

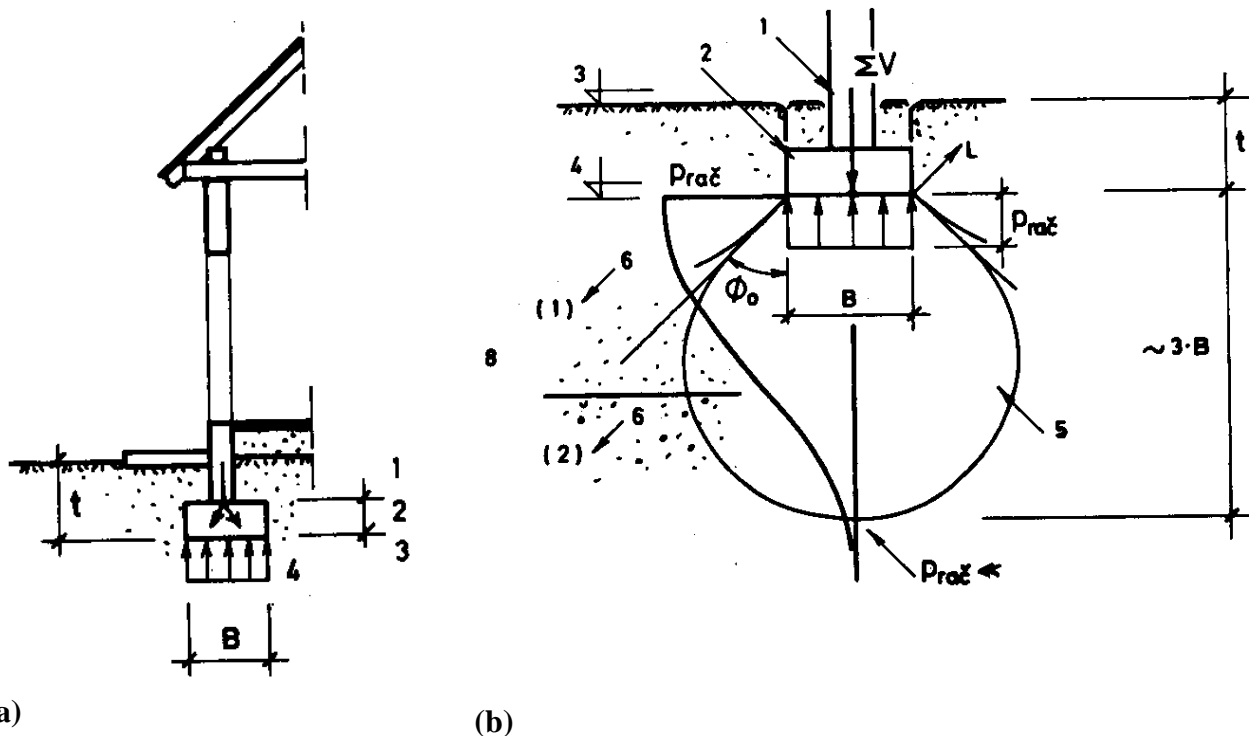
# Poglavlje 7 – PLITKO FUNDIRANJE. TRAKASTI TEMELJ.

## 7.1. UVOD

Fundiranje je disciplina inženjerske specijalnosti geotehnike. Geotehnika se bavi problemima vezanim za razna ispitivanja, projektovanja i građenja u tlu.

Fundiranje je nauka o projektovanju i građenju temelja. Pod temeljem se podrazumjeva dio konstrukcije koji prenosi opterećenje sa objekta na tlo ( slika 7.1a).

Temelj uspostavlja ravnotežu između opterećenja konstrukcije (odozgo) i reaktivnog opterećenja tla (odozdo). Konstrukcija nad temeljem, temelj i tlo ispod temelja moraju se posmatrati kao jedna cjelina. Zadatak nauke o fundiranju je da pokaže kako treba projektovati i graditi temelje.



(a) 1 – konstrukcija; 2 – temelj; 3 – tlo; 4 – reaktivno opterećenje tla

(b) 1-Objekat; 2 – temelj; 3 – teren; 4 – kota naliježujuće površine temelja; 5 – podloga; 6 – oznaka sloja tla

Sedimente, onakve kakve srećemo u prirodi, nazivaćemo tlom. Koriste se i izrazi zemljište, prirodne sredine, geološki kompleksi, geološke formacije, teren. U daljim izlaganjima zemljištem ćemo nazivati material iskopan iz tla, a terenom vidnu površinu tla.

Od opterećenja koje temelj predaje tlu, u tlu se mijenja postojeće ravnotežno stanje, ravnoteža napona u tlu. U tlu se javljaju dodatni naponi, a kao posledica i deformacije tla. Tačan raspored napona, pritisaka tla pod temeljem i rasprostiranje toga prititska u dublje slojeve tla pod temeljem, nažalost ne možemo odrediti. To zbog toga što na prednje utiče mnogo faktora.

Međutim, za svakodnevnne potrebe koristimo uprošćene obrasce. Svjesni smo da nisu tačni, ali su jednostavni i lako primjenljivi. Znači, najveće dodatno naprezanje u tlu javlja se na dubini t dubini fundiranja, to jest na kontaktu temelja it la, u naliježujućoj površini tla i dobijamo ga uprošćenim obrascem:

$$\sigma_{\text{rač.}} = \frac{\Sigma V}{F} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Idući dublje u tlo ovi pritisci opadaju. Prostor u tlu koji prima opterećenje temelja, nazovimo, u cilju uprošćavanja problema, podlogom.

Na skici 7.1b je prikazan uprošćen oblik i dimenzije zone tla, podloge koja uglavnom prima opterećenje sa temelja. Svakako da na veličinu i oblik ove zone tla utiče vrsta i slojevitost tla, dubina fundiranja, dimenzije i oblik naliježuće površine temelja i slično, što se sve detaljnije izučava u Mehanici tla. Ovde samo hoće da se naglasi da tlo ove zone moramo detaljnije poznavati, jer pomenuti dodatni naponi utiču na slijeganje tla, odnosno temelja i konstrukcije nad temeljem.

## 7.2. DOZVOLJENO OPTEREĆENJE TLA

Za pravilno projektovanje temelja moramo poznavati nosivost tla i slijeganje tla pod opterećenjem. Uobičajeno je da se veličine naliježućih površina temelja određuju prema dozvoljenim pritisima tla, a za usvojene dimenzije temelja izračunavaju se slijeganja. Međutim, sve više se ide ka tome da se veličine naliježućih površina temelja određuju iz unaprijed zadatih dozvoljenih slijeganja temelja, a za tako određene dimenzije temelja upoređuju se računski pritisci tla sa dozvoljenim.

Dozvoljeno opterećenje tla je njegova otpornost, nosivost, čvrstoća, slom podijeljena sa nekim faktorom sigurnosti.

Za određivanje dozvoljenog opterećenja tla ima više obrazaca, što se detaljno izučava u Mehanici tla. Ovde će se prikazati mogućnost korišćenja Tercagijeovog obrasca za određivanje nosivosti, graničnog pritiska tla, odnosno dozvoljenog pritiska.

Tercagijevim obrascem se izračunava otpornost, kritični, granični pritisak tla.

Za određivanje moći nošenja tla Tercagi je tlo podijelio u dvije grupe:

- tlo sa krtim lomom, i
- tlo sa plastičnim lomom.

