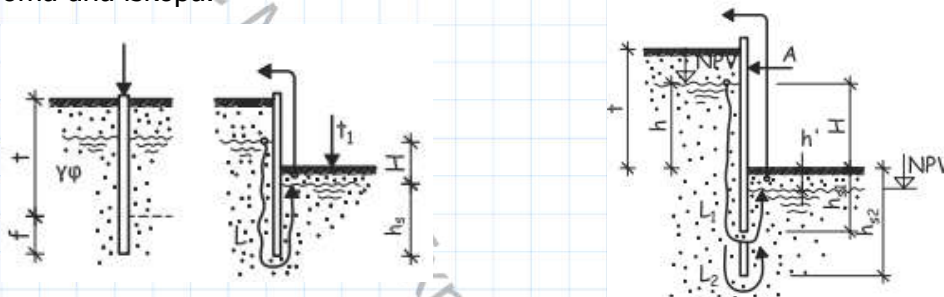


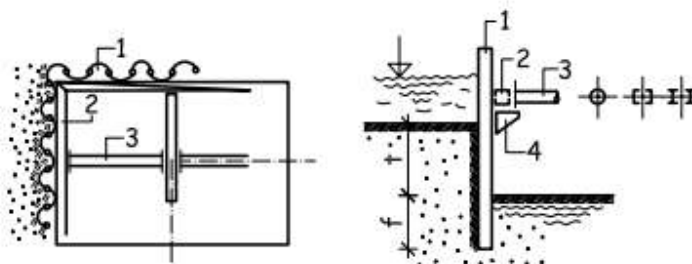
Kontrola stabilnosti priboja

Kada se **temeljna jama** izvodi u tlu ispod NPV tada se bočne strana jame štite od zarušavanja, a iskop i od dotoka vode u jamu, **zaštitnim zidovima - pribojima** – elementima (talpama) koje se u tlo pobijaju pre početka iskopa i koje predstavljaju vodonepropusnu zavesu po obimu temeljne jame. Priboji se mahom koriste u vodopropusnom tlu, a pobijaju se u tlo do dubine veće od kote dna iskopa.

Zidovi priboja štite iskop od zarušavanja okolnog tla i od priliva vode u iskop. Ako se tlo pod zaštitom priboja iskopa do dubine t , tada se površinskim crpljenjem nivo vode unutar priboja održava na dubini h' ispod dna iskopa, čime se obezbeđuje rad u prirodno vlažnom tlu. Razlika nivoa vode H sa spoljne i sa unutrašnje strane priboja izaziva stalni dotok vode u temeljnu jamu, a najkraći put dotoka ode u iskop je L uz zid priboja. Ukoliko je zid priboja dublje pobijen ispod dna iskopa to je i put vode L duži $L_2 > L_1$ veća je i dubina sigurnosti $h_{s2} > h_{s1}$ i sporiji je dotok vode u iskop, čime se smanjuje opasnost od sufozije i proloma dna iskopa.



Zid priboja se sastoji od niza međusobno povezanih talpi od drveta/čelika/betona. Najčešći je zaštitni zid od čeličnog priboja koji se sastoji se od čeličnih talpi (1) pobijenih po obimu temeljne jame, povezanih čeličnim ramom (2) oslonjenim na papuču (4) i razuprtih razupiračima (3) od čeličnih profila.



Kontrola stabilnosti priboja prema Evrokodu 7 podrazumeva kontrolu graničnih stanja STR/GEO i HYD. Za granična stanja STR/GEO se projektna dejstva i uticaji od njih, proračunske nosivosti i otpori tla određuju prema projektnom pristupu 2 - PP2.

Granično stanje loma konstrukcije STR i granično stanje loma u tlu GEO - projektni pristup 2

STR/GEO PP2 - A1 + M1 + R2

parcijalni koeficijenti se primenjuju na dejstva/uticaje i na nosivost tla

Parcijalni koef. sigurnosti za dejstva A1

koef. sigurnosti za stalna dejstva koja povećavaju napone u tlu

$$\gamma_{g.dst.A1} := 1.35$$

koef. sigurnosti za stalna dejstva koja smanjuju napone u tlu

$$\gamma_{g.stab.A1} := 1.0$$

koef. sigurnosti za povremena dejstva koja povećavaju napone u tlu

$$\gamma_{p.dst.A1} := 1.5$$

koef. sigurnosti za povremena dejstva koja smanjuju napone u tlu

$$\gamma_{p.stab.A1} := 0$$

Parcijalni koef. sigurnosti za parametre svojstava tla M1

koef. sigurnosti za zapreminsku težinu tla γ_t

$$\gamma_{\gamma.M1} := 1.0$$

koef. sigurnosti za tangens ugla unutrašnjeg trenja u tlu ϕ

$$\gamma_{\phi.M1} := 1.0$$

koef. sigurnosti za koheziju u tlu c

$$\gamma_{c.M1} := 1.0$$

Parcijalni koef. sigurnosti za otpor u tlu R2

koef. sigurnosti za otpor tla

$$\gamma_{R2.ot} := 1.4$$

koef. sigurnosti za nosivost temeljnog tla

$$\gamma_{R2.\sigma} := 1.4$$

koef. sigurnosti za klizanje u temeljnoj spojnici

$$\gamma_{R2.kl} := 1.1$$

Granično stanje hidrauličke stabilnosti HYD

Parcijalni koef. sigurnosti za dejstva AHYD

koef. sigurnosti za stalna dejstva koja povećavaju napone u tlu

$$\gamma_{g.dst.H} := 1.35$$

koef. sigurnosti za stalna dejstva koja smanjuju napone u tlu

$$\gamma_{g.stab.H} := 0.9$$

koef. sigurnosti za povremena dejstva koja povećavaju napone u tlu

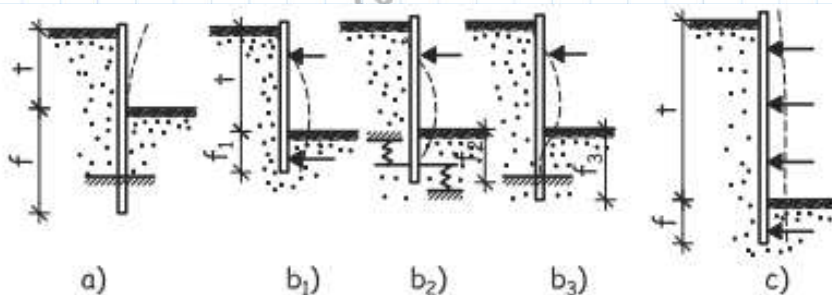
$$\gamma_{p.dst.H} := 1.5$$

koef. sigurnosti za povremena dejstva koja smanjuju napone u tlu

$$\gamma_{p.stab.H} := 0$$

Prema Evrokodu 7 **prijobi** su vitke, fleksibilne potporne konstrukcije, koje su relativno tanke i imaju potporu od sidara, razupirača i/ili pasivnog otpora tla. U stvaranju potpore poduprtom tlu, glavnu ulogu igra njihova nosivost na savijanje, dok je uloga sopstvene težine beznačajna (suprotno od masivnih gravitacionih potpornih zidova, koji podupiru tlo velikom sopstvenom težinom).

