

Sveučilište u Zagrebu

Građevinski fakultet

Diplomski sveučilišni studij

Smjer: **GEOTEHNIKA**

Nasute i potporne građevine 5

Prof. dr. sc. Tomislav Ivšić
Građevinski fakultet Zagreb

Geotehnički proračuni nasutih građevina

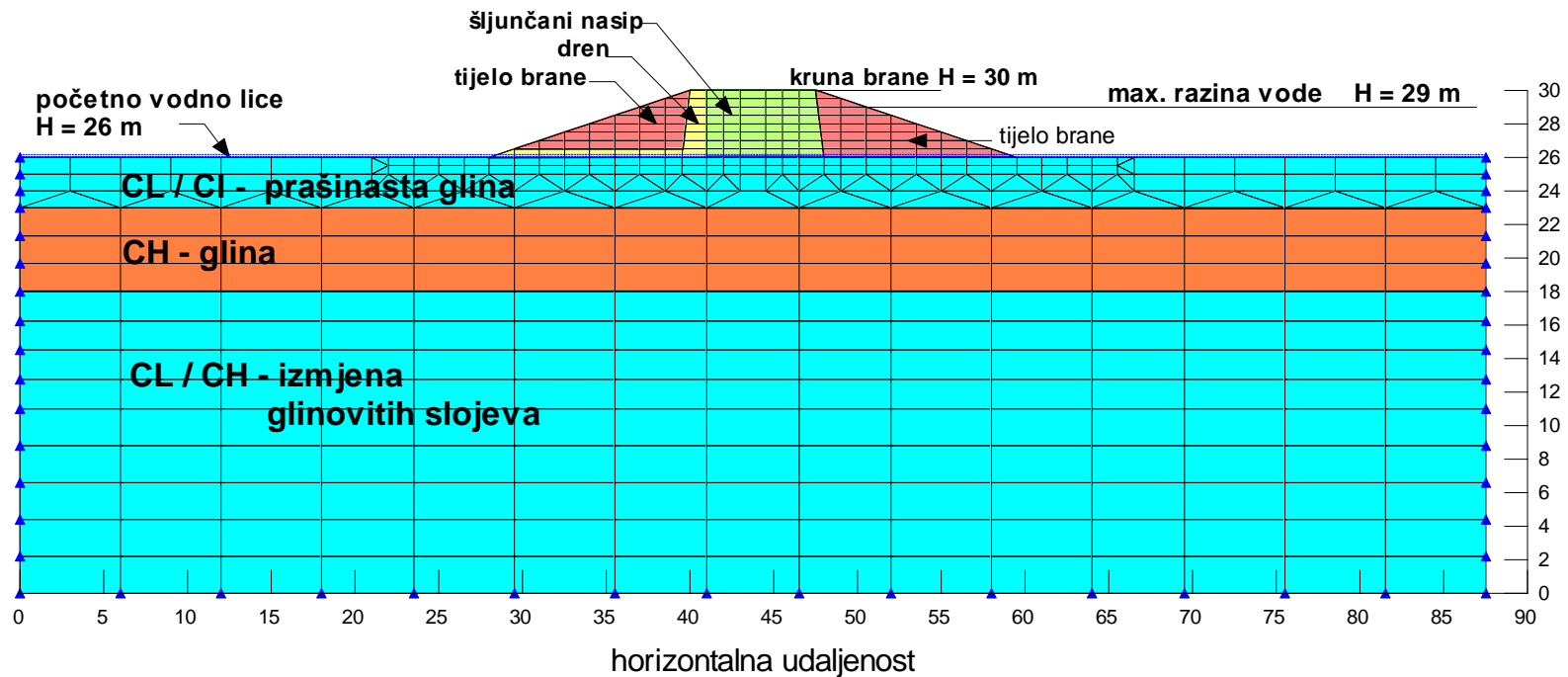
- **Analize procjeđivanja**
- **Analize stabilnosti**
- **Analize deformacija temeljnog tla i brane**
- **Kriteriji za zemljane materijale**

Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

- Analize procjeđivanja

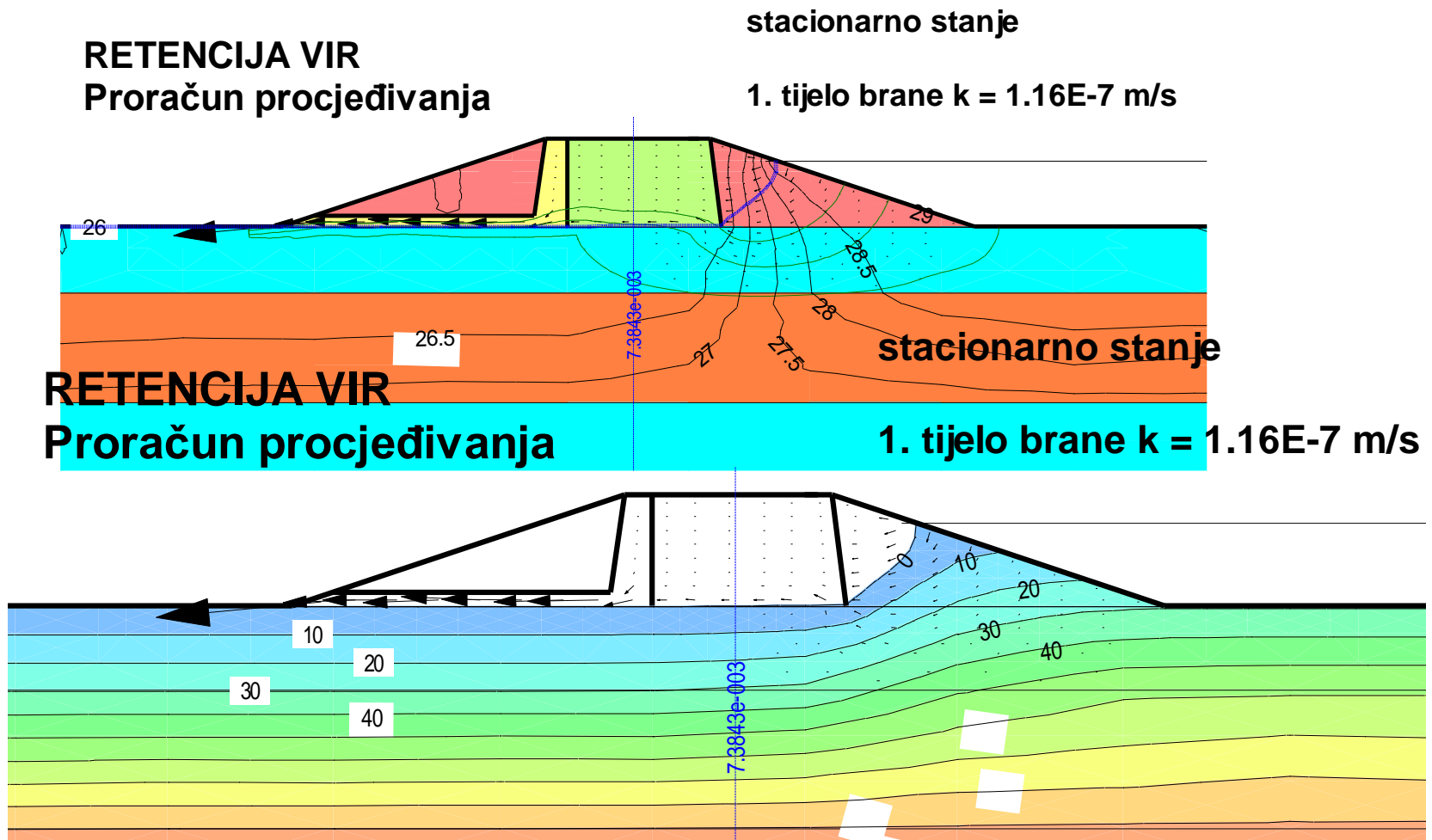
RETENCIJA VIR

Model za proračun procjeđivanja



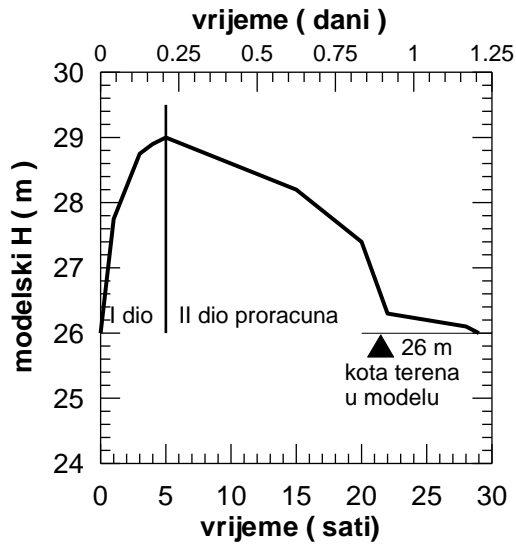
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

- **Analize procjeđivanja**



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

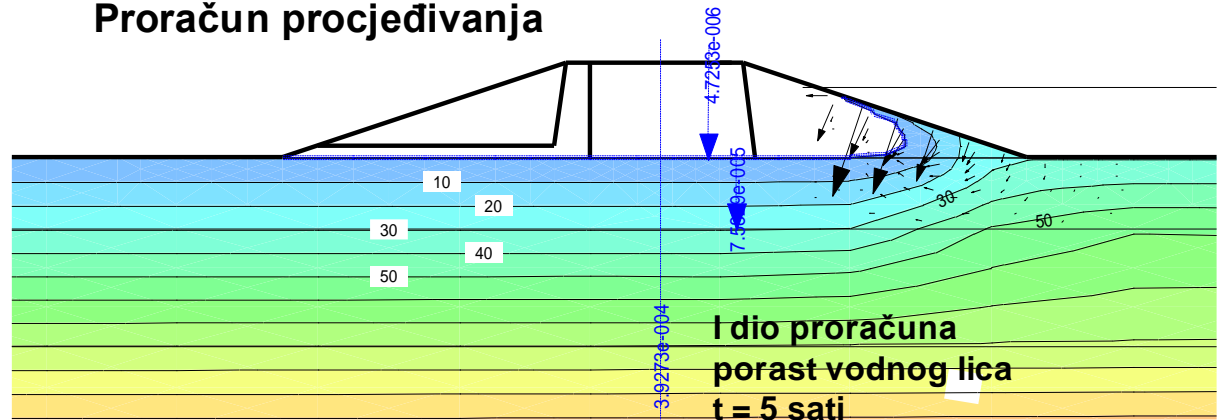
Analize procjeđivanja



RETENCIJA VIR Proračun procjeđivanja

I dio proračuna
porast vodnog lica
t = 5 sati

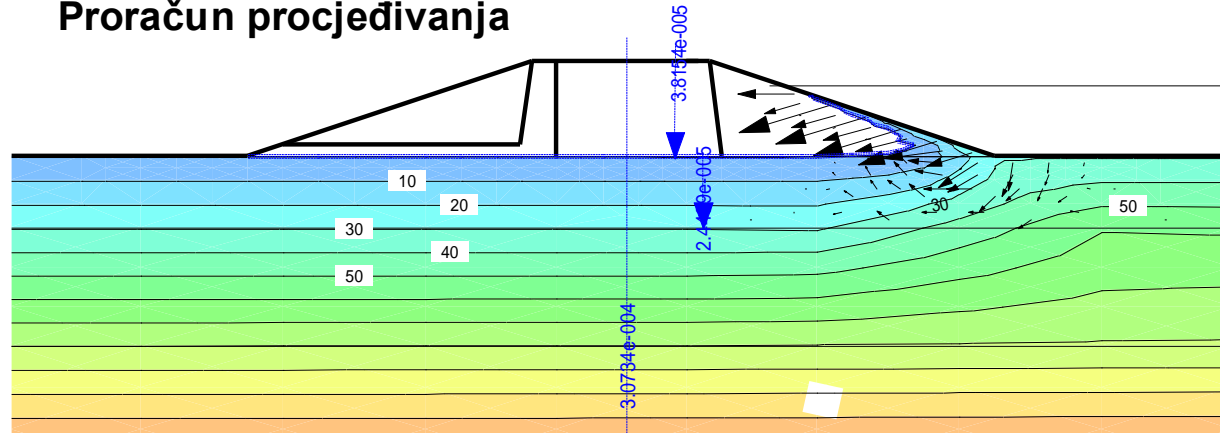
1. tijelo brane k = 1.16E-7 m/s



I dio proračuna
porast vodnog lica
t = 5 sati

RETENCIJA VIR Proračun procjeđivanja

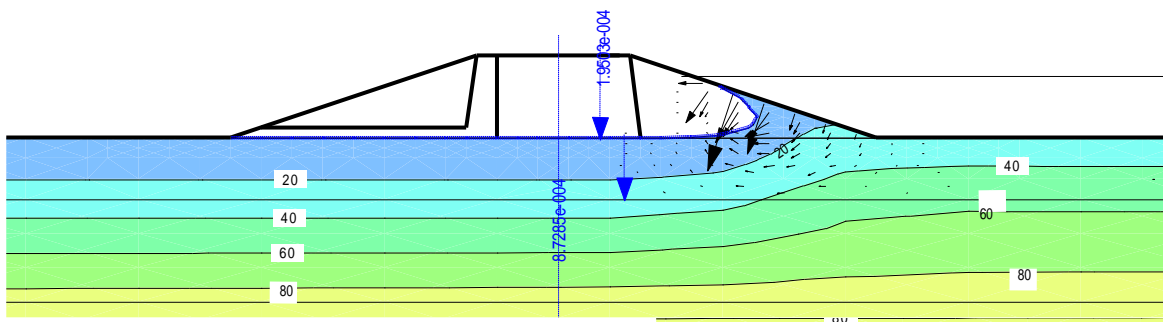
2. tijelo brane kh = 1.16E-7 m/s
kv = 0.1 kh



