



Univerzitet u Beogradu – Građevinski
fakultet www.grf.bg.ac.rs

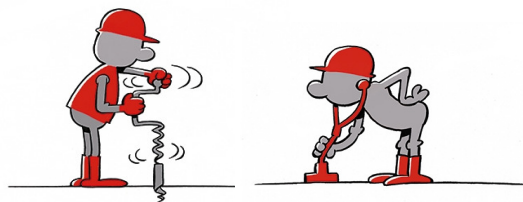
Studijski program: **GRAĐEVINARSTVO**
Modul: **Zajedničke osnove**
Godina/Semestar: **2. godina / 3. semestar**
Naziv predmeta (šifra): **MEHANIKA TLA (B3O2MT)**
Nastavnik: **doc. dr Sanja Jocković**
Naslov predavanja: **NOSIVOST TLA**
Datum: **15.4.2024.**

Beograd, 2024.

Sva autorska prava autora prezentacije i/ili video snimaka su zaštićena. Snimak ili prezentacija se mogu koristiti samo za nastavu na daljinu studenta Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu u školskoj 2020/2021 i ne mogu se koristiti za druge svrhe bez pismene saglasnosti autora materijala.

Predavanja iz mehanike tla
Školska 2023/24.

NOSIVOST TLA

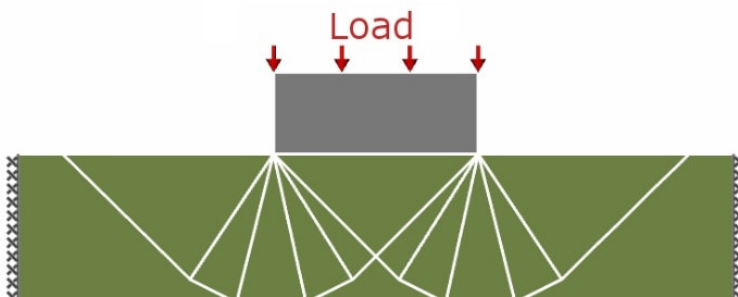
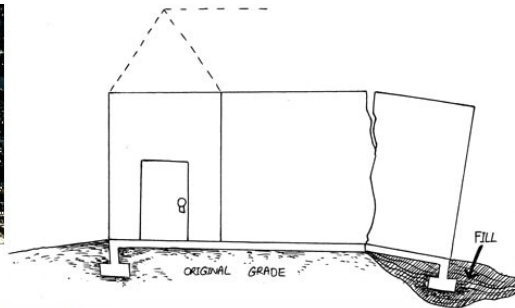


UVOD

- Temelj mora da zadovolji dva osnovna uslova:
 1. Veličine sleganja treba da budu u dopuštenim granicama
 2. Faktor sigurnosti na prolom temeljnog tla mora biti dovoljno visok; najčešće se zahteva $F_s = 2$ do 3, odnosno da se tlo može opteretiti sa 1/3 do 1/2 graničnog opterećenja koje bi izazvalo prolom tla.
- Drugi uslov, koji podrazumeva i određivanje granične nosivosti temeljnog tla, razmatra se tokom ovog predavanja.