Prijobi bez razupirača se pobijaju u tlo duboko ispod kote dna temeljne jame, jer su poduprti samo pasivnim otporom tla ispod dna temeljne jame (sa unutrašnje strane priboja). **Prijobi sa razupiračima** (razupirači su elementi koji razupiru priboj sa unutrašnje strane - u iskopu) **i prijobi sa sidrima** (sidra - ankeri - zatege su elementi kojima se priboj sidri u tlo u svom zaleđu) su, pored pasivnog otpora, dodatno poduprti razupiračima ili sidrima, pa je njihova dubina pobijanja u tlo manja.



a) Konzolni prijobi - bez razupirača

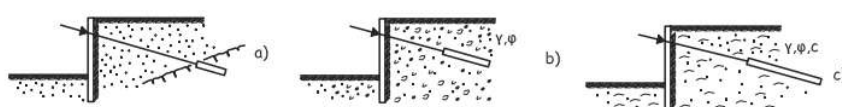
b) Prijobi sa 1 redom razupirača

b1) slobodno oslonjeni

b2) elastično uklješteni

b3) potpuno uklješteni

c) Prijobi sa više redova razupirača



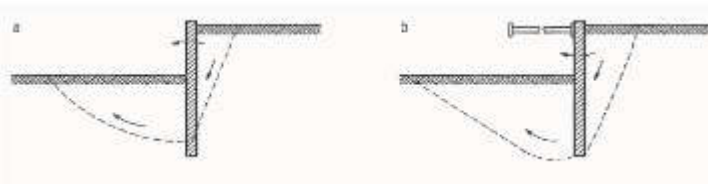
a) sidrenje u steni

b) sidrenje u nevezanom tlu

c) sidrenje u vezanom tlu

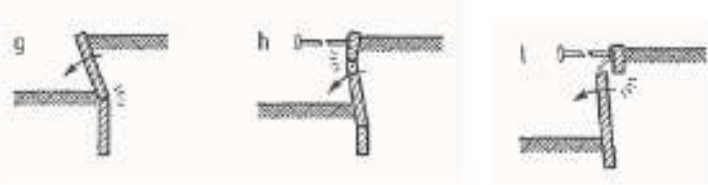
Statička stabilnost priboja (STR/GEO)

- Prema Evrokodu 7 prijobi se kontrolišu na **lom pri rotaciji ukopanih zidova**, kada se iz uslova ravnoteže dokazuje da priboj ima dovoljnu dubinu ukopavanja da bi se sprečila ova vrsta loma.



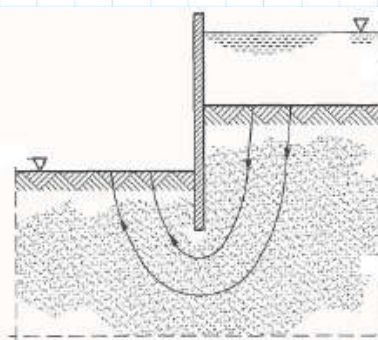
Dimenzionisanje elementa priboja (EC 2/3/5)

- Elementi potporne konstrukcije, odnosno priboj i razupirač, dimenzionišu se na strukturni lom (tj prema GSN za materijal od kog se izvode - beton/čelik/drvo) za sledeće moguće vrste loma u skladu sa Evrokodom 7:

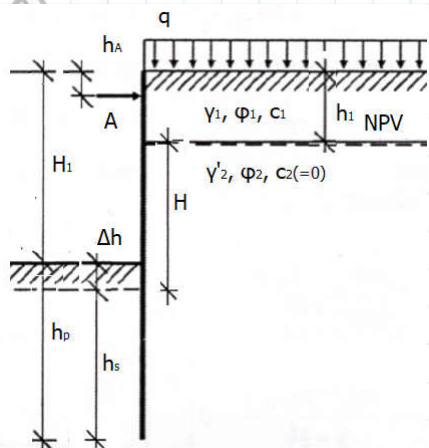


Hidraulička stabilnost priboja (HYD)

- Prema Evrokodu 7 prijobi se kontrolišu na **lom usled izdizanja tla (sufozije)**, kada je potrebno dokazati da je destabilišuće dejstvo porednog pritiska usled filtracije vode manje od stabilišućeg dejstva ukupnih vertikalnih napona u tlu.



Za **proveru stabilnosti priboja** kojom ćemo se mi baviti za priboj bez razupirača i sa 1 razupiračem, opšta dispozicija, sa odgovarajućim oznakama, data je na sledećoj slici:



Statička kontrola stabilnosti priboja podrazumeva kontrolu dubine priboja, uz određivanje svih sila koje na priboj deluju i njihovo uravnoteženje, u zavisnosti od uslova oslanjanja (bez razupirača / sa 1 razupiračem).

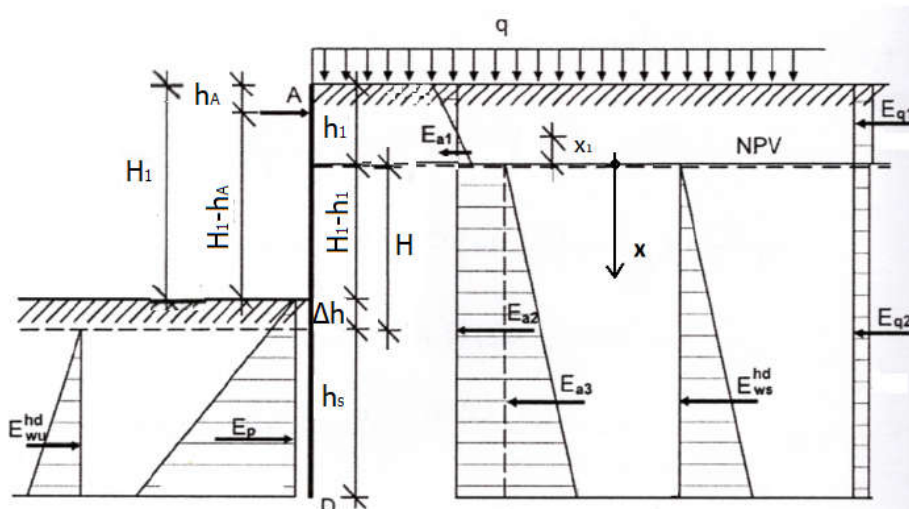
Hidraulička kontrola stabilnosti priboja podrazumeva kontrolu dubine priboja u odnosu na opasne efekte strujanja vode oko priboja (sufozija i prolom dna iskopa).

Δh sa unutrašnje strane priboja je dubina ispod kote dna temeljne jame do koje se spoljnim crpkama spušta nivo vode, da bi rad u temeljnoj jami bio u vlažnim uslovima, a ne pod vodom.

Statički kontrola stabilnosti priboja (STR/GEO)

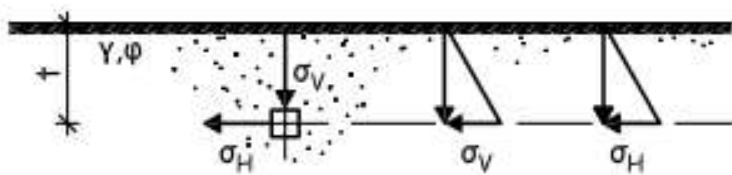
Sile bočnih pritisaka tla koje deluju na priboj potiču od sopstvene težine tla (aktivni pritisak u zaleđu priboja i pasivni otpor ispod dna jame), kohezije u tlu (u zaleđu, iznad NPV), dodatnog (stalnog ili povremenog) opterećenja na površini terena (u zaleđu priboja) i od strujanja vode oko priboja (hidrodinamički pritisci vode sa obe strane priboja).

Oblik dijagrama napona u tlu dat je na narednoj slici. Rezultujuće sile koje se uravnotežuju da bi se obezbedila stabilnost priboja, deluju u težištima dijagrama pritisaka, a intenzitet je jednak površini dijagrama.



Bočni pritisci tla usled sopstvene težine tla i eventualne kohezije u tlu iznad NPV

Horizontalni napon u tlu usled sopstvene težine tla direktno je proporcionalan vertikalnom efektivnom naponu u tlu, sa koeficijentom proporcionalnosti koji se naziva **koeficijent bočnog pritiska tla k**.



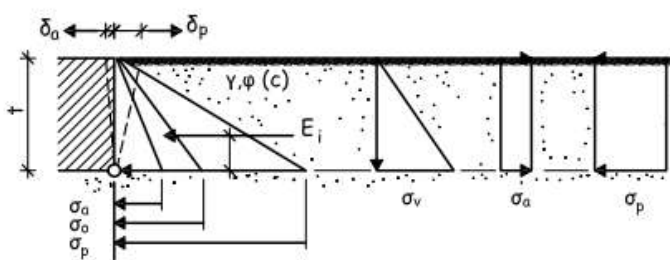
vertikalni pritisak tla $\sigma_{v,\gamma} = \gamma \cdot t$

horizontalni pritisak tla $\sigma_{h,\gamma} = k \cdot \sigma_v$

zapremnska težina tla $\gamma = \gamma' = \gamma_z - \gamma_w$

Pošto horizontalni naponi u tlu zavise od efektivnih vertikalnih napona, kod priboja kada je podzemna voda prisutna u tlu, razmatrana zapremnska težina tla je potopljena (efektivna) težina tla.