Analize procjeđivanja

RETENCIJA VIR
Proračun procjeđivanja

1. tijelo brane $k = 1.16E-7$ m/s

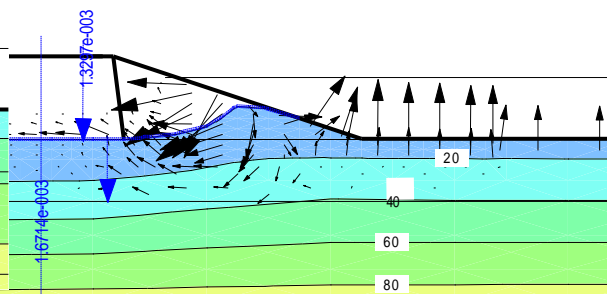


II dio proračuna
sniženje vodnog lica

t = 4 sata nakon maksimuma

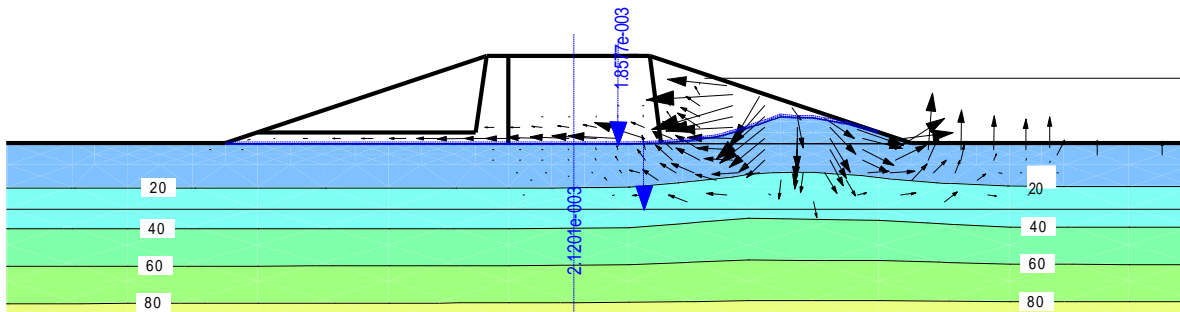
II dio proračuna
sniženje vodnog lica

t = 16 sati nakon maksimuma



RETENCIJA VIR
Proračun procjeđivanja

1. tijelo brane $k = 1.16E-7$ m/s



II dio proračuna
sniženje vodnog lica

t = 24 sata nakon maksimuma

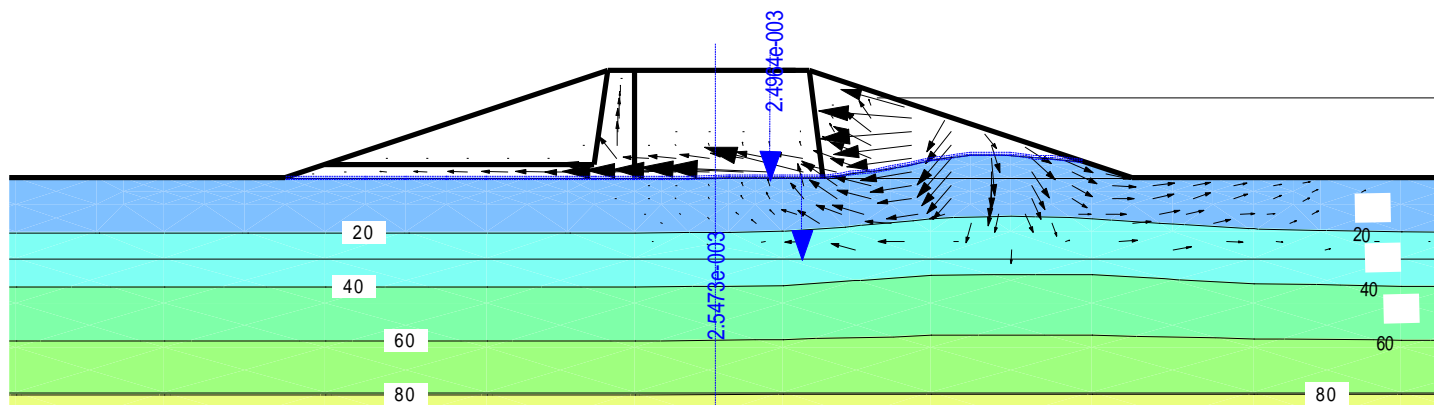
Analize procjeđivanja

RETENCIJA VIR
Proračun procjeđivanja

1. tijelo brane $k = 1.16E-7$ m/s

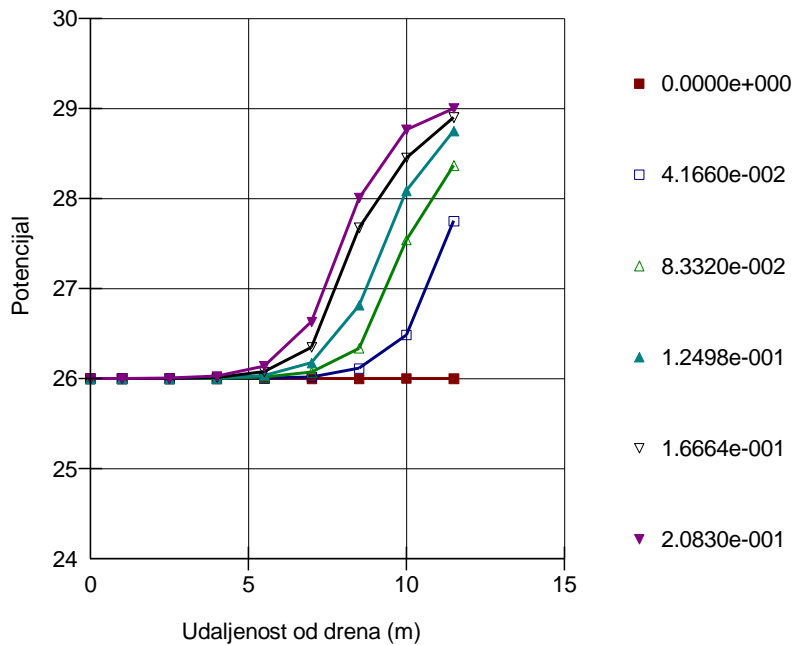
II dio proračuna
sniženje vodnog lica

t = 2 dana nakon maksimuma

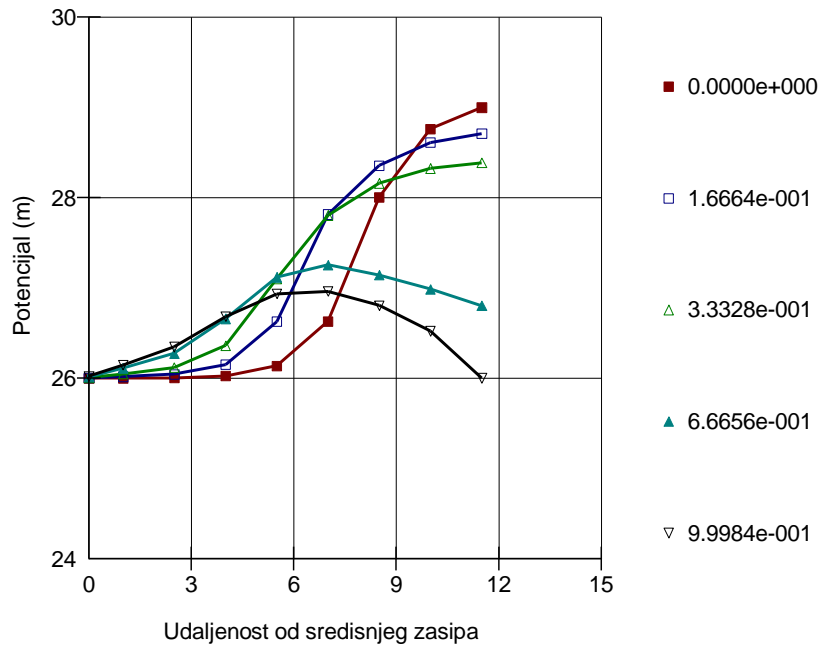


Analize procjeđivanja

Razvoj potencijala u vremenu - dno uzvodnog tijela brane



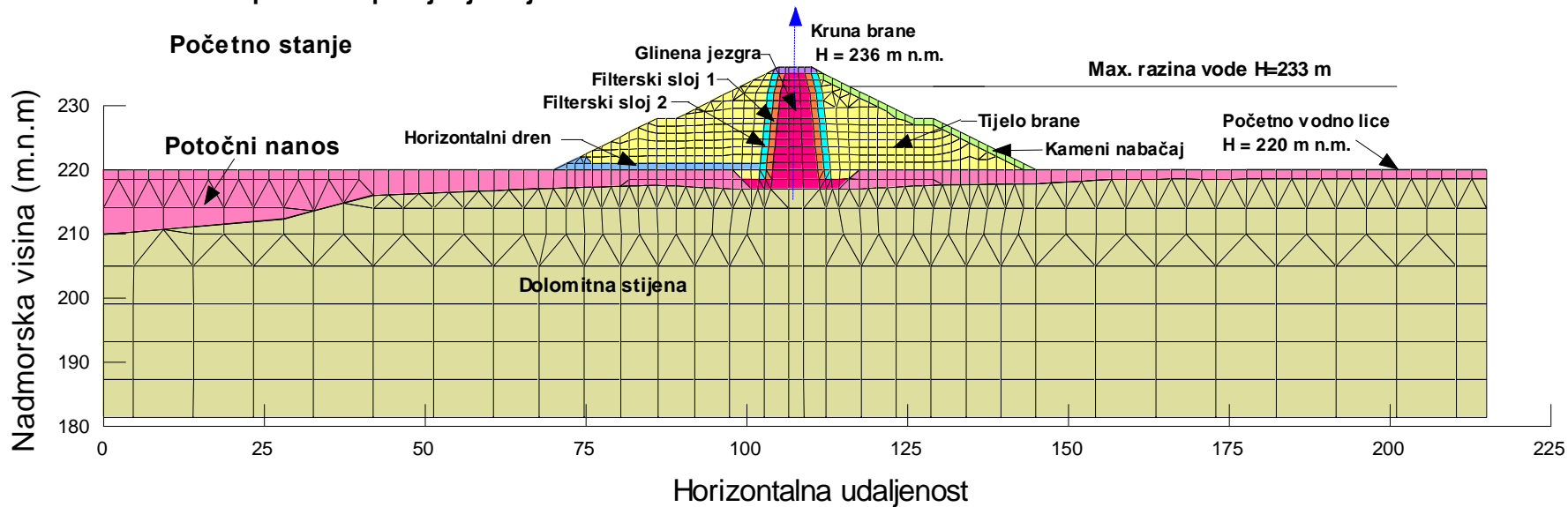
Promjena potencijala u vremenu - dno uzvodnog tijela brane



Analize procjeđivanja

RETENCIJA BURNJAK

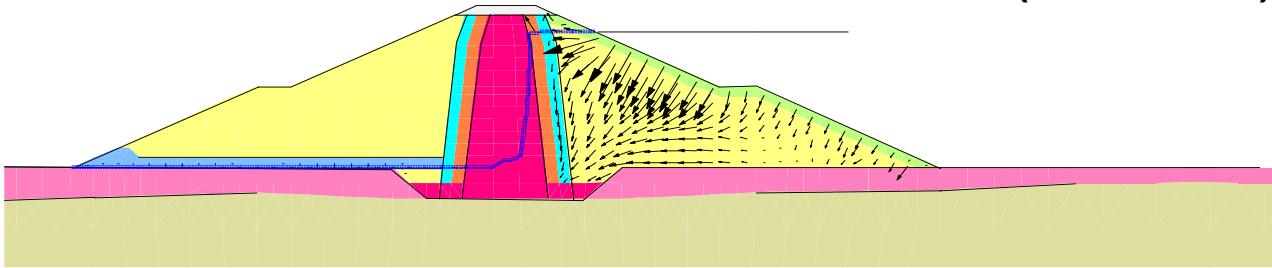
Model za proračun procjeđivanja



Analize procjeđivanja

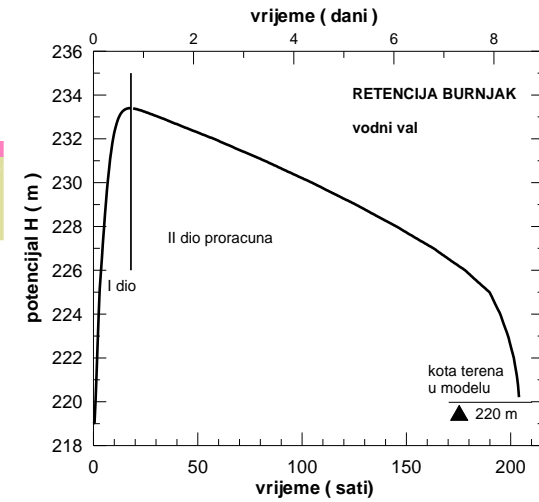
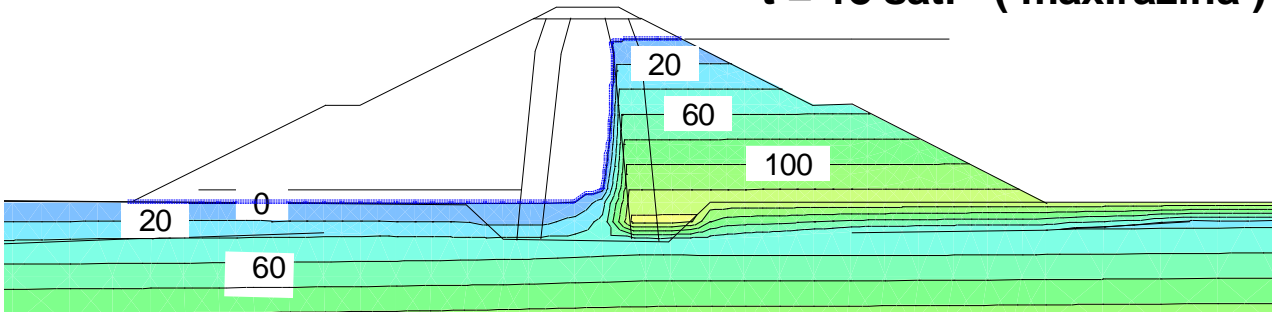
RETENCIJA BURNJAK Porast vodnog lica

t = 18 sati (max.razina)



RETENCIJA BURNJAK Porast vodnog lica

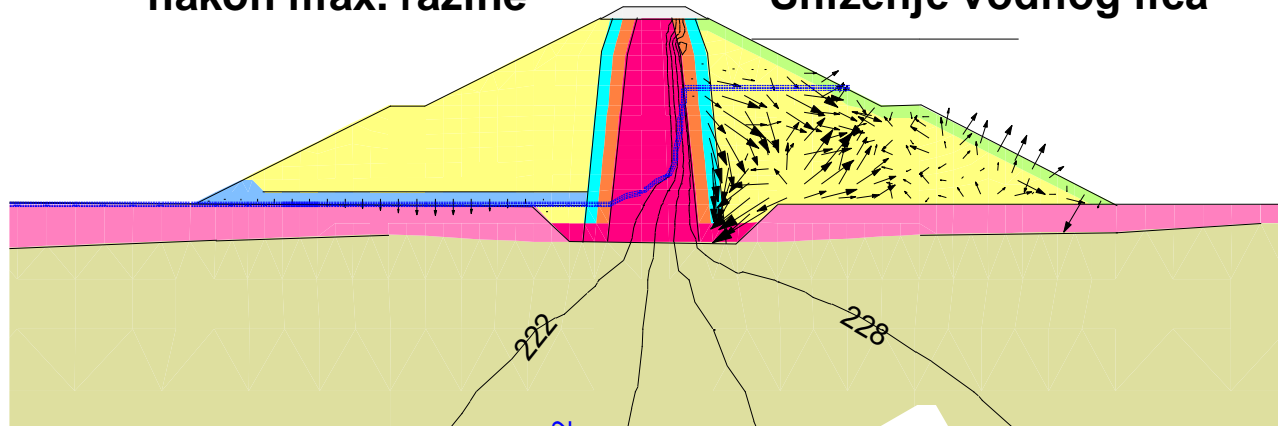
t = 18 sati (max.razina)



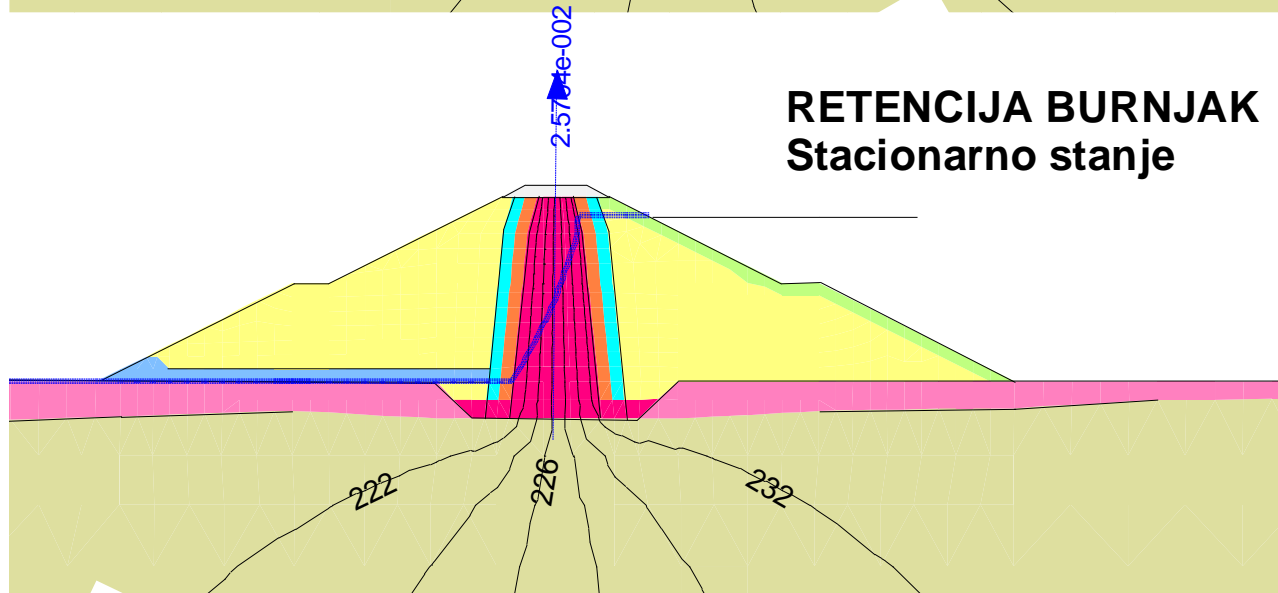
Analize procjeđivanja

t = 4.2 dana
nakon max. razine

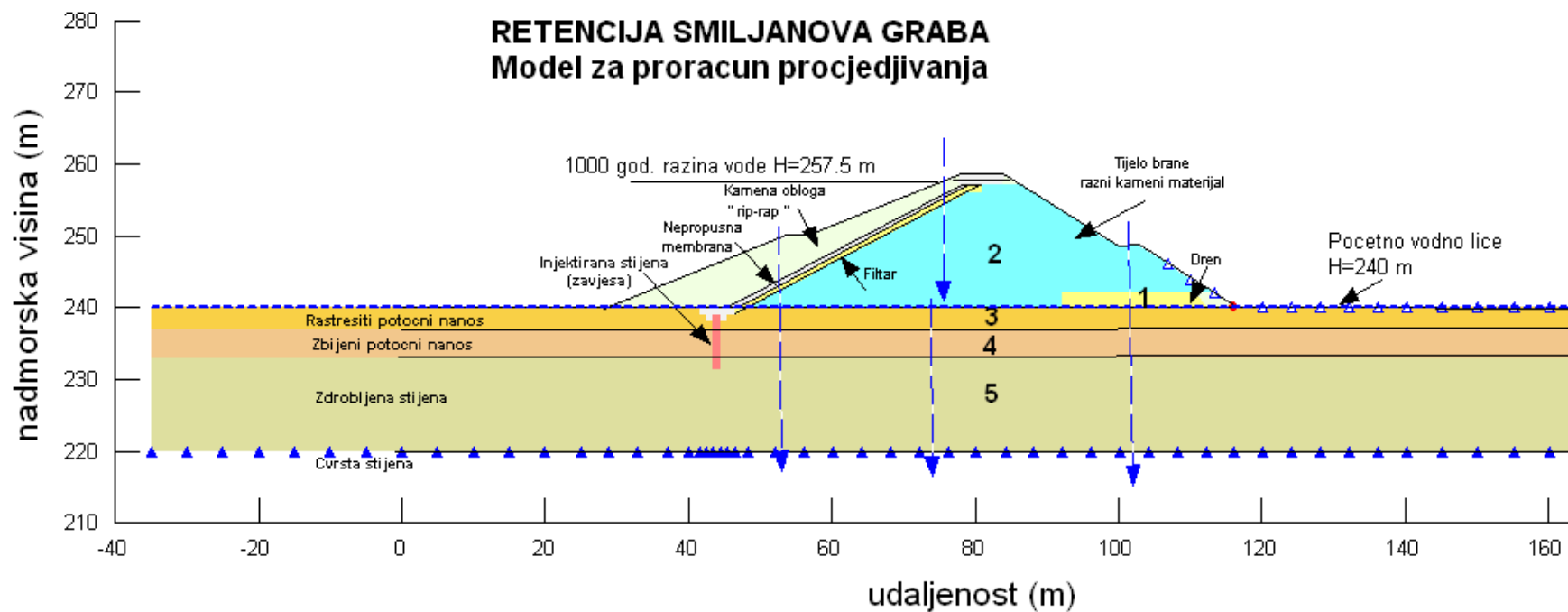
RETENCIJA BURNJAK
Sniženje vodnog lica



RETENCIJA BURNJAK
Stacionarno stanje

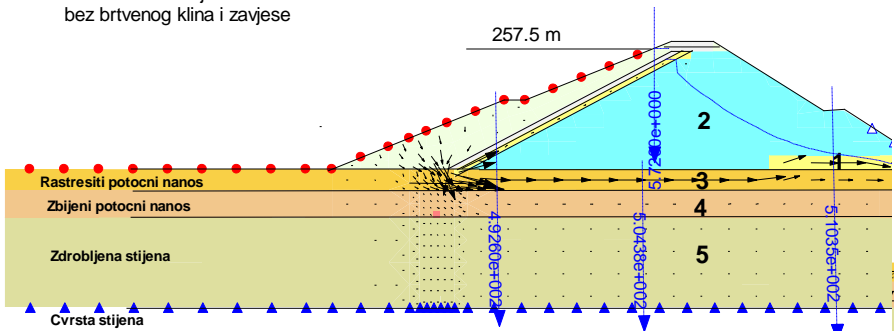


Analize procjeđivanja

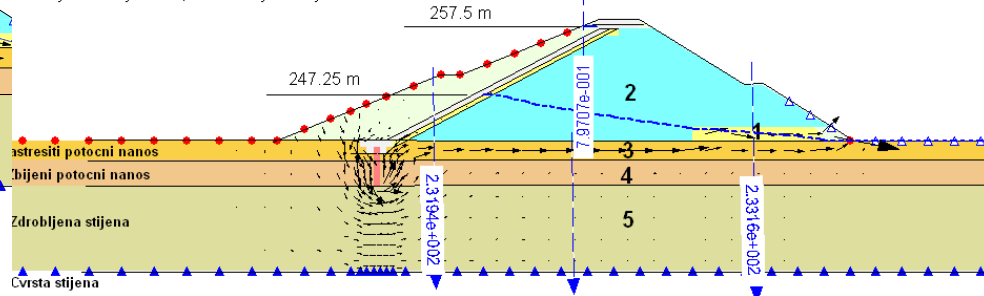


Analize procjeđivanja

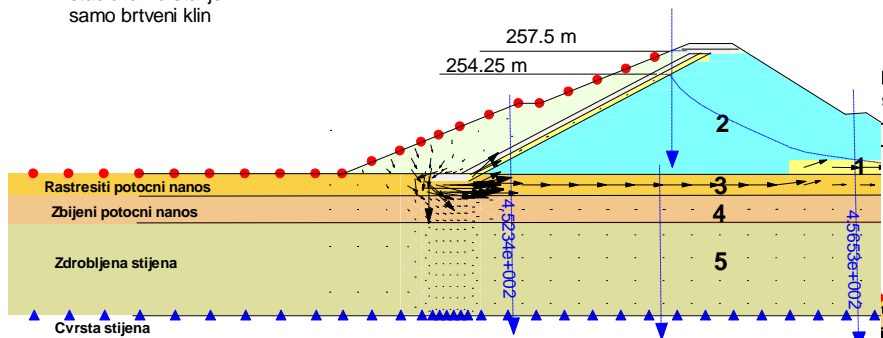
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
stacionarno stanje
bez brtvenog klina i zavjese



