

ANALIZA TEHNIČNIH IN OPERATIVNIH OMEJITEV PRI IZVAJANJU GLOBOKIH PILOTOV

ter primerjalna presoja kompetenc v geotehničnem inženirstvu

Datum:	19. 2. 2026
Področje:	Geotehnično inženirstvo, globoko temeljenje

Teza, da izvajalec, ki je sposoben izvesti pilot globine 10 metrov, avtomatično razpolaga z znanjem in tehnologijo za izvedbo 20- ali celo 30-metrskih pilotov, ter da so kompetence za varovanje gradbenih jam popolnoma zamenljive s tistimi za temeljenje, predstavlja pogost, a tehnično pomanjkljiv pogled na geotehnično prakso.

V svetu specializiranih geotehničnih del globina 30 metrov ne predstavlja zgolj linearnega podaljšanja vrtine, temveč vstop v domeno kompleksnih fizikalnih, mehanskih in varnostnih izzivov, ki zahtevajo radikalno drugačno strojno opremo, strožje tolerance in napredne protokole kontrole kakovosti.

1. Mehanska arhitektura in omejitve vrtnih naprav

Prvi in morda najbolj očiten zadržek pri prehodu z 10 na 30 metrov globine je fizikalna omejitev vrtnih naprav. Vrtni ploščadi so zasnovane kot celoviti sistemi, kjer so navor, potisna sila, dvižna sila vitla in višina jambora medsebojno usklajeni za specifičen obseg delovanja.

1.1 Kinematika jambora in Kelly droga

Pri vrtnju pilotov globine 10 metrov zadostujejo kompaktne vrtni naprave s kratkimi jambori (običajno pod 15 metri višine). Te naprave pogosto uporabljajo Kelly droge z dvema ali tremi teleskopskimi sekcijami.

Ko pa se globina poveča na 30 metrov, se geometrijske zahteve eksponentno spremenijo. Kelly drog za globino 30 metrov mora imeti več sekcij (običajno 4 ali 5), kar drastično poveča njegovo lastno težo in zmanjša razpoložljiv navor na vrtnem orodju zaradi notranjih trenj in mase celotnega sklopa.

Tabela 1: Primerjava specifikacij vrtnih naprav glede na operativno globino in zmogljivost

Tehnični parameter	Kompaktna naprava (za 10 m)	Napredna naprava (za 30 m+)
Maksimalni navor (kNm)	60 – 110 kNm	180 – 342 kNm
Dvižna sila glavnega vitla (kN)	80 – 140 kN	200 – 450 kN
Višina jambora (m)	10 – 16 m	24 – 30,3 m

Delovna teža stroja (t)	15 – 30 t	45 – 110 t
-------------------------	-----------	------------

Pri 30 metrih globine teža samega vrtnega niza postane pomemben faktor pri obremenitvi konstrukcije stroja.

1.2 Izzivi metode s kontinuiranim polžem (CFA)

Metoda CFA (Continuous Flight Auger) je še posebej občutljiva na globino. Pri 10 metrih je CFA razmeroma preprost postopek, pri 30 metrih pa postane tehnološko zahteven izziv. Glavna težava je v tem, da polž pri CFA deluje kot enoten, neprekinjen element.

Za 30-metrski pilot mora biti jambor naprave izjemno visok, ali pa je treba uporabiti posebne podaljške in sisteme "extended concreting Kelly".

2. Geotehnična stabilnost in dinamika izplake

V geotehniko se z vsakim metrom globine povečujejo hidrostatični pritiski podtalnice in geostatični pritiski tal. Če izvajalec vrta 10-metrške pilote v stabilnih tleh, morda sploh ne potrebuje podporne tekočine (npr. bentonita). Pri 30 metrih pa se skoraj neizogibno srečamo z vprašanjem stabilnosti vrtine pod nivojem podtalnice.

2.1 Dinamika bentonitne suspenzije na velikih globinah

Uporaba bentonitne izplake za stabilizacijo stene vrtine zahteva natančno kemijsko in fizikalno kontrolo. Pri globini 30 metrov mora biti hidrostatični tlak izplake v vrtini vedno višji od tlaka podtalnice, hkrati pa ne sme preseči kritične meje, ki bi povzročila hidravlični lom tal ali t.i. "blow-out".

Tabela 2: Zahteve za bentonitno izplako in njihova pomembnost pri globokem vrtanju

Lastnost izplake	Priporočena vrednost (SIST EN 1536)	Vpliv na globino 30 m
Gostota	1,03 – 1,15 g/cm ³	Preprečuje vdor podtalnice in peska
Viskoznost (Marsh)	32 – 50 s	Zagotavlja stabilnost stene
Vsebnost peska	< 4 % (pred betoniranjem < 1 %)	Preprečuje usedanje na dno vrtine
pH vrednost	7 – 11	Ohranja stabilnost bentonitnega gela

3. Strukturna integriteta in izzivi armiranja

Teza o zamenljivosti kompetenc močno odpove pri vprašanju armaturnih košev. Armaturni koš za 10-metrski pilot je razmeroma lahek in ga je mogoče vgraditi v enem kosu. Koš za 30-metrski pilot pa tehta več ton in zahteva kompleksne postopke spajanja ("splicing") med samim spuščanjem v vrtino.