Bočni pritisak tla na deo konstrukcije u kontaktu sa tлом se određuju iz Rankinovih uslova granične ravnoteže u tlu. U zavisnosti od toga da li se konstrukcija pomera u odnosu na okolno tlo ili ne, koef. bočnog pritiska tla može imati 3 različite vrednosti, koje zavise od ugla unutrašnjeg trenja u tlu φ .



koef. bočnog pritiska tla $k = k(\varphi)$

$$k = \begin{bmatrix} k_a \\ k_o \\ k_p \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} \text{aktivni} \\ \text{u miru} \\ \text{pasivni} \end{bmatrix}$$

ugao unutrašnjeg trenja u tlu φ

Horizontalni aktivni pritisak tla - kada se podzemna konstrukcija pomera za δ_a od tla - tlo "gura" konstrukciju (tlo se bočno širi)

$$\sigma_{h,\gamma,a} = k_a \cdot \sigma_v \quad k_a = \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) < 1$$

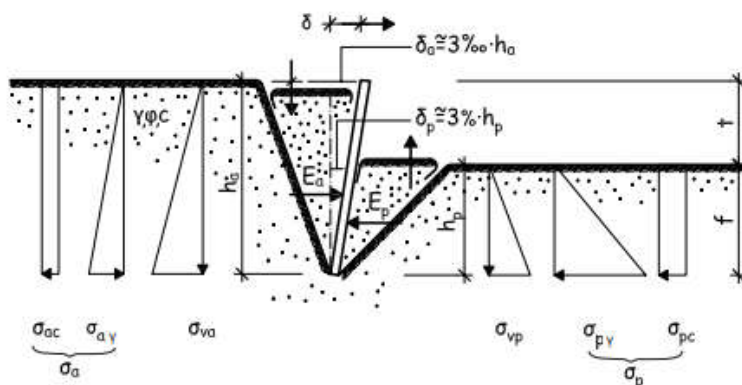
Horizontalni pasivni otpor tla - kada se podzemna konstrukcija pomera za δ_b ka tlu - konstrukcija "gura" tlo (tlo se bočno sabija)

$$\sigma_{h,\gamma,p} = k_p \cdot \sigma_v \quad k_p = \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi}{2}\right) > 1$$

Horizontalni pritisak tla u stanju mirovanja - kada je sprečeno pomeranje podzemne konstrukcije

$$\sigma_{h,\gamma,o} = k_o \cdot \sigma_v \quad k_o = 1 - \sin(\varphi)$$

Horizontalni napon u tlu je, dakle, linearno proporcionalan dubini posmatrane tačke z , sa koef. proporcionalnosti koji je proizvod zapremine težine tla γ i koef. bočnog pritiska tla $k=k(\varphi)$.



Evrokod 7 daje mogućnost da je **tlo u zaleđu priboja nije horizontalno**, već zaklapa ugao β sa horizontalom, kao i da postoji **trenje na kontaktu priboja i tla**, definisano uglom smičuće otpornosti trenja između površine priboja i tla δ . U tom slučaju, vrednosti koeficijenata k_a i k_p se očitavaju sa dijagrama datih u prilogu C Evrokoda 7.

- za vrednosti $\beta=0$ i $\delta=0$, vrednosti koeficijenata odgovaraju gornjim izrazima;
- uzdignuto zaleđe zida ($\beta>0$) povećava, a ulegnuto ($\beta<0$) smanjuje koeficijente k_a i k_p ;
- postojanje trenja na kontaktu priboja i tla, tj $\delta \neq 0$, smanjuje koeficijent k_a , a povećava koeficijent k_p .

U koherentnom (sitnozrnom) tlu **kohezija c** utiče na bočne pritiske tla konstantnim iznosom nezavisnim od dubine posmatrane tačke. Kohezija umanjuje aktivni pritisak tla, a povećava pasivni otpor tla. Pri kontroli stabilnosti priboja, doprinos kohezije je moguć samo u delu tla iznad NPV u zaleđu priboja

$$\sigma_{h,c,a} = -2 \cdot c \cdot \sqrt{k_a} \quad (\sigma_{h,c,p} = 2 \cdot c \cdot \sqrt{k_p}) \quad \text{kohezija u tlu } c$$

Evrokod 7 daje mogućnost da se na kontaktu priboja i tla pojavljuje **adhezija a** , i u tom slučaju su koeficijenti aktivnog pritiska i pasivnog otpora tla uvećani za doprinos adhezije. U slučaju da se adhezija na kontaktu zanemaruje, dobijamo gornje izraze.

$$k_{ac} = 2 \cdot \sqrt{k_a \cdot \left(1 + \frac{a}{c}\right)} \leq 2.56 \cdot \sqrt{k_a} \quad \left(k_{pc} = 2 \cdot \sqrt{k_p \cdot \left(1 + \frac{a}{c}\right)} \leq 2.56 \cdot \sqrt{k_p}\right)$$

Rezultujuće sile koje deluju na priboj su:

U STR/GEO PP2 se koriste se nominalne (nazivne) vrednosti svojstava materijala, jer su parcijalni koef. sigurnosti za svojstva materijala (M1) u predhodnim izrazima:

$$\gamma_{\gamma.M1} = 1 \quad \gamma_{\varphi.M1} = 1 \quad \gamma_{c.M1} = 1$$

Aktivni pritisci tla - u zaleđu priboja E_a

Sile E_a potiču od stalnih opterećenja, sopstvena težina smanjuje stabilnost priboja, a kohezija iznad NPV (ako postoji) je povećava, pa se primenjuju sledeći parcijalni koef. sigurnosti za opterećenja (A1)

$$E_a = E_a (\gamma_{g.dst.A1} \cdot \sigma_{h,\gamma.a}) - E_a (\gamma_{g.stab.A1} \cdot \sigma_{h.c.a}) \quad \gamma_{g.dst.A1} = 1.35 \quad \gamma_{g.stab.A1} = 1$$

Pasivni otpori tla - s prednje strane priboja E_p

Sila E_p potiče od stalnih opterećenja i povećava stabilnost priboja, a pošto se definiše kao otpor tla, primenjuju sledeći parcijalni koef. sigurnosti za opterećenja (A1) i otpor u tlu (R2)

$$E_p = E_p \left(\frac{\gamma_{g.stab.A1} \cdot \sigma_{h,\gamma.p}}{\gamma_{R2.ot}} \right) \quad \gamma_{g.stab.A1} = 1 \quad \gamma_{R2.ot} = 1.4$$

Napomena: primenom koef. sigurnosti za otpor u tlu, vrednost mobilisanog pasivnog otpora tla se dodatno smanjuje, čime se dodatno povećava sigurnost proračuna, jer je pasivni otpor tla glavna potpora priboja u borbi protiv sila koje bi da ga prevrnu u iskop. Ipak, smanjenje prema EC 7 je manje od naše dosadašnje prakse (faktor sigurnosti za otpor je bio 2, a sam otpor tla se računao sa vrednošću mobilisanog ugla unutrašnjeg trenja u tlu, za koji se koristio faktor sigurnosti 1.25).

Bočni pritisci tla usled dodatnog opterećenja na površini terena iza priboja

Kada na površini terena iza priboja deluje dodatno opterećenje q , raspodela napona u tlu po dubini se usvaja konstantna i nezavisna od dubine posmatrane tačke (to je pojednostavljeno na strani sigurnosti, jer je time pretpostavljeni doprinos pritisku u tlu veći od stvarnog).

$$\sigma_{h,q.a} = q \cdot k_a \quad (\sigma_{h,q.p} = q \cdot k_p) \quad \text{dodatno opterećenje na površini terena} \quad q$$

Rezultujuće sile koje deluju na priboj su:**Pritisci od spoljnog opterećenja - u zaleđu priboja** E_q

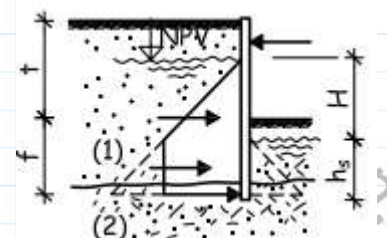
Dodatno spoljašnje opterećenje na površini terena može biti stalno ili povremeno, i u svakom slučaju smanjuje stabilnost priboja, pa se primenjuju sledeći parcijalni koef. sigurnosti za opterećenja (A1)

$$\text{opterećenje } q \text{ je stalno} \quad E_q = E_q (\gamma_{g.dst.A1} \cdot \sigma_{h,q.a}) \quad \gamma_{g.dst.A1} = 1.35$$

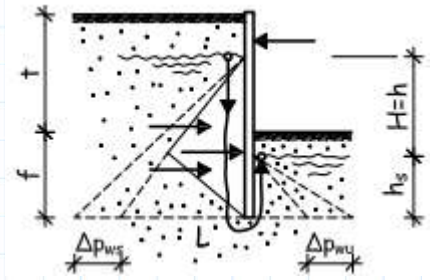
$$\text{opterećenje } q \text{ je povremeno} \quad E_q = E_q (\gamma_{p.dst.A1} \cdot \sigma_{h,q.a}) \quad \gamma_{p.dst.A1} = 1.5$$

Bočni pritisci tla usled strujanja vode oko priboja - Hidrodinamički pritisci

Hidrostatički pritisak vode je pritisak vode koja miruje, a javlja se kada je priboj ugrađen u vodonepropusni sloj (glina, stena i sl.). Hidrostatički pritisak je pritisak od težine vodenog stuba, odnosno proizvod visine vodenog stuba od nivoa podzemne vode do posmatrane tačke i zapreminske težine vode, i na nekoj dubini deluje istim intenzitetom u svim pravcima (uvek je upravran na posmatranu površinu).



