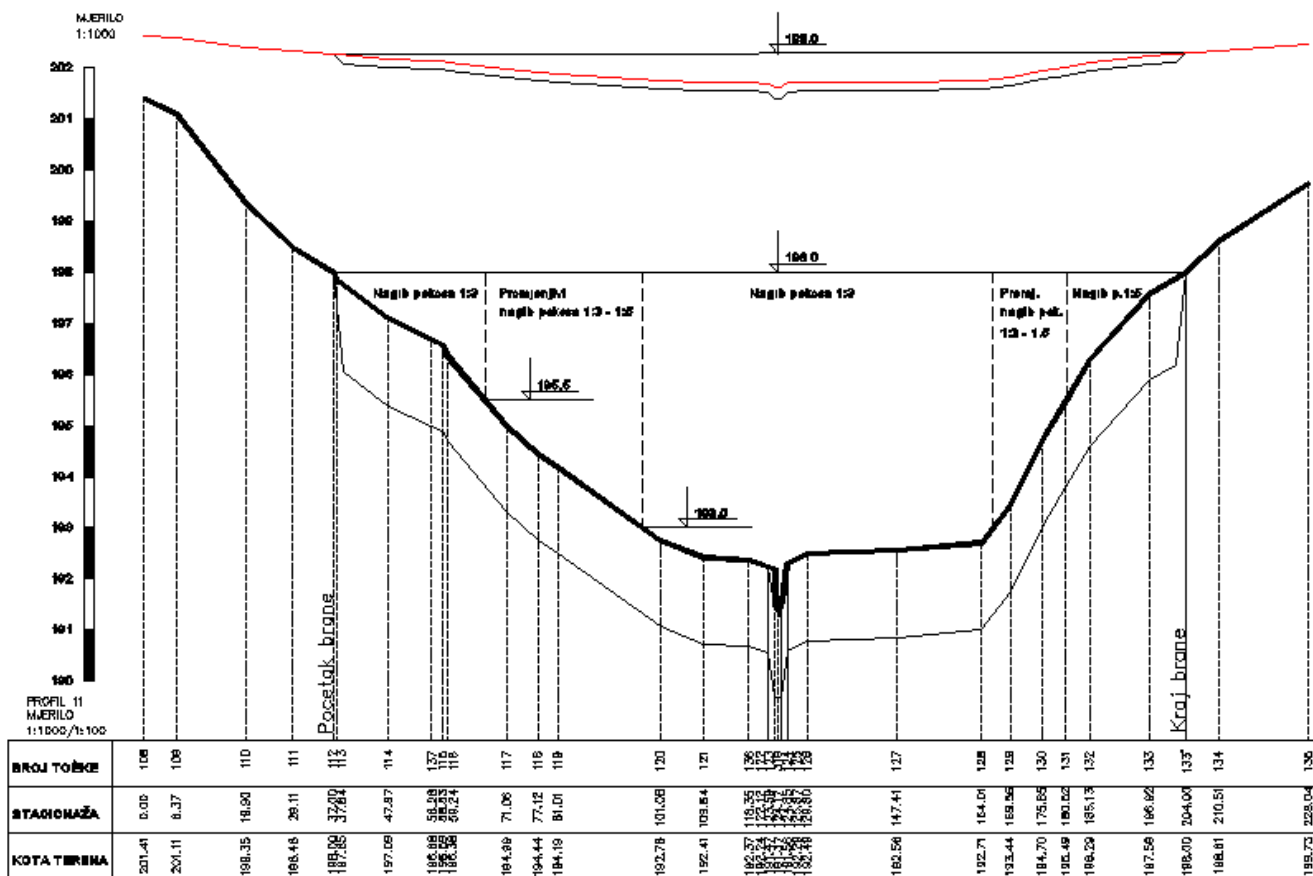
M 1:200



NAPOMENA: Normalni poprečni profil u dolini kao za varijantu s jednolikim nagibom pokosa