Krt lom ima ono tlo koje se sporo sliježe kod nanošenja opterećenja, do pred sam slom tla. Plastičan slom tla ima ono tlo kod koga je prirast slijeganja kod nanošenja opterećenja postepen. Da li je neko tlo krtog ili plastičnog loma, na to pitanje daje odgovor Mehanika tla. Međutim, u nedostatku ovoga podatka možemo koristiti i podatke o zbijenosti ( $D_r$ ), odnosno indeksu konzistencije ( $J_c$ ) tla.

Tercagijev obrazac za određivanje dozvoljenog pritiska tla pod nekim temeljem površinskog fundiranja možemo napisati u sledećem obliku:

$$P_{\text{doz.}} = \frac{1}{F_s} (k_c \cdot c \cdot N_c + k_q \cdot q \cdot N_q + k_\gamma \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma) \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

U obrascu su:

$P_{\text{doz.}}$  – dozvoljeni pritisak tla;

$F_s$  – faktor sigurnosti;

$k_c, k_q, k_\gamma$  – koeficijenti oblika naliježuće površine temelja;

$c$  – kohezija tla sloja u kome se nalazi naliježuća površina temelja;

$q = P_v$  – vertikalni napon, pritisak tla na dubini fundiranja;

$\gamma$  – zapreminska težina tla sloja u kome se nalazi naliježuća površina temelja;

$N_c, N_q, N_\gamma$  - faktori nosivosti tla, i oni zavise od ugla unutrašnjeg trenja ( $\emptyset$ ), i

zbijenosti ( $D_r$ ), odnosno – indeksa konzistencije ( $J_c$ ) tla u kome se nalazi naliježuća površina temelja;

Faktori nosivosti tla i informativna podjela tla na krt, odnosno plastičan lom, u funkciji zbijenosti ( $D_r$ ), ili indeksa konzistencije ( $J_c$ ) dati su u tablici koja slijedi:

$\phi$	Krt lom tla			Plastičan lom		
	$D_r \geq 0,85$	$J_c \geq 1,0$		$D_r \leq 0,50$	$J_c \leq 0,75$	
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N'_c$	$N'_q$	$N'_\gamma$
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,5	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	25,2	19,7	19,0	8,3	5,7
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1

Međuvrijednosti se mogu usvojiti linearnom interpolacijom. Za slučaj da tlo ima plastičan lom u obrazac se unosi 2/3 kohezije  $c$ .

Faktori nosivosti tla, za:

$D_r$  između 0.50 i 0.85 i

$J_c$  između 0.75 i 1.00

Usvajaju se takođe linearnom interpolacijom između  $N$  i  $N'$ . Koeficijenti oblika naliježuće površine temelja su sledeći:

Oblik nali- žuće površine	$k_c$	$k_q$	$k_\gamma$
traka	1,0	1,0	0,5
pravougoanik	$1,0 + 0,3 \cdot \frac{B}{L}$	1,0	0,4
kvadrat	1,3	1,0	0,4
krug	1,3	1,0	*

$B$  – kraća strana temelja;

$L$  – duža strana temelja;

\* - treći član Tercagijevog obrasca za kružnu osnovu glasi  $0.6 \cdot r \cdot \gamma \cdot N_\gamma$

Gdje je  $r$  poluprečnik kružne osnove naliježuće površine temelja. Dozvoljeni pritisak tla, koji se upoređuje sa računskim pritiskom biće:

$$P_{\text{doz.}} = \frac{1}{F_s} \cdot P_{\text{gr.}}$$

U praksi je uobičajeno korišćenje sledećih faktora sigurnosti:

$F_s = 3.0$  – za upoređivanje sa centričnim računskim pritiskom tla

$$P_{\text{rač.}} = \frac{\sum V}{F}; \quad P_{\text{doz.}} = \frac{1}{3} \cdot P_{\text{gr.}}$$

$F_s = 2.0$  – za upoređivanje sa ivičnim računskim pritiskom tla;

$$\text{Za } P_{\text{rač.}} = \frac{\sum V}{F} + \frac{M}{W}; \quad P_{\text{doz.}} = \frac{1}{2} \cdot P_{\text{gr.}}$$

### 7.3. VRSTE TEMELJA

Temelja ima veoma različitih. To proizilazi iz raznorodnosti tla, iz vrsta objekata koji se fundiraju, od materijala od kojih se gradi temelj, od načina građenja temelja i slično.

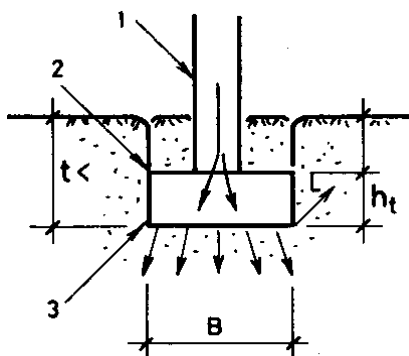
Uobičajeno je da se fundiranje dijeli na:

- plitko
- duboko

Plitko ili direktno fundiranje naziva se još i površinsko i neposredno fundiranje.

Osnovna definicija plitkog fundiranja bi bila sledeća. To je ono fundiranje kod koga se temelj gradi u otvorenom, relativno plitkom iskopu, i kod koga se opterećenje u podlogu prenosi uglavnom preko naliježuće površine temelja. Podjela temelja plitkog fundiranja izvršiće se:

- prema načinu opterećenja temelja,
- obliku naliježuće površine temelja, i
- prema savitljivosti temelja



Slika 7.2. Temelj plitkog fundiranja: 1 – konstrukcija; 2 – temelj; 3 – naliježuća površina temelja

Na osnovu prednja tri kriterijuma temelje plitkog fundiranja dijelimo na:

- trakaste temelje,
- temelje samce,
- temeljne nosače,
- temelje oblika roštilja, i na
- pločaste temelje.

Duboko fundiranje se naziva još i indirektno i posredno fundiranje. Duboko fundiranje je ono koje opterećenje sa konstrukcije prenosi kroz gornje slojeve tla male otpornosti, u dublje, donje slojeve tla veće otpornosti.

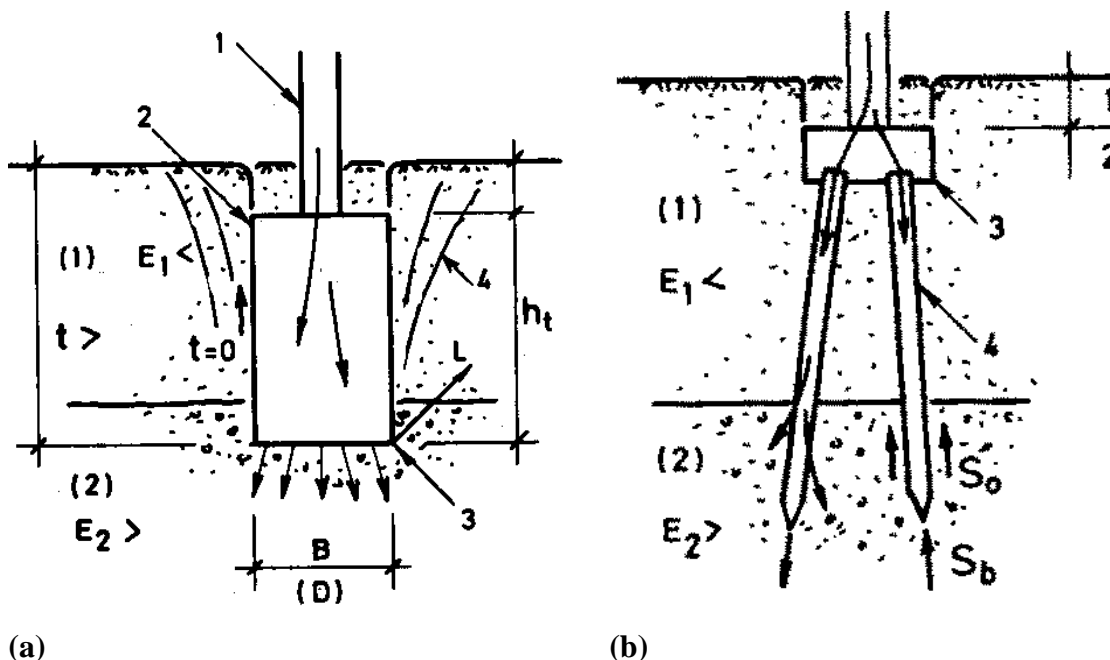
Duboko fundiranje dijelimo na:

- duboke masivne temelje ( slika 7.3a)
- temelje na šipovima ( slika 7.3b).

U grupu dubokih masivnih temelja dolaze temelji koji se grade:

- u dubokim poduprtim iskopima i
- temelji koji se grade bunarima i kesonima.

Kod dubokih masivnih temelja se usvaja da se vertikalno opterećenje prenosi u podlogu uglavnom preko horizontalne naliježuće površine temelja. Znači i ovo fundiranje je površinsko fundiranje.



Slika 7.3. a) Duboki masivni temelj: 1- konstrukcija; 2 – temelj; 3 – naliježuća površina temelja; 4 – pukotina u tlu; b) Temelj na šipovima: 1- konstrukcija; 2 – temelj; 3 – naglavnica; 4 – šip

Šipovi su elementi, najčešće od betona, koji se kao gotovi pobijaju u tlo, ili se direktno betoniraju u tlu. Šip prima opterećenje preko naglavnice, i prenosi ga u sloj veće otpornosti, sloj (2), horizontalnim kontaktom, bazom šipa ( $S_b$ ), i bočnim trenjem između šipa i okolnog tla ( $S_o$ ).

Napred iznete vrste temelja se koriste pretežno za vertikalno opterećenje. Za slučaj većih horizontalnih opterećenja, temelji se prilagođavaju tim uticajima.

#### 7.4. TEHNIČKA SREDSTVA U FUNDIRANJU; MAŠINE I ALATI

Tehnička sredstva, mašine i alati, koji se koriste pri izvršenju radova na fundiranju inženjerskih objekata, ili su standardna kao i za druge radove u građevinarstvu, ili su specijalna za odgovarajuće radove u fundiranju. Ovde će se pomenuti samo ova druga.

U fundiranju se javljaju radovi **kopanja, crpljenja vode, pobijanja raznih elemenata, čupanja, pritiskivanja odnosno izvlačenja** i slična.

Kopanje prirodno vlažnog tla je uobičajeno. Za podvodno kopanje koriste se mehanički bageri. Ovi zahvataju zemljište i iznose ga iz vode. Bitno je pomenuti hidromehaničke bagere. To su moćne crpke za vodu, u kojoj ima izvjestan procenat zemljišta. Nazivaju se ejektorima. Princip rada ejektora sastoji se u tome, što se dno jame, tlo pod vodom razara, pa se zajedno sa vodom crpi (u void ima do 10% zemljišta). Tlo se otkida specijalnim rotacionim nožem, koji se nalazi ispred metalne usisne cijevi crpke. (Nevezano tlo se može razarati i mlaznicama – istiskivanjem vode pod velikim pritiskom razara se struktura tla).

U fundiranju se često koriste sredstva za **pobijanje**. Pobijaju se razni elementi. Šipovi, talpe, cijevi i sl.. Tlo pruža otpor pobijanju, pa su alati za ovu vrstu radova veoma raznovrsni. Ovde će se pomenuti karakteristični oblici i elementi alata za pobijanje.

Oprema za pobijanje (slika 7.4) sastoji se od:

- malja, kojim se udara, pobija element u tlo,
- vođice, čijim donjim krajem je fiksiran element koji se pobija, i duž koje klizi malj, i

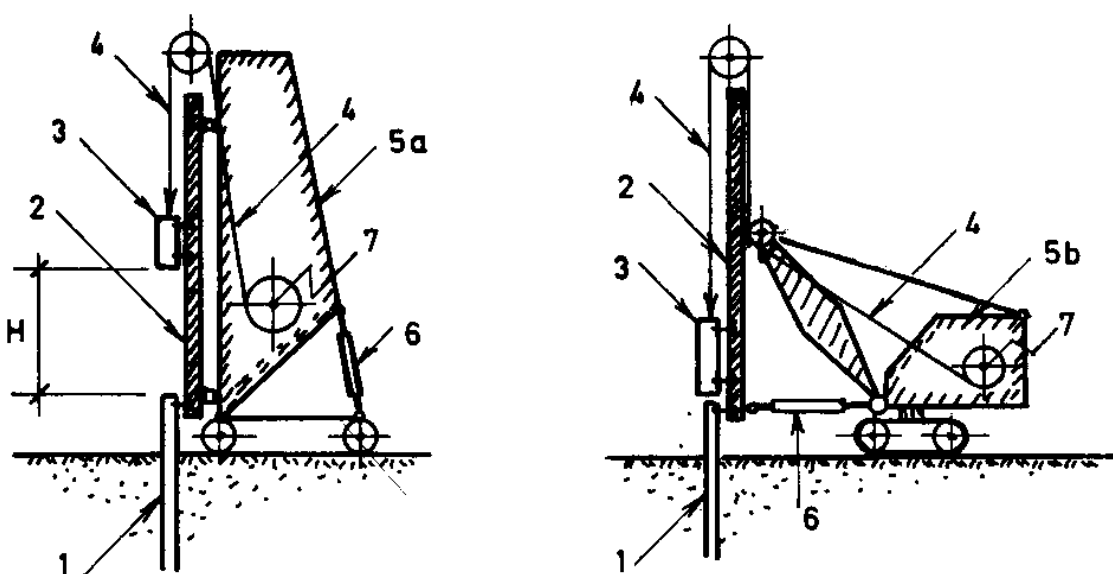
- mašine sa pogonskim vitlom, koja drži vođicu. To je ili specijalna konstrukcija **makara**, ili standardni, samohodni bager.

Kako je već rečeno, pri pobijanju elementa u tlo, različita tla pružaju različite otpore, pa su konstruisani i različiti maljevi, koji izazivaju različite efekte udara.

Gravitacioni malj se diže i slobodno pada duž vođice na element koji se pobija. Energija udara malja pretvara se u prodiranje šipa u tlo. Osobina gravitacionog malja je da u nekoj jedinici vremena ima mali broj snažnih udara.

Malj sa pogonom na paru, vazduh pod pritiskom ili na pogon po principu rada eksplozivnih motora, sastoji se od nepokretnog dijela malja koji leži na elementu koji se pobija. Kroz šupljinu nepokretnog dijela malja klizi pokretni dio malja. Ovaj pokretni dio malja izaziva udare. Ovakvi maljevi ostvaruju veći broj udara manjeg inteziteta u jedinici vremena.