Hidrodinamički pritisak vode je pritisak pri kretanju vode kroz pore tla (pri filtraciji). Filtracija je kretanje (strujanje) podzemne vode kroz vodopropustljivu sredinu, a posledica je postojanja razlike nivoa vode (pritiska). Hidrodinamički pritisak je po intenzitetu manji od hidrostatičkog, a smer mu se poklapa sa smerom kretanja vode – sa spoljne strane priboja voda struji naniže i smanjuje hidrostatički pritisak za Δp_{ws} , a sa unutrašnje strane priboja voda struji naviše i povećava hidrostatički pritisak za Δp_{wu} .



Hidrostaticki pritisak vode na dnu priboja sa spoljne strane

$$p_{ws} = (h + h_s) \cdot \gamma_w$$

Hidrostaticki pritisak vode na dnu priboja sa unutrašnje strane

$$p_{wu} = h_s \cdot \gamma_w$$

Smanjenje pritiska vode na spoljnoj strani priboja usled strujanja

$$\Delta p_{ws} = -i \cdot (h + h_s) \cdot \gamma_w$$

Povećanje pritiska vode na unutrašnjoj strani priboja usled strujanja

$$\Delta p_{wu} = i \cdot h_s \cdot \gamma_w$$

Hidrodinamički pritisak vode na dnu priboja sa spoljne strane

$$p_{hd.ws} = p_{ws} + \Delta p_{ws} = (1 - i) \cdot (H + h_s) \cdot \gamma_w$$

Hidrodinamički pritisak vode na dnu priboja sa unutrašnje strane

$$p_{hd.wu} = p_{wu} + \Delta p_{wu} = (1 + i) \cdot h_s \cdot \gamma_w$$

Hidrodinamički pritisak je, dakle, proporcionalan hidrauličkom gradijentu i težini vodenog stuba

hidraulični gradijent
$$i = \frac{H}{L} = \frac{H}{h + 2 \cdot h_s}$$

Hidraulički gradijent i je odnos promene pijezometričke visine (visine vodenog stuba - razlike nivoa vode) H i puta vode kroz tlo $L = H + 2 \cdot h_s$. Što je hidraulički gradijent veći, veće je strujanje vode kroz tlo, a time i strujni (hidrodinamički) pritisak u tlu. Strujni pritisak je uzrok unutrašnje erozije tla. Smanjenje hidrauličkog gradijenta pri primeni priboja se postiže povećanjem dužine puta vode kroz tlo, odnosno povećanjem dubine priboja ispod dna iskopa.

zapreminska težina vode

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Rezultujuće sile koje deluju na priboj su:

Hidrodinamički pritisci vode - u zaleđu

$$E_{hd.ws}$$

Sila $E_{hd.ws}$ potiče od stalnih opterećenja i smanjuje stabilnost priboja, pa se primenjuju sledeći parcijalni koef. sigurnosti za opterećenja (A1)

$$E_{hd.ws} = E_{hd.ws} (\gamma_{g.dst.A1} \cdot p_{hd.ws})$$

$$\gamma_{g.dst.A1} = 1.35$$

Hidrodinamički pritisci vode - s prednje strane priboja

$$E_{hd.wu}$$

Sila $E_{hd.wu}$ potiče od stalnih opterećenja i povećava stabilnost priboja, pa se primenjuju sledeći parcijalni koef. sigurnosti za opterećenja (A1)

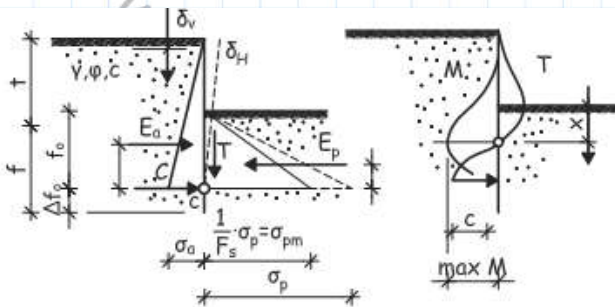
$$E_{hd.wu} = E_{hd.wu} (\gamma_{g.stab.A1} \cdot p_{hd.wu})$$

$$\gamma_{g.stab.A1} = 1$$

Kontrola statičke stabilnosti priboja

Dubina zabijanja priboja ispod kote dna temeljne jame h_s određuje se iz uslova statičke stabilnosti priboja, pri čemu tačka u kojoj se uslovi ravnoteže postavljaju zavisi od načina podupiranja priboja:

a) Konzolni priboj - bez razupirača



$$\text{Iz } \Sigma M_c = M_{Ea} - M_{Ep} = 0 \Rightarrow f_0$$

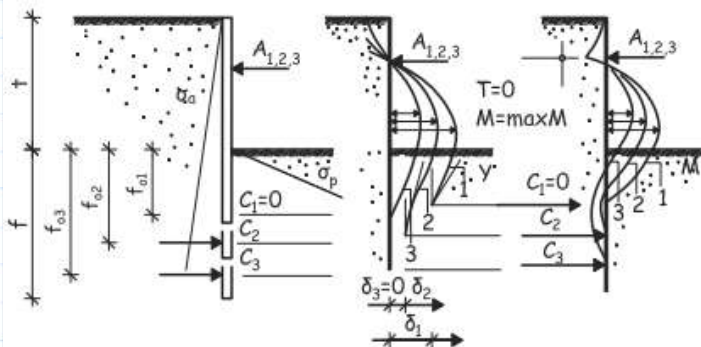
$$\text{Iz } \Sigma H = E_a - E_p + C = 0 \Rightarrow \Delta f_0$$

$$\text{iz iskustva je: } \Delta f_0 = 0,20 \cdot f_0$$

Konzolni priboj traži veliku dubinu priboja ispod dna iskopa (f), opterećen je velikim momentom savijanja ($\max M$) i ima veliko pomeranje u visini terena (δ) koje dovodi do vertikalnih sleganja okolnog tla

b) Priboj sa 1 redom razupirača - nosač sa 2 oslonca

Priboj sa jednim redom razupiranja ima manja pomeranja i manju dubinu nego konzolni priboj. U statičkom smislu predstavlja gredni nosač na dva oslonca – gornji oslonac priboja je razupirač, a donji oslonac je otpor tla na dubini priboja ispod kote iskopa. Polazi se od pretpostavke da je priboj opterećen aktivnim Rankinovim pritiskom tla sa spoljne i pasivnim Rankinovim otporom tla sa unutrašnje strane. U zavisnosti od dubine priboja u tlu, donji oslonac može biti slobodni oslonac, elastično ili puno uklještenje.



$$\text{Iz } \Sigma M_A = M_{Ea} - M_{Ep} = 0 \Rightarrow f_{01}$$

$$\text{Iz } \Sigma H = E_a - E_p - A_1 = 0 \Rightarrow A_1$$

$$\text{iz iskustva je: } \Delta f_{01} = 0,10 \cdot f_{01}$$

$$\text{Iz } \Sigma M_C = M_{Ea} - M_{Ep} - M_C = 0 \Rightarrow A_3$$

$$\text{Iz } \Sigma H = C_3 + E_a - E_p - A_3 = 0 \Rightarrow C_3$$

$$\text{iz iskustva je: } \Delta f_{03} = 0,20 \cdot f_{03}$$

uz pretpostavljeno f_{03}

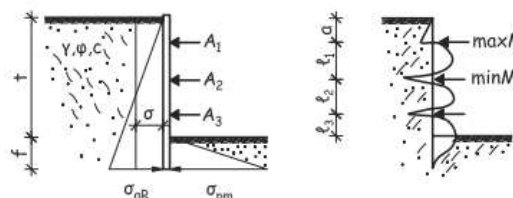
Kada je računaska dubina priboja u tlu f_{01} **priboj je slobodno oslonjen u tlu**. Moment savijanja priboja M_1 , ugib y_1 i sila razupiranja A_1 su veliki, ali je računaska dubina priboja u tlu ispod dna iskopa f_{01} mala, i postoji pomeranje priboja δ_1 na dubini baze priboja.