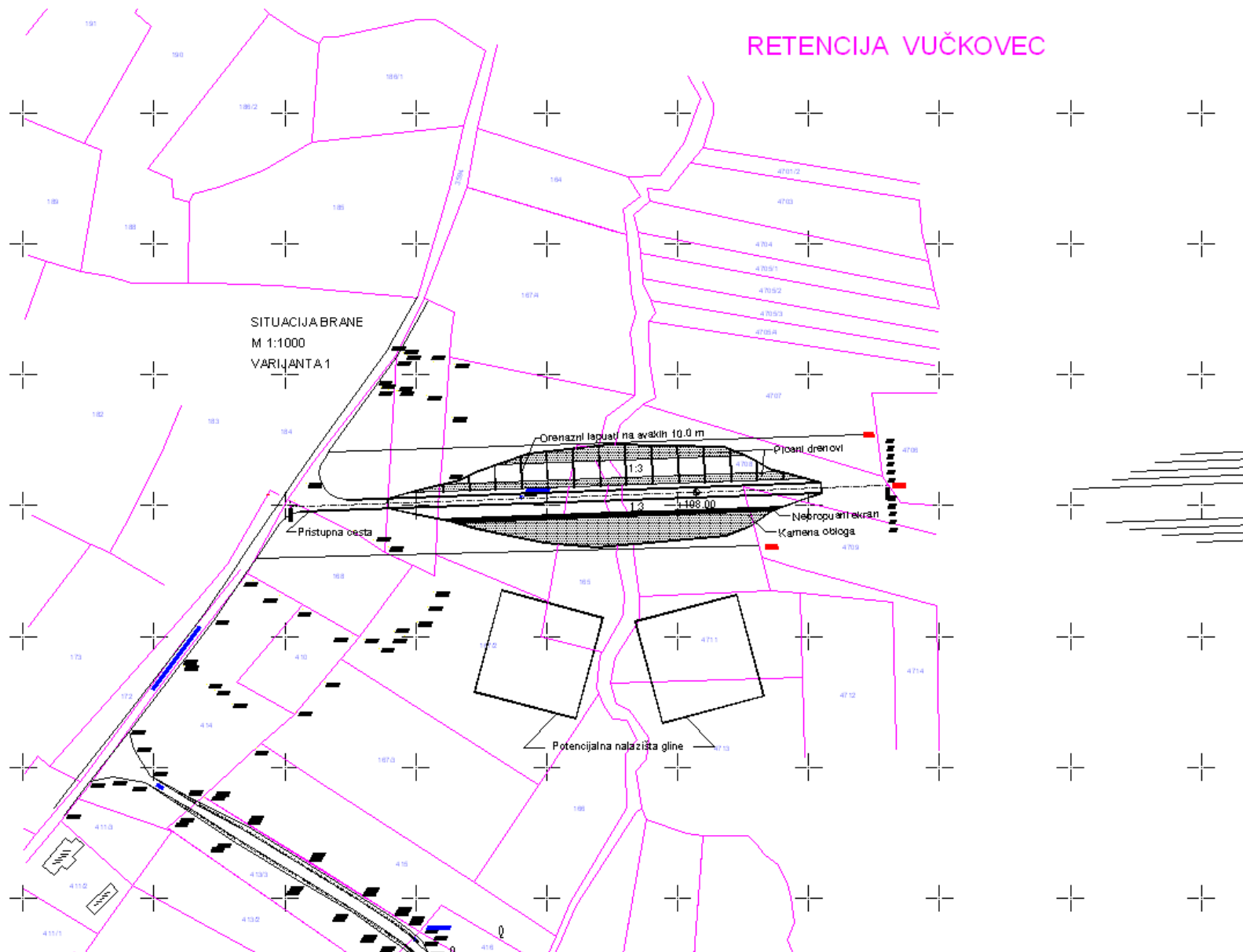
Idejni projekt male retencijske brane

UZDUŽNI PRESJEK KROZ OS BRANE VARIJANTA 2



RETENCIJA VUČKOVEC

SITUACIJA BRANE
M 1:1000
VARIJANTA 1



FAZE PROJEKTIRANJA 2

- **Glavni projekt** : detaljni geotehnički istražni radovi duž trase nasipa i na mogućim nalazištima, konačna koncepcija rješenja + zadovoljenje uvjeta iz lokacijske dozvole, utvrđuje se projektni profil nasipa, prometnica, geotehnički proračuni, količine gradiva u nasipu i nalazištima, projekt jamstva/kontrole kakvoće i opažanja
- **Građevna dozvola**