Vibromaljevi rade na električni pogon. Vibromalj se vezuje za element koji se pobija. U kućištu ovog malja rotiraju ekscentri, koji stalno izazivaju trzaje naviše i naniže. Snažne vibracije se prenose na tlo oko elementa koji se pobija, što olakšava njegovo prodiranje u tlo.



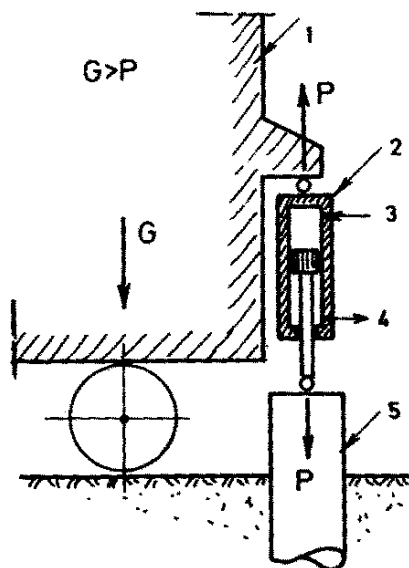
Slika 7.4. Oprema za pobijanje 1 – element koji se pobija; 2 – vođica; 3 – malj; 4 – čelično užo za dizanje malja i elementa koji se pobija; 5a – makara sa pogonskim vitlom; 5b – standardni bager; 6 – zavrtnaj za nagnjanje vođice – pobijanje elemenata u nagibu

Ovde se daje šematski prikaz mašina za pobijanje elemenata u tlo, makare i standardnog bagera. Sem ovde pomenutih ima i drugih oblika maljeva i mašina za pobijanje. Međutim, njihovi osnovni elementi, i njihove osnovne operacije rada odgovaraju ovde pomenutim.

Za slučaj rada na vodi, makare ili bageri se montiraju na plovila, pontone, šlepove ili slično, i rade u svemu kao na suvom.

Sredstva za čupanje služe za čupanje talpi, cijevi, privremenih šipova i slično. Ova sredstva rade po principu sredstava za pobijanje, s tim što im je pravac udara, odnosno trzaja naviše.

U fundiranju se povremeno javlja potreba pritiskivanja odnosno izvlačenja. Rad je miran a zahtijevaju se sile većeg inteziteta. To su razna probna opterećenja, povlačenja cijevi, talpi i slično. Za ovakve radove koriste se hidrauličke dizalice. Dizalice na ovom principu su sastavni dijelovi raznih bagera i drugih mašina. Hidrauličkim dizalicama se mogu izazvati relativno velike sile pritiska, odnosno zatezanja. Šematski prikaz hidrauličke dizalice dat je na slici 7.5.



Slika 7.5. Skica hidrauličke dizalice: 1 – makara ili bager; 2 – hidraulička dizalica; 3, 4 – utiskivanje odnosno izvlačenje mašinskog ulja; 5 – element koji se utiskuje odnosno čupa.

## 7.5. IZBOR DUBINE FUNDIRANJA

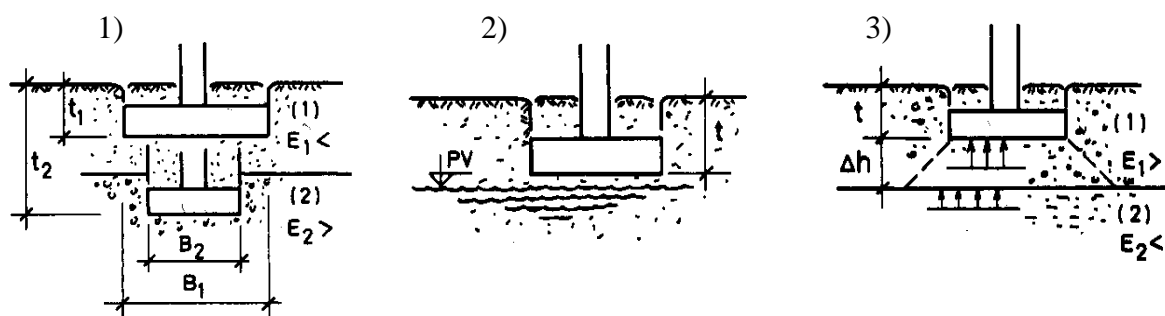
Kod određivanja dubine fundiranja nekog objekta vodimo računa o vrsti objekta, stalni, privremeni, osjetljiv ili neosjetljiv na slijeganje, o vrsti opterećenja veliko korisno – silos, visok položaj težišta – odžak, o tlu u kome se fundira, podlozi.

Fundiranje u nasutom tlu nije poželjno. Raspored slojeva tla utiče na oblik slijeganja objekta. Položaj podzemne vode znatno utiče na izbor dubine fundiranja. Uvijek želimo da izaberemo što pliće fundiranje. Prednje ćemo ilustrirati sa nekoliko primjera prikazanih na slici 7.6. :

1 – Otpornost sloja (1) je manja od otpornosti sloja (2). temelj u sloju (1) ima pliće fundiranje, ali veću osnovu temelja. Ukopavanjem temelja u sloj (2) osnova temelja se smanjuje, ali je dubina fundiranja veća. Treba usvojiti ono što je jeftinije, ukoliko nema i nekih drugih faktora koji utiču na izbor dubine fundiranja.

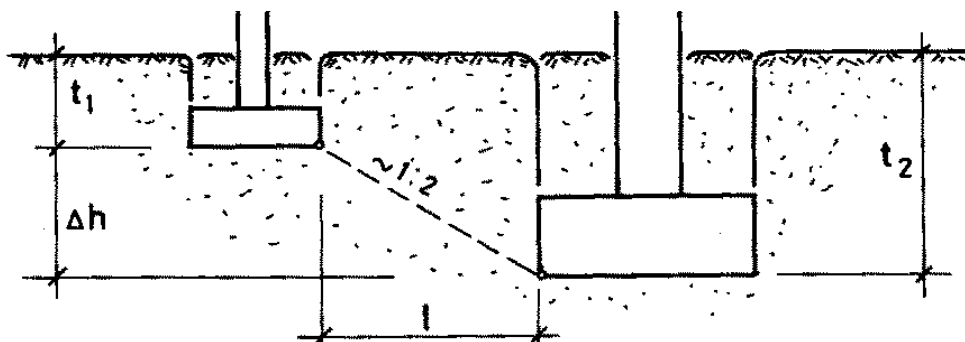
2 – Želimo kada je to moguće, da izbjegnemo rad u podzemnoj void.

3 - Dubina fundiranja t treba da je što manja, da bi  $\Delta h$  bilo što veće. Želja je da se sa što manjim opterećenjem opereti stišljivi sloj (2).



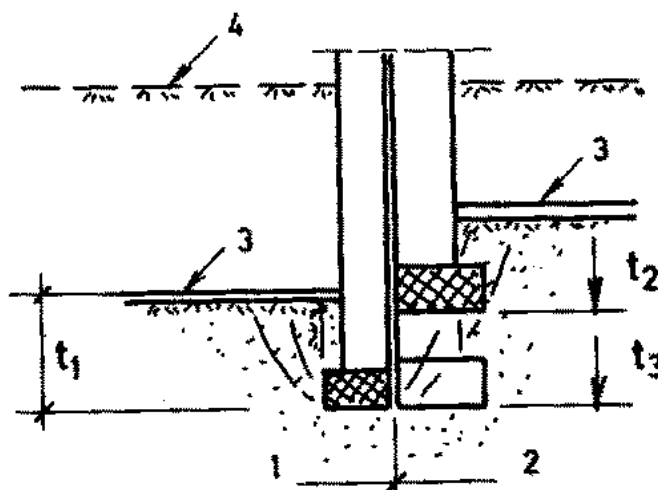
Slika 7.6. Izbor dubine fundiranja

Kod bliskih temelja pazimo da im se ne preklope zone uticaja – podloge. Prema nekim preporukama treba usvojiti odnos kao prema slici 7.7 :  $\Delta h \approx 0.50 \times l$



Slika 7.7. Izbor dubine fundiranja – bliski temelji.

