

DUBOKO TEMELJENJE NA PILOTU U PIJESKU

ETC10 Design Example 2.6 (version 30/06/2009)

Dr.sc. **Igor Sokolić**, dipl.ing.građ.



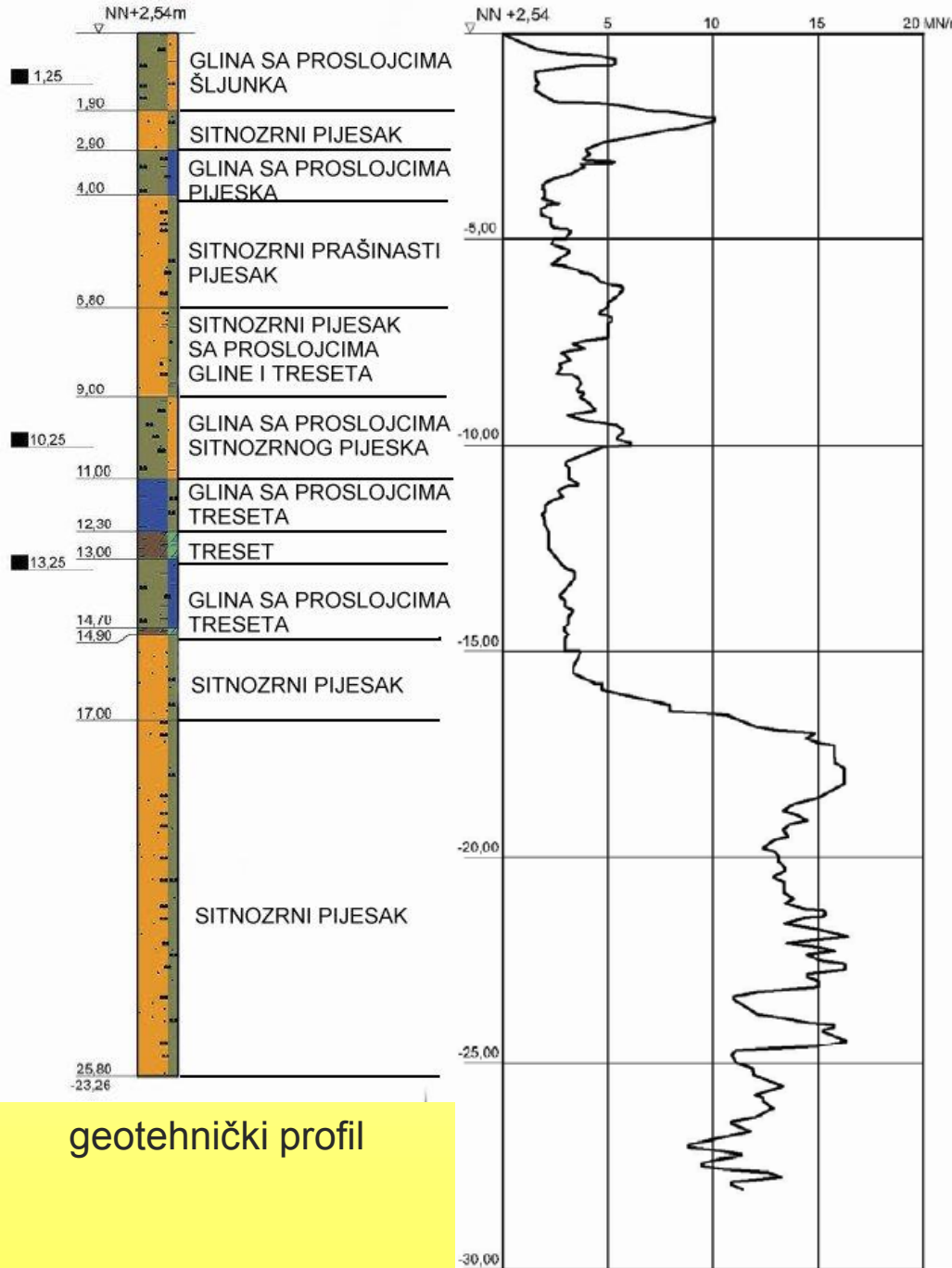
Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet
Zavod za GEOTEHNIKU