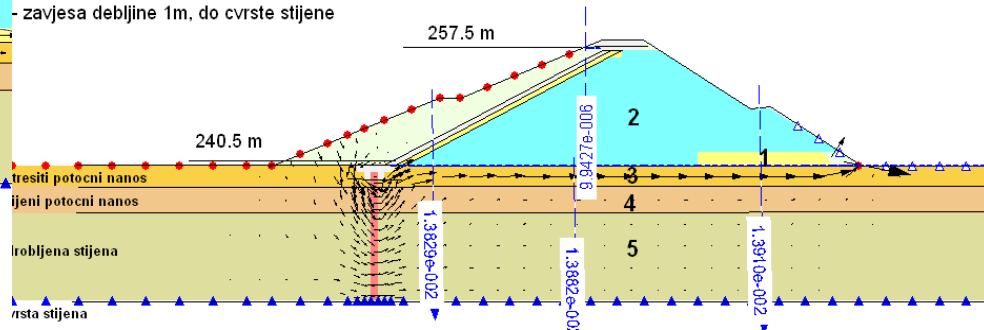
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
stacionarno stanje
- brtveni klin
- zavjesa debljine 1m, do zdrobljene stijene



RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
stacionarno stanje
samo brtveni klin



RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
stacionarno stanje
- brtveni klin
- zavjesa debljine 1m, do cvrste stijene

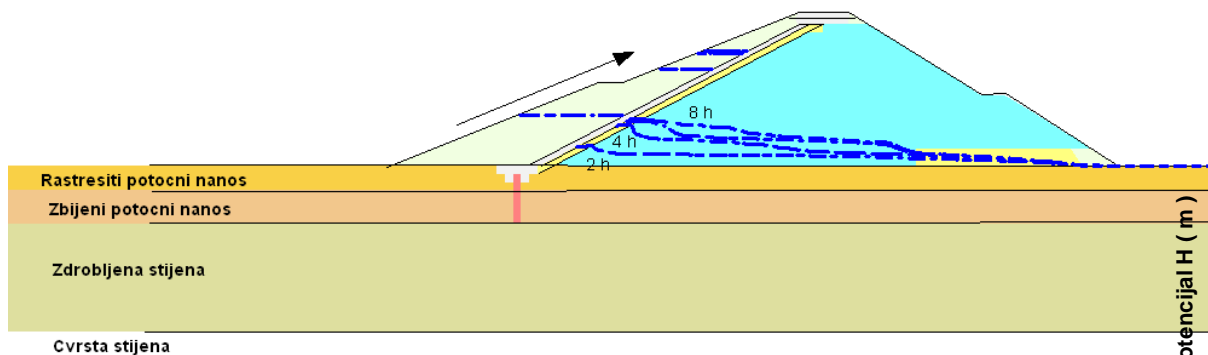


Analize procjeđivanja

RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

porast vodnog lica

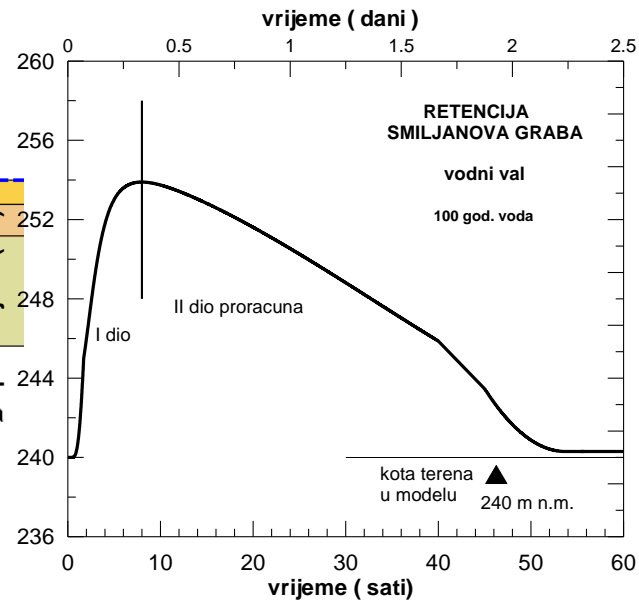
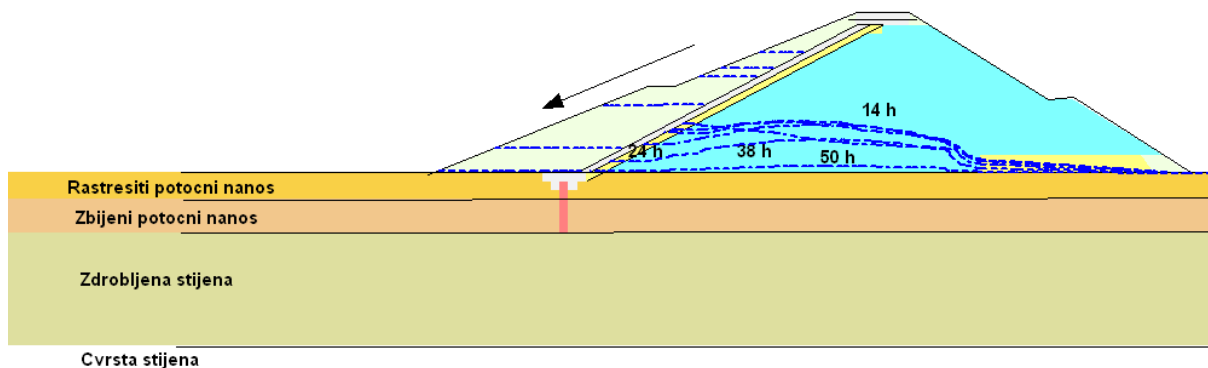
razvoj vodnog lica u vremenu



RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

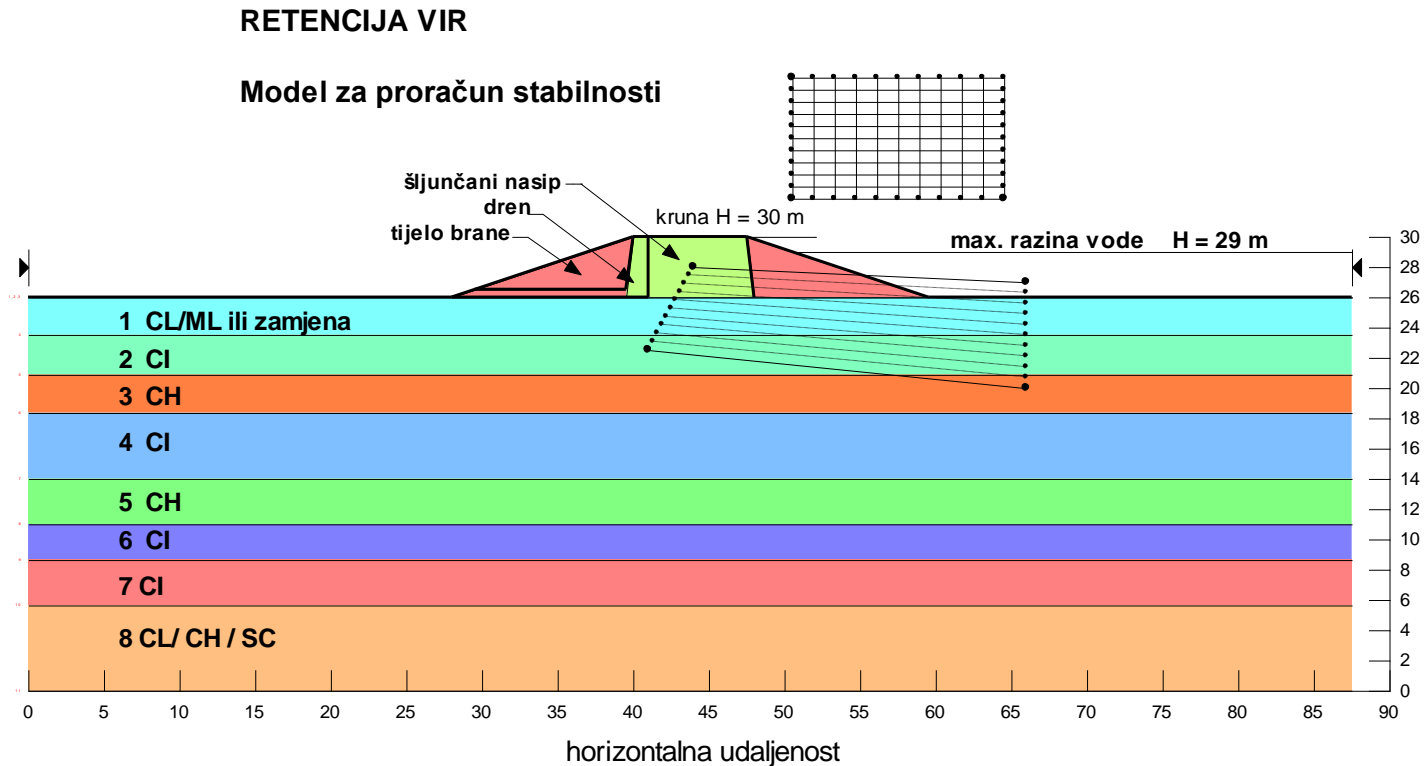
snizjenje vodnog lica

razvoj vodnog lica u vremenu



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

- Koeficijenti vodopropusnosti su za sve slojeve temeljnog tla uzeti s jedinstvenom vrijednosti $k = 10^{-8}$ m/s
- Zapreminske težine svih slojeva tla uzete su s jedinstvenom vrijednosti $\gamma = 19$ kN / m³

Projektne parametre slojeva temeljnog tla prikazani su grafički na prijašnjim dijagramima i brojčano u sljedećoj tablici:

SLOJ	Oznaka	S _u (kPa)	φ_{cv}' (°)	e ₀	C _c	C _r	M _u (kPa)
1	CL / ML zamjena	min 50 60 - 80	28 24	- -	M _v = 8000 kPa M _v = 10000kPa	- -	20 000 20 000
2	CI	50	26	0.75	0.24	0.024-0.048	30 000
3	CH	100	23	0.65	0.35	0.035-0.070	35 000
4	CI	50	26	0.65	0.21	0.021-0.042	30 000
5	CH	40-140	22	0.9	0.45	0.045-0.090	15 000
6	CI	100	25	0.65	0.3	0.030-0.060	50 000
7	CI	180	24	0.65	0.3	0.030-0.060	70 000
8	-	200	25	-	M _v = 30000kPa	-	70 000

Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

3.3.2 Parametri tijela brane

1. šljunak s prašinstim česticama (miješani materijal) i drenažni materijal (selektirani zrnati materijal):

zapreminska težina	$\gamma = 19 \text{ kN} / \text{m}^3$
kut unutrašnjeg trenja	$\varphi' = 33^\circ$
modul stišljivosti	$M_v = 20\ 000 \text{ do } 40\ 000 \text{ kPa}$
koeficijent propusnosti	prašinsti šljunak $k = 10^{-4} \text{ m/s}$ drenažni materijal $k = 10^{-2} \text{ m/s}$

2. tijelo brane – glina srednje plastičnosti:

zapreminska težina	$\gamma = 19 \text{ kN} / \text{m}^3$
nedrenirana čvrstoća	$\min S_u = 60 - 80 \text{ kPa}$
kut unutrašnjeg trenja	$\varphi' = 24^\circ$
modul stišljivosti	$M_v = 10\ 000 \text{ kPa}$
koeficijent propusnosti	$\max k = 10^{-8} - 10^{-6} \text{ m/s}$

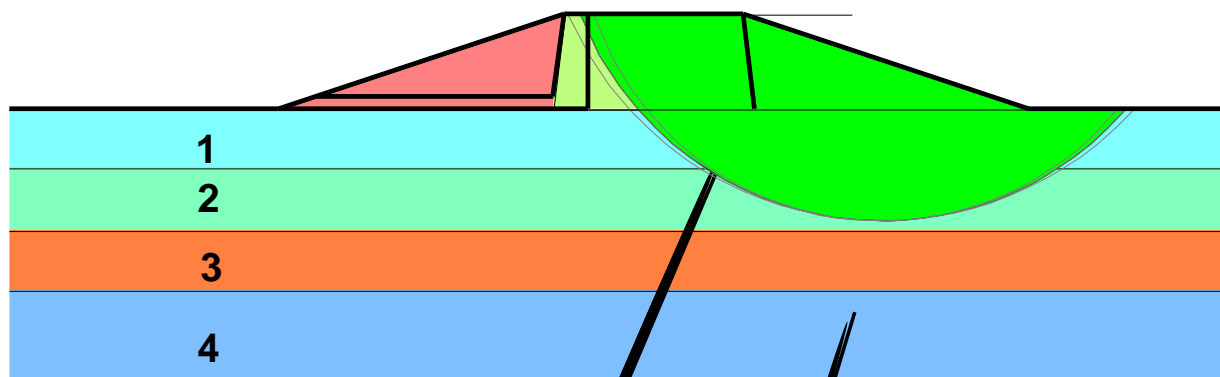
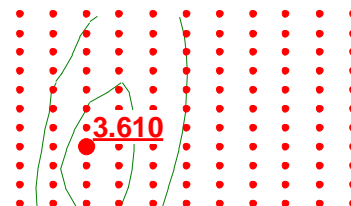
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

RETENCIJA VIR

Proračun stabilnosti

kraj gradnje - nedrenirano

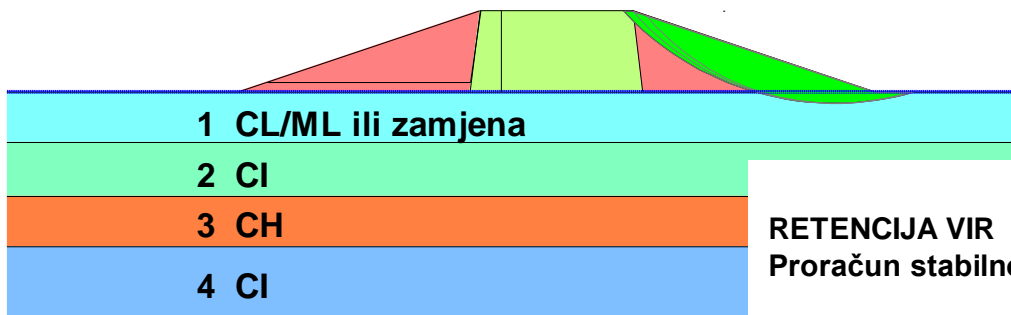
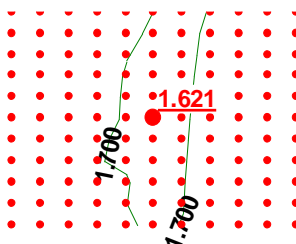


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

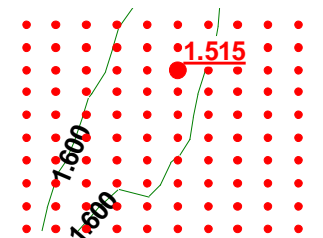
RETENCIJA VIR
Proračun stabilnosti

- drenirano
- $c' = 1 \text{ kPa}$

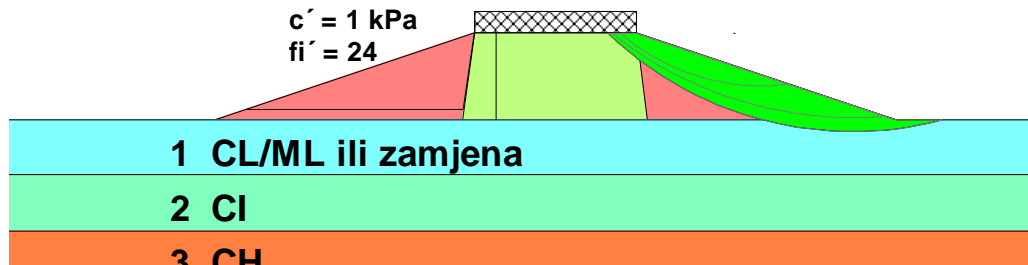


RETENCIJA VIR
Proračun stabilnosti

- drenirano
- stalno opterećenje



$c' = 1 \text{ kPa}$
 $f_i' = 24$

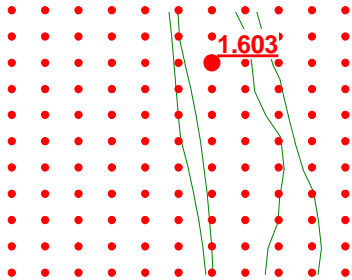
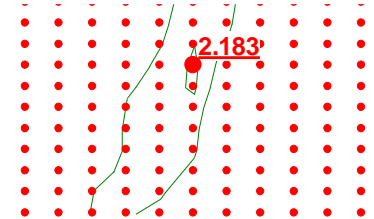


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

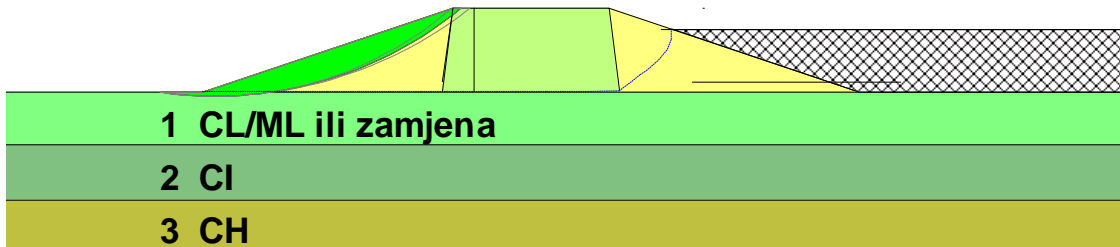
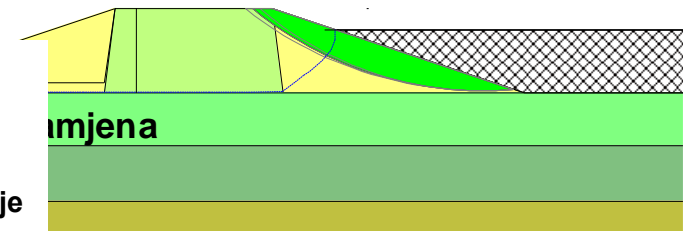
RETENCIJA VIR Proračun stabilnosti

- puno jezero - stacionarno tečenje
- drenirano
- $c' = 1 \text{ kPa}$, $fi' = 24$



RETENCIJA VIR Proračun stabilnosti

- puno jezero - stacionarno tečenje
- drenirano
- $c' = 1 \text{ kPa}$, $fi' = 24$

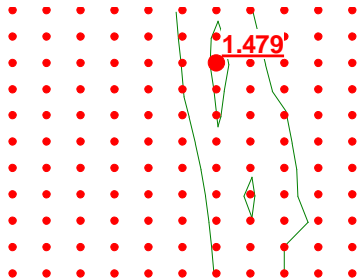


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

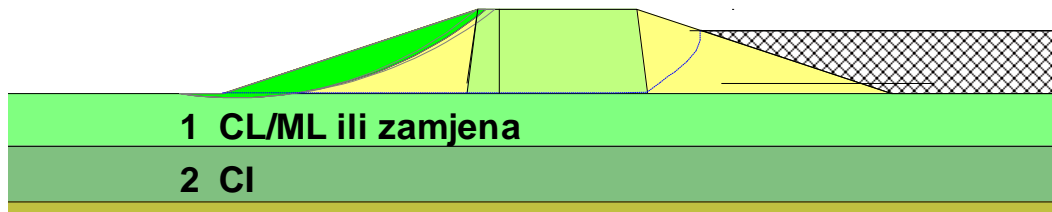
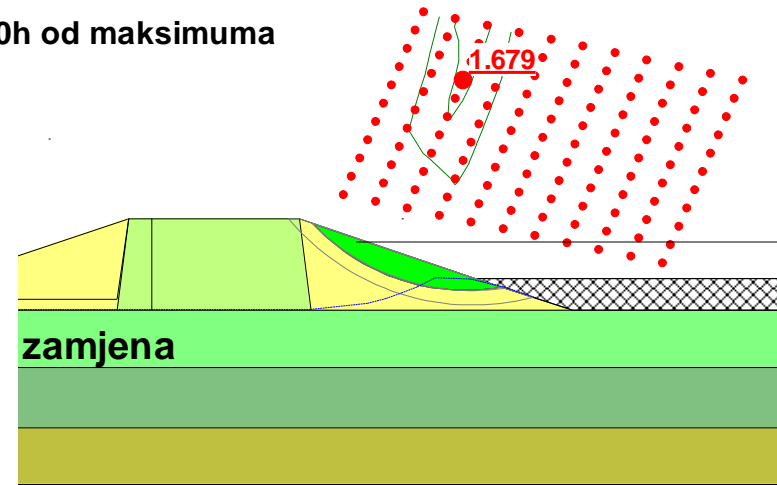
RETENCIJA VIR Proračun stabilnosti