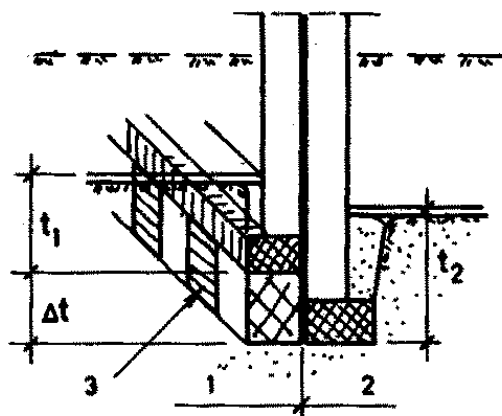
U praksi se često srećemo sa fundiranjem zidova kalkana. To su zidovi na granici imanja, građevinskog placa. Ovde se mogu javiti dva slučaja. Prvi slučaj, kada temelj novog objekta treba da je plići od postojećeg, susjednog. Znači, dubina  $t_2$  je dovoljna, kako je prikazano na slici 7.8., međutim usvajamo dubinu fundiranja  $t_3$ . Naime, postoji opasnost da je tlo do dubine  $t_1$  djelimično poremećeno, iskopom za postojeći objekat, pa bi fundiranje novog objekta na dubinu  $t_2$ , moglo imati za posledicu njegovo neplanirano slijeganje.



Slika 7.8. Fundiranje zida kalkana – temelj novog objekta plići od postojećeg: 1 – postojeće stanje; 2 – novo; 3 – podrumski ploča; 4 – okolni teren

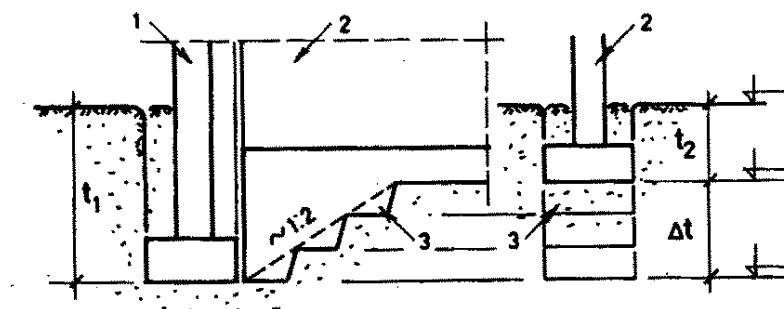
Kod drugog slučaja, temelj novog objekta treba da je dublji od postojećeg temelja. U ovakvim slučajevima temelj postojećeg objekta se produbljuje, podziđuje za vrijednost  $\Delta t$ , prije početka građenja novog objekta. Stari temelj se podziđuje kampadno, u lamelama na preskok kako je prikazano na slici 7.9.





Slika 7.9. Fundiranje zida kalkana – temelj novog objekta dublji od postojećeg: 1 – postojeće; 2 – novo; 3 – kampadno pozidivanje.

Ima slučajeva da se temelji sučeljavaju pod uglom, a različite su im dubine fundiranja. U ovakvim slučajevima plići temelj moramo stepenasto produbiti do dubine fundiranja dubljeg temelja.



Slika 7.10. Sučeljavanje temelja pod uglom: 1 – podužni zid; 2 – poprečni zid; 3 – stepenasto produbljanje poprečnog zida.

Ako su noseći elementi konstrukcije objekta koga treba fundirati, skoncetrisani na uže područje, stambeni objekti, manji industrijski objekti i slično, potrebno je da su kod svih temelja njihove gornje ivice na istoj koti, a poželjno je da ima što manje različitih kota fundiranja. Naime, u visini gornjih ivica nezavisnih ili razmaknutih temelja, moramo temelje međusobno vezati gredama temeljačama. Međusobno povezani temelji lakše primaju sile zemljotresa. Grede temeljače izjednačuju pomjeranja temelja

Za slučaj da temelj mora da primi povremeno opterećenje i veće horizontalne sile, povećavamo mu dubinu fundiranja, radi uklještenja temelja u tlo. Povremeno horizontalno opterećenje primamo bočnim otporima tla.

Propisima za fundiranje se zahtijeva da je najmanja dubina fundiranja:

$$t_{\min} \approx 0.80 \text{ m}$$

Ova dubina zavisi od lokacije objekta, a naročito je moramo poštovati, ako se temelj nalazi u vezanom tlu. Naime, zbog isušivanja, a naročito zbog dejstva mraza, može doći do mržnjenja vode u tlu ispod temelja. Mržnjenjem i kravljenjem leda, plitko fundiran temelj bi bio stalno dizan, odnosno spušan, što je svakako štetno za konstrukciju nad temeljima.

## 7.5. PLITKO FUNDIRANJE

Pod plitkim, direktnim, površinskim fundiranjem podrazumjeva se ono fundiranje, koje se gradi u relativno plitkom otvorenom iskopu. Kod ovakvog fundiranja sve opterećenje na tlo, u podlogu, prenosi se preko naliježuće površine temelja. Odatle je i dobilo ime površinsko fundiranje.

Plitko, površinsko fundiranje se koristi, kada su gornje zone tla dovoljno otporne pa mogu da prime opterećenje temelja. Pod dovoljno otpornim tlo se podrazumjeva ono tlo, kod koga su dozvoljeni pritisci tla takvi, da slijeganje temelja pod tim opterećenjem je bez štetnih posledica za objekat nad temeljima. Temelji plitkog fundiranja, sa horizontalnim, naliježućim površinama, vertikalnu komponentu rezultante prenose na tlo vertikalnim pritiscima tla, a za horizontalnu, trenjem u naliježućoj površini temelja.

Temelji plitkog fundiranja se dijele, prema načinu opterećenja temelja, obliku naliježuće površine temelja, i savitljivosti temelja, na:

- trakaste temelje, temelje ispod zidova,
- temelje samce, temelje ispod stubova,
- temeljne nosače, temelje za niz stubova,
- ukrštene temeljne nosače, temelje oblika roštilja, za više redova stubova, i na
- pločaste temelje.

Kod plitkog temelja izračunavamo dimenzije naliježuće površine temelja, visinu temelja, odakle se dobija i dubina fundiranja, kao i kvalitet materijala od koga je sagrađen temelj. To je uglavnom marka betona nearmiranog betona temelja, ili marka betona i potrebna armatura armiranog betonskog temelja.