PRORAČUNSKI ZADATAK

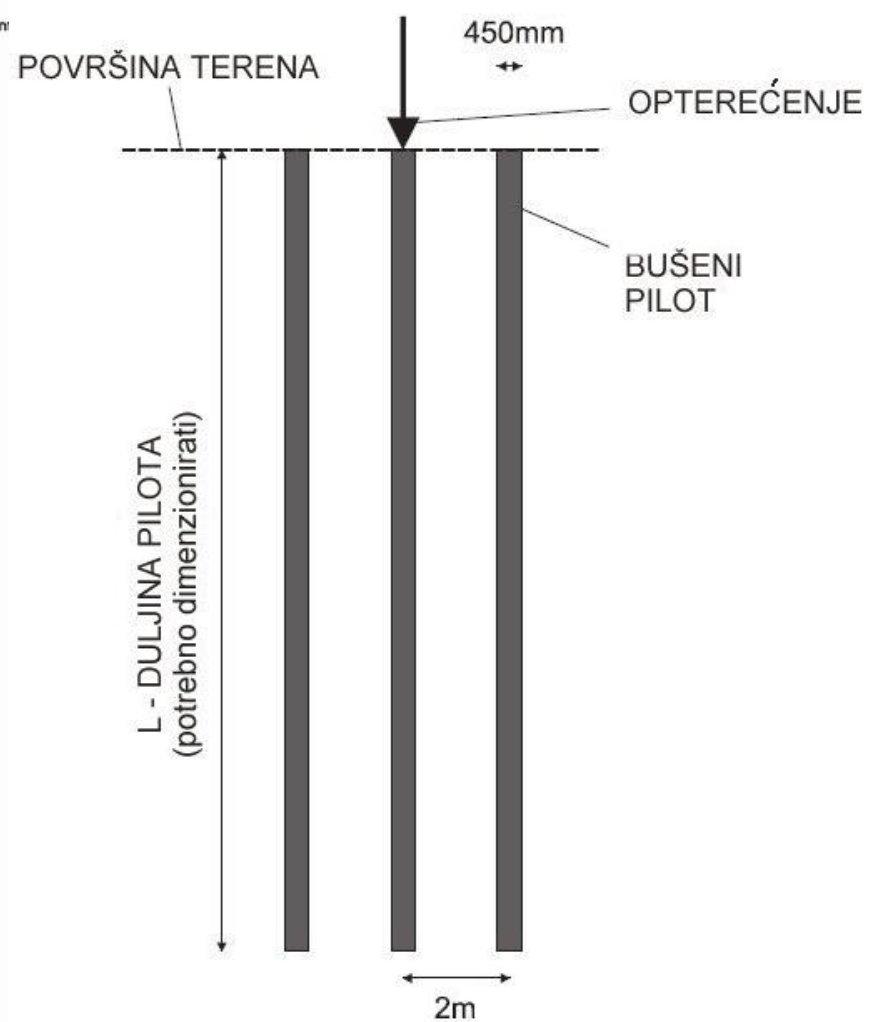
Građevina se temelji na bušenim pilotima promjera 450 ugrađenim u potpunosti u srednje zbijenom do zbijenom pijesku, na osnovom razmaku od 2m. Piloti su bušeni upotrebom zaštitne kolone uz ispunu vodom te su betonirani istoga dana. Svaki pilot preuzima karakteristično vertikalno trajno opterećenje od 300 kN i karakteristično vertikalno promjenjivo opterećenje od 150 kN. Riječ je o malom projektu u okviru kojeg nije predviđeno testiranje pilota. Smatra se da slijeganje tokom eksploatacije nije kritično za dimenzioniranje pilota.

Pijesak je sitni i srednji, iz razdoblja pleistocena. Uslojenost je horizontalna. Pijesak je prekriven nadslojem iz razdoblja holocena koji se sastoji od rahlog pijeska, meke gline i treseta. Na udaljenosti 5m od istražne bušotine izveden je jedan CPT pokus kako bi se ispitao profil čvrstoće tla. CPT pokus proveden je i interpretiran prema normi DIN 4094:2002 "Subsoil – Fields testing – Part 1:Cone penetration tests" upotrebom šiljka površine 10 cm², bez mjerenja trenja po plaštu i pornog tlaka. Površina terena je horizontalna i na nju se naknadno neće nasipavati materijal. Razina podzemne vode je na dubini 1.4 m od površine terena.



geotehnički profil

CPT profil – otpor šiljka q_c [Mpa]