- sniženje vodostaja 20h od maksimuma
- drenirano
- $c' = 1 \text{ kPa}$, $fi' = 24$



RETENCIJA VIR Proračun stabilnosti

- puno jezero - stacionarno tečenje
- drenirano
- $c' = 1 \text{ kPa}$, $fi' = 24$
- seizmicki koef. 0.025



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

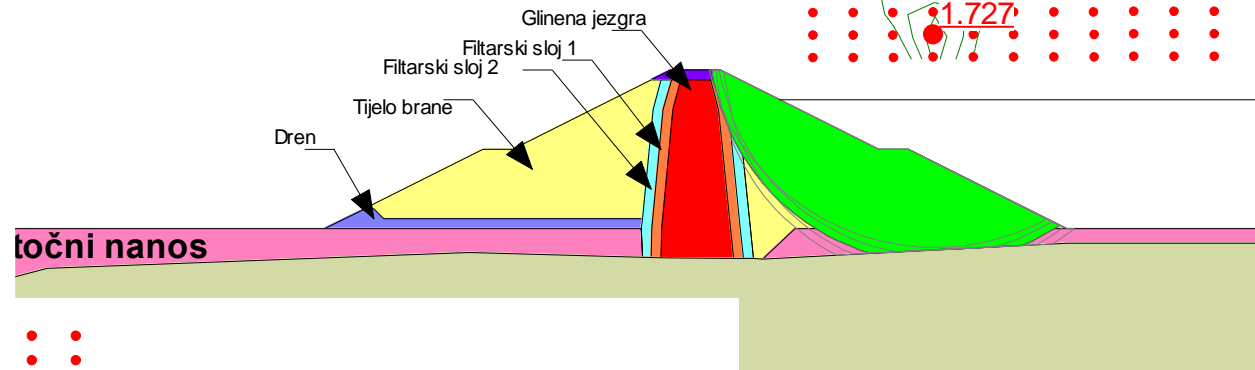
Tablica 4.2. - 1 Zbirni prikaz rezultata

razmatrani slučaj	minimalni faktor sigurnosti	
	uzvodno	nizvodno
Kraj izgradnje – nedrenirano	3.610	3.610
Prazno jezero - efektivni p.	1.621	1.621
Optereć. prometom –nedren.	2.659	2.659
Optereć. prometom – ef.par.	1.515	1.515
Puno jezero –efektivni par.	2.183	1.603
Sniženje vode - efektivni par.	1.321	-
Potres – prazno jezero, nedren	3.250	3.250
Potres - puno jezero, ef.par.	1.923	1.479

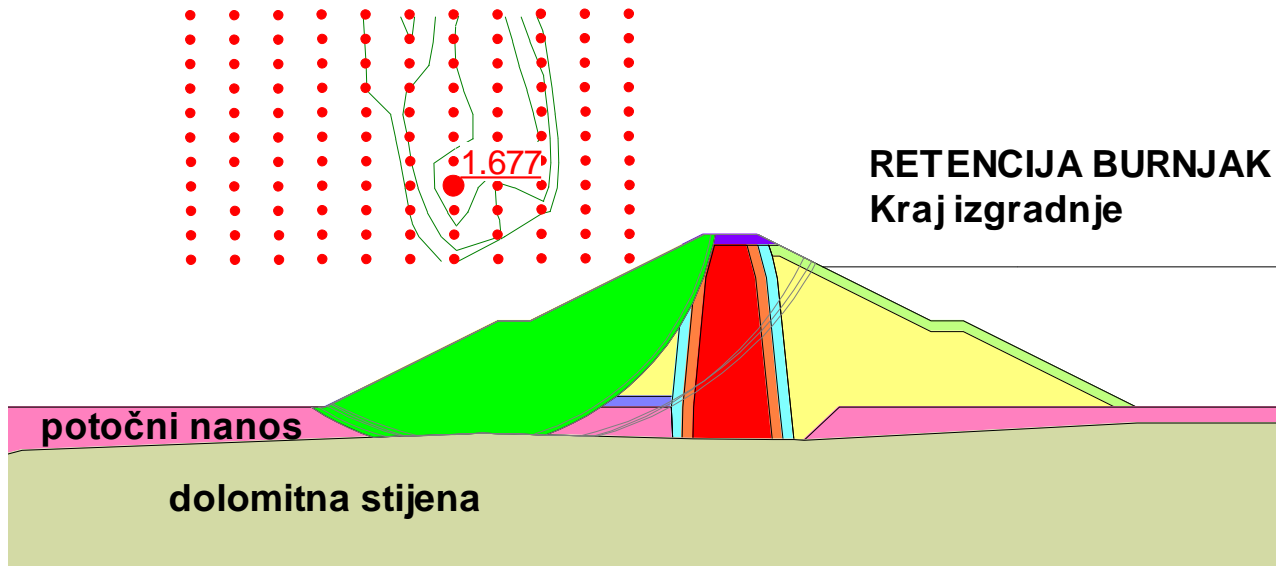
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

RETENCIJA BURNJAK Kraj izgradnje

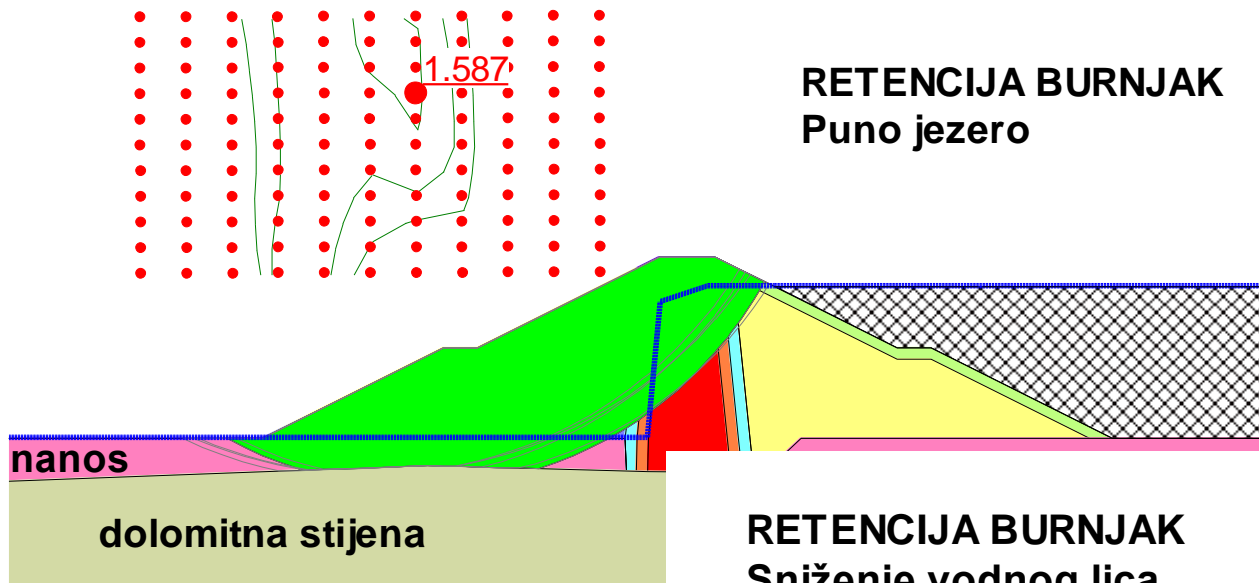


RETENCIJA BURNJAK Kraj izgradnje

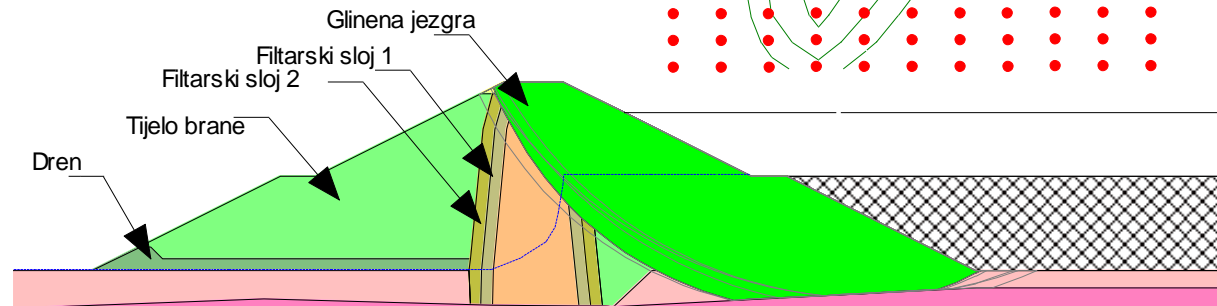


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

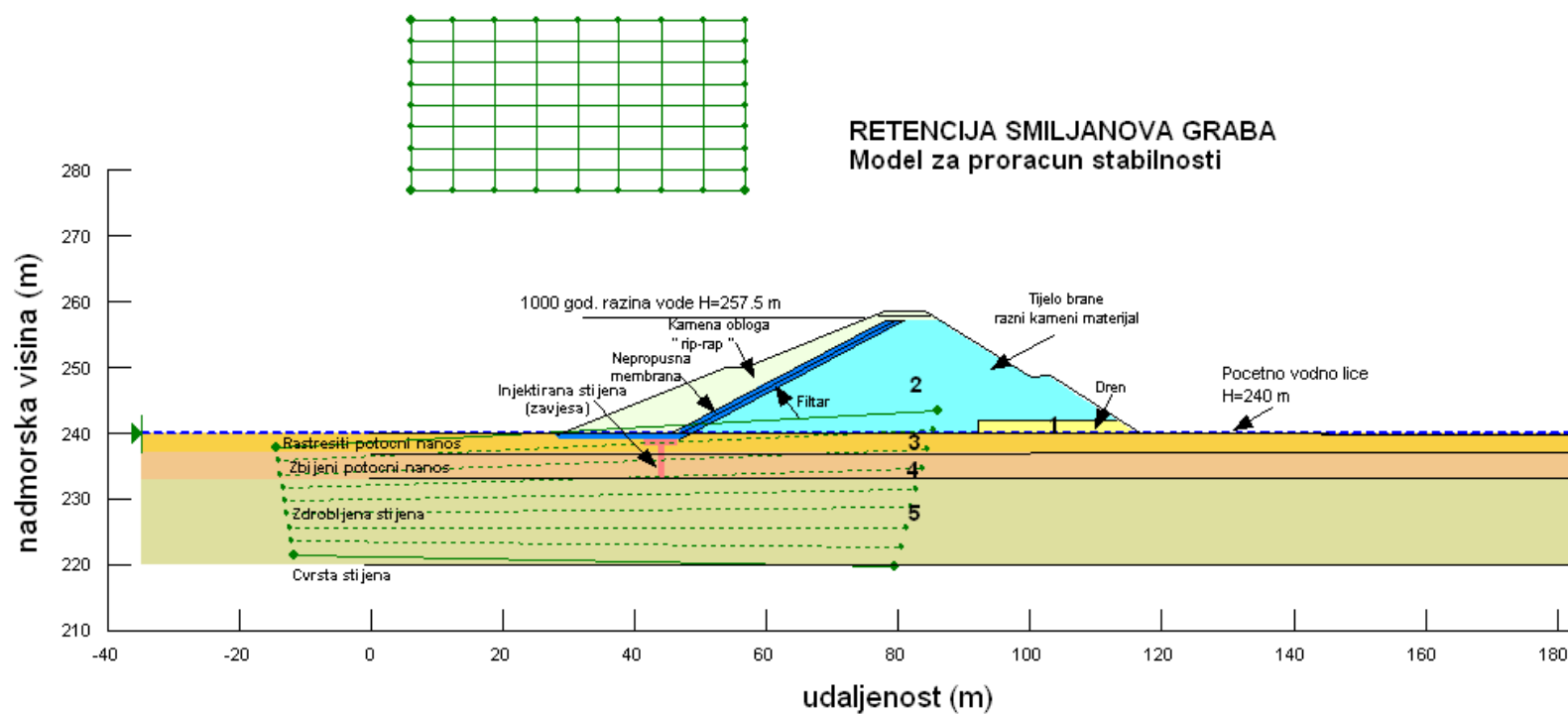


RETENCIJA BURNJAK
Sniženje vodnog lica
na 228 m n.m.

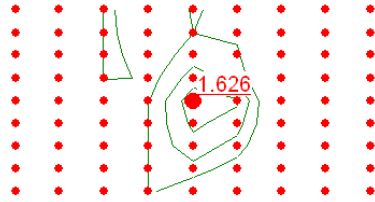


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

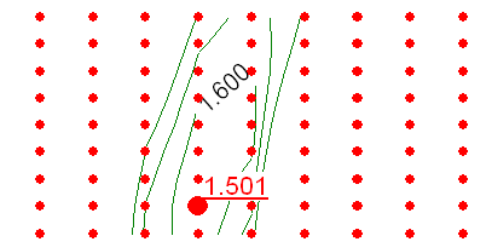
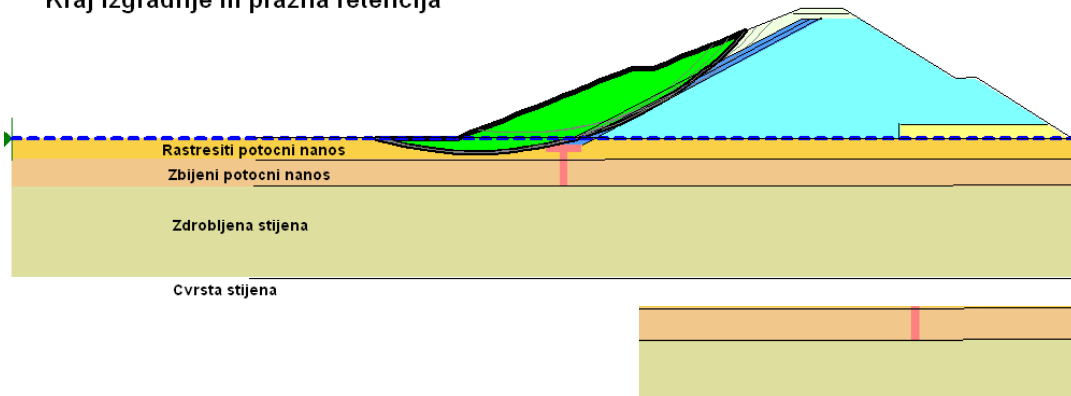


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri



RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
Proračun stabilnosti

Kraj izgradnje ili prazna retencija

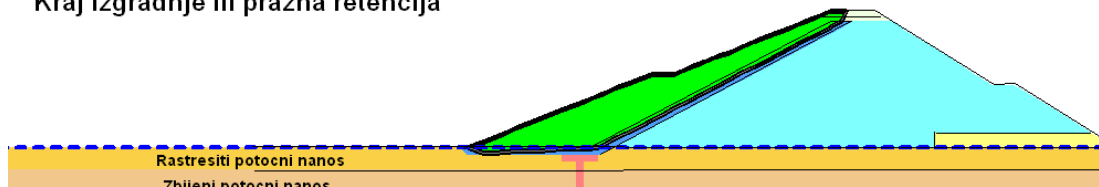


GRABA

encija

RETENCIJA SMILJANOVA GRABA
Proračun stabilnosti

Kraj izgradnje ili prazna retencija



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

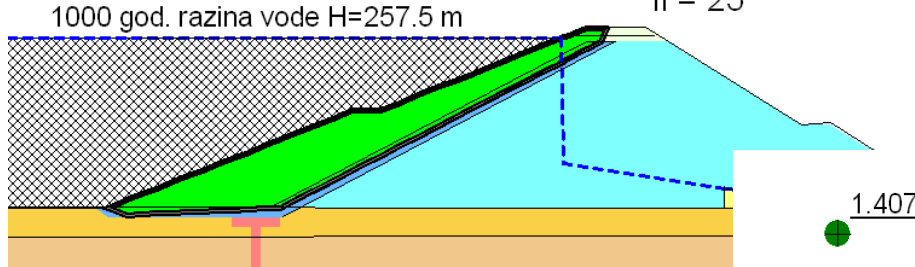
1.461

Analize stabilnosti

RETENCIJA SMILJANOVA GRABA Proracun stabilnosti

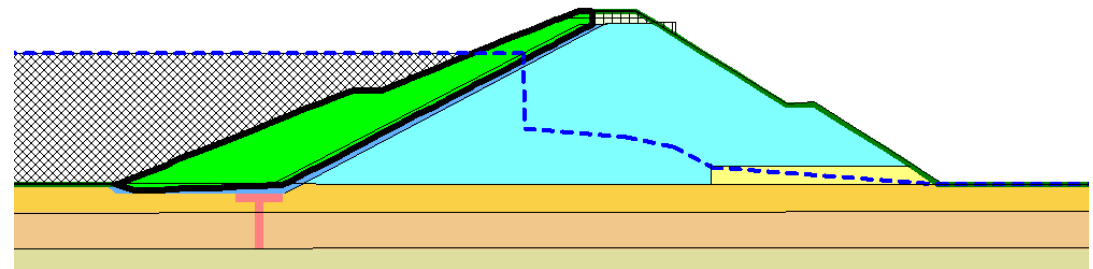
Stacionarno 1000 god voda

kontakt geomembrane i pijeska
 $f_i = 25$



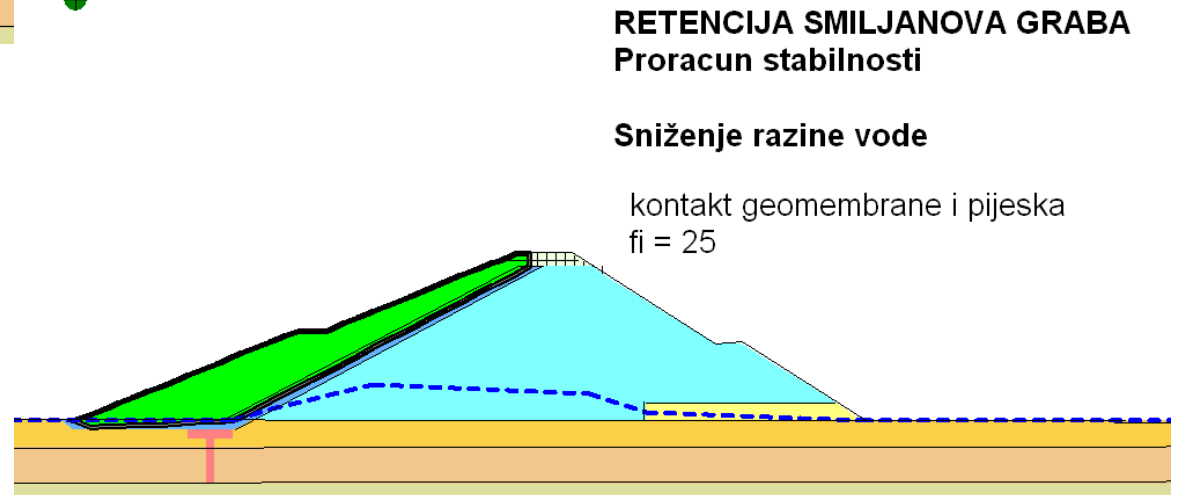
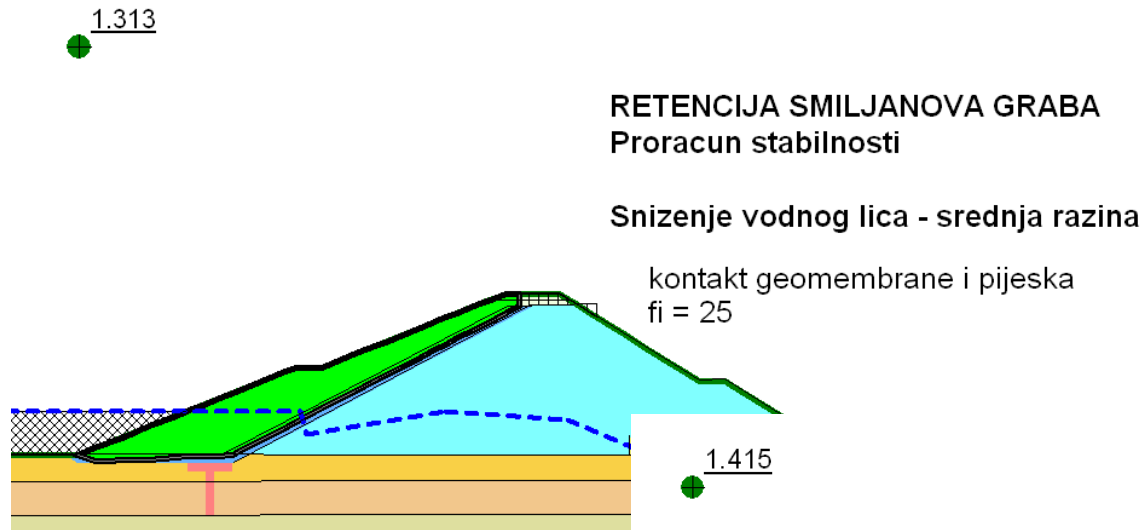
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA Proracun stabilnosti