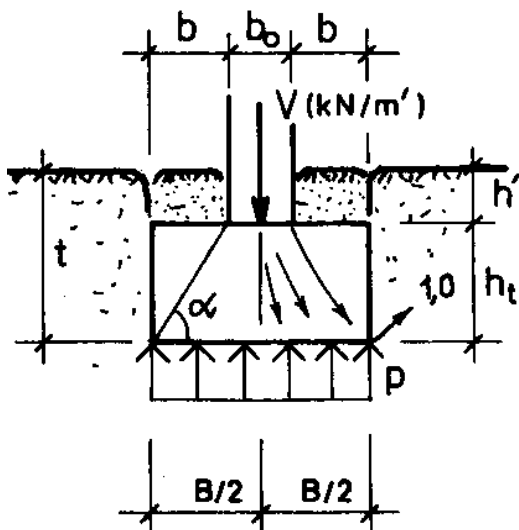
### 7.5.1. TRAKASTI TEMELJ, TEMELJ ISPOD ZIDA

Da bi neki temelj bio trakast mora da zadovolji sledeća tri uslova:

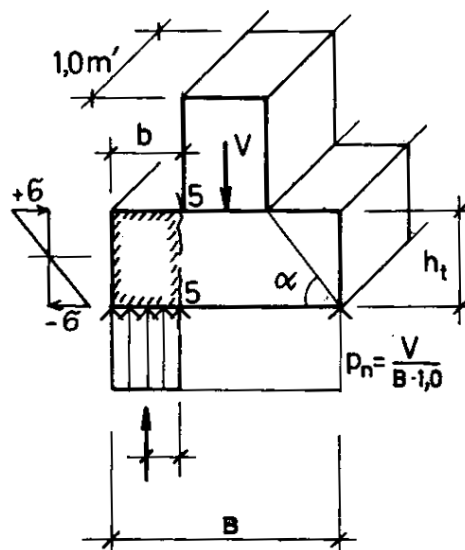
- da je opterećen linijskim opterećenjem, zidom ( $kN/m'$ )
- da mu je duža strana veća od dvije kraće strane,  $L > 2B$
- da mu je savitljivost u poprečnom pravcu veća od savitljivosti u podužnom pravcu. Ovo poslednje naročito važi za temelje od armiranog betona.

Znači, trakasti temelji se primjenjuju kod fundiranja objekata kod kojih su noseći elementi zidovi. Trakasti temelji se grade od kamena ili opeke, ali uglavnom od nearmiranog i armiranog betona. nearmirani beton se koristi, kada je zid nad temeljem od opeke, kada se traže masivni teški temelji, zbog stabilnosti temelja i slični, kada se gradi pod vodom, ili u raskvašenom tlu. Armirani beton se usvaja, kada se želi što manja visina temelja, pliće fundiranje, kada je objekat, zid nad temeljem od armiranog betona, i kada je to ekonomski opravdano. Čsto na prednje utiče i stručnost izvođača, oprema i radna snaga izvođača i sl.

### 7.5.1.1. TRAKASTI TEMELJ OD NEARMIRANOG BETONA



Slika 7.11. Trakasti temelj



Slika 7.12. Proračun visine trakastog temelja

Kada je trakasti temelj opterećen centričnim opterećenjem, ili i neznatnim horizontalnim, gradi se simetričnog oblika. Opterećenje sa zida širine  $b_0$  prolazi kroz temelj širine  $B$  i visine  $h_t$ , do naliježuće površine temelja, i uravnotežuje se sa reaktivnim, pritiscima tla (slika 7.11).

Od ovakvog opterećenja temelja, u materijalu temelja se javljaju naponi pritiska i zatezanja. Naponi zatezanja u materijalu temelja biće u dozvoljenim granicama, ukoliko su ispunjeni sledeći odnosi. Kod temelja od kamena ili opeke, treba da je:

$\text{tg } \alpha = h_t/b \approx 3$ , to jest,  $h_t \approx 3b$ , gdje je  $b$  prepust temelja, kako je prikazano na skici.

Ovaj odnos kod temelja od nearmiranog betona kreće se u rasponu:  $\text{tg } \alpha > 1$  i  $\text{tg } \alpha < 2$

što zavisi od otpornosti betona temelja. Kod veće otpornosti betona  $\text{tg } \alpha$  je manji, i obratno.

Kod trakastog temelja računa se 1.0 metar dužine temelja. Uobičajeno je da se nepoznata visina  $h_t$  temelja odredi iz uslova da se ograniče naponi zatezanja u nearmiranom betonu temelja (presjek 5-5, slika 7.12). Iz tog uslova se dobija formula za visinu temelja:

$h_t = bc_0\sqrt{p_n}$ $p_n = \frac{V}{B}, c_0 = \sqrt{\frac{120}{\beta_k}}$	MB	10	15	20
	$c_0$	3,47	2,83	2,45

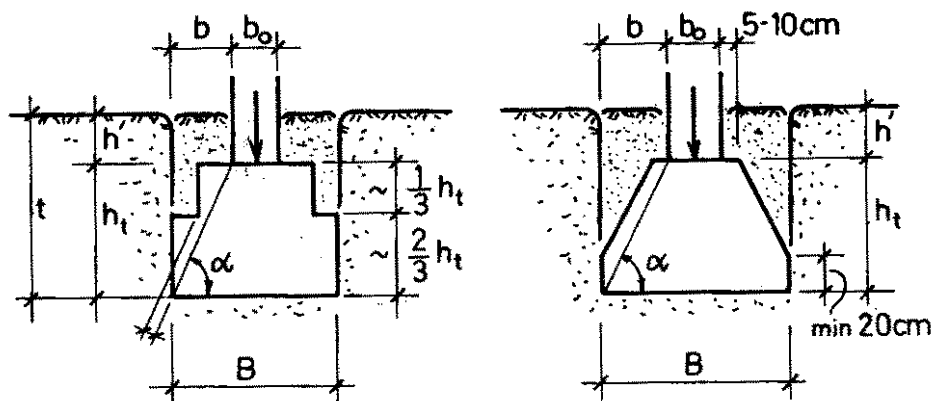
gdje je  $h_t$  – visina temelja

$b$  – prepust

$c_0$  – koef. koji zavisi od marke betona MB

$p_n$  – napon u tlu

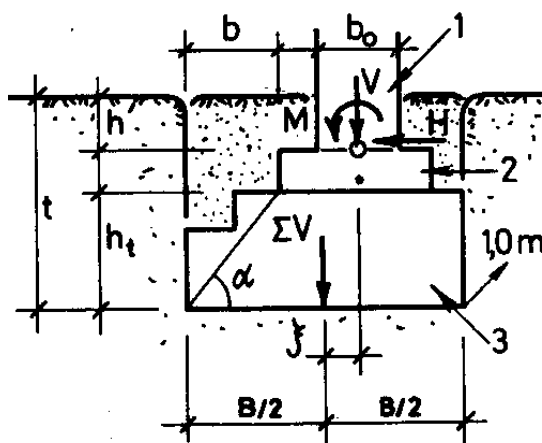
Trakaste temelje od nearniranog betona gradimo uglavnom od betona kvaliteta MB 10 do MB20. Kad je trakasti temelj od nearniranog betona većih dimenzija, temelj se može, zbog uštede betona, sužavati idući naviše. Ovo sužavanje može biti stepenasto ili u nagibu. Na skici je dat jedan stepenik, međutim može ih biti i više.