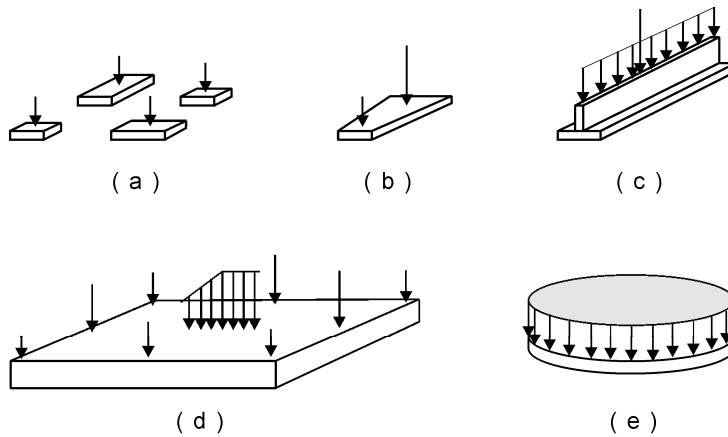
NOSIVOST TLA



NOSIVOST TLA**POBOLJŠANJE TLA****METHODS OF IMPROVING
THE SOIL BEARING CAPACITY**

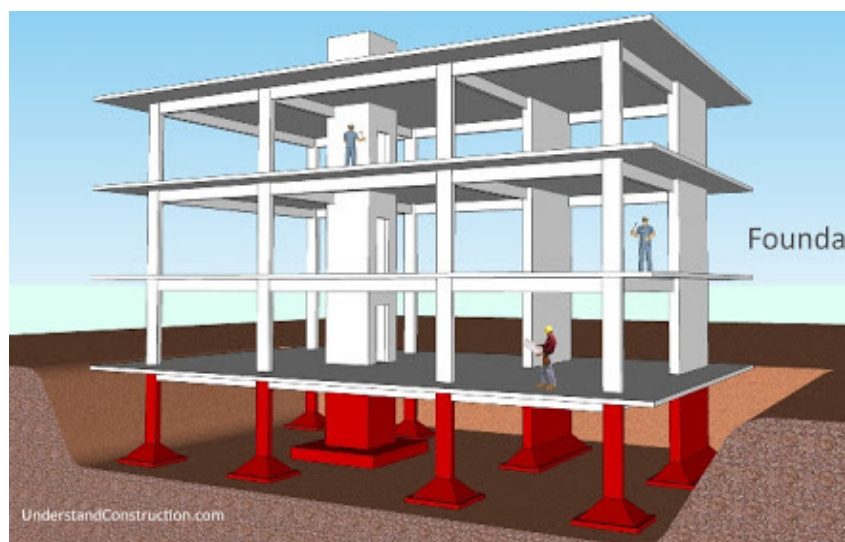
TEMELJI

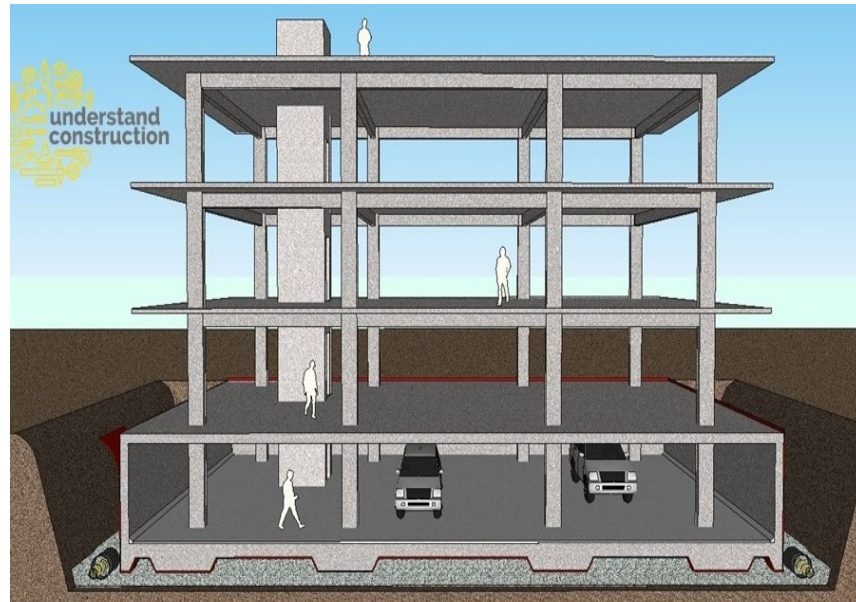
- Temelji su delovi građevinske konstrukcije koji prenose opterećenja objekta na podlogu, koja može biti tlo ili stena.
- Konstruktivni oblici temelja prikazani na Slici zavise od vrste opterećenja i karakteristika temeljnog tla.



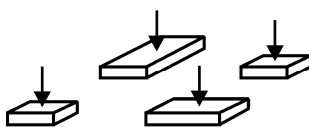
TEMELJI

Plitko fundiranje

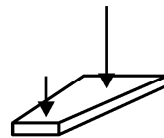


TEMEIJI**TEMEIJI**

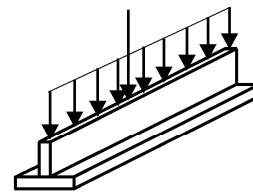
- Pojedinačne sile mogu se na tlo preneti pojedinačnim temeljima, tj. **temeljima "samcima"** (Slika a) koji u takvim slučajevima obično nose po jedan stub.
- Dve ili više sile različitog intenziteta mogu se preneti na **"kombinovani" temelj** (Slika b).
- Linijska opterećenja i eventualne koncentrisane sile na tlo se prenose dugim, tj. **"trakastim" temeljima**. Trakasti temelj obično prenosi opterećenje kontinualnog zida i eventualna mestimična koncentrisana opterećenja stubova (Slika c).
- U slučaju temelja samaca, kombinovanih temelja i trakastih temelja, ceo objekat je oslonjen na nekoliko temelja ili na većem broju temeljnih površina.



(a)



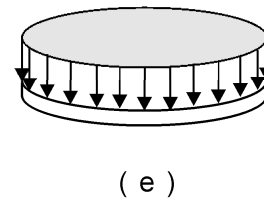
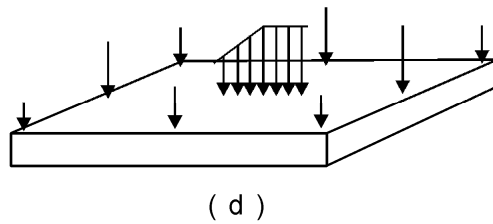
(b)



(c)

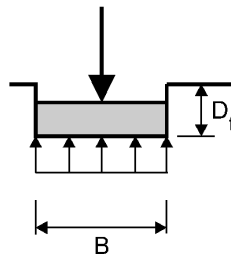
TEMEIJI

- Trakasti temelji mogu biti kombinovani sa samcima, temeljna konstrukcija može biti i niz paralelnih trakastih temelja. U nekim slučajevima može se predvideti sistem ortogonalnih trakastih temelja koji čine "**roštilj**", iako analize često pokazuju da je tada povoljnije predvideti **kontinualnu ploču** ispod celog objekta (Slika d).
- Oblik osnove temelja zavisi od raspodele opterećenja. Nisu retki ni temelji **kružnog oblika**, prema Slici e, karakteristični za rezervoare i silose.



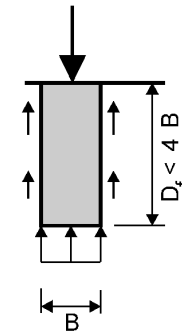
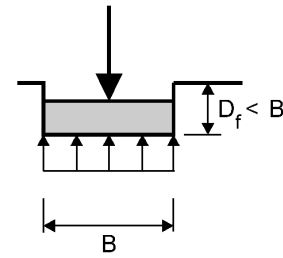
TEMEIJI

- Temeljna spojnica u kontaktu sa tlom nije gotovo nikad na prirodnoj površini terena, već se izvodi na nekoj **dubini fundiranja D_f** .
- Zavisno od odnosa minimalne dimenzije temelja u osnovi B i dubine D_f , temelji se mogu podeliti na tri osnovne grupe:
 1. Plitki temelji (samac, trakasti, temeljni roštilj, temeljna ploča)
 2. Polu-duboki temelji (masivni temelji, bunari, kesoni)
 3. Duboki temelji (šipovi, betonske dijafragme, priborji od čelika, drveta ili betona i kesoni)



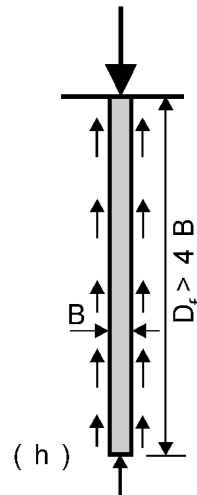
TEMELJI

- **Plitak temelj**, kada je $D_f / B < 1$, prenosi opterećenje preko horizontalne površine u direktnom kontaktu sa tlom tako da su naponi po vertikalnim kontaktima između temelja i okolnog tla zanemarljivi.
- Ukoliko je $D_f / B = 1$ do 4, temelj se može klasifikovati kao **polu-dubok**, a izvestan deo vertikalnog opterećenja se sa temelja prenosi i preko vertikalnog kontakta temeljnog bloka i okolnog tla. Konstruktivni oblici ovakvih temelja se često nazivaju masivnim temeljima, bunarima, kesonima, zavisno od dimenzija i načina izrade.