Maksimalni uspor



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize stabilnosti

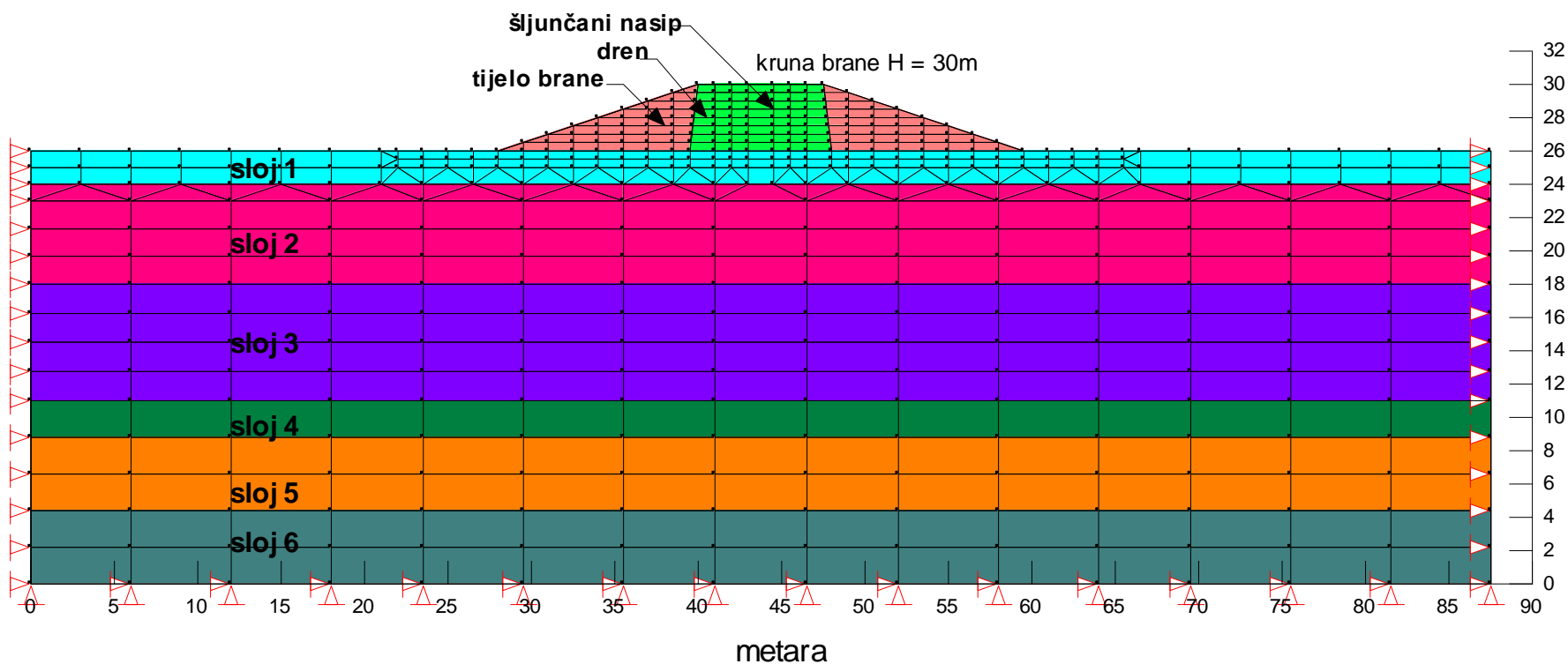


Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

Retencija Vir

Model za analize deformacija



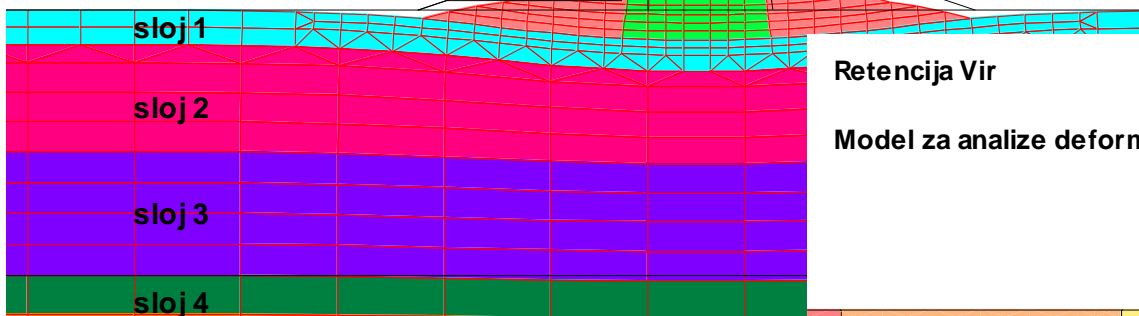
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

Retencija Vir

Model za analize deformacija

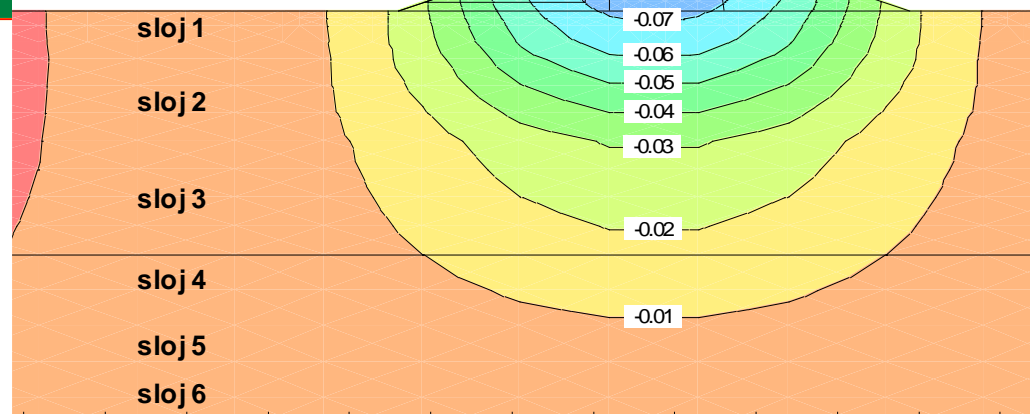
sljunčani nasip
dren
tijelo brane
kruna brane H = 30m



Retencija Vir

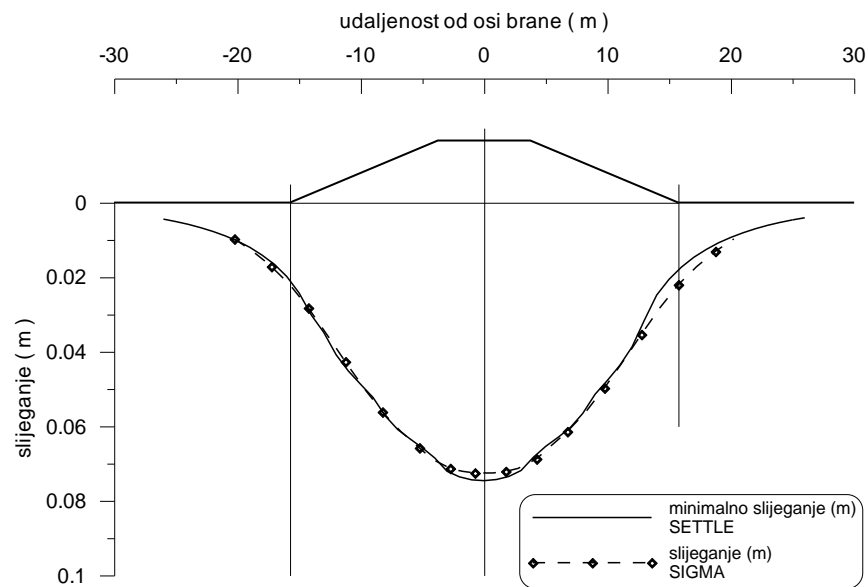
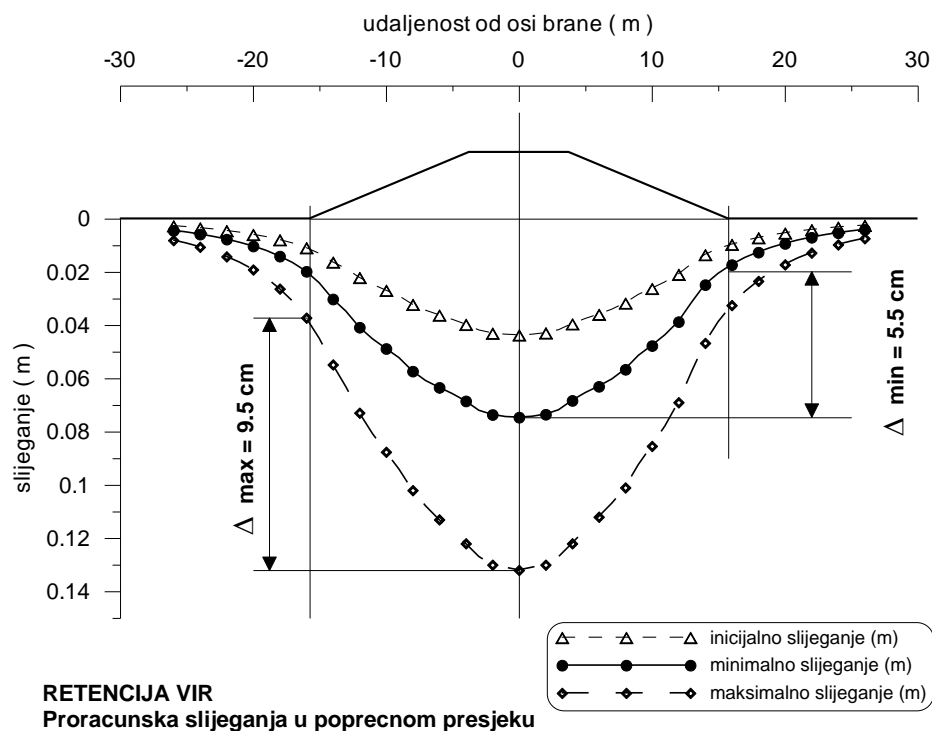
Model za analize deformacija

sljunčani nasip
dren
tijelo brane
kruna brane H = 30m



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

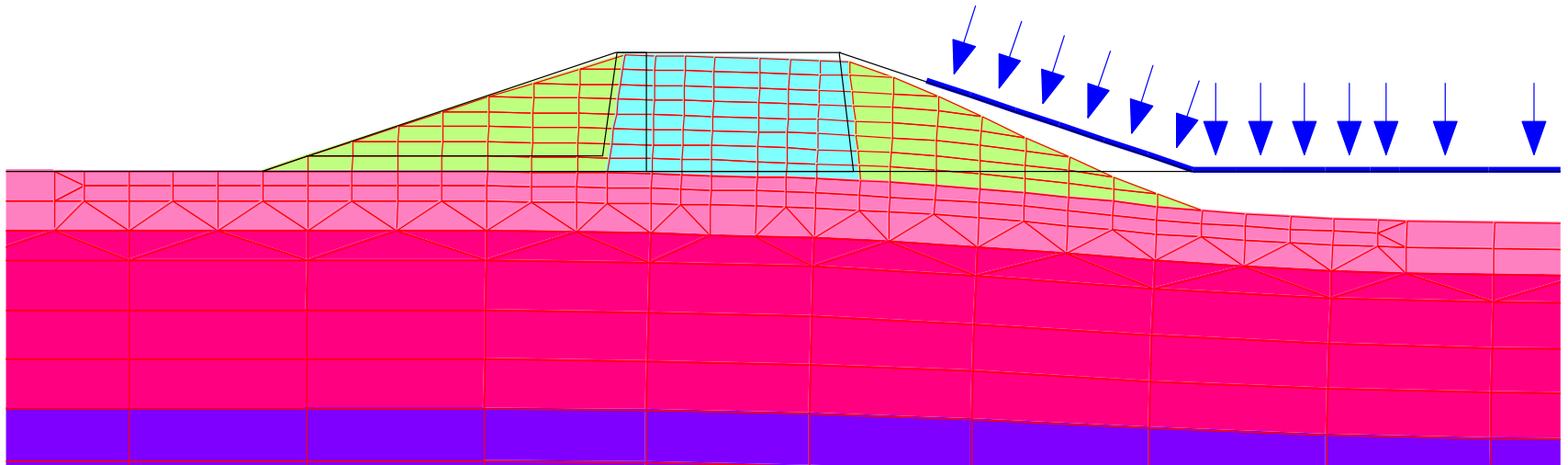
Analize deformacija temeljnog tla i brane



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

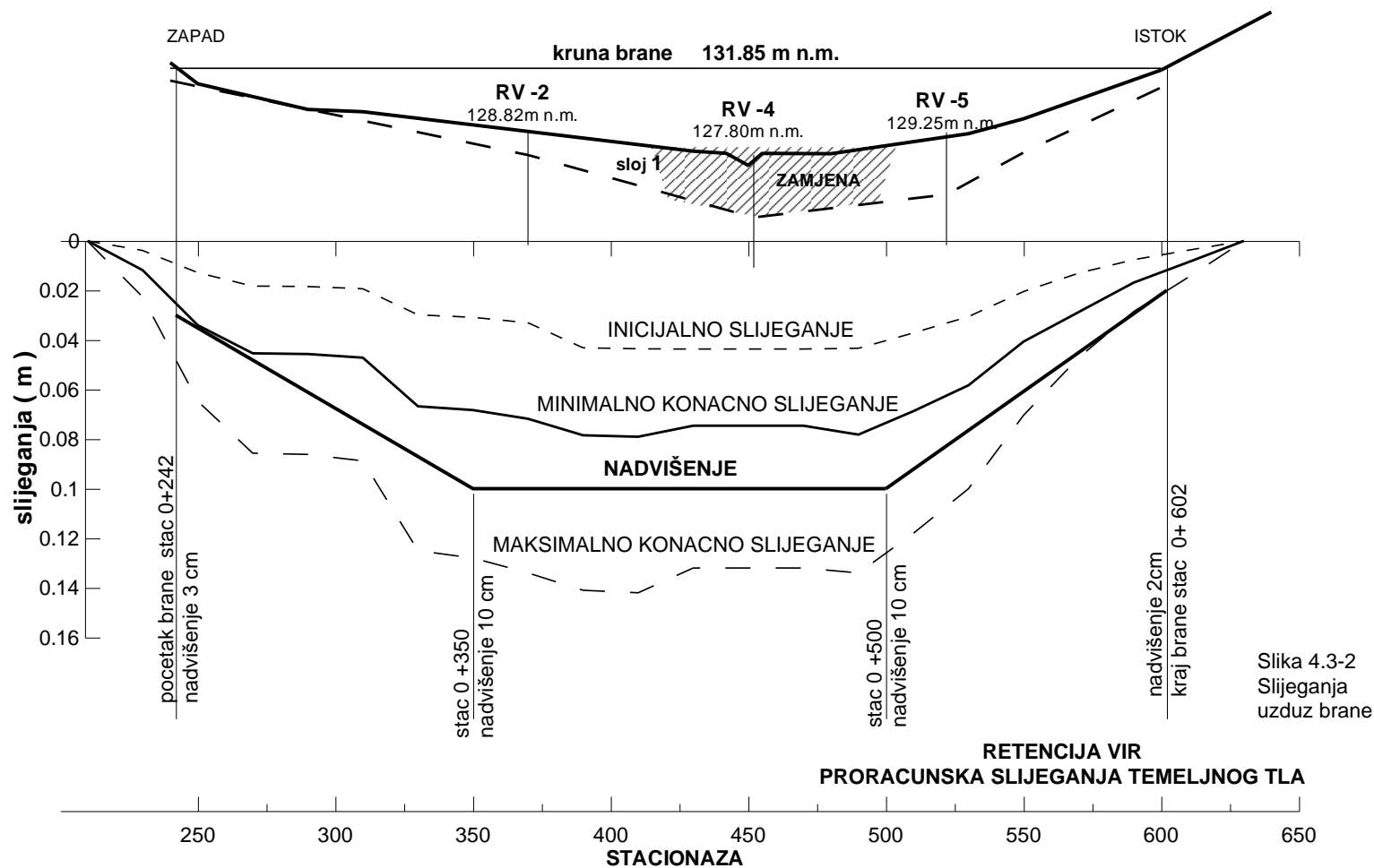
Analize deformacija temeljnog tla i brane