Kada je računaska dubina priboja u tlu f_{03} **priboj je potpuno uklješten u tlo**. Moment savijanja priboja M_3 , ugib y_3 i sila razupiranja A_3 su mali, ali je računaska dubina priboja u tlu ispod dna iskopa f_{03} velika, i ne postoji pomeranje priboja na dubini baze priboja.

Kada je računaska dubina priboja u tlu f_{02} , **priboj je elastično uklješten u tlo**. Moment savijanja M_2 , ugib y_2 , sila razupiranja A_2 , računaska dubina priboja u tlu ispod dna iskopa f_{02} su između rešenja za slobodno oslonjen i potpuno uklješten priboj, a postoji i pomeranje priboja na dubini baze zida $\delta_2 < \delta_1$

c) Priboj sa više redova razupirača

Priboji sa više redova razupiranja se razupiru paralelno sa kopanjem, pa dolazi do preraspodele pritiska u tlu zavisno od faza građenja.



Dakle, postavljanjem uslova ravnoteže momenata u tački na dnu priboja C za priboj bez razupirača, odnosno u tački gde deluje sila iz razupirača A, kada on postoji, pri čemu su sve sile koje deluju na priboj izražene u funkciji od nepoznate dubine zabijanja priboja h_s (ili u funkciji $x = H + h_s$), dobija se jednačina 4. stepena po nepoznatom h_s (odnosno x), čije jedno od rešenja (fizički moguće i smisleno) daje traženu dubinu priboja. Kod priboja sa razupiračem se, za tako definisanu dubinu pobijanja priboja, iz uslova ravnoteže horizontalnih sila dobija potrebna vrednost sile u razupiraču.

Sam priboj se dimenzioniše prema najvećem momentu savijanja koji se u njemu javlja (dubina na kojoj se javlja $\max M$ je dubina na kojoj su horiz. sile koje deluju na priboj jednake 0, tj na kojoj menjaju znak).

Kada je dubina pobijanja priboja u tlo poznata, tada se postavljanjem uslova ravnoteže momenata u razmatranim tačkama (C, odnosno A) proverava da li je data dubina pobijanja dovoljna za statičku stabilnost priboja.

Hidraulički proračun priboja (HYD)

Hidrodinamički pritisak utiče na efekat delovanja sopstvene težine tla. Ako se voda kreće naniže (u dubinu), pritisak od sopstvene težine se povećava za veličinu hidrodinamičkog pritiska. Ako se voda kreće naviše, hidrodinamički pritisak smanjuje pritisak od sopstvene težine tla. U tom slučaju može se desiti da veličina hidrodinamičkog pritiska bude jednaka težini tla – tada tlo prividno ostaje bez težine i postaje nestabilno, što može dovesti do pokretanja čestica tla (sufozije), odnosno hidrauličkog sloma u tlu.

Prema Evrokodu 7 granično stanje hidrauličkog loma tla, koje se za priboje dostiže lomom usled izdizanja tla, predviđa da stabilišući naponi (ili iz njih izvedene sile) moraju biti veći od destabilišućih, pri čemu se za granično stanje HYD koriste sledeće vrednosti parcijalnih koeficijenata sigurnosti za dejstva i uticaje od dejstava, koji svi potiču od stalnih opterećenja:

$$\gamma_{g.dst.H} = 1.35$$

$$\gamma_{g.stab.H} = 0.9$$

Sigurnost od pojave sufozije u tlu se kontroliše sa unutrašnje strane priboja (gde voda struji na gore) i dobija se iz uslova labilne ravnoteže, kada je strujni pritisak jednak sopstvenoj težini potopljenog tla:

$$u_{dst} \leq \sigma_{std}$$

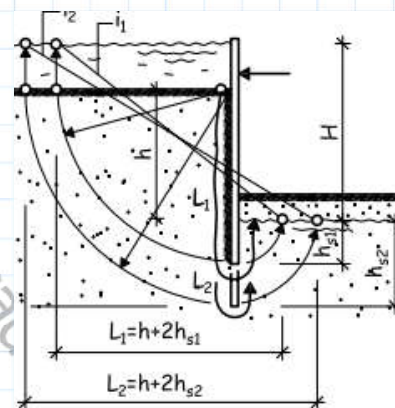
$$\gamma_{g.dst.H} \cdot i \cdot \gamma_w \leq \gamma_{g.stab.H} \cdot \gamma$$

hidraulični gradijent

$$i = \frac{H}{L} = \frac{H}{h + 2 \cdot h_s}$$

potopljena zapreminska težina tla

$$\gamma = \gamma' = \gamma_z - \gamma_w$$



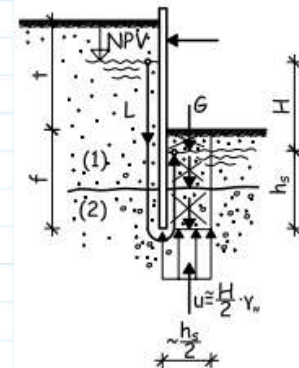
Naša uobičajena praksa razmatra pojam faktora sigurnosti

$$F_s = \frac{\sigma_{std}}{u_{dst}} \quad \text{poželjno} \quad (F_s \geq 3)$$

Sigurnost od proloma dna iskopa (izdizanja dna iskopa) se kontroliše sa unutrašnje strane priboja, u zoni širine približno $h_s/2$, i dobija se iz uslova labilne ravnoteže, kada je uzgon (uzgon koji prolama dno je $u = H \cdot \gamma_w / 2$) jednak sopstvenoj težini tla

$$S_{dst} \leq G_{std}$$

$$\gamma_{g.dst.H} \cdot \frac{H}{2} \cdot \gamma_w \leq \gamma_{g.stab.H} \cdot \Sigma G$$



Naša uobičajena praksa razmatra pojam faktora sigurnosti

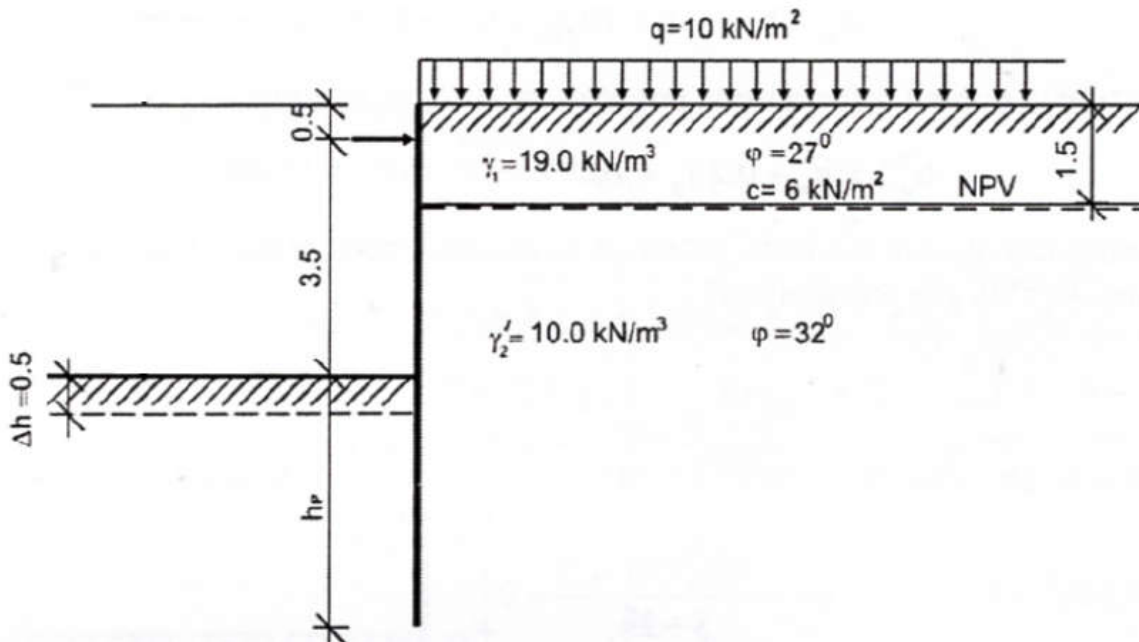
$$F_s = \frac{G_{std}}{S_{dst}} \quad \text{poželjno} \quad (F_s \geq 3)$$

Primer

Proveriti stabilnost čeličnog priboja od Larssen talpi za osiguranje temeljne jame sa slike.