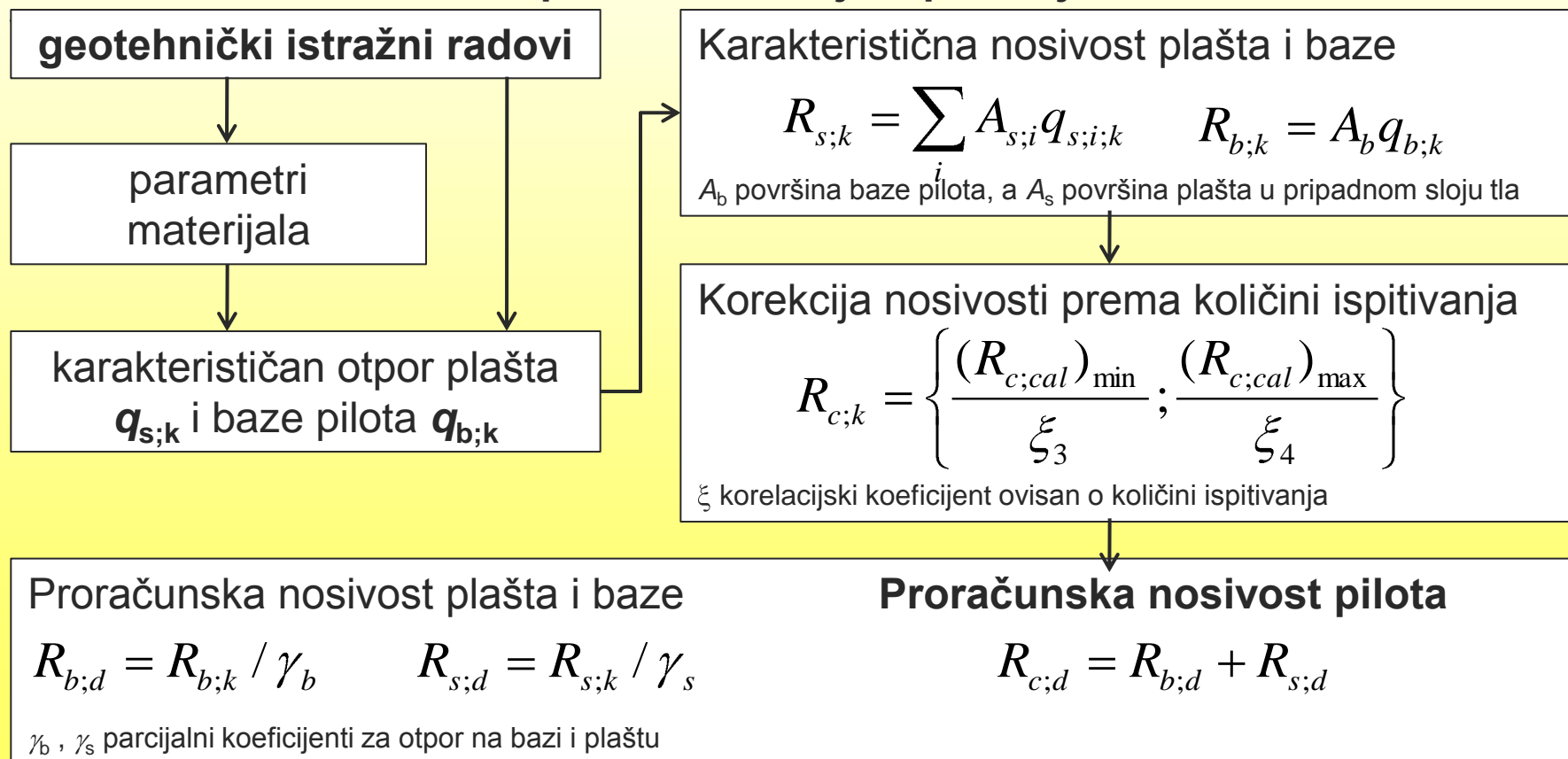
RASPORED PILOTA



METODA PRORAČUNA

Prema EC7 proračun nosivosti pilota može se provesti empirijskim i analitičkim metodama čija je valjanost potvrđena rezultatima statičkog opterećenja pilota u usporedivim uvjetima. [EN 1997-1:2004; 7.4.1]

Proračun tlačne nosivosti pilota na temelju ispitivanja tla. [EN 1997-1:2004]