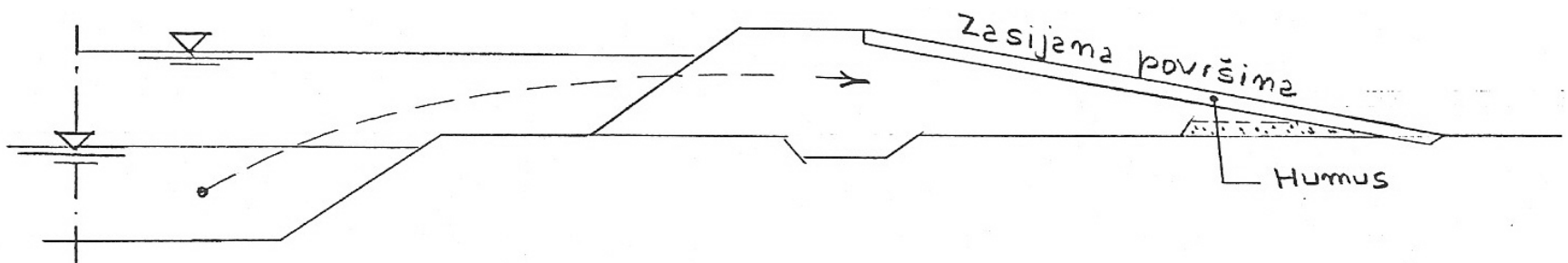
Hidrotehnički nasipi - projektiranje

FAZE PROJEKTIRANJA 3

- **Izvedbeni projekt** : dopunski- ciljani istražni radovi za određena područja, definitivni profili nasipa po dionicama, projekt uređenja krune nasipa, oblikovanje i uređenje, te zaštita pokosa nasipa, detaljna rješenja drenažnih sustava
- Izrada detaljnih planova otvaranja nalazišta, priprema gradiva za transport i ugradnju; rješenja završnog uređenja okoliša; detaljni projekti postavljanja repera i piezometara; detalji otješnjenja podzemlja i odušnih bunara (ako se provodi); opis pokusnih polja za tehnologiju ugradnje; opis nadzorne službe nad radovima, vrste, učestalost i količina kontrolnih pokusa u nalazištu i na mjestu ugradnje
- Rješenja zaštite gradilišta od predvidivog poplavnog vala, gradilišni pristupi, izvedba kanala za uzdužnu odvodnju procjednih i oborinskih voda

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 1

- Detaljni poprečni profil nasipa po dionicama – razne visine nasipa, promjene sastava tla u podlozi, promjene gradiva u nalazištima; prilazne i prijelazne rampe; količine gradiva u nasipu i iskopima (balans masa); npr. kod iskopa kanala s viškom materijala u odnosu na nasip nizvodni pokosi mogu biti u vrlo blagom nagibu – moguće iskorištenje za poljoprivredu (strojevi – neefikasni na strmim pokosima)



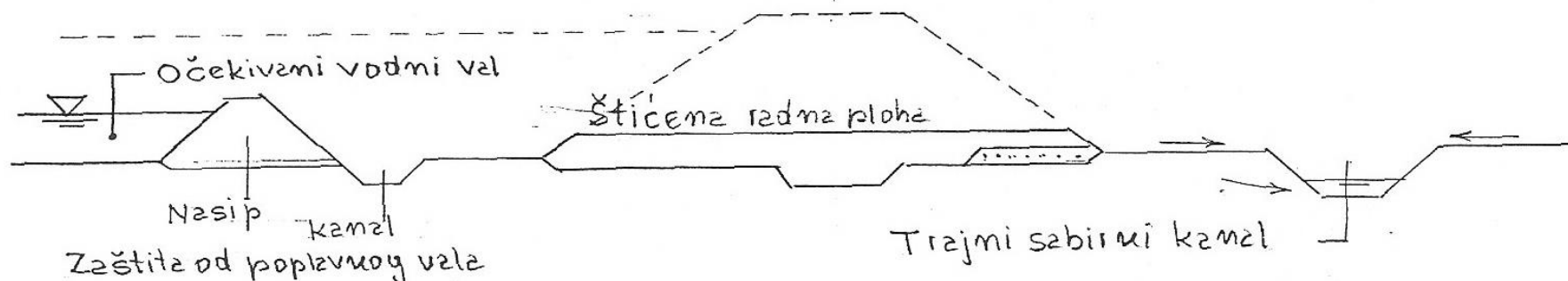
Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 2