Slika 7.13. Sužavanje trakastog temelja

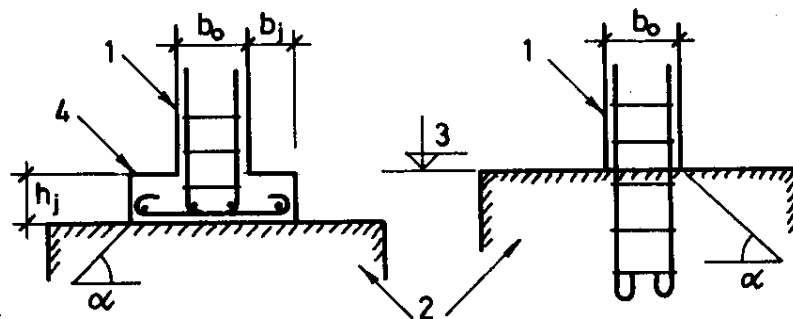
Donji stepenik može biti i od betona manje otpornosti. Ukoliko se usvoji oblik temelja sa sužavanjem u nagibu, sužavanje počinje najmanje 20 cm iznad donje ivice temelja (to zbog toga što beton ne trpi uglove manje od 90 stepeni). Takođe i širina temelja, na kontaktu sa zidom, treba da je veća od širine  $b_0$  zida. Prednje važi i kod drugih oblika i vrsta temelja. Proširenje je potrebno zbog lakše montaže oplata za dijelove konstrukcije nad temeljem, a i kao sigurnost tačnog centrisanja elemenata konstrukcije nad temeljem na temelju (kod građenja temelja može doći i do nekog manjeg odstupanja u osnovi, u odnosu na projektovani položaj). Da li ćemo temelj sužavati naviše stepenasto, ili u nagibu, to je često stvar ukusa, međutim treba usvajati ono što je u datim uslovima jeftinije.

Ukoliko je trakasti temelj od nearniranog betona opterećen sam vertikalnog i horizontalnim opterećenjem, pa i momentom savijanja, onda se on gradi nesimetričnog oblika.



Slika 7.14. Nesimetričan trakasti temelj: 1 – zid; 2 – jastuk; 3 – temelj od nearniranog betona

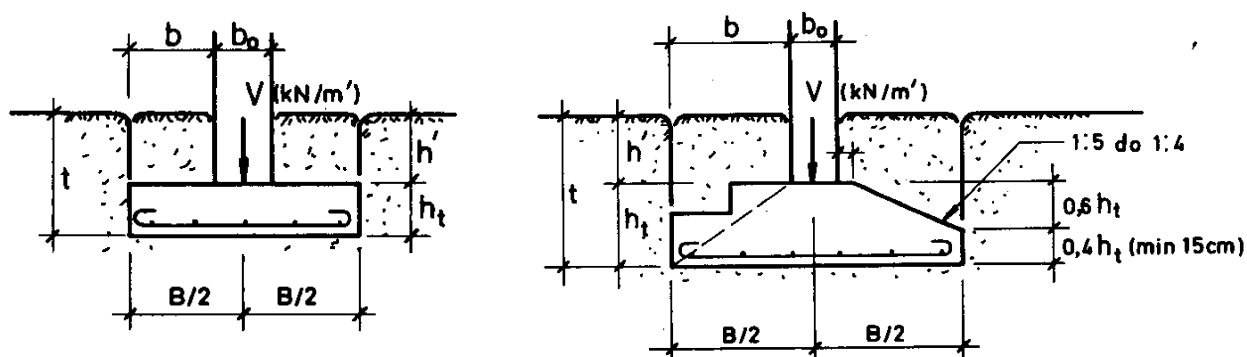
Ukoliko je zid nad temeljem od armiranog betona, od istog takvog betona gradi se i jastuk. Uobičajeno je da se jastuk gradi između armiranog i nearniranog betona. Jastuk služi da smanji napon između armiranog i nearniranog betona, i da se u njega usidri armatura elementa nad temeljem. Dimenzije jastuka zavise od širine  $b_0$  zida, ali rijetko su prepusti, odnosno visina jastuka manji od 30 – 40 cm. Ima slučajeva da se armature armiranog betonskog elementa nad temeljem sidri direktno u temelj od nearniranog betona, kako je to prikazano na skici.



Slika 7.15. Oblici AB jastuka: 1 – AB element nad temeljem; 2 – temelj od nearmiranog betona; 3 – kota donje ivice AB temelja; 4 – jastuk od nearmiranog betona;

### 7.5.1.2. TRAKASTI TEMELJ OD ARMIRANOG BETONA

Na slici 7.15a je dat šematski prikaz trakastog temelja od armiranog betona. Ovakvi oblici temelja se grade ispod zidova koji su opterećeni vertikalnim centričnim, ili i neznatnim povremenim horizontalnim opterećenjem. Ukoliko su visine ovakvih temelja većem, mogu se sužavati idući naviše.

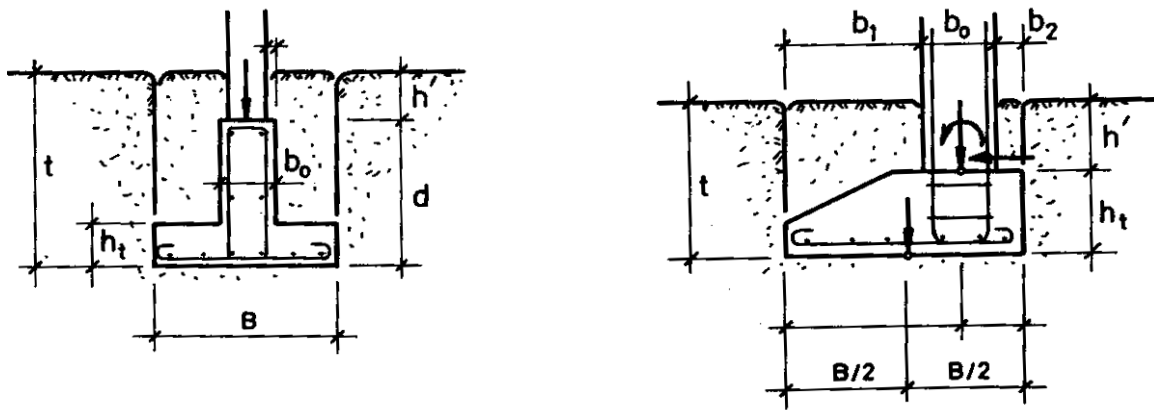


Slika 7.15. Ab trakasti temelj: a) konstantne visine, b) promjenjive visine

Na lijevoj strani slike 7.15b desne dato je stepenasto suženje, a na desnoj visina temelja se smanjuje sa nagibom. Ako se projektuje smanjenje visine temelja sa nagibom, onda taj nagib treba da je kao na skici. Ovakvi blagi nagibi ne zahtijevaju oplatu, to jest, svježa betonska masa drži se u tom nagibu.

Kada se trakasti temelji grade na heterogenom tlu, ili tlu sa proslojcima stišljivih sočiva, treba ih graditi sa gredom za ukrućenje (slika 7.16a). Ovakva armirana greda, dimenzija  $b_0 \times d$ , svojom krutošću smanjuje diferencijalna slijeganja duž zida.