TEMELJI

- U slučaju da je $D_f / B > 4$, temelj se klasifikuje kao dubok, a ukupno opterećenja na tlo se prenosi preko osnove (baze) i smičućim naponima po kontaktu vertikalnih površina temelja i okolnog tla. Konstruktivni oblici dubokih temelja su najčešće šipovi, betonske dijafragme, priborji od čelika, drveta ili betona i kesoni.



TEMELJI

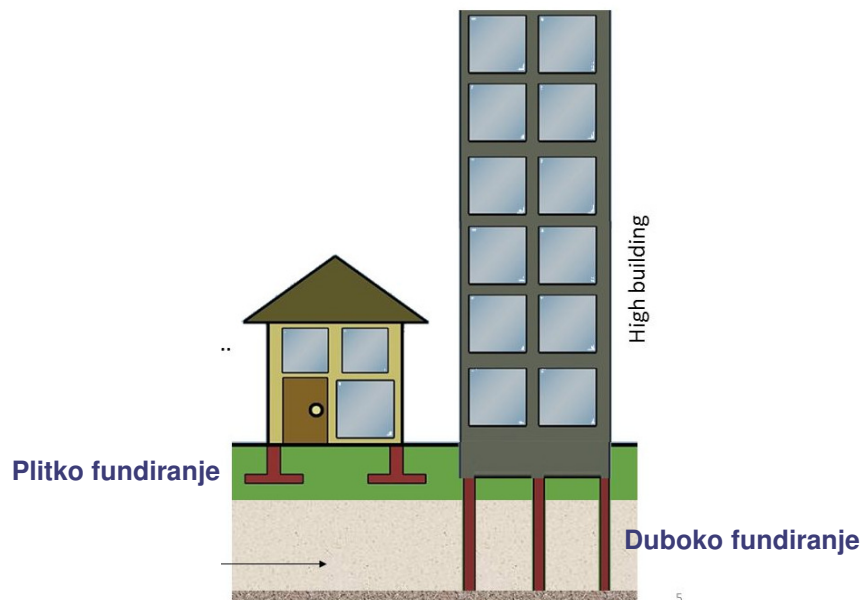
- Podrazumeva se da temelji, osim vertikalnih opterećenja, na tlo prenose i eventualne horizontalne sile i momente.
- **Složeni problemi interakcija temelja i okolnog tla, kao i konstruktivno dimenzionisanje temelja, spadaju u područje građevinske geotehnike, u tehničku disciplinu koja se naziva fundiranje ili temeljenje.**



OSNOVE GEOTEHNIČKIH KONSTRUKCIJA (5. semestar)

TEMELJI



TEMEJI**Temelj vetrogeneratora****TEMEJI**

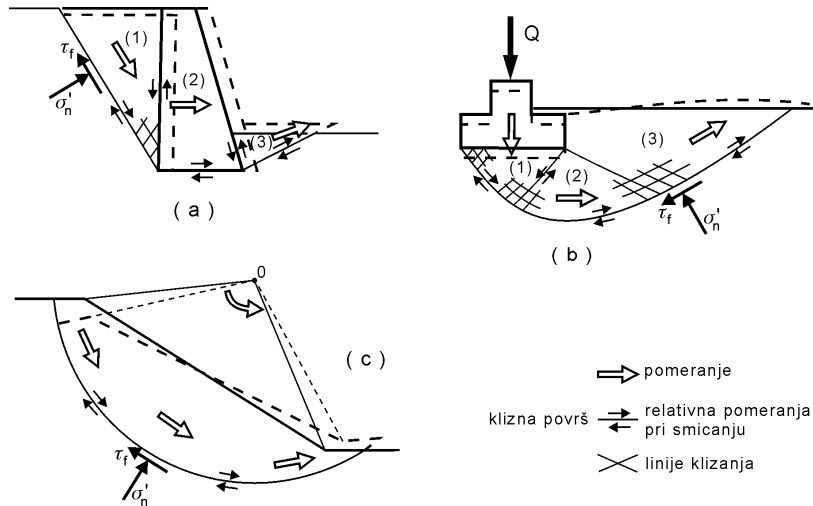
TEMELJI**Duboko fundiranje****UVOD**

- Temelj mora da zadovolji dva osnovna uslova:
 1. Veličine sleganja treba da budu u dopuštenim granicama
 2. Faktor sigurnosti na prolom temeljnog tla mora biti dovoljno visok; najčešće se zahteva $F_s = 2$ do 3, odnosno da se tlo može opteretiti sa $1/3$ do $1/2$ graničnog opterećenja koje bi izazvalo prolom tla.
- Drugi uslov, koji podrazumeva i određivanje granične nosivosti temeljnog tla, razmatra se tokom ovog predavanja.



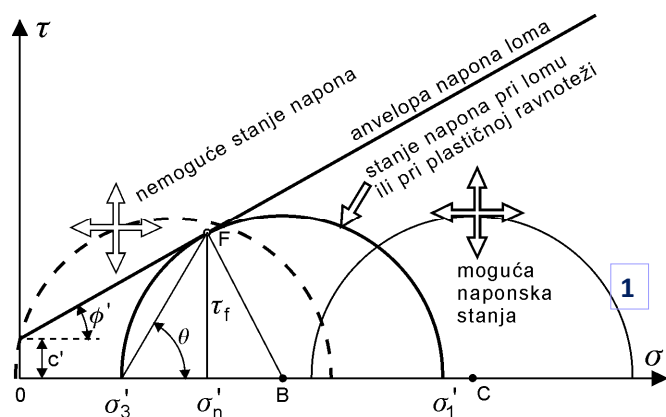
UVOD

- Tipični primeri, u kojima je najvažnija karakteristika tla smičuća čvrstoća tla su **analiza gravitacionih potpornih konstrukcija** (Slika a), **nosivost tla** (Slika b) i **stabilnosti kosina** (Slika c).