- Čišćenje terena od drveća i šiblja, panjevi i korijenje – prodaja, ustupanje; projektom se predviđa/procjenjuje broje većeg drveća (šumari !)
- Skidanje humusa duž trase i u nalazištima; projektom predvidjeti debljinu skidanja humusa po dionicama i njegovu namjenu (trajno ili privremeno odlaganje – oblaganje pokosa)
- Zatrpavanje iskopa u nalazištima; uređenje terena uz nasipe devastiranog gradnjom – povrat poljoprivredi ili drugoj planiranoj namjeni

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 3

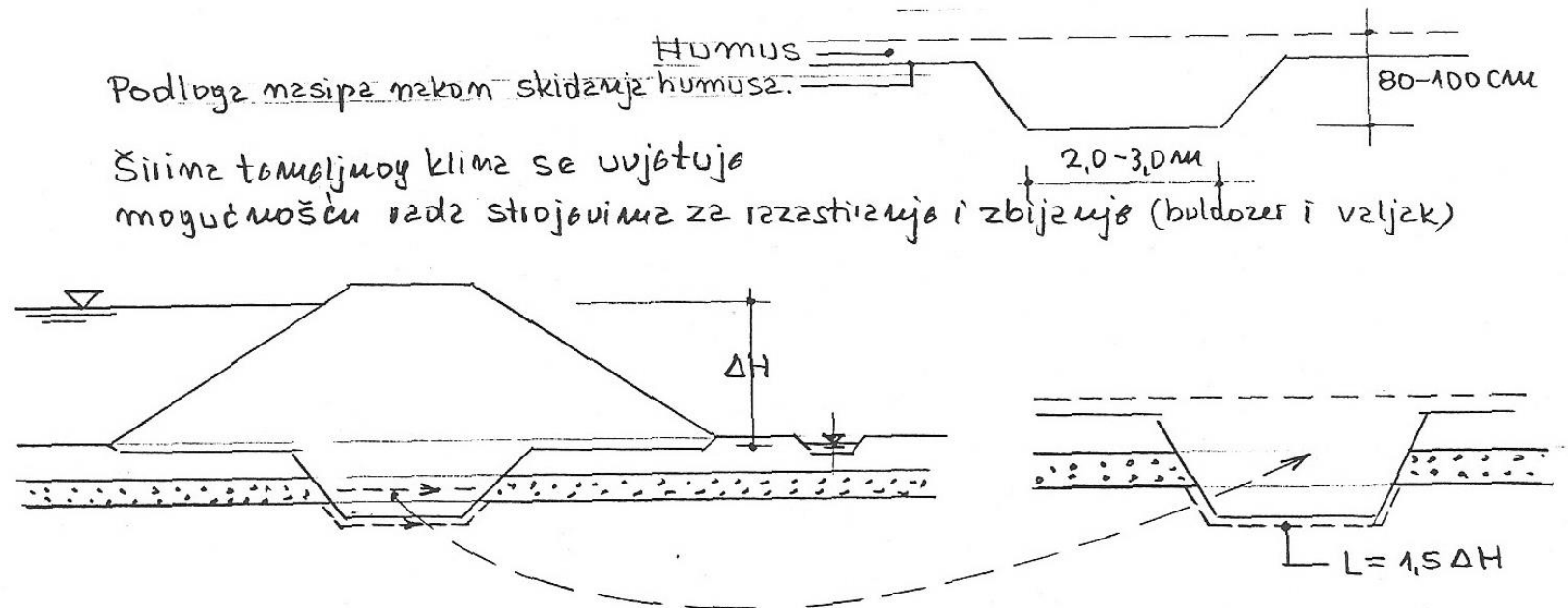
- Izvedba privremenih ili trajnih objekata za zaštitu gradilišta od oborinskih i poplavnih voda; privremeni zaštitni nasipi na uzvodnoj strani; privremeni ili trajni sabirni kanali za prihvat voda, odnosno za sniženje razine podzemne vode kako bi se podloga mogla dobro uvaljati