RETENCIJA VIR
Deformacije brane i tla
tijekom punjenja jezera - nedrenirano



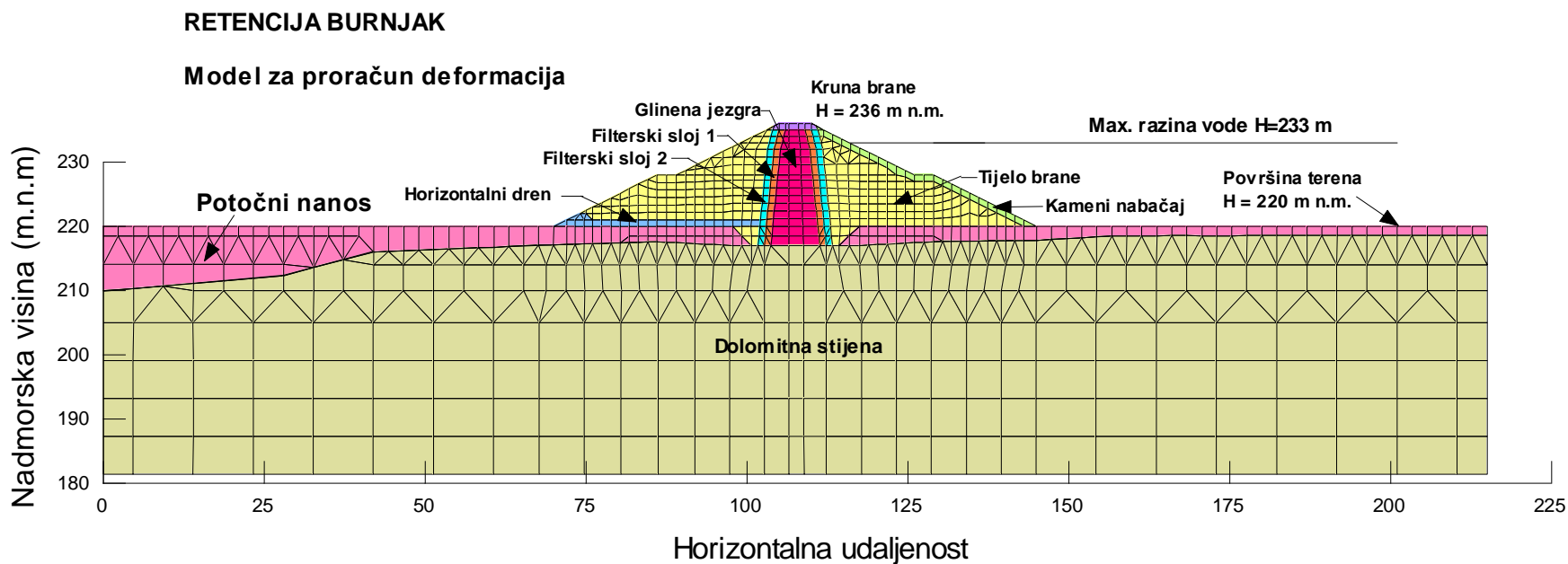
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane



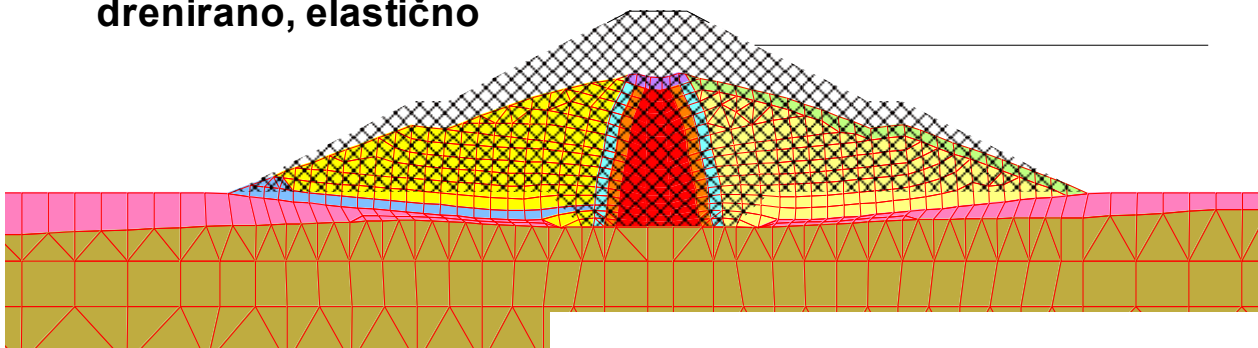
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

RETENCIJA BURNJAK

Izgradnja

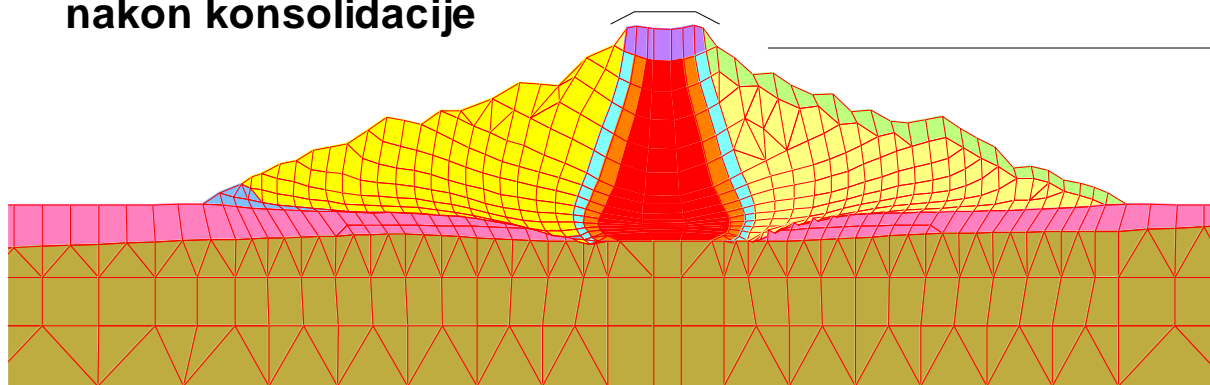
drenirano, elastično



RETENCIJA BURNJAK

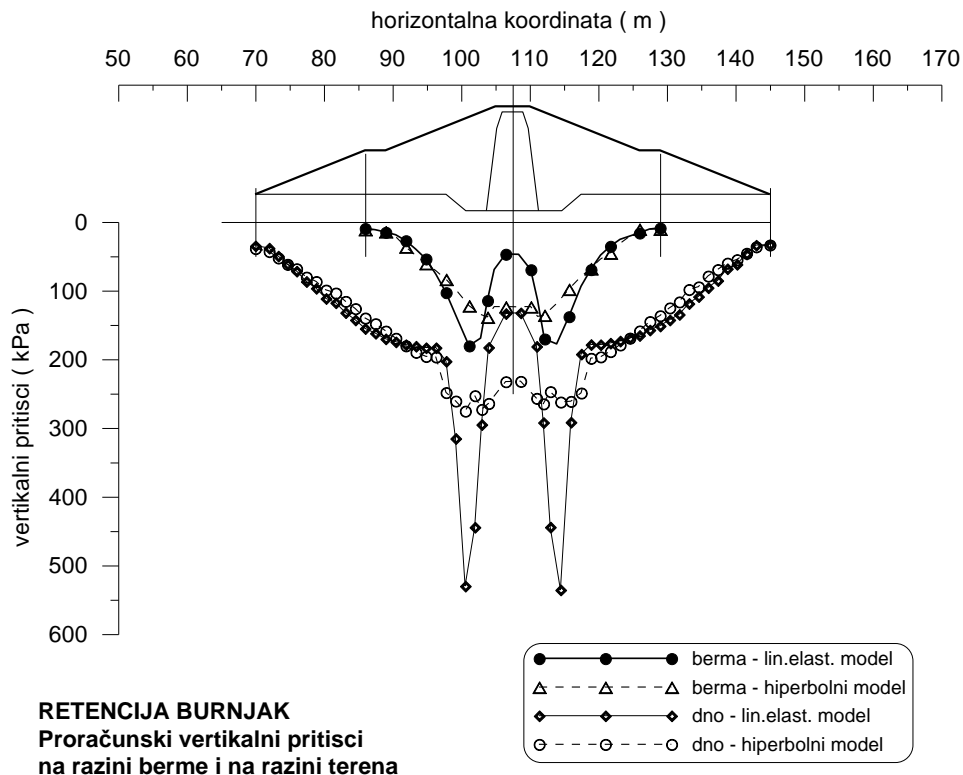
nelinearno

nakon konsolidacije



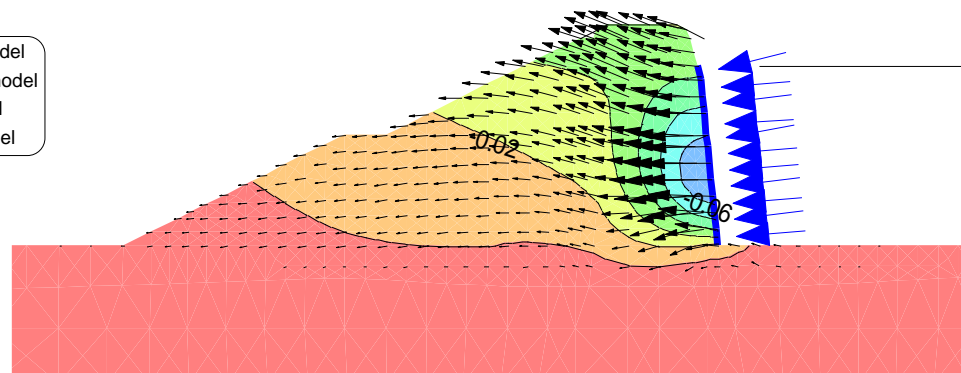
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane



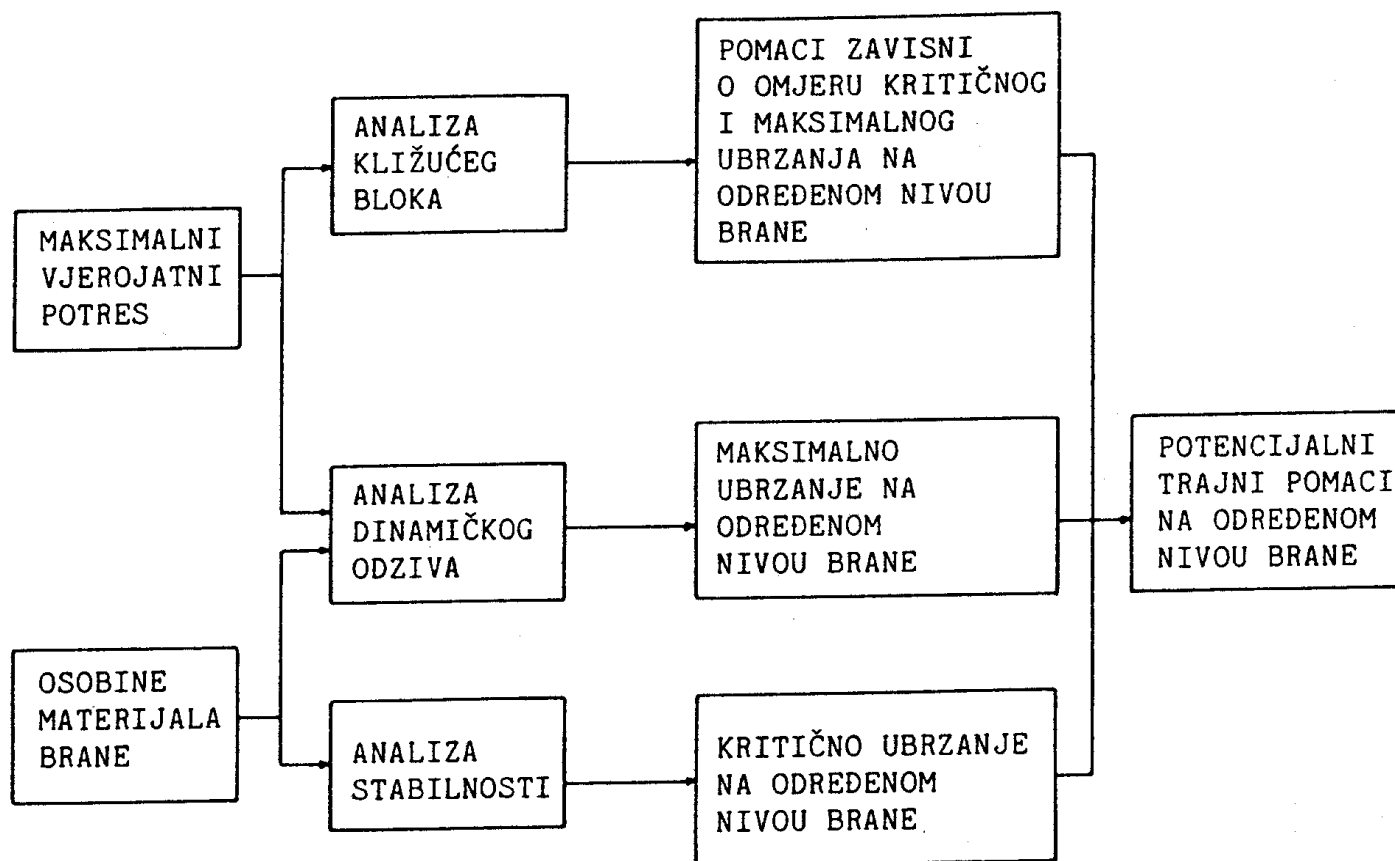
Svodni efekt u jezgri – vertikalno naprezanje u jezgri manje od težine nadsloja – ”prebačeno” na bokove

RETENCIJA BURNJAK Deformacije jezgre od jezera



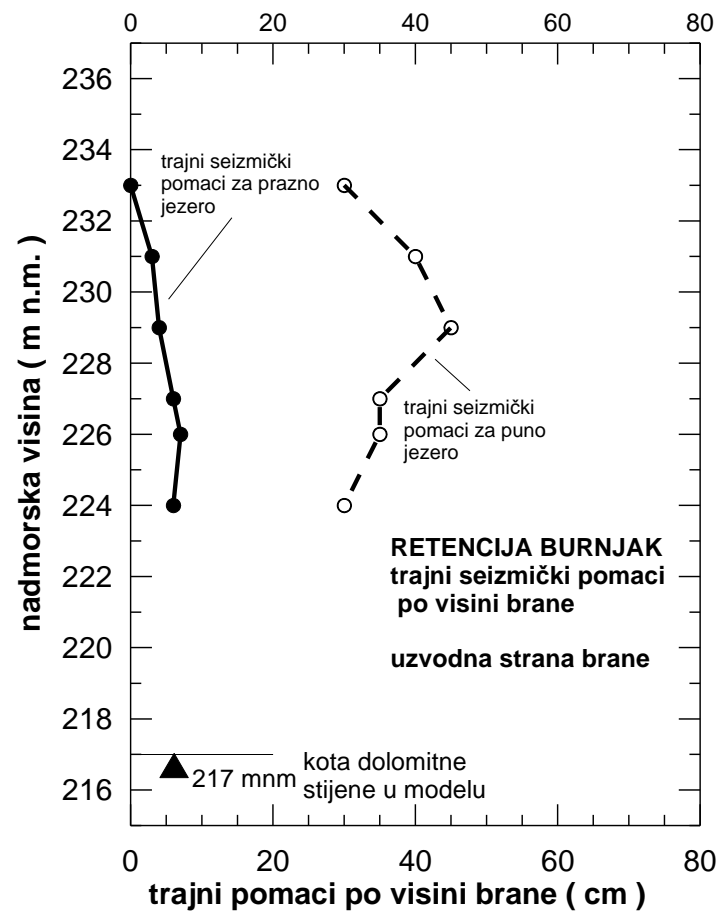
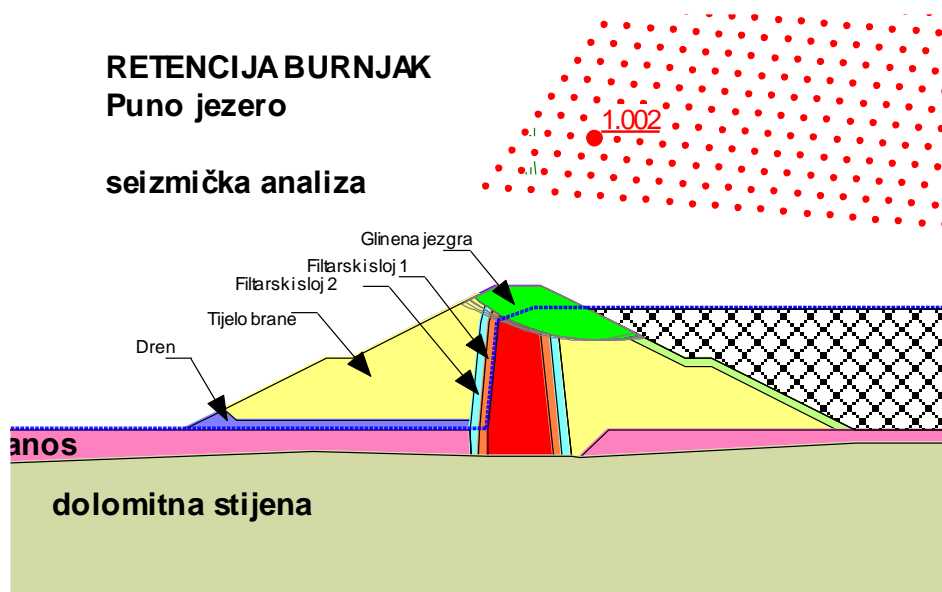
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Seizmička analiza brane Burnjak



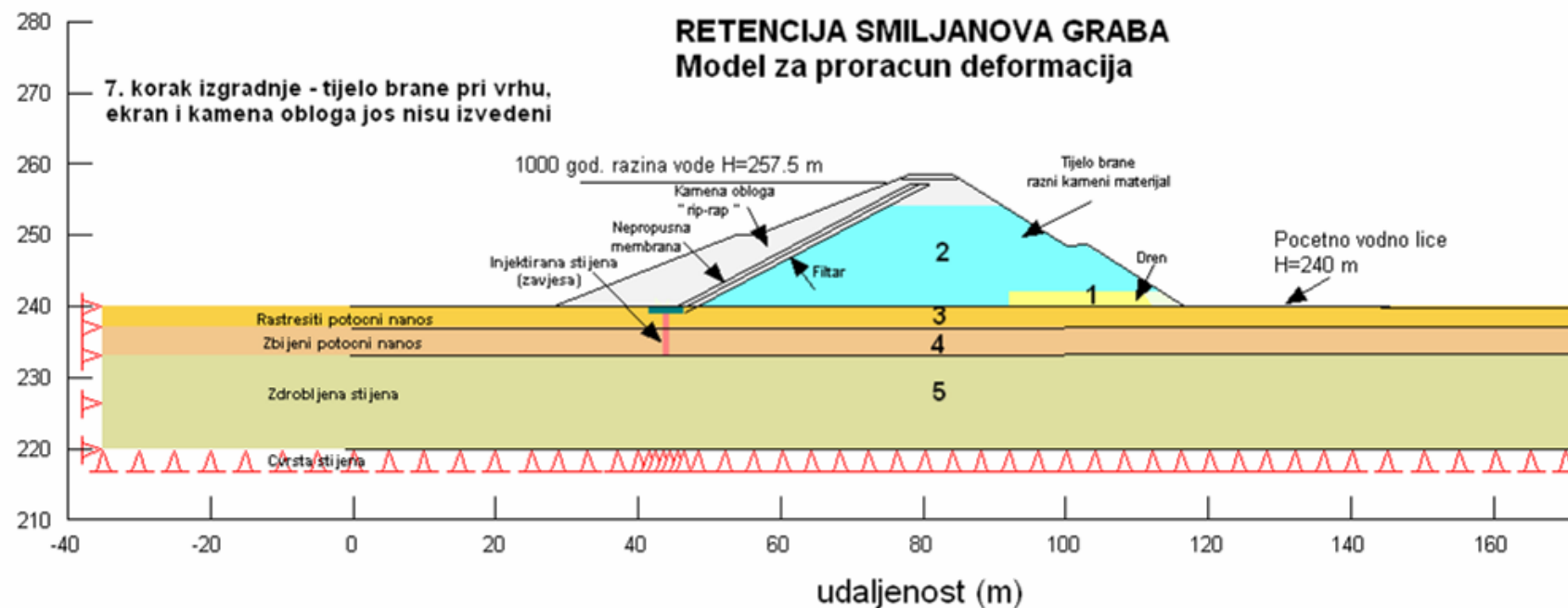
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Seizmička analiza brane Burnjak