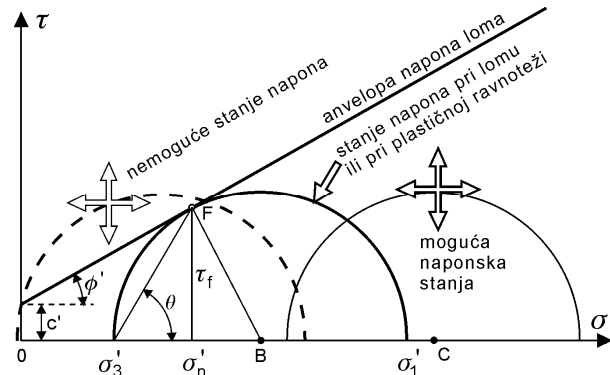
GRANIČNA STANJA I PLASTIČNA RAVNOTEŽA

- Izračunata naponska stanja definisana veličinama glavnih napona, mogu se klasifikovati u **tri grupe**
- Prva grupa naponskih stanja** se može opisati skupom svih Morovih krugova napona koji se nalaze ispod anvelope napona loma. Sva takva stanja napona su moguća. Može očekivati da deformacije i pomeranja neće biti toliko velike da bi mogle biti štetne.



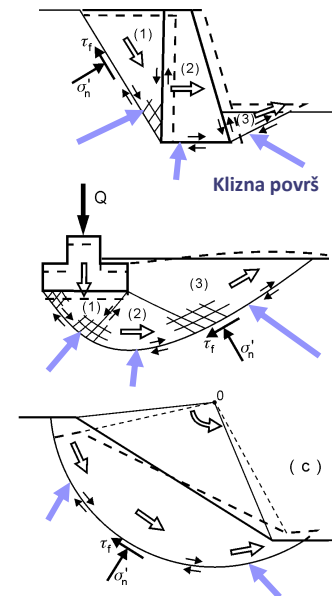
GRANIČNA STANJA I PLASTIČNA RAVNOTEŽA

- **Druga grupa naponskih stanja** se može opisati Morovim krugovima za koje je anvelopa napona loma tangenta. U tački pri takvom naponskom stanju preovlađuju velike smičuće deformacije, element tla se nalazi u stanju loma, ili u okvirima plastičnog ponašanja, u stanju plastične ravnoteže.
- Za linearnu anvelopu definisanu parametrima smičuće otpornosti za efektivne napone ϕ' i c' postoji lokalna klizna površ na koju deluju normalni napon σ'_n i smičući napon pri lomu τ_f .
- **Treća grupa** eventualno izračunatih naponskih stanja, opisana Morovim krugovima koji bi sekli anvelopu napona loma, ne može se smatrati ispravnom



GRANIČNA STANJA I PLASTIČNA RAVNOTEŽA

- U stanju plastične ravnoteže veoma često, ali ne i uvek, može doći do velikih pomeranja, klizanja mase tla po kontinualnoj kliznoj površi, koja se ponekad mogu tolerisati, a ponekad znače neprihvatljivo rušenje.
- Pomeranja nastaju po **kliznoj površi** (prikazana plavim strelicama) koja odvaja klizno telo od nepokretne mase tla i tada se govori o **graničnoj ravnoteži mehanizma loma**.
- **Plastična ravnoteža dostignuta je duž cele ograničavajuće klizne površi**. Pojedine zone unutar kliznog tela nisu, ili ne moraju biti, u stanju plastične ravnoteže, iako je nestabilan mehanizam formiran.



GRANIČNA STANJA I PLASTIČNA RAVNOTEŽA

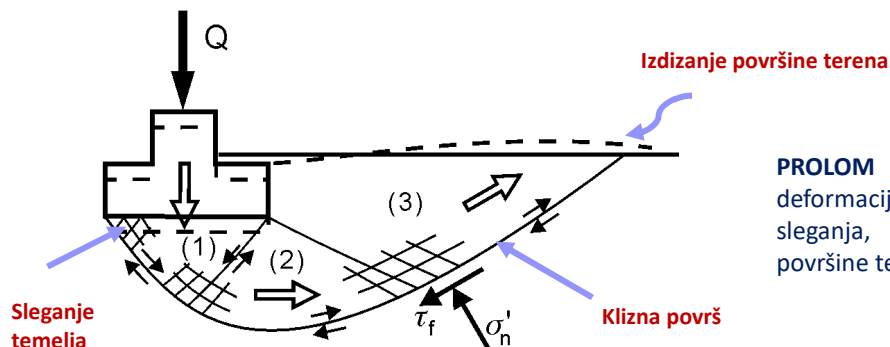


- Metode koje se zasnivaju na određivanju komponentalnih napona na kliznoj površi, uz poređenje sa čvrstoćom tla, nazivaju se **METODAMA GRANIČNE RAVNOTEŽE** i predstavljaju jedan od oblika analize plastične ravnoteže u mehanici ponašanja mase tla!!!
- Zajednička osobina ove grupe metoda je da se u definiciji problema ne pojavljuju veličine deformacija već figurišu samo čvrstoća tla, uslovi ravnoteže i mehanizam loma!!!

PROLOM TEMELJNOG TLA



- Veoma je značajno pitanje do koje veličine kontaktnog napona se može opteretiti tlo prema Slici, a da se pri tome ne izazove prolom temeljnog tla.



PROLOM TLA - velike distorzijske deformacije tla i nekontrolisano velika sleganja, može doći i do izdizanja površine terena u okolini temelja

- **PROLOM TLA** - temelj se utiskuje naniže potiskujući prizmu tla klinastog oblika (1) koja izaziva predominantno rotirajuće pomeranje sa značajnom horizontalnom komponentom zone (2), da bi se površina tla na izvesnom odstojanju od temelja koso izdizala usled vertikalne komponente pomeranja bloka (3).

PROLOM TEMELJNOG TLA

- Po definiciji, granična nosivost tla je: $q_f = \frac{Q_f}{A}$

- Svi temelji moraju imati izvesnu sigurnost protiv proloma temeljnog tla tako da je dopušteno opterećenje:

$$q_a = \frac{q_f}{F_s}$$

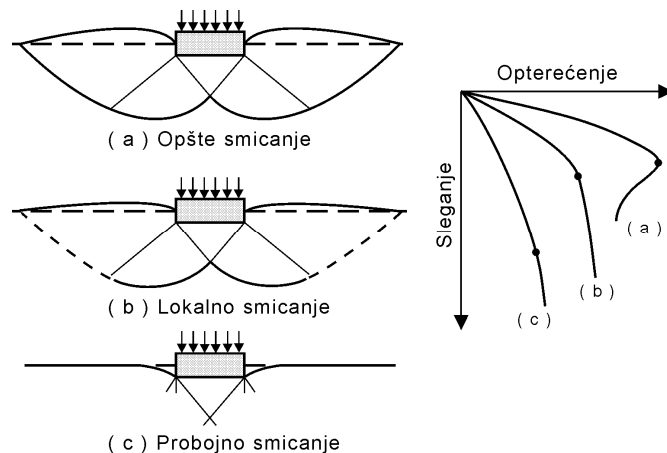
gde je F_s faktor sigurnosti definisan odnosom $F_s = q_f/q_a$.