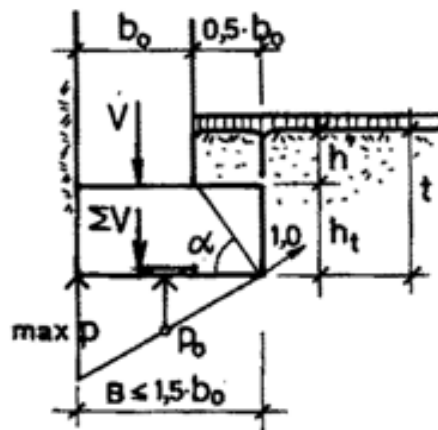
Ukoliko je temelj opterećen i jednoznačnom horizontalnom silom, pa i momentom savijanja, gradi se nesimetričnog oblika (slika 7.16b). Zidovi nad ovakvim temeljima su obično od armiranog betona. Armatura zida se sidri u temelj. Proračun temelja od armiranog betona svodi se u svemu na principe proračuna ostalih armirano betonskih konstrukcija. Kvalitet betona armiranih betonskih temelja je MB 20 do MB 30.



Slika 7.16. Ab trakasti temelj: a) sa gredom za ukrućenje, b) nesimetričnog oblika

### 7.5.1.3. TEMELJ ZIDA KALKANA

U urbanim područjima stambeni objekti se grade često na **ivicama placeva**. Zid zgrade na ivici placa, prema susjedu, nazivamo krajnjim, zabatnim, zidom kalkana. Kod ovakvog zida temelj **možemo širiti samo na jednu stranu**. Širina temelja od nearmiranog betona biće:  $B_{\max} = 1.50 b_0$ ,



Slika 7.16. Temelj zida kalkana

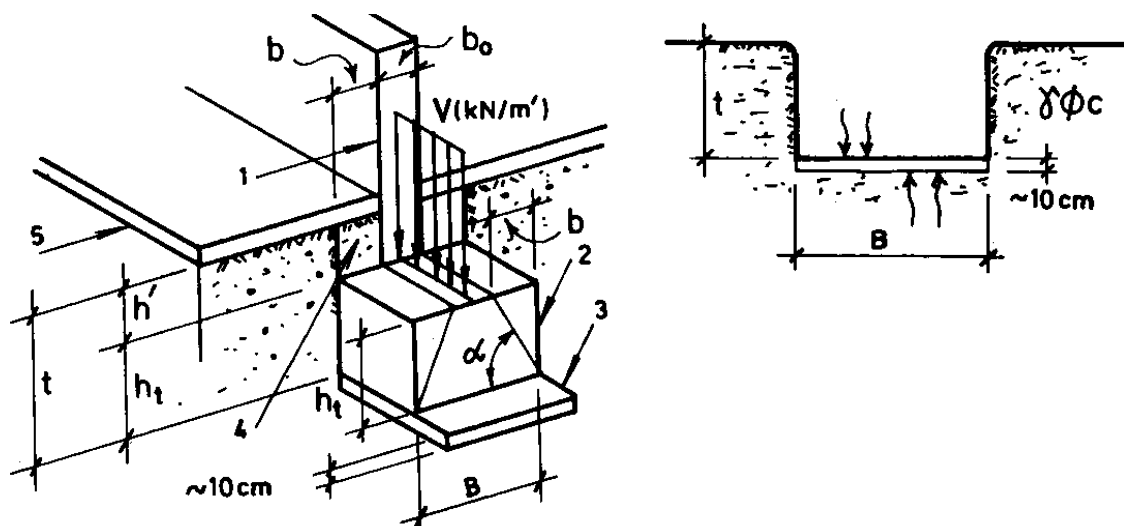
Vertikalno opterećenje ( $\Sigma V$ ) se nalazi na ivici jezgra presjeka, pa u naliježućoj površini temelja nema zatezanja.

Ukoliko računski pritisak tla:

$$\max p = 2 \times p_0 = 2 \times \frac{\Sigma V}{B \times 1.0} \text{ (kN/m}^2\text{)}, \text{ prekorači dozvoljeni, moramo širinu } B \text{ temelja povećati.}$$

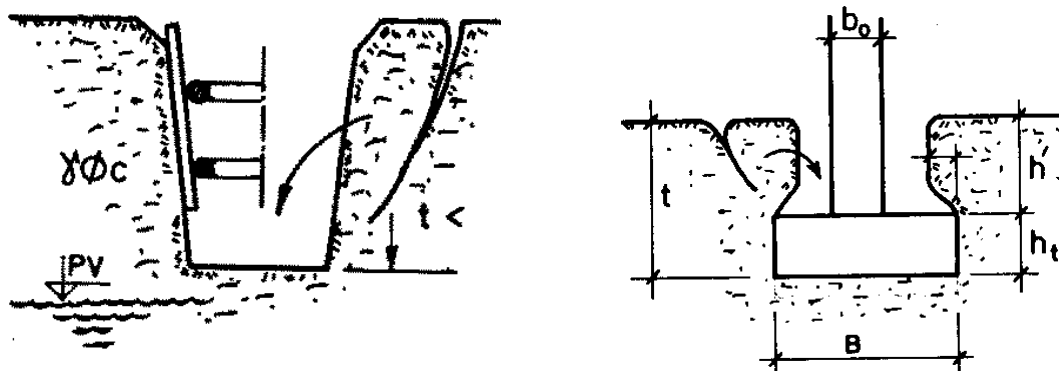
## 7.5.2. GRAĐENJE PLITKOG TEMELJA

Najprije se kopa temeljna jama do dubine  $t$ . Iskop se po potrebi razupire. Zatim se kopa tamponski sloj, i on je od šljunka, a češće od nearmiranog betona. Njime se obezbjeđuje što kraći kontakt naliježuće površine temelja sa atmosferilijama. Tamponski sloj sprečava isušivanje, odnosno raskvašavanje sloja tla u koga temelj prenosi opterećenje. Zatim, njime se obezbjeđuje tačnost građenja visine  $h_t$ , odnosno širine  $B$  temelja, što je naročito otežano za slučaj građenja u raskvašenom tlu. Tamponski sloj smanjuje, za slučaj građenja temelja u suvom tlu, odlazak vode iz svježje betonske mase u okolno tlo. Sem toga on olakšava montažu armature temelja ( slika 7.17).



Slika 7.17. Prostorni prikaz trakastog temelja sa odgovarajućim oznakama:  $b_0$  – debljina zida,  $b$  – preпуст,  $t$  – dubina temelja,  $h'$  – visina nadsloja tla,  $h_t$  – visina temelja,  $V$  – širina temelja

Ako je tlo u kome se temelj gradi vezano, a iskop nije dublji od  $t \leq 1.50$  m bokovi iskopa se ne zarušavaju, i temeljnu jamu ne treba razupirati. Temeljna jama se kopa širine  $B$  (bokovi se obrađuju ručno, ašovom). Znači, nije potrebna ni oplata za beton temelja. Ukoliko se konstatuje da je tlo sklono zarušavanju, kopamo temeljnu jamu veće širine, a bokove podgrađujemo (slika 7.18a) Za formiranje projektovanog oblika temelja gradi se oplata. Nije dozvoljeno potkopavanje bokova iskopa, u želji da se poveća širina  $B$  temelja. Postoji opasnost da se bokovi temelja zaruše, kako je prikazano na slici 7.18b.



Slika 7.18. a) Podgrađivanje iskopa za temelj; b) zarušavanje bokova iskopa usljed potkopavanja

Posle betoniranja temelja i konstruktivnog elementa nad temeljem, temelj se zasipa uz nabijanje nasute zemlje. Paralelno se skida oplata i podgrada, ukoliko su korišćeni. Zatim se gradi betonska ploča, trotoar oko temelja. Visina  $h_t$ , prostor između kote terena i gornje ivice temelja koristi se za vođenje raznih instalacija preko temelja. Vodovod, kanalizacija, razni kablovi i sl.