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 4

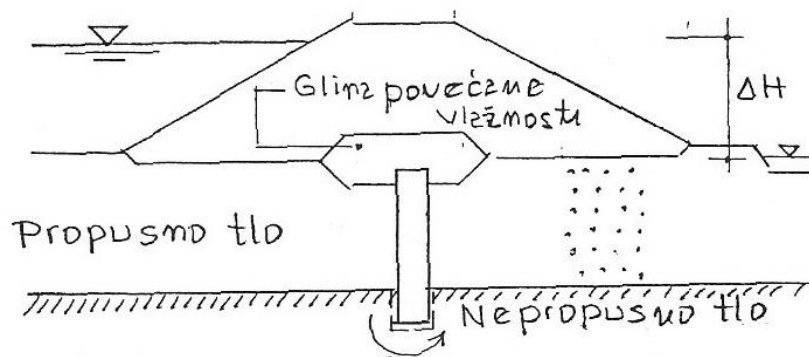
- Temeljni klin – za presijecanje kanalića (rovova) životinja u površinskom dijelu tla (krtice, štakori, rovci, lisice, voluharice....) ili za presijecanje propusnih slojeva pijeska ili šljunka manje debljine i na manjoj dubini



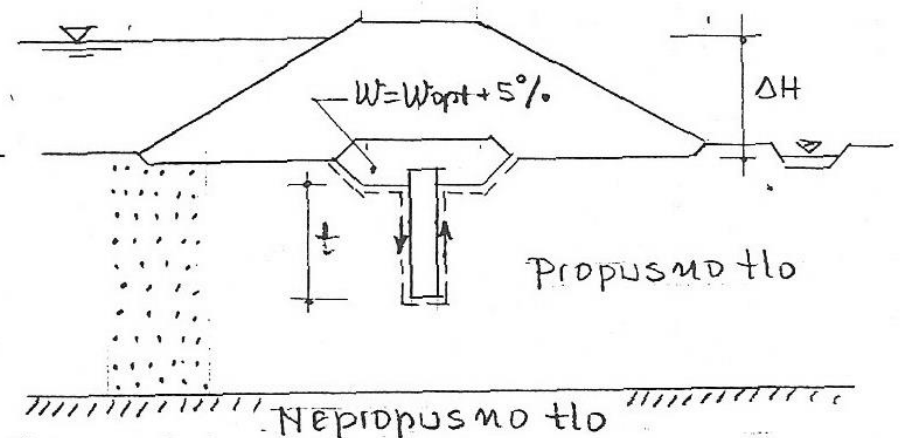
Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 5

- Otješnjenje podzemlja glinobetonskom dijafragmom ili zavjesom npr. jet-grouting (mlazno injektiranje) u slučaju velike debljine propusnih slojeva i veće visine nasipa



STOJEĆA DIJAFRAGMA

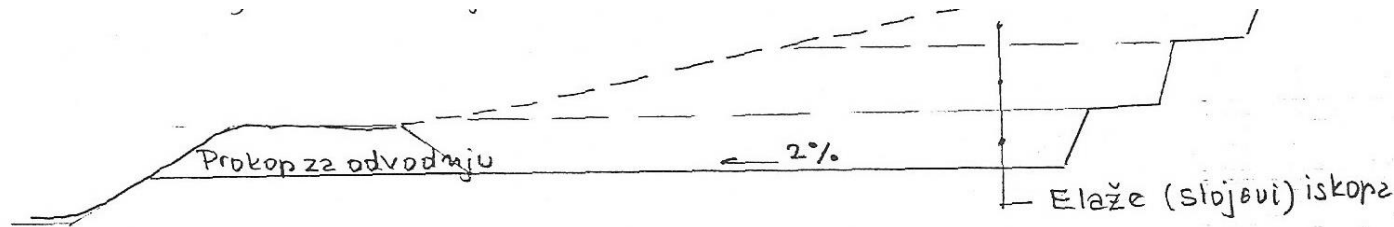


VIŠEĆA DIJAFRAGMA; $t = 0,75 \Delta H$

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 6

- **Projekt organizacije i korištenje nalazišta gradiva za izgradnju nasipa**
 - otkrivanje nalazišta i odlaganje neuporabivog pokrovnog materijala
 - oblikovanje radnih i trajnih pokosa iskopa u skladu s budućom namjenom lokacije nalazišta