- Ovo je najjednostavnija, ali ne i jedina moguća definicija faktora sigurnosti.

PROLOM TEMELJNOG TLA

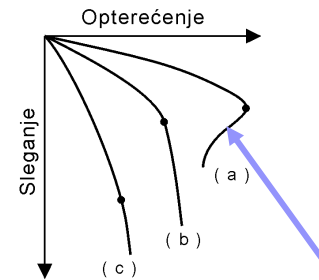
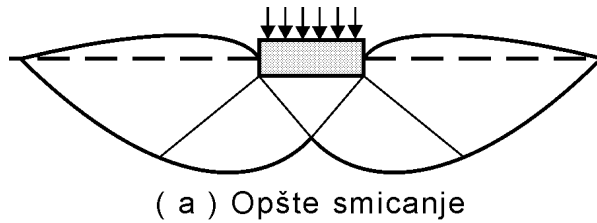
- Prolom temeljnog tla nastaje usled smičućeg loma u tlu u području opterećenja!!!
- Tri osnovna oblika loma se mogu opisati kao **opšti smičući lom**, **lokalni smičući lom** i **probajni smičući lom**.

- Na Slici prikazani su oblici proloma temeljnog tla u funkciji opterećenja za temelje na suvom pesku različitih zbijenosti koje je modelskim ispitivanjima dobio **Vesić (1963)**, a potvrđena su i ispitivanjima mnogih istraživača.



PROLOM TEMELJNOG TLA

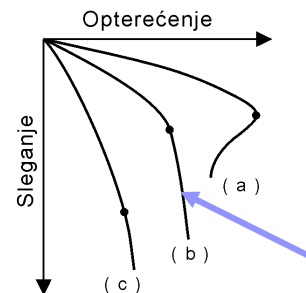
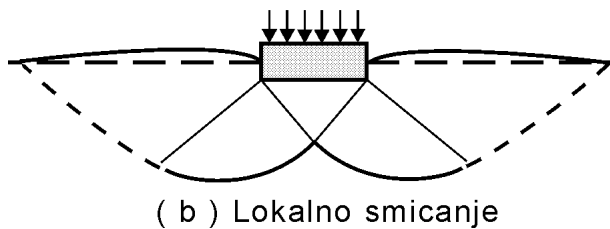
- **Opšti smičući lom** nastaje u slučaju stope na **zbijenom pesku** koji je karakterističan po jasno definisanoj kliznoj površi.
- Ispod stope se formira "klin" tla koji simetrično u približno spiralnom obliku prelazi u drugi klin ograničen kliznom površi i površinom terena.
- Tlo ispod stope tone, a u neposrednoj okolini se izdiže. Sleganje se povećava skoro linearno do relativno velikog opterećenja, prve plastifikacije se pojavljuju u području ivica stope



- Opterećenje dostiže maksimalnu veličinu nakon čega sila opada. Po obliku se ova zavisnost može opisati krto-plastičnim ponašanjem.

PROLOM TEMELJNOG TLA

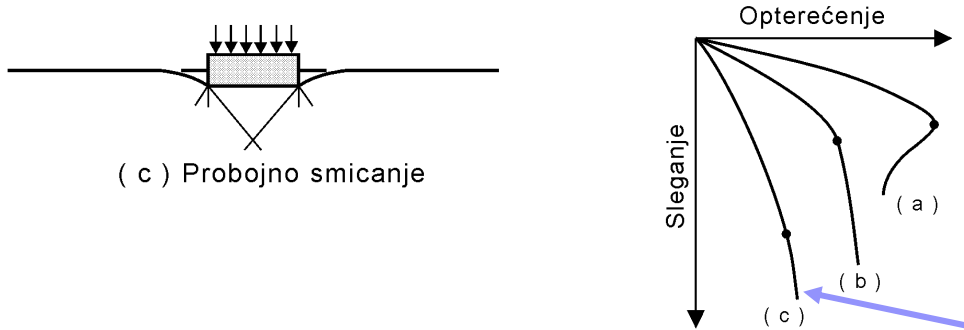
- Pojavljuje se vidljivo izdizanje površine tla pored ivica stope. Formira se prizmatični klin i samo deo zakrivljenih površi, koje se ne nastavljaju pasivnim klinovima do površine terena već samo do linije koja polazi od ivice temelja. Tada se govori o **lokalnom lomu**. Ovaj oblik loma je negde između opšteg i probojnog smicanja.



- Za temelj na **srednje zbijenom pesku** dobija se jasan prelom na krivoj opterećenje sleganje kojoj odgovara formiranje klizne površi sa ograničenim prostiranjem, a zatim se sleganje nastavlja do globalnog smičućeg loma tla.

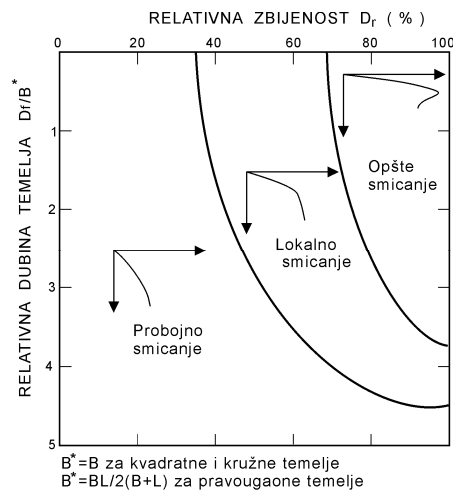
PROLOM TEMELJNOG TLA

- **Probojno smicanje**, nasuprot opšteg, nije lako uočiti.
- Pri porastu opterećenja, sleganje je praćeno vertikalnom kompresijom tla ispod stope.
- Temelj kontinualno tone uz vertikalno smicanje tla po ivicama temelja. Tlo izvan opterećenog dela kao da ne učestvuje u procesu deformisanja i praktično nema pomeranja površine tla pored temelja.