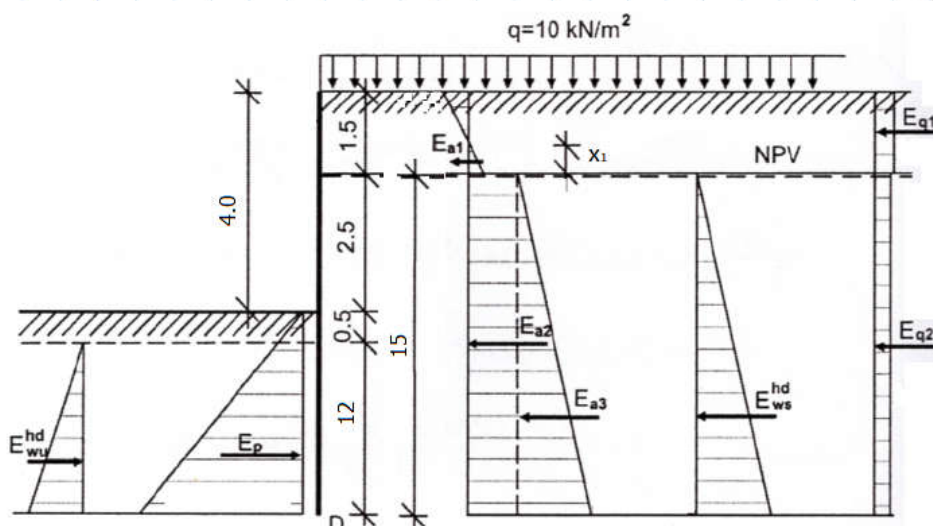
Proveriti 2 varijantna rešenja:

- kada se izvodi priboj bez razupirača
- kada se izvodi priboj sa razupiračem.



tlo - iznad NPV	$h_1 := 1.5 \text{ m}$	$\gamma_1 := 19 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\varphi_1 := 27^\circ$	$c_1 := 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$q := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
tlo - ispod NPV		$\gamma_2' := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\varphi_2 := 32^\circ$	$c_2 := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
priboj		$H_1 := 4 \text{ m}$	$\Delta h := 0.5 \text{ m}$		
a) za priboj bez razupirača		$h_{p,a} := 12.5 \text{ m}$			
b) za priboj sa razupiračem		$h_{p,b} := 5.5 \text{ m}$	$A := 85 \text{ kN}$	$h_A := 0.5 \text{ m}$	

a) Priboj bez razupirača



razlika nivoa vode sa
2 strane priboja
(pijzometarska visina)
 $H := H_1 - h_1 + \Delta h = 3 \text{ m}$

statička dubina priboja
 $h_s := h_{p,a} - \Delta h = 12 \text{ m}$

dubina priboja ispod
NPV u zaleđu
 $x := H + h_s = 15 \text{ m}$

Pritisci na zid priboja i zamenjujuće sile**Aktivni pritisci tla - u zaleđu priboja**

$$\gamma_{g.dst.A1} = 1.35 \quad \gamma_{g.stab.A1} = 1$$

$$\text{koef. aktivnog pritiska tla} \quad k_{a1} := \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}\right) = 0.376 \quad k_{a2} := \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}\right) = 0.307$$

$$z_0 := 0 \text{ m} \quad p_{a0} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_0 \cdot k_{a1} - \gamma_{g.stab.A1} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot \sqrt{k_{a1}} = -7.354 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{na površini terena}$$

$$z_1 := h_1 = 1.5 \text{ m} \quad p_{a1.1} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_1 \cdot k_{a1} - \gamma_{g.stab.A1} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot \sqrt{k_{a1}} = 7.095 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{iznad NPV}$$

$$p_{a1.2} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_1 \cdot k_{a2} = 11.822 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{ispod NPV}$$

$$z_2 := z_1 + x = 16.5 \text{ m} \quad p_{a2} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot p_{a1.2} + \gamma'_2 \cdot x \cdot k_{a2} = 62.048 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{ukupno na dnu priboja}$$

$$p_{a2.2} := p_{a1.2} = 11.822 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{za pravougaoni deo}$$

$$p_{a2.3} := p_{a2} - p_{a2.2} = 50.226 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{za trougaoni deo}$$

Sile aktivnog pritiska tla

sila iznad NPV - dijagram pritiska oblika "mašnice"

deo koji deluje ka tlu, u gornjem delu, se zanemaruje (tlo ne može da vuče priboj ka sebi)

$$\text{deo pritiska koji deluje ka priboju, u donjem delu, na visini iznad NPV} \quad x_1 := \frac{|p_{a1.1}|}{|p_{a1.1}| + |p_{a0}|} \cdot h_1 = 0.737 \text{ m}$$

$$\text{trougaoni napon pritiska ka priboju} \quad E_{a1} := \frac{p_{a1.1} \cdot x_1}{2} = 2.613 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu trougla, od dna priboja na} \quad e_{Ea1.D} := \frac{x_1}{3} + x = 15.246 \text{ m}$$

sila ispod NPV - trapezni oblik dijagrama pritiska

$$\text{pravougaoni deo} \quad E_{a2} := p_{a2.2} \cdot x = 177.327 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu pravougaonika, od dna priboja na} \quad e_{Ea2.D} := \frac{x}{2} = 7.5 \text{ m}$$

$$\text{trougaoni deo} \quad E_{a3} := \frac{p_{a2.3} \cdot x}{2} = 376.698 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu trougla, od dna priboja na} \quad e_{Ea3.D} := \frac{x}{3} = 5 \text{ m}$$

Pasivni otpori tla - s prednje strane priboja

$$\gamma_{g.stab.A1} = 1 \quad \gamma_{R2.ot} = 1.4$$

$$\text{koef. pasivnog otpora tla} \quad k_{p2} := \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi_2}{2}\right) = 3.255$$

$$z_0 := 0 \text{ m} \quad p_{p0} := \frac{\gamma_{g.stab.A1} \cdot \gamma'_2 \cdot z_0 \cdot k_{p2}}{\gamma_{R2.ot}} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$z_1 := h_{p.a} = 12.5 \text{ m} \quad p_{p1} := \frac{\gamma_{g.stab.A1} \cdot \gamma'_2 \cdot z_1 \cdot k_{p2}}{\gamma_{R2.ot}} = 290.588 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Sila pasivnog otpora tla - trougaoni oblik dijagrama pritiska} \quad E_p := \frac{p_{p1} \cdot h_{p.a}}{2} = 1816.177 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu trougla, od dna priboja na} \quad e_{Ep.D} := \frac{h_{p.a}}{3} = 4.167 \text{ m}$$

Pritisci od spoljnog opterećenja - u zaleđu priboja

$\gamma_{p.dst.A1} = 1.5$

pošto u zadatku nije naglašeno da li je spoljašnje opterećenje stalno ili povremeno, razmatraće se slučaj da je ono povremenog karaktera, jer je to nepovoljnije za stabilnost priboja, pošto je parcijalni koef. sigurnosti za destabilišuće povremeno opterećenje veći

iznad NPV $p_{q1} := \gamma_{p.dst.A1} \cdot q \cdot k_{a1} = 5.633 \frac{kN}{m^2}$

ispod NPV $p_{q2} := \gamma_{p.dst.A1} \cdot q \cdot k_{a2} = 4.609 \frac{kN}{m^2}$