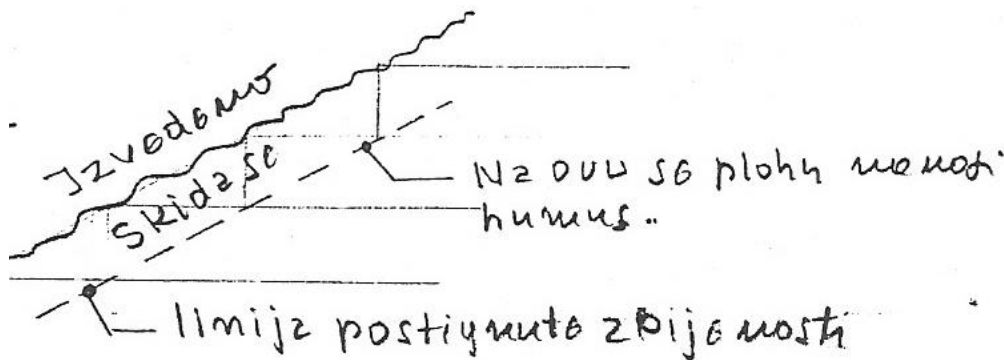


- tehnologija pripreme gradiva (gline ili miješanih materijala) za ugradnju ako prirodna vlažnost nije optimalna ili blizu nje (+3%)
 - ...Izoravanje plugovima te sušenje ili vlaženje, naguravanje na hrpu radi homogenizacije vlažnosti i sastava
- Organizacija prometa kružnim tokovima –
- Kontrolna ispitivanja vlažnosti na nalazištu prije izoravanja i nakon homogenizacije

Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 7

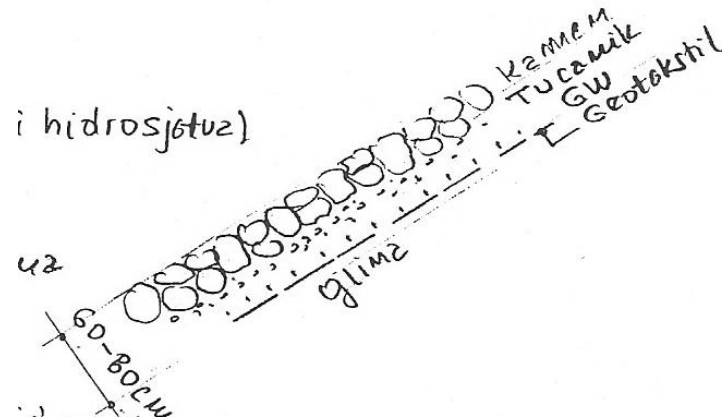
- Izgradnja tijela nasipa (ugradnja zemljanih materijala)
 - dovoz na mjesto ugradnje
 - razastiranje dozerima u uzdužnom smjeru nasipa
 - zbijanje (valjanje, kompaktiranje) odgovarajućom mehanizacijom u slojevima – vrsta stroja, debljina slojeva, broj prijelaza
 - zaštita izvedenih radova za vrijeme prekida - kiše, smrzavice ili poplave (.. skidanje zadnjeg nasutog sloja, odvoz sušenje, ponovna ugradnja); u slučaju planiranog prekida – izvedba tanjeg zaštitnog sloja u padu 2%
- Oblikovanje profila nasipa – nasipavanje preko profila, skidanje viška buldozerima, oblaganje humusom, valjanje po kosini



Hidrotehnički nasipi - projektiranje

PROJEKTNA RJEŠENJA ZA DIJELOVE NASIPA 8

- Zaštite pokosa nasipa
 - Uzvodni – zatravnjenje (klasično ili hidrosjetva); obloga kamenom; obloga betonskim pločama
 - Nizvodni - zatravnjenje



- Berme na pokosima
 - usporavaju tok vode po pokosu
 - vodu odvode uzdužno koja se mjestimično ispušta poprečno do nožice nasipa
- Kruna nasipa – samo zatravnjena ili cesta (makadam ili asfalt)
- **KONTROLNA ISPITIVANJA** – propisuju se projektom