PROLOM TEMELJNOG TLA

- Na osnovu eksperimentalnih istraživanja i ispitivanja na peskovima (Vesić 1975), konstruisan je dijagram prikazan na Slici. Treba na ovom dijagramu uočiti da, za sve relativne dubine veće od oko 4.5, što približno odgovara dubini polu-dubokog temelja, dolazi samo do probojnog loma, nezavisno od stanja zbijenosti tla.



PROLOM TEMELJNOG TLA

- Za svaki realni temelj postoji izvestan nivo opterećenja za koji su sleganja velika ili se njihove veličine veoma teško mogu predvideti. **Ovo opterećenje se naziva graničnom nosivošću tla.**
- Generalno, za graničnu nosivost se uzima veličina opterećenja koja izaziva lokalni lom tla, tj. opterećenje pri kojem se uočava prelom u krivoj opterećenje sleganje.
- Korisno je znati veličinu sleganja koja je dovoljna za mobilizaciju granične nosivosti. Merenja pri ispitivanju nosivosti temelja na **površini zasićene gline** su pokazala da se obično radi o **3% do 7% širine temelja**, dok se lom za opterećenja na **dubini dostiže pri oko 15% širine temelja**.
- Za temelje na **pesku** merene su veće vrednosti i one se kreću u granicama **5% do 15% za plitke temelje** i čak **do 25% za duboke**.
- **U slučaju da se maksimum opterećenja ne može pouzdano ustanoviti, kritično sleganje temelja se može usvojiti u veličini od 10% širine temelja.**

METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

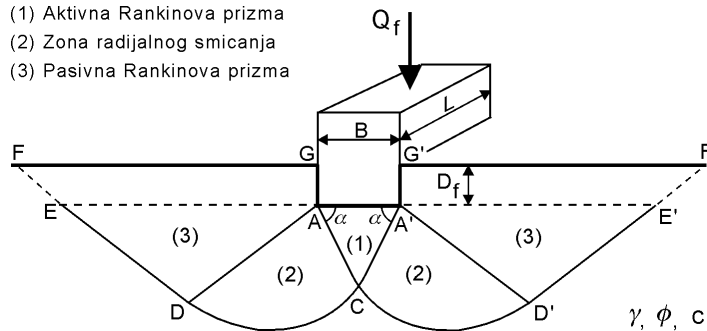
- Za rešavanje problema granične nosivosti ne postoje rigorozna rešenja, tako da se koriste **približne metode**.
- **Pri tome se:**
 - primenjuje metodologija plastične ravnoteže
 - razmatra ravan problem, koji odgovara temeljima oblika trake
 - vrše korekcije empirijskim koeficijentima za stope drugih proporcija, kao što su pravougaoni, kružni ili kvadratni temelji.



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Problem se postavlja na način prikazan na Slici. Temelj širine B i dužine L se obično se postavlja na izvesnoj dubini D_f .
- Tlo je homogeno i ograničeno beskonačnim poluprostorom. Jedinična težina je γ , a smičuća čvrstoća je definisana Mor-Kulonovom linearnom anvelopom sa parametrima ϕ i c . **Zadatak je da se odredi granično opterećenje tla $q_f = Q_f / (B \cdot L)$**

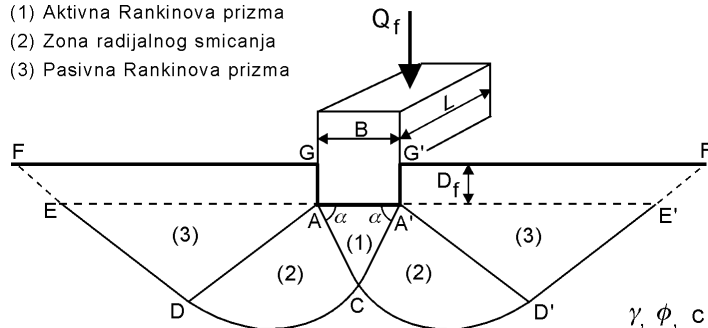
- (1) Aktivna Rankinova prizma
- (2) Zona radijalnog smicanja
- (3) Pasivna Rankinova prizma



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

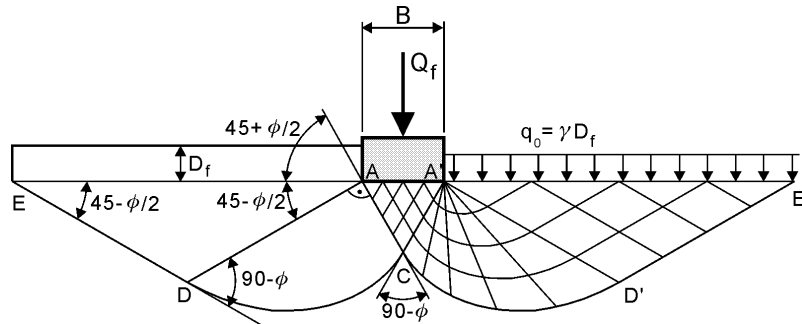
- U teorijskom rešavanju zadatka, radi pojednostavljenja, koriste se sledeće pretpostavke:
 - čvrstoća tla na delu klizne površi EF i $E'F'$ između površine terena i dubine D_f može se zanemariti
 - naponi smicanja na vertikalnom kontaktu temelja i tla AG i $A'G'$ su jednaki nuli
 - dužina temelja L je velika u odnosu na širinu temelja B - ravan problem.
 - tlo iznad nivoa temeljne spojnice AA' uzima se u obzir samo kao nadopterećenje koje deluje na dubini D_f i iznosi $q_0 = \gamma D_f$. Ovo je prihvatljiva pretpostavka za plitke temelje kada je $D_f < B$.

- (1) Aktivna Rankinova prizma
- (2) Zona radijalnog smicanja
- (3) Pasivna Rankinova prizma



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- **Prandtl (1920)** je, razmatrajući ravan problem proboja metala po metodi klasične teorije plastičnosti, razvio postupak koji primenjen u mehanici tla podrazumeva pretpostavke da je **homogeno i izotropno tlo bez težine ($\gamma = 0$)**, i da je temelj **krut i potpuno gladak**.
- Trakast temelj širine B i velike dužine opterećuje tlo ravnomerno podeljenim naponom q_f , dok je površina tla u okolini temelja opterećena jednako podeljenim opterećenjem q_0 .