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane



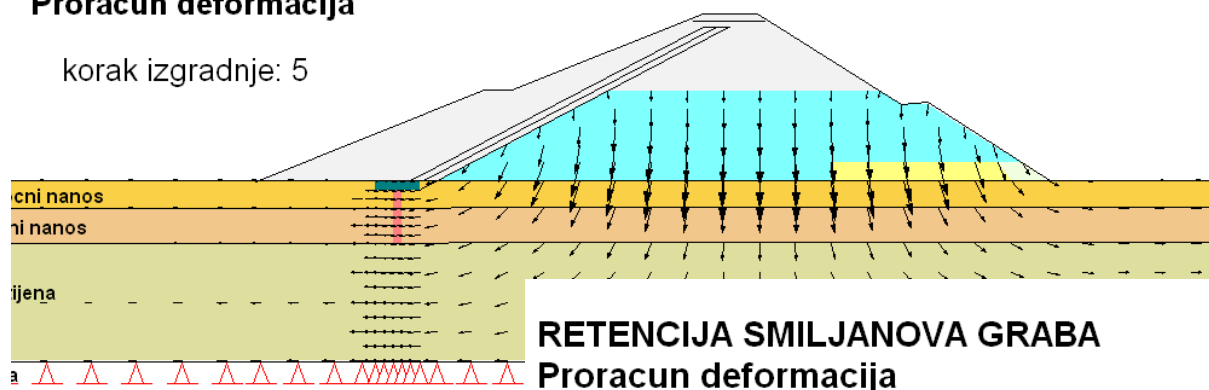
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

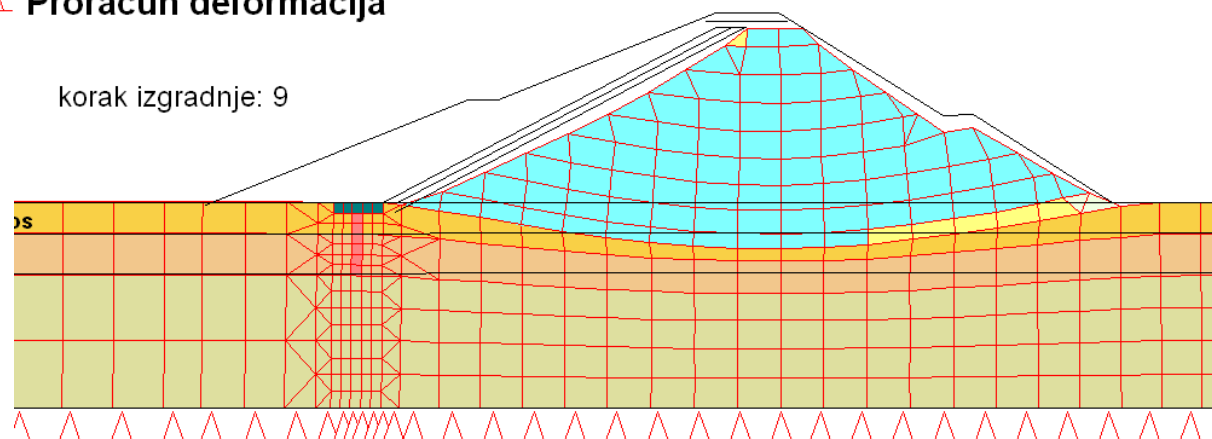
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

Proracun deformacija

korak izgradnje: 5



korak izgradnje: 9



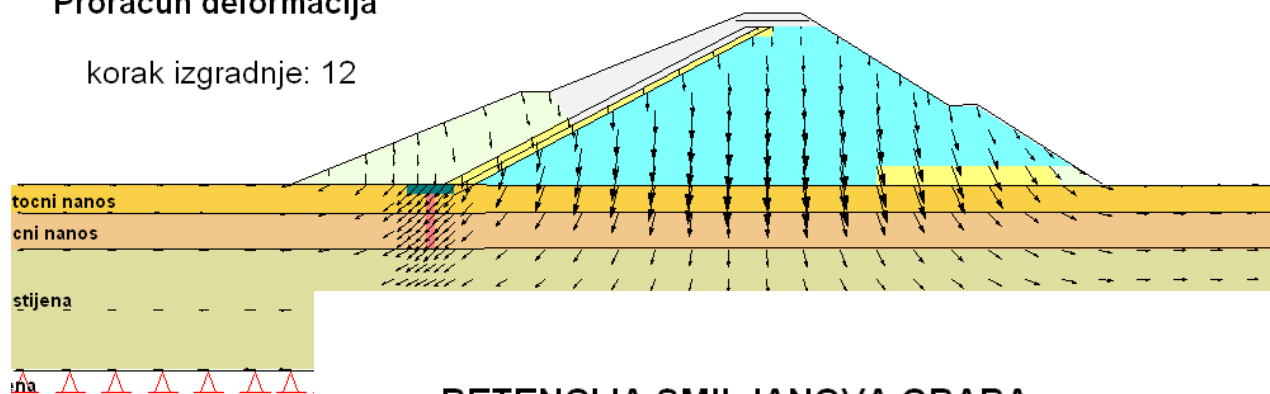
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

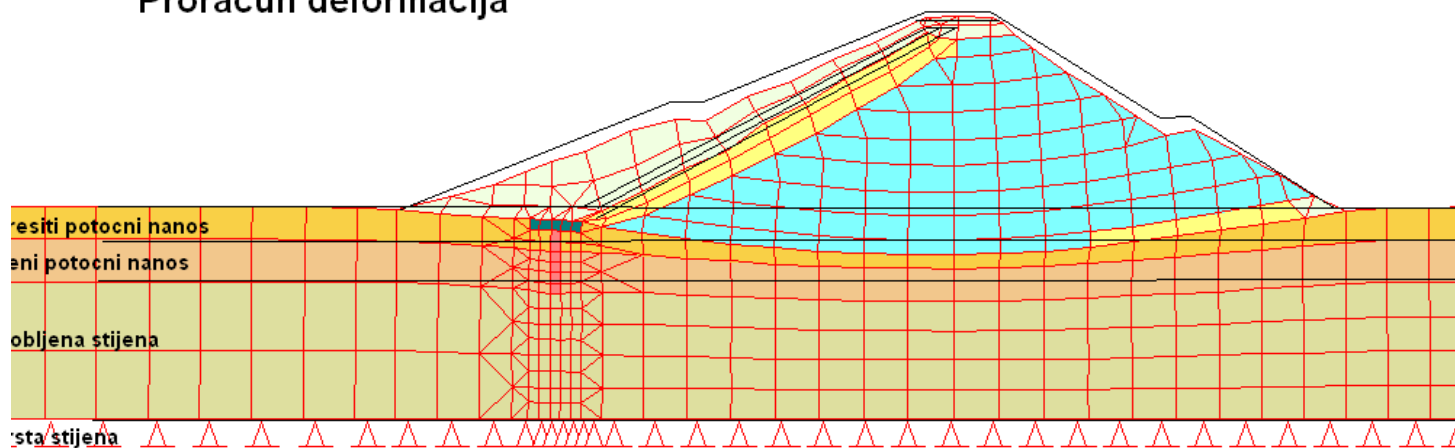
Proracun deformacija

korak izgradnje: 12



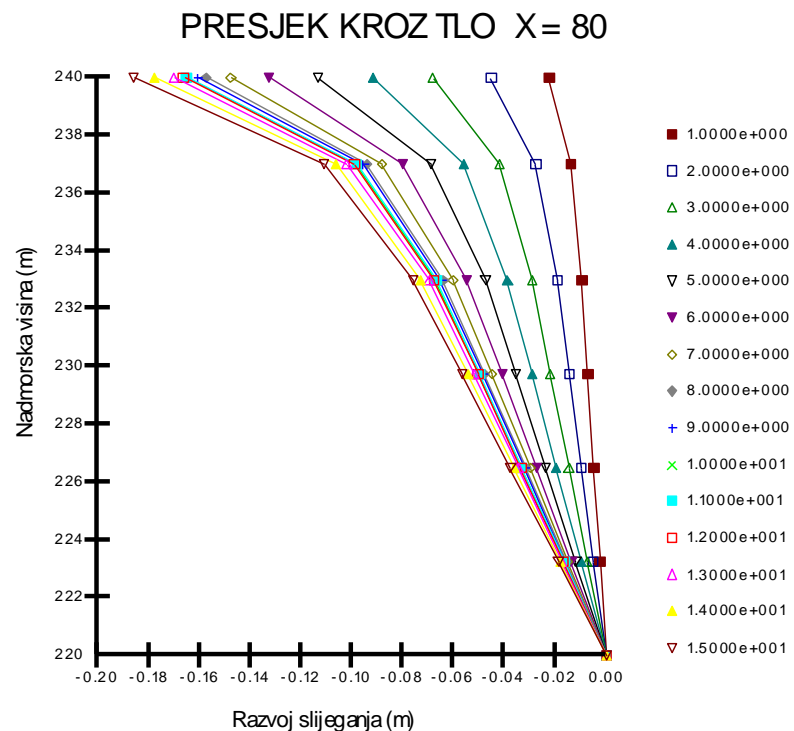
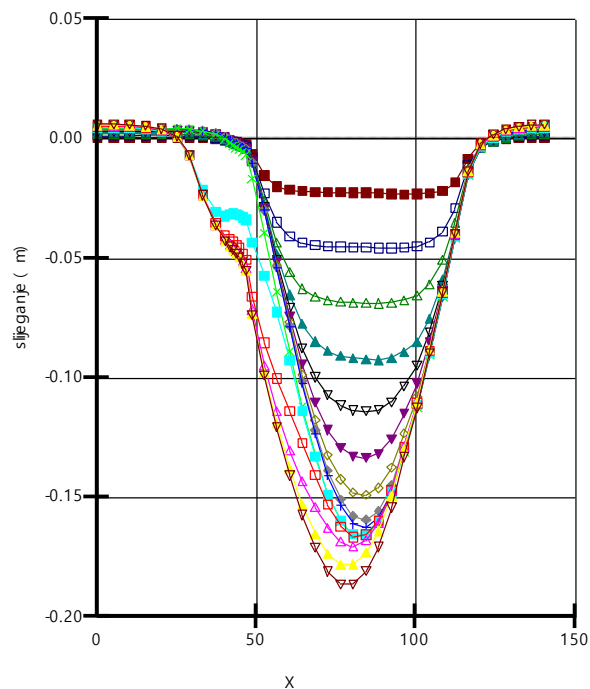
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

Proracun deformacija



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

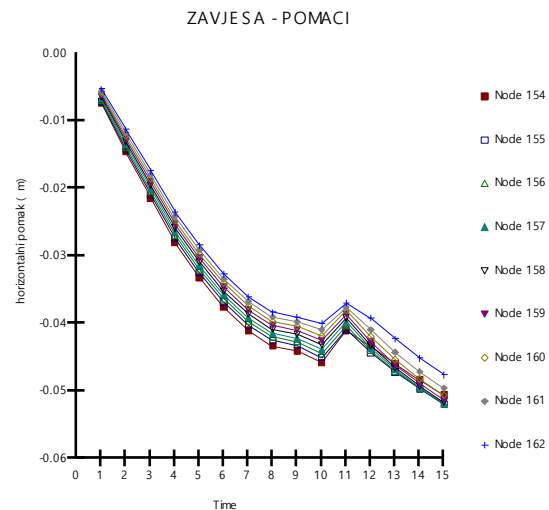
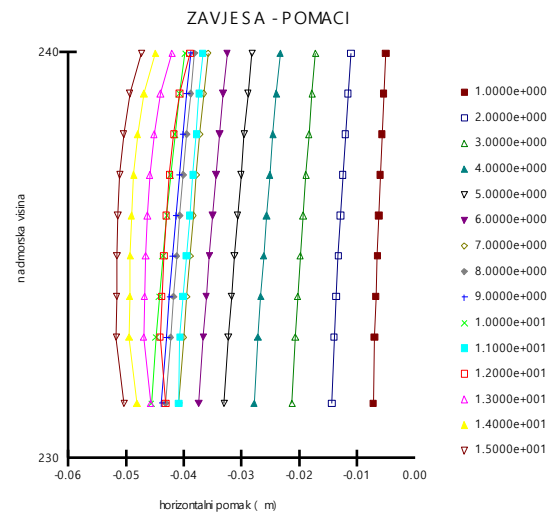
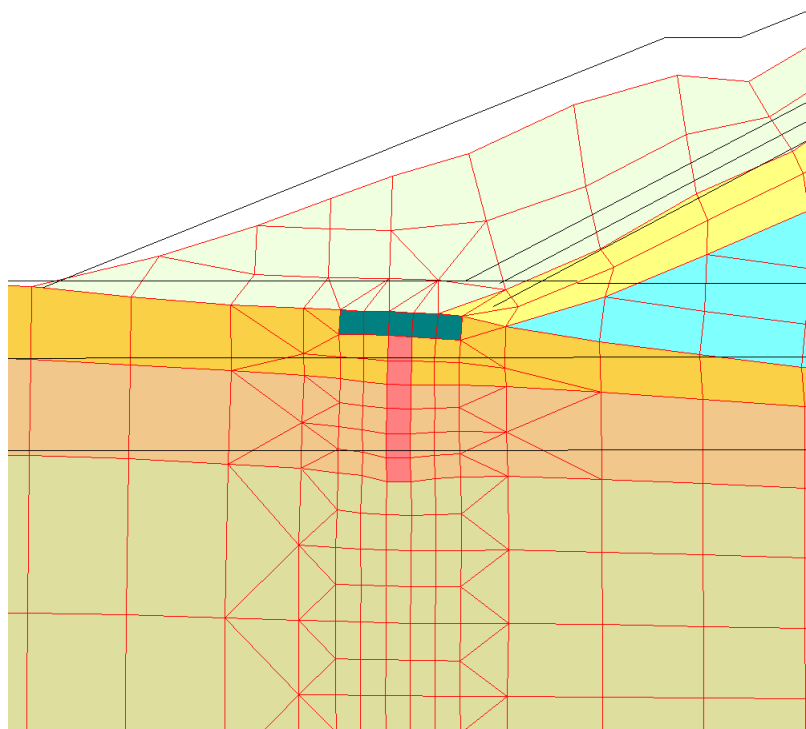
Analize deformacija temeljnog tla i brane



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

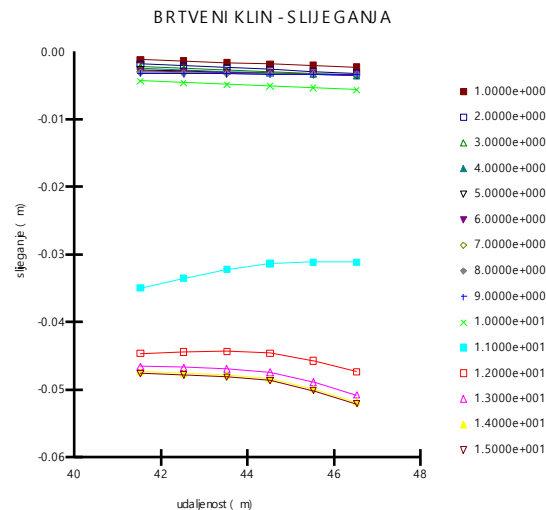
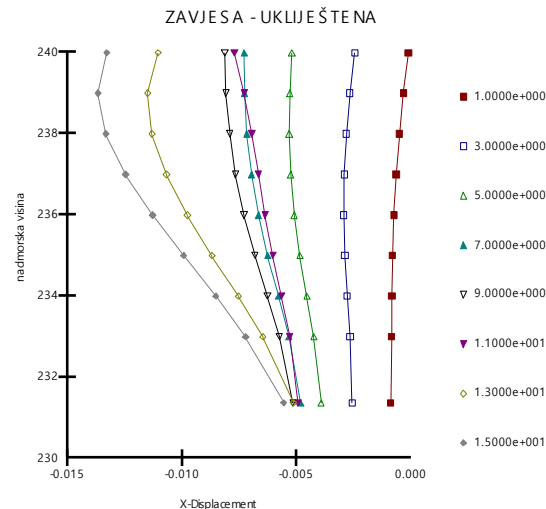
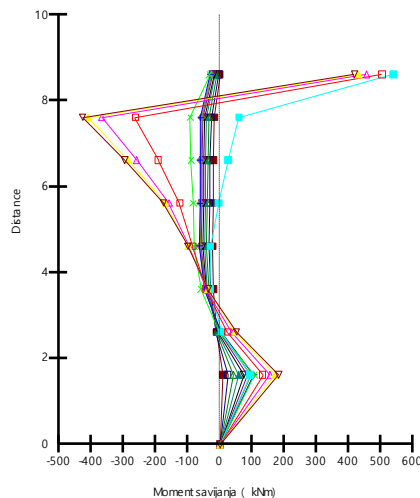
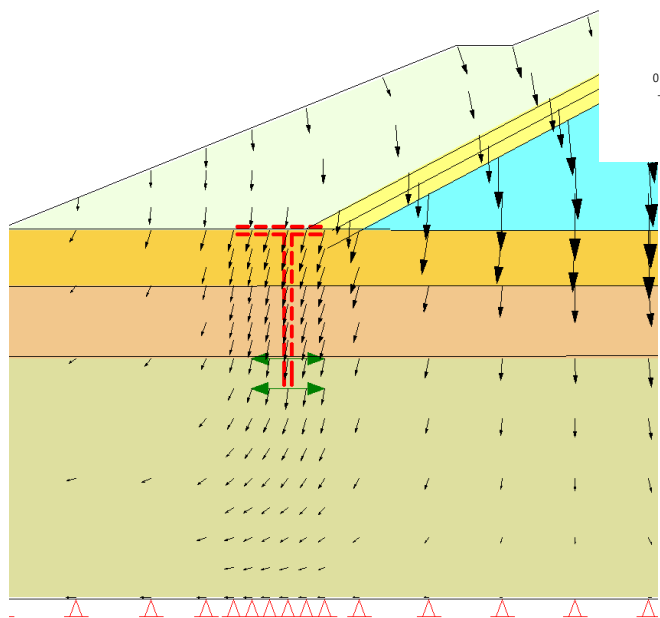
Pomaci brtvene zavjese



Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

Pomaci brtvene zavjese



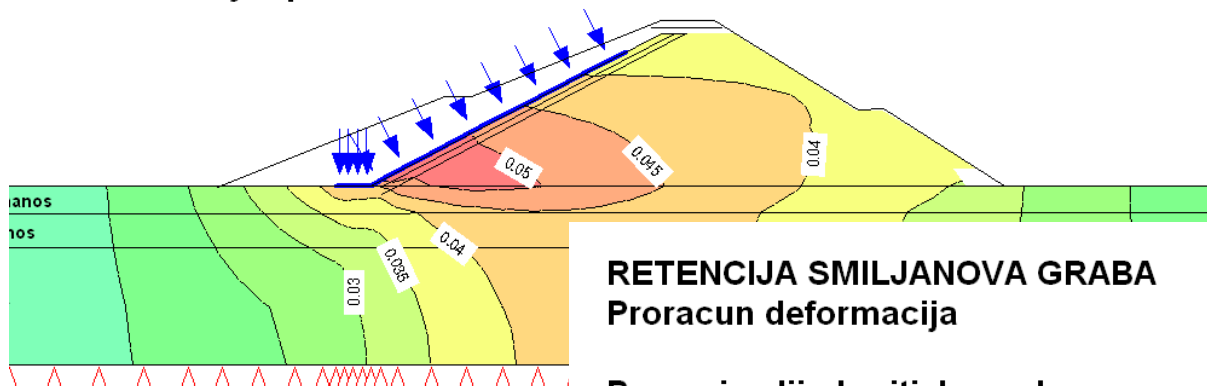
Geotehnički proračuni nasutih građevina - primjeri