3.1 Tehnologija spajanja in časovni faktor

Pri 30 metrih globine je treba armaturni koš sestaviti iz treh ali štirih sekcij (običajno po 6 do 12 metrov). Vsak spoj mora biti izveden hitro in varno, da se prepreči predčasno strjevanje betona (pri CFA) ali kolaps vrtine (pri metodi Kelly).

- **Mehanske spojke:** Na teh globinah se vse pogosteje uporabljajo mehanske spojke z narezanim navojem, ki zagotavljajo 100-odstotno nosilnost spoja in hitrejšo montažo v primerjavi s tradicionalnim varjenjem ali prekrivanjem.
- **Varjenje na mestu:** Če se uporablja varjenje, mora biti to izvedeno po strogih specifikacijah (npr. 10D dolžina zvara), kar na višini nad vrtino predstavlja varnostno tveganje in logistični izziv.

4. Vertikalnost in geometrijske tolerance po SIST EN 1536

Slovenija sledi evropskemu standardu SIST EN 1536, ki določa dopustna odstopanja za uvtane pilote. Pri 10 metrih globine je odstopanje vertikalnosti 1 % (kar pomeni 10 cm na dnu) pogosto sprejemljivo. Pri 30 metrih pa 1 % pomeni že 30 cm zamika konice pilota.

5. Razlika med piloti za temeljenje in varovanje gradbene jame

Druga polovica teze trdi, da kdor zna delati pilote za varovanje gradbene jame, zna delati tudi pilote za temeljenje. Čeprav so procesi vrtanja podobni, se strukturne zahteve in filozofija načrtovanja bistveno razlikujeta.

5.1 Upogib proti aksialni nosilnosti

Piloti za temeljenje so primarno zasnovani za prenos vertikalnih obremenitev (osni pritisk ali nateg). Njihova ključna komponenta je kakovost stika na konici pilota in trenje po plašču.

Piloti za varovanje gradbene jame (npr. kontingentni ali sekantni) pa delujejo kot upogibni elementi, podobno kot konzolni nosilci. Njihova armatura je običajno veliko gostejša in sega po celotni dolžini pilota, pogosto pa je tudi asimetrično razporejena, da se upre horizontalnim pritiskom zemlje.

6. Ekonomski in logistični vidiki globokih temeljenj

Prehod na 30 metrov ne prinaša le tehničnih, temveč tudi znatne logistične in ekonomske izzive:

- **Poraba materiala:** Pri 30 metrih globine postane faktor "over-break" (povečanje dejanskega premera vrtine glede na nazivnega) finančno nevaren. Če izvajalec nima izkušenj z uravnavanjem pritiska izplake, se lahko poraba betona poveča za 20–30 %.
- **Čas betoniranja:** Betoniranje 30-metrskega pilota traja dlje. Treba je zagotoviti kontinuiteto dobave betona (veriga hruške), saj prekinitev betoniranja na takšni globini pomeni izgubo celotnega pilota.
- **Varnost na gradbišču:** Upravljanje s 30-metrskimi elementi zahteva večje delovne ploščadi, močnejša pomožna dvigala in strožje varnostne protokole za delo na višini pri spajanju armature.

7. Analiza standarda SIST EN 1536 in kontrole kakovosti

Standard SIST EN 1536 določa, da mora izvajalec za vsak pilot izdelati "piling log" (dnevnik pilotiranja), ki vključuje parametre vrtanja in betoniranja. Pri 30 metrih globine vizualna kontrola ni mogoča, zato je zanašanje na digitalne sisteme monitoringa obvezno.

Sodobne naprave, kot so tiste iz serije Keller ali Liebherr, so opremljene z instrumentacijo, ki v realnem času spremlja:

- Globino vrtanja in hitrost penetracije
- Navor in vertikalni potisk
- Pritisk betoniranja pri dnu polža ali tremie cevi
- Volumen betona v odvisnosti od višine izvleka orodja

8. Zaključek

Analiza jasno kaže, da je teza o univerzalnosti kompetenc v piliranju napačna. Tehnični zadržki, ki ovržejo trditve, so:

1. **Strojne omejitve:** Naprave za 10-metrske pilote nimajo fizikalnih predispozicij (navor, višina, moč vitla) za varno in učinkovito doseganje 30 metrov globine.
2. **Geotehnična stabilnost:** Povečani pritiski na 30 metrih zahtevajo napredne sisteme podpornih tekočin in regeneracije, ki pri plitkih vrtinah niso potrebni.
3. **Tolerančni prag:** Geometrijska odstopanja se z globino linearno povečujejo, kar pri 30 metrih povzroči neuporabnost pilotov za sekantne stene, če ni uporabljena specializirana merilna tehnika.
4. **Strukturna kompleksnost:** Razlika med osno nosilnostjo (temeljenje) in upogibno odpornostjo (varovanje jam) zahteva različne pristope k armiranju, betoniranju in orientaciji elementov.

Končni sklep:

Izvajalec, ki dejansko vrta na 30 metrov, mora biti opremljen s težko mehanizacijo, digitalnim monitoringom in ekipo, usposobljeno za kompleksne postopke spajanja armature in podvodnega betoniranja. Brez teh predpogojev je tveganje za strukturne napake, zamude in finančne izgube nesprejemljivo visoko.