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Za prethodno opisani mehanizam loma i Mor-Kulonov zakon loma Prandtl (1920) i Reissner (1924) predlažu izraz:

$$q_f = c N_c + q_0 N_q$$

gde su N_q i N_c **faktori nosivosti** po Prandtl-Reissner-u, koeficijenti bez dimenzija koji zavise samo od ugla smičuće otpornosti ϕ i definišu se sledećim izrazima:

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2(45^\circ + \phi/2) \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

- Očigledno je da izrazu za q_f treba neka korekcija jer bi se za nevezan pesak, kada je $c = 0$, ukoliko se temelj nalazi na površini tla i ako ne postoji opterećenje q_0 , dobilo da je i nosivost jednaka nuli. Da bi se ova nelogičnost ispravila, **treba odrediti doprinos sopstvene težine tla** između klizne površi i ravni koja se nalazi u nivou temeljne spojnice ukupnoj graničnoj nosivosti.
- U slučaju da je $c = 0$ i $q_0 = 0$ može se pokazati da izraz za graničnu nosivost tla, koje ima čvrstoću trenja izraženu uglom ϕ i jediničnu težinu γ , ima oblik:

$$q_f = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \quad \mathbf{N_\gamma \text{ faktor nosivosti}}$$

METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Kombinovanjem prethodnih izraza, granična nosivost tla ispod plitkog trakastog temelja opterećenog vertikalnom centričnom silom može se opisati opštom jednačinom Terzaghi-ja (1943) u obliku:

$$q_f = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + c N_c + \gamma D_f N_q$$



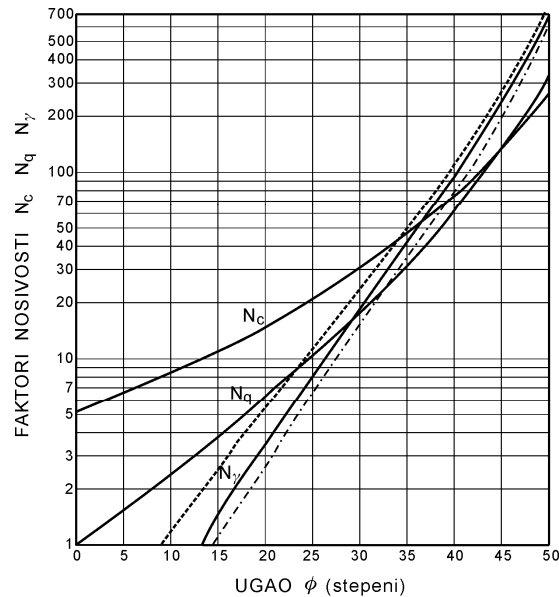
- Prvi član predstavlja doprinos graničnoj nosivosti sopstvene težine tla γ ispod nivoa temeljne spojnice, drugi član opisuje doprinos kohezije c , a treći učešće nadopterećenja q_0 na nivou temeljne spojnice.
- Treba imati u vidu da je ovakva superpozicija nekorektna sa tačke gledišta tačne teorije plastičnosti, osim u slučaju kada je $\phi = 0$ i $q_0 = 0$. Međutim, svaka greška koja iz toga proizlazi je reda veličine do 20% -25% na strani sigurnosti
- Izvorna teorija Terzaghija ne može da obuhvati neke granične uslove kao što su kosa i ekscentrična opterećenja, koja se veoma često pojavljuju u praktičnim problemima.

METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- U pogledu izraza za N_γ ne postoji konsenzus, osim delimične saglasnosti da se faktor N_γ može izraziti faktorom N_q .
- Hansen (1968): $N_\gamma = 1.80(N_q - 1) \tan \phi$
- Prema Meyerhofu (1963): $N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \phi)$
- Hansen (1970) revidira svoj raniji predlog: $N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan \phi$
- Prema Vesiću (1975): $N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi$
- EVROKOD 7: $N_\gamma = 2.0(N_q - 1) \tan \phi$

METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Izračunate vrednosti za navedene faktore nosivosti po izrazima prikazane su punim linijama dijagramom



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Nivo podzemne vode može znatno da utiče na nosivost plitkog temelja.
- Potapanjem tla **gubi se prividna kohezija** koja je pre potapanja mogla postojati usled kapilarnih efekata ili slabih cementacionih veza.
- Osim toga, **efektivna jedinična težina temeljnog tla se smanjuje** približno na polovinu jedinične težine tla iznad nivoa podzemne vode.
- Zbog toga se **proračun nosivosti tla radi za najviši mogući nivo podzemne vode**, imajući u vidu i privremene visoke nivoe koji se mogu očekivati na razmatranoj lokaciji usled eventualnih poplava ili izuzeno intenzivnih padavina.

$$q_f = \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + c N_c + \gamma D_f N_q$$

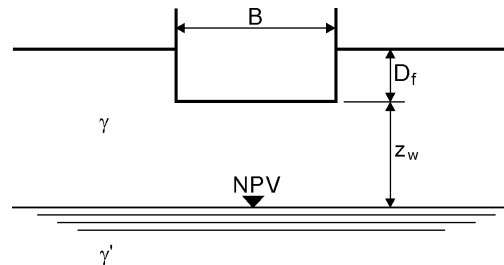
METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Ako je najviši moguć nivo podzemne vode na dubini $z_w \leq B$ ispod nivoa temeljne spojnice, efektivna jedinična težina tla uz faktor N_γ može se uzeti na osnovu izraza:

$$\gamma = \gamma' + (z_w/B)(\gamma - \gamma')$$

γ' potopljena jedinična težina tla

γ jedinična težina vlažnog tla iznad nivoa podzemne vode



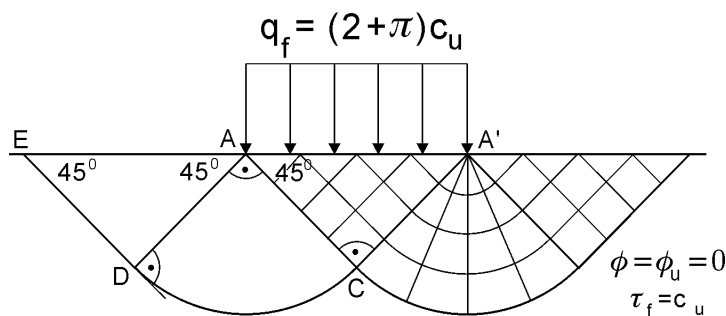
- Ukoliko je nivo podzemne vode na nivou temeljne spojnice ili iznad nje, u izrazima za proračun nosivosti tla treba koristiti jediničnu težinu tla u potopljenom stanju γ' :

$$q_f = \frac{1}{2} \gamma' B N_\gamma + c N_c + \gamma D_f N_q$$



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Jedno od retkih tačnih rešenja, primenom teorije plastičnosti može se dobiti za materijal bez trenja, kada je u nedreniranim uslovima $\phi_u = 0$ sa smičućom čvrstoćom u totalnim naponima $\tau_f = c_u$.
- Za trakasto opterećenje na površini tla uglovi $45^\circ + \phi/2$ i $45^\circ - \phi/2$ postaju 45° , a logaritamske spirale degenerišu u kružne lukove i dobija se mehanizam loma prikazan na Slici.



METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Faktor nosivosti se može odrediti nalaženjem veličine iz gornjeg izraza za N_c kada $\phi \rightarrow 0$ tako da se dobija da je $N_c = 2 + \pi$.
- Granično opterećenje** u ovom slučaju, **bez opterećenja u okolini temelja** q_0 je:

$$q_f = (2 + \pi) c_u \approx 5.14 c_u$$

- Ako se podsetimo da je nedrenirana kohezija jednaka polovini jednoaksijalne čvrstoće, $c_u = q_u/2$, zamena u gornji izraz daje:

$$q_f = 2.57 q_u$$

- Ako se usvoji faktor sigurnosti $F_s = 2.57$, što je vrednost u ranije pomenutim granicama za faktor sigurnosti 2 do 3, dobija se da je **dopušteno opterećenje tla**:

$$q_a = \frac{q_f}{F_s} \approx q_u$$

METODE ZA PRORAČUN NOSIVOSTI PLITKIH TEMELJA

- Veoma jednostavno i korisno rešenje za graničnu nosivost temelja na zasićenim glinama u nedreniranim uslovima ($\phi_u = 0$), dao je **Skempton (1951)** u obliku:

$$q_f = c_u N_c + \gamma D_f$$



gde faktor nosivosti N_c zavisi od oblika temeljne stope ($B < L$) i odnosa D_f/B . Za trakast temelj ($B/L = 0$) na površini terena faktor nosivosti proizilazi iz Prandtl-ovog rešenja da je $N_c = 2 + \pi \approx 5.14$.

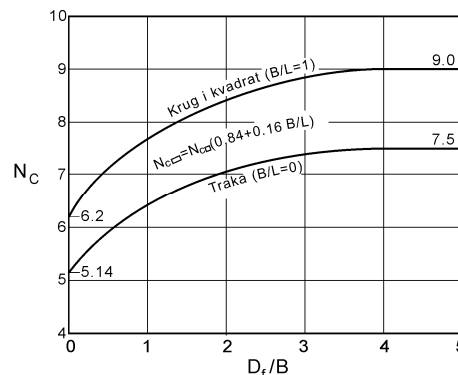
- Dopušteno opterećenje tla je:

$$q_a = \frac{c_u N_c}{F_s} + \gamma D_f$$



- Ako se **mobilisana nedrenirana kohezija** izrazi kao $c_{um} = c_u/F_s$, dopušteno opterećenje se može napisati i u obliku:

$$q_a = c_{um} N_c + \gamma D_f$$



EKSCENTRIČNO I KOSO OPTEREĆENJE PLITKIH TEMELJA



- U dosadašnjem prikazu nosivosti plitkih temelja razmatrano je samo vertikalno i centrično opterećenje beskonačno duge, trakaste temeljne stope. Ako je opterećenje koso ili ekscentrično, što je u praksi i čest slučaj, problem postaje složeniji.
- Da bi se dobio opštiji izraz za temelj koji se razlikuje od duge trake - faktori oblika temelja s_c , s_v i s_q .
- Doprinos smičuće čvrstoće tla iznad nivoa temeljne spojnice - faktori dubine d_c , d_v i d_q .
- U slučaju da je opterećenje centrično ali koso - faktori inklinacije i_c , i_v i i_q .
- Uvođenjem nevedenih faktora u osnovnu jednačinu Terzaghija, opšti izraz za graničnu nosivost tla pri kosom opterećenju, koji ove korekcije uzima u obzir, predložio je Hansen (1961) u obliku:

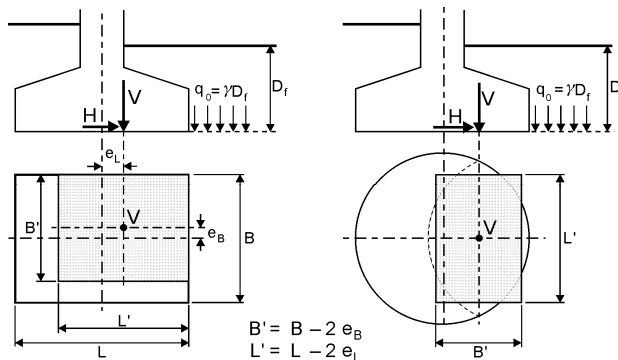
$$q_f = 0.5 \gamma B N_\gamma + c N_c + \gamma D_f N_q$$



$$q_f = 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma + c N_c s_c d_c i_c + \gamma D_f N_q s_q d_q i_q$$

EKSCENTRIČNO I KOSO OPTEREĆENJE PLITKIH TEMELJA

- Fiktivna efektivna dimenzija osnove temelja koja je datim ekscentričnim opterećenjem stope centrično opterećena.
- Tako je za trakast temelj efektivna širina $B' = B - 2e$, kao što je to pokazano na Slici



$$A' = B' \cdot L'$$

- Da bi se obezbedila dovoljna sigurnost protiv izdizanja ivice, obično se preporučuje da ekscentričnost ne bude veća od $B/6$, odnosno da sila deluje unutar jezgra površine temelja u kontaktu sa tlom.