Analize deformacija temeljnog tla i brane

RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

Proracun deformacija

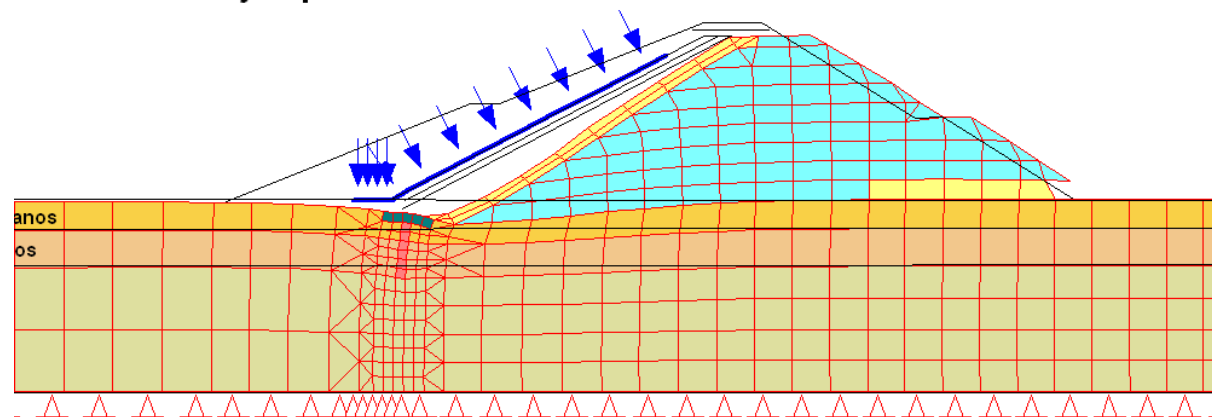
Pomaci uslijed pritiska vode



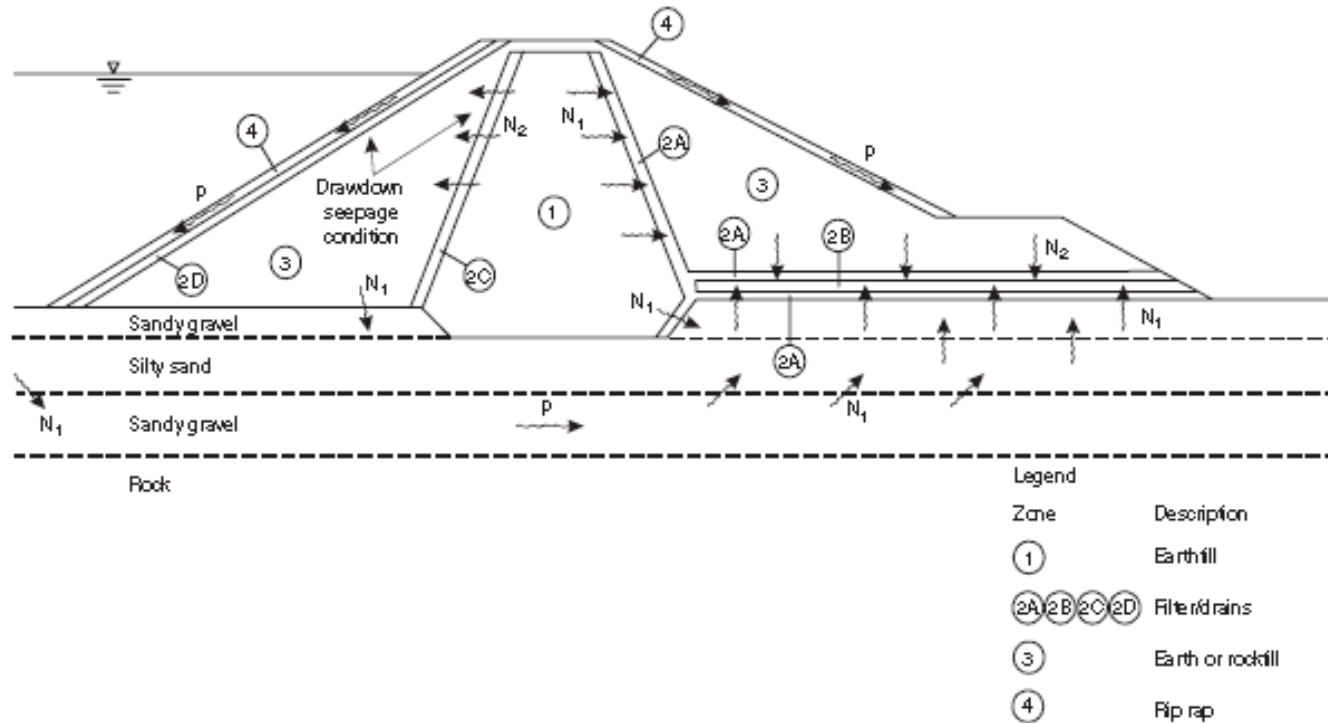
RETENCIJA SMILJANOVA GRABA

Proracun deformacija

Pomaci uslijed pritiska vode



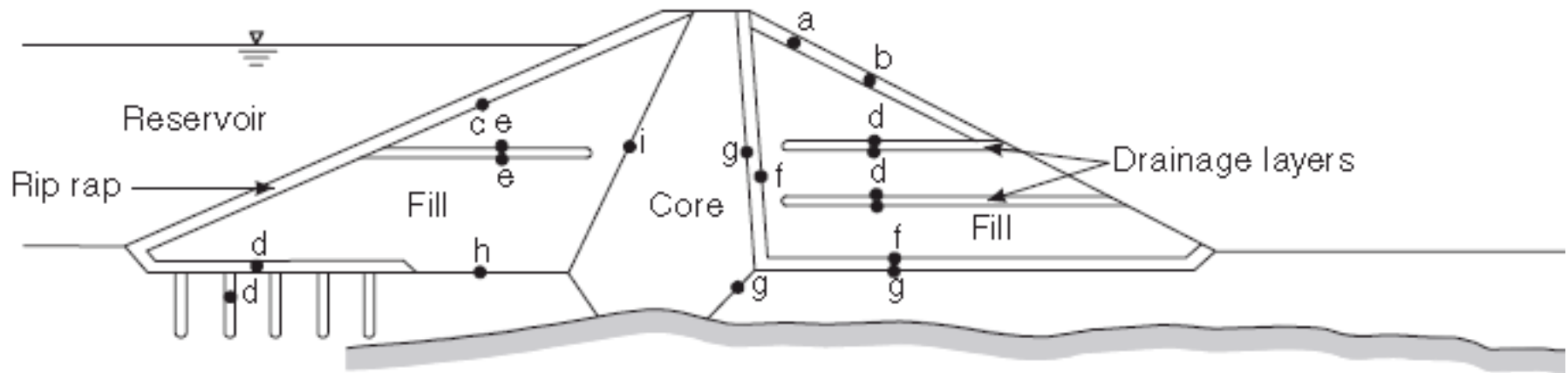
Projektni kriteriji za filtere



Uvjeti tečenja vode u odnosu na filtere:

- N1 – tečenje okomito na sučelje tlo – filter, visoki gradijenti, velika erozivna naprezanja
- N2 – tečenje okomito na sučelje tlo – filter – niski gradijenti, manja erozivna naprezanja
- P – tečenje paralelno sa sučeljem osnovnog tla i filtera, kontaktna erozija

Projektni kriteriji za filtere



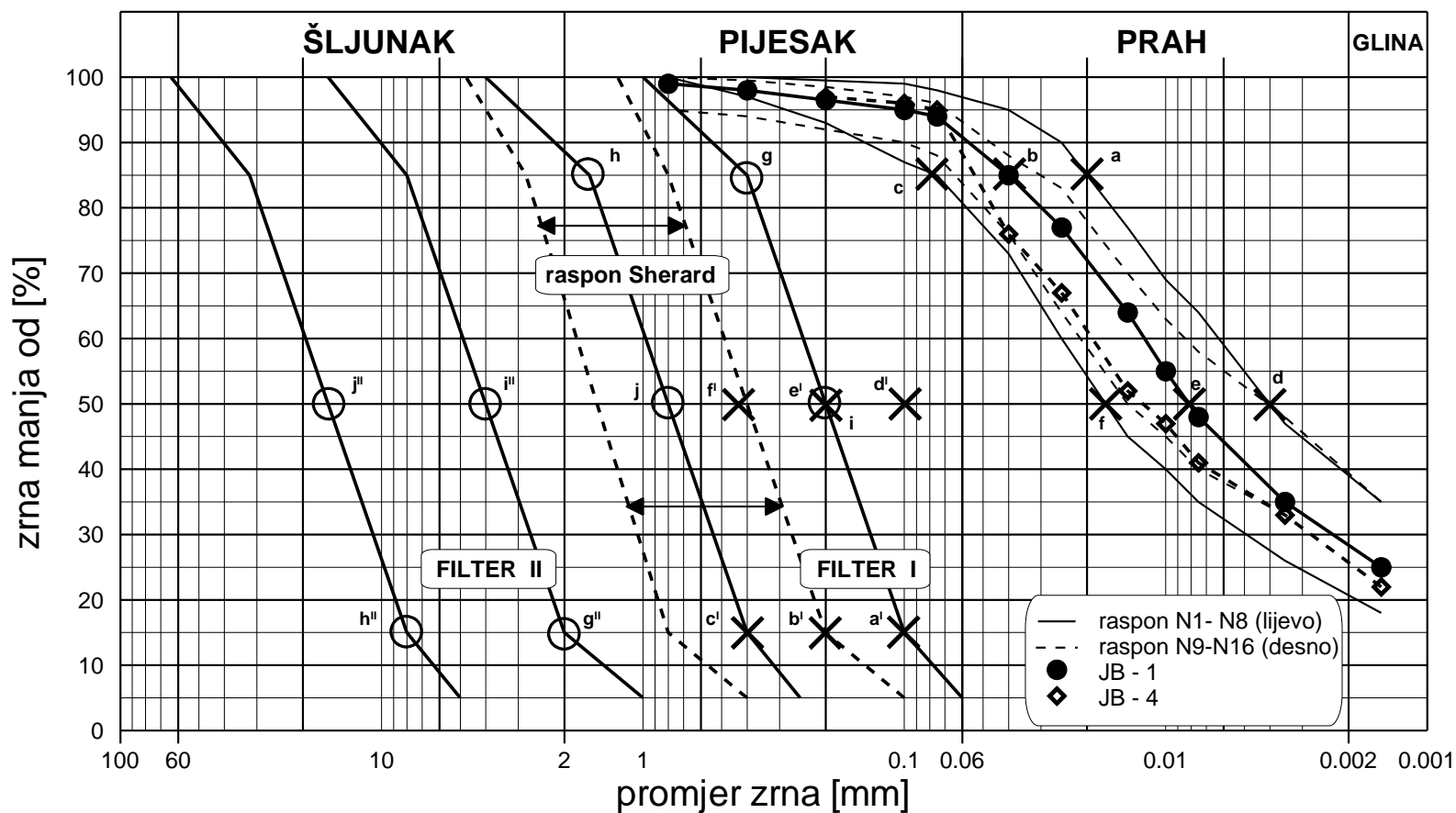
- Kritični filteri – zakazivanje dovodi do interne erozije (iznošenja sitnijih čestica materijala, stvaranja cjevčica (piping) i potencijalnog proloma brane – tečenje N1 , oznaka ‘g’ . **NAJSTROŽI KRITERIJI ZA IZBOR MATERIJALA**
- Nekritični filteri - manje vjerojatna erozija, mogući popravci (‘a’, ‘b’, ‘c’) ili važni samo tijekom izgradnje (‘d’, ‘e’) – tečenje N2 ili P
- Filteri ‘f’ , ‘i’ - kritični za ponašanje brane, ali u N2 režimu tečenja
- Filteri ‘d’ i ‘h’ – mogu biti kritični ako se može pojaviti erozija nasipa u temeljno tlo

Kriteriji izbora zemljanih materijala za branu - filteri

Primjer – retencija Burnjak

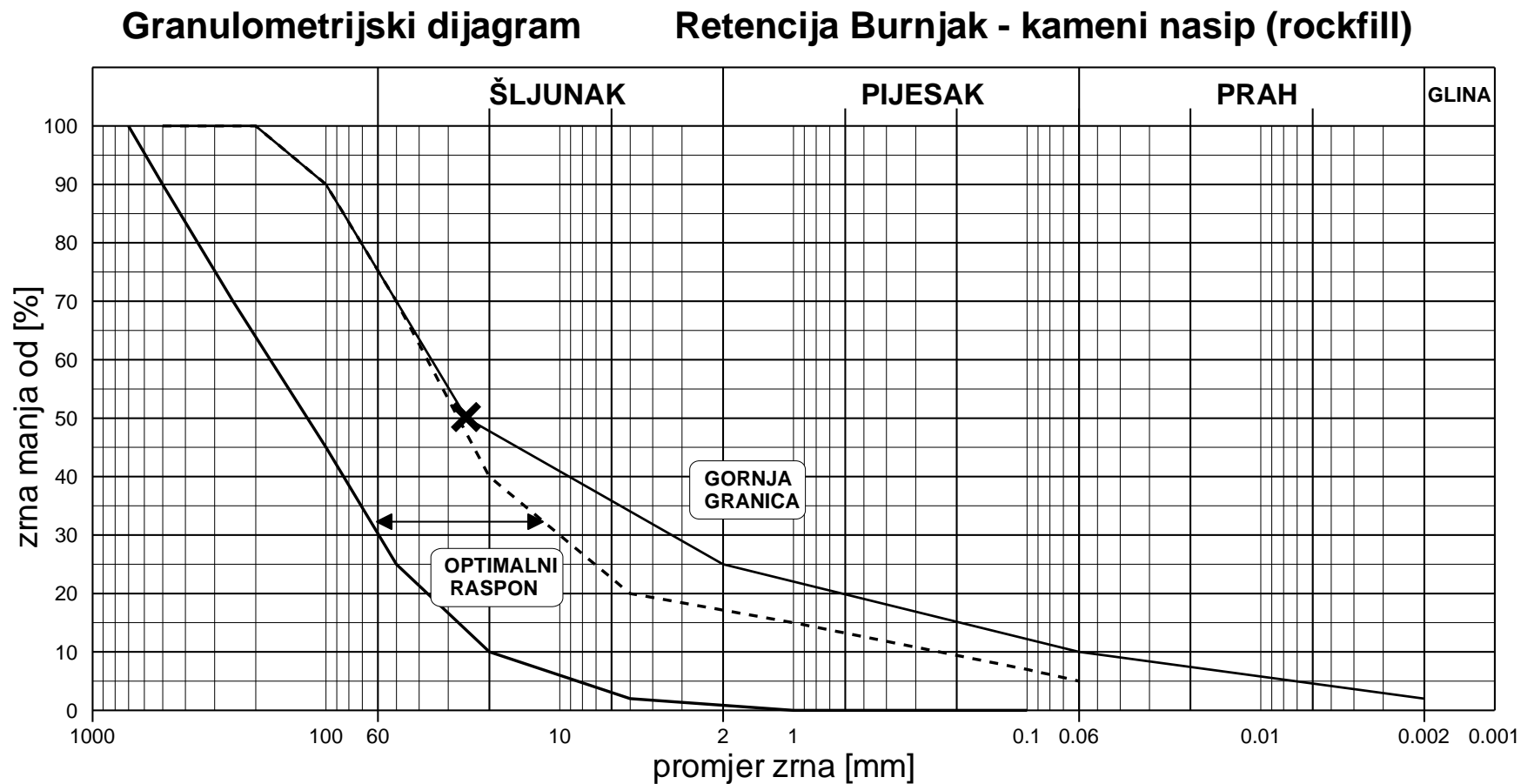
Granulometrijski dijagram

Retencija Burnjak - nalazišta gline



Kriteriji izbora zemljanih materijala za branu

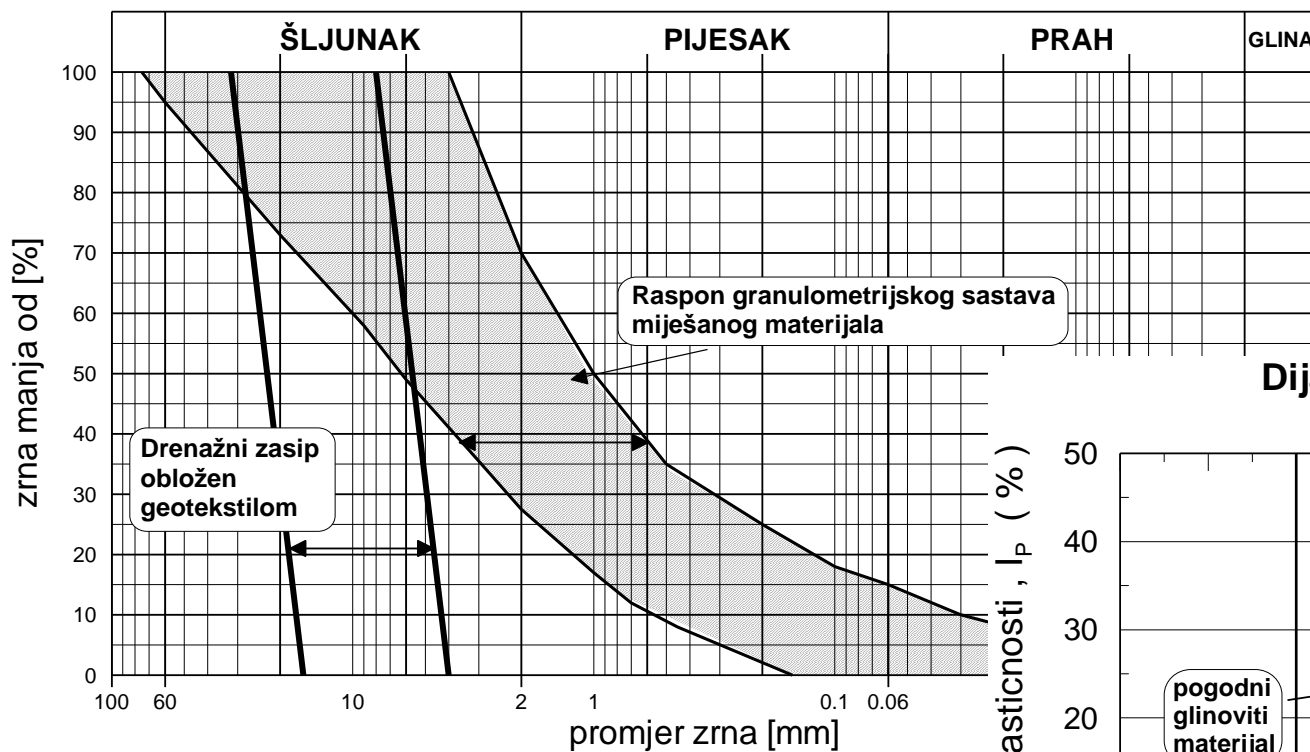
Primjer – retencija Burnjak



Kriteriji izbora zemljanih materijala za branu

Primjer – retencija Burnjak

Granulometrijski dijagram



Dijagram plasticnosti