Sile pritiska od spoljnog opterećenja - pravougaoni oblik dijagrama pritiska

iznad NPV $E_{q1} := p_{q1} \cdot h_1 = 8.449 \frac{kN}{m}$

deluje u težištu pravougaonika, od dna priboja na $e_{Eq1.D} := \frac{h_1}{2} + x = 15.75 \text{ m}$

ispod NPV $E_{q2} := p_{q2} \cdot x = 69.133 \frac{kN}{m}$

deluje u težištu pravougaonika, od dna priboja na $e_{Eq2.D} := \frac{x}{2} = 7.5 \text{ m}$

Hidrodinamički pritisci vode - u zaleđu i s prednje strane priboja

$\gamma_{g.dst.A1} = 1.35 \quad \gamma_{g.stab.A1} = 1$

hidraulični gradijent $i := \frac{H}{H + 2 \cdot h_s} = 0.111$ dužina puta vode $L := H + 2 \cdot h_s = 27 \text{ m}$
 $x = H + h_s \quad L = x + h_s$

u zaleđu priboja $h_{ws} := x = 15 \text{ m}$ $p_{hd.ws} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot (1 - i) \cdot \gamma_w \cdot h_{ws} = 180 \frac{kN}{m^2}$

s prednje strane priboja $h_{wu} := h_s = 12 \text{ m}$ $p_{hd.wu} := \gamma_{g.stab.A1} \cdot (1 + i) \cdot \gamma_w \cdot h_{wu} = 133.333 \frac{kN}{m^2}$

treba primetiti da je: $(1 - i) \cdot \gamma_w \cdot h_{ws} = (1 + i) \cdot \gamma_w \cdot h_{wu}$

Sile hidrodinamičkog pritiska vode - trougaoni oblici dijagrama pritiska

u zaleđu priboja $E_{hd.ws} := \frac{p_{hd.ws} \cdot h_{ws}}{2} = 1350 \frac{kN}{m}$

deluje u težištu trougla, od dna priboja na $e_{Ehd.ws.D} := \frac{h_{ws}}{3} = 5 \text{ m}$

s prednje strane priboja $E_{hd.wu} := \frac{p_{hd.wu} \cdot h_{wu}}{2} = 800 \frac{kN}{m}$

deluje u težištu trougla, od dna priboja na $e_{Ehd.wu.D} := \frac{h_{wu}}{3} = 4 \text{ m}$

Statička stabilnost priboja

Uslov ravnoteže momenata se postavlja za tačku D u dnu priboja ($M > 0$ u smeru kazaljke sata)

$$\Sigma M_D := -E_{a1} \cdot e_{Ea1.D} - E_{a2} \cdot e_{Ea2.D} - E_{a3} \cdot e_{Ea3.D} + E_p \cdot e_{Ep.D} + \downarrow = 112.553 \text{ kN}$$

$$+ -E_{q1} \cdot e_{Eq1.D} - E_{q2} \cdot e_{Eq2.D} - E_{hd.ws} \cdot e_{Ehd.ws.D} + E_{hd.wu} \cdot e_{Ehd.wu.D}$$

S obzirom da je uslov ravnoteže momenata u tački D pisan tako da su stabilizujući momenti veći od nule, a rezultat je pozitivan, znači da su stabilizujući momenti (usled sila sa unutrašnje strane priboja) veći, odnosno da je **statička stabilnost priboja zadovoljena**.

(Dubina zabijanja priboja $h_p = 12 \text{ m}$ daje rezultujući moment $\Sigma M_D = -146.35 \text{ kNm/m}$, odnosno nestabilan priboj)

Hidraulička stabilnost priboja

$$\gamma_{g.dst.H} = 1.35$$

$$\gamma_{g.stab.H} = 0.9$$

Sigurnost od pojave sufozije u tlu

$$\text{strujni pritisak u tlu } u_{dst} := \gamma_{g.dst.H} \cdot i \cdot \gamma_w = 1.5 \frac{kN}{m^3}$$

$$i = \frac{H}{L} = \frac{H}{h + 2 \cdot h_s} \quad i = 0.111$$

$$\text{težina tla } \sigma_{std} := \gamma_{g.stab.H} \cdot \gamma'_2 = 9 \frac{kN}{m^3}$$

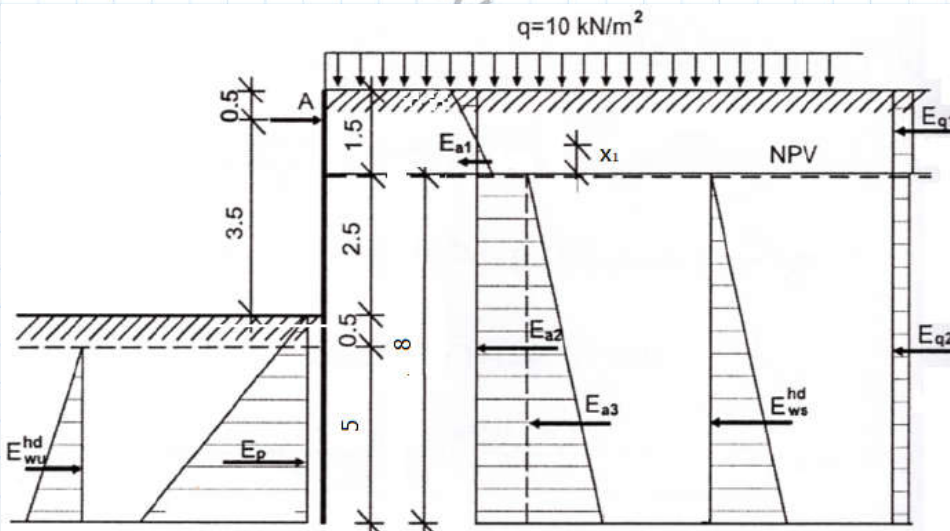
$$u_{dst} \leq \sigma_{std} \quad stvF_s := \frac{\sigma_{std}}{u_{dst}} = 6$$

Sigurnost od proloma dna iskopa

$$\text{uzgon proloma dna } S_{dst} := \gamma_{g.dst.H} \cdot \frac{H}{2} \cdot \gamma_w = 20.25 \frac{kN}{m^2}$$

$$\text{težina stuba tla } G_{std} := \gamma_{g.stab.H} \cdot h_s \cdot \gamma'_2 = 108 \frac{kN}{m^2}$$

$$S_{dst} \leq G_{std} \quad stvF_s := \frac{G_{std}}{S_{dst}} = 5.333$$

b) Priboj sa razupiračem

razlika nivoa vode sa
2 strane priboja
(pijezometarska visina)
 $H := H_1 - h_1 + \Delta h = 3 \text{ m}$

statička dubina priboja
 $h_s := h_{p.b} - \Delta h = 5 \text{ m}$

dubina priboja ispod
NPV u zaleđu
 $x := H + h_s = 8 \text{ m}$

Pritisци na zid priboja i zamenjujuće sile**Aktivni pritisци tla - u zaleđu priboja**

$$\gamma_{g.dst.A1} = 1.35$$

$$\gamma_{g.stab.A1} = 1$$

$$\text{koef. aktivnog pritiska tla } k_{a1} := \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi_1}{2}\right) = 0.376 \quad k_{a2} := \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi_2}{2}\right) = 0.307$$

$$z_0 := 0 \text{ m} \quad p_{a0} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_0 \cdot k_{a1} - \gamma_{g.stab.A1} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot \sqrt{k_{a1}} = -7.354 \frac{kN}{m^2} \quad \text{na površini terena}$$

$$z_1 := h_1 = 1.5 \text{ m} \quad p_{a1.1} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_1 \cdot k_{a1} - \gamma_{g.stab.A1} \cdot 2 \cdot c_1 \cdot \sqrt{k_{a1}} = 7.095 \frac{kN}{m^2} \quad \text{iznad NPV}$$

$$p_{a1.2} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot \gamma_1 \cdot z_1 \cdot k_{a2} = 11.822 \frac{kN}{m^2} \quad \text{ispod NPV}$$

$$z_2 := z_1 + x = 9.5 \text{ m} \quad p_{a2} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot p_{a1.2} + \gamma'_2 \cdot x \cdot k_{a2} = 40.54 \frac{kN}{m^2} \quad \text{ukupno na dnu priboja}$$

$$p_{a2.2} := p_{a1.2} = 11.822 \frac{kN}{m^2} \quad \text{za pravougaoni deo}$$

$$p_{a2.3} := p_{a2} - p_{a2.2} = 28.718 \frac{kN}{m^2} \quad \text{za trougaoni deo}$$

Sile aktivnog pritiska tla

sila iznad NPV - dijagram pritiska oblika "mašnice"

deo koji deluje ka tlu, u gornjem delu, se zanemaruje (tlo ne može da vuče priboj ka sebi)

deo pritiska koji deluje ka priboju, u donjem delu, na visini iznad NPV $x_1 := \frac{|p_{a1.1}|}{|p_{a1.1}| + |p_{a0}|} \cdot h_1 = 0.737 \text{ m}$

trougao napon pritiska ka priboju

$$E_{a1} := \frac{p_{a1.1} \cdot x_1}{2} = 2.613 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu trougla, od razupirača

$$e_{Ea1.A} := h_1 - h_A - \frac{x_1}{3} = 0.754 \text{ m}$$

sila ispod NPV - trapezni oblik dijagrama pritiska

pravougaoni deo

$$E_{a2} := p_{a2.2} \cdot x = 94.574 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu pravougaonika, od razupirača

$$e_{Ea2.A} := h_1 - h_A + \frac{x}{2} = 5 \text{ m}$$

trougao deo

$$E_{a3} := \frac{p_{a2.3} \cdot x}{2} = 114.873 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu trougla, od razupirača

$$e_{Ea3.A} := h_1 - h_A + \frac{2}{3} \cdot x = 6.333 \text{ m}$$

Pasivni otpori tla - s prednje strane priboja

$$\gamma_{g.stab.A1} = 1 \quad \gamma_{R2.ot} = 1.4$$

koef. pasivnog otpora tla

$$k_{p2} := \tan\left(45^\circ + \frac{\varphi_2}{2}\right) = 3.255$$

 $z_0 := 0 \text{ m}$

$$p_{p0} := \frac{\gamma_{g.stab.A1} \cdot \gamma'_2 \cdot z_0 \cdot k_{p2}}{\gamma_{R2.ot}} = 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

 $z_1 := h_{p.b} = 5.5 \text{ m}$

$$p_{p1} := \frac{\gamma_{g.stab.A1} \cdot \gamma'_2 \cdot z_1 \cdot k_{p2}}{\gamma_{R2.ot}} = 127.859 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Sila pasivnog otpora tla - trougaoni oblik dijagrama pritiska

$$E_p := \frac{p_{p1} \cdot h_{p.b}}{2} = 351.612 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu trougla, od razupirača

$$e_{Ep.A} := H_1 - h_A + \frac{2}{3} \cdot h_{p.b} = 7.167 \text{ m}$$

Pritisci od spoljnog opterećenja - u zaleđu priboja

$$\gamma_{p.dst.A1} = 1.5$$

pošto u zadatku nije naglašeno da li je spoljašnje opterećenje stalno ili povremeno, razmatrač se slučaj da je ono povremenog karaktera, jer je to nepovoljnije za stabilnost priboja

iznad NPV

$$p_{q1} := \gamma_{p.dst.A1} \cdot q \cdot k_{a1} = 5.633 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

ispod NPV

$$p_{q2} := \gamma_{p.dst.A1} \cdot q \cdot k_{a2} = 4.609 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Sile pritiska od spoljnog opterećenja - pravougaoni oblik dijagrama pritiska

iznad NPV

$$E_{q1} := p_{q1} \cdot h_1 = 8.449 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu pravougaonika, od razupirača

$$e_{Eq1.A} := \frac{h_1}{2} - h_A = 0.25 \text{ m}$$

ispod NPV

$$E_{q2} := p_{q2} \cdot x = 36.871 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

deluje u težištu pravougaonika, od razupirača

$$e_{Eq2.A} := h_1 - h_A + \frac{x}{2} = 5 \text{ m}$$

Hidrodinamički pritisci vode - u zaleđu i s prednje strane priboja

$$\gamma_{g.dst.A1} = 1.35 \quad \gamma_{g.stab.A1} = 1$$

$$\text{hidraulični gradijent} \quad i := \frac{H}{H + 2 \cdot h_s} = 0.231 \quad \text{dužina puta vode} \quad L := H + 2 \cdot h_s = 13 \text{ m}$$

$$x = H + h_s \quad L = x + h_s$$

$$\text{u zaleđu priboja} \quad h_{ws} := x = 8 \text{ m} \quad p_{hd.ws} := \gamma_{g.dst.A1} \cdot (1 - i) \cdot \gamma_w \cdot h_{ws} = 83.077 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{s prednje strane priboja} \quad h_{wu} := h_s = 5 \text{ m} \quad p_{hd.wu} := \gamma_{g.stab.A1} \cdot (1 + i) \cdot \gamma_w \cdot h_{wu} = 61.538 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{treba primetiti da je:} \quad (1 - i) \cdot \gamma_w \cdot h_{ws} = (1 + i) \cdot \gamma_w \cdot h_{wu}$$

Sile hidrodinamičkog pritiska vode - trougaoni oblici dijagrama pritiska

$$\text{u zaleđu priboja} \quad E_{hd.ws} := \frac{p_{hd.ws} \cdot h_{ws}}{2} = 332.308 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu trougla, od razupirača} \quad e_{Ehd.ws.A} := h_1 - h_A + \frac{2}{3} \cdot x = 6.333 \text{ m}$$

$$\text{s prednje strane priboja} \quad E_{hd.wu} := \frac{p_{hd.wu} \cdot h_{wu}}{2} = 153.846 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{deluje u težištu trougla, od razupirača} \quad e_{Ehd.wu.A} := H_1 - h_A + \Delta h + \frac{2}{3} \cdot h_s = 7.333 \text{ m}$$

Statička stabilnost priboja

Uslov ravnoteže momenata se postavlja za tačku A na mestu razupirača ($M > 0$ u smeru suprotno od kazaljke sata)

$$\Sigma M_A := -E_{a1} \cdot e_{Ea1.A} - E_{a2} \cdot e_{Ea2.A} - E_{a3} \cdot e_{Ea3.A} + E_p \cdot e_{Ep.A} + (-E_{q1} \cdot e_{Eq1.A} - E_{q2} \cdot e_{Eq2.A} - E_{hd.ws} \cdot e_{Ehd.ws.A} + E_{hd.wu} \cdot e_{Ehd.wu.A}) = 154.634 \frac{\text{kN} \cdot \text{m}}{\text{m}}$$

S obzirom da je uslov ravnoteže momenata u tački A pisan tako da su stabilizujući momenti veći od nule, a rezultat je pozitivan, znači da su stabilizujući momenti (usled sila sa unutrašnje strane priboja) veći, odnosno da je **statička stabilnost priboja zadovoljena**.

Uslov ravnoteže horizontalnih sila daje potrebnu vrednost sile u razupiraču (deluje ka priboju)

$$potA := E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} - E_p + E_{q1} + E_{q2} + E_{hd.ws} - E_{hd.wu} = 84.23 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad A = 85 \text{ kN}$$

Dakle, stvarna vrednost sile u razupiraču je dovoljna za ovu dubinu zabijanja priboja.

Hidraulička stabilnost priboja

$$\gamma_{g.dst.H} = 1.35$$

$$\gamma_{g.stab.H} = 0.9$$

Sigurnost od pojave sufozije u tlu

$$\text{strujni pritisak u tlu} \quad u_{dst} := \gamma_{g.dst.H} \cdot i \cdot \gamma_w = 3.115 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad i = \frac{H}{L} = \frac{H}{h + 2 \cdot h_s} = 0.231$$

$$\text{težina tla} \quad \sigma_{std} := \gamma_{g.stab.H} \cdot \gamma'_2 = 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad u_{dst} \leq \sigma_{std} \quad stvF_s := \frac{\sigma_{std}}{u_{dst}} = 2.889$$

Sigurnost od proloma dna iskopa

$$\text{uzgon proloma dna} \quad S_{dst} := \gamma_{g.dst.H} \cdot \frac{H}{2} \cdot \gamma_w = 20.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{težina stuba tla} \quad G_{std} := \gamma_{g.stab.H} \cdot h_s \cdot \gamma'_2 = 45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad S_{dst} \leq G_{std} \quad stvF_s := \frac{G_{std}}{S_{dst}} = 2.222$$