METODA PRORAČUNA

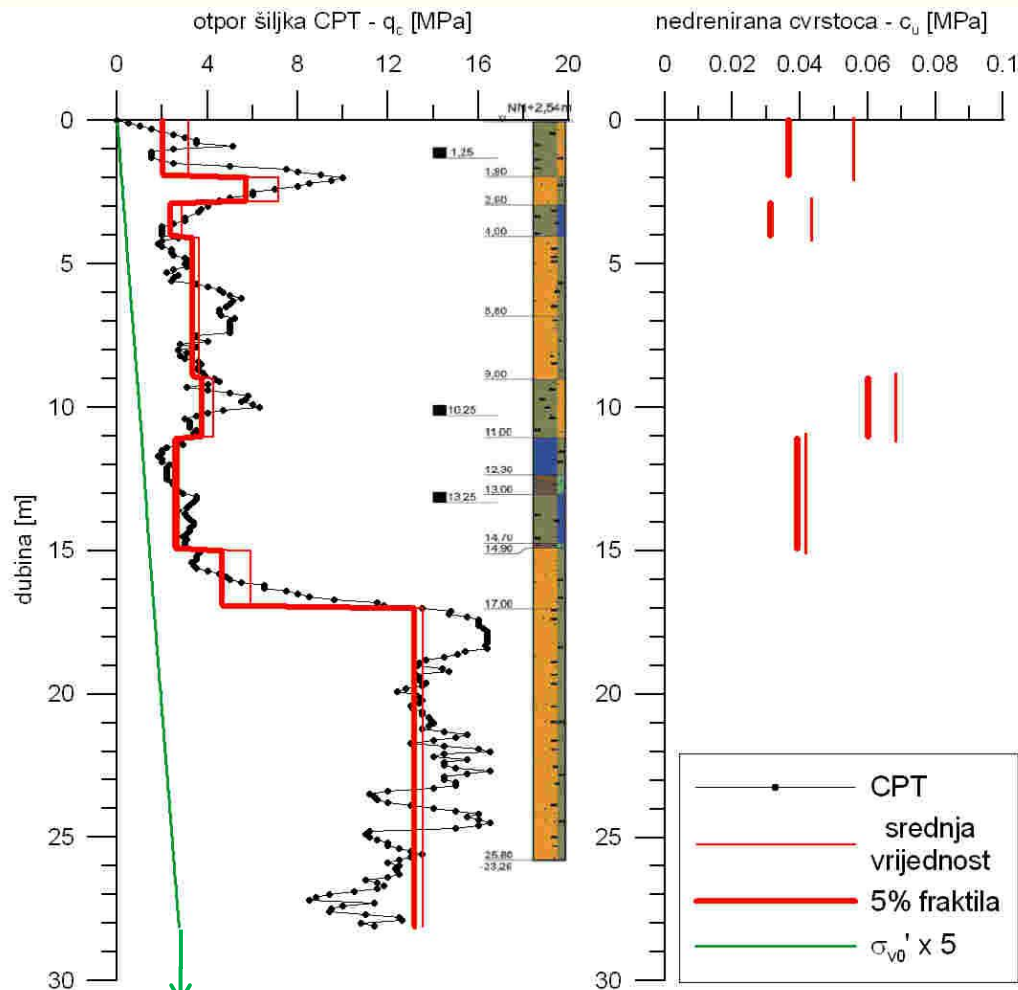
Projektni zadatak riješen je na dva načina. Primjenom metode proračuna nosivosti pilota prema njemačkim preporukama **DIN 1054** te prema korelacijama za proračun nosivosti pilota direktno iz rezultata CPT pokusa danih u **EC7** [prEN 1997-2:2006; D6].

U metodi proračuna prema DIN 1054 potrebno je za različite slojeve tla odrediti karakterističan otpor CPT šiljka $q_{c,k}$. On se određuje statističkom obradom izmjerenih vrijednosti te je prema preporukama EC7 jednak vrijednosti 5% fraktila [prEN 1997-1:2004; 2.4.5.2.(11)]. Karakterističan otpor plašta i baze u pijesku određuje se direktno iz $q_{c,k}$, na temelju preporuka ovisno o vrsti pilota. U glinovitim materijalima potrebno je na temelju $q_{c,k}$ odrediti karakterističnu vrijednost nedrenirane čvrstoće $c_{u,k}$, na temelju koje se određuje otpor plašta i baze pilota prema preporukama.

U metodi proračuna prema EC7, otpor plašta i baze određuju se direktno iz izmjerenih podataka otpora CPT šiljka q_c uz primjenu pripadnih koeficijenata, koji ovise o vrsti materijala i tipu pilota (α_p i α_s). Prilikom proračuna otpora na bazi metoda uzima u obzir vrijednosti otpora q_c u okolini promatrane točke.



KARAKTERISTIČNE VRIJEDNOSTI PARAMETARA MATERIJALA



maksimalna očekivana vrijednost q_c za normalno konsolidirano tlo

vrijednosti 5% fraktila:

$$q_{c;k} = q_{c;sr} - t \cdot q_{c;SD}$$

q_c – izmjerena vrijednost otpora CPT šiljka

$q_{c,sr}$ – srednja vrijednost q_c u promatranom sloju materijala

$q_{c,SD}$ – standardna devijacija q_c u promatranom sloju materijala

t – koeficijent pouzdanosti

za 5% fraktila $t = 1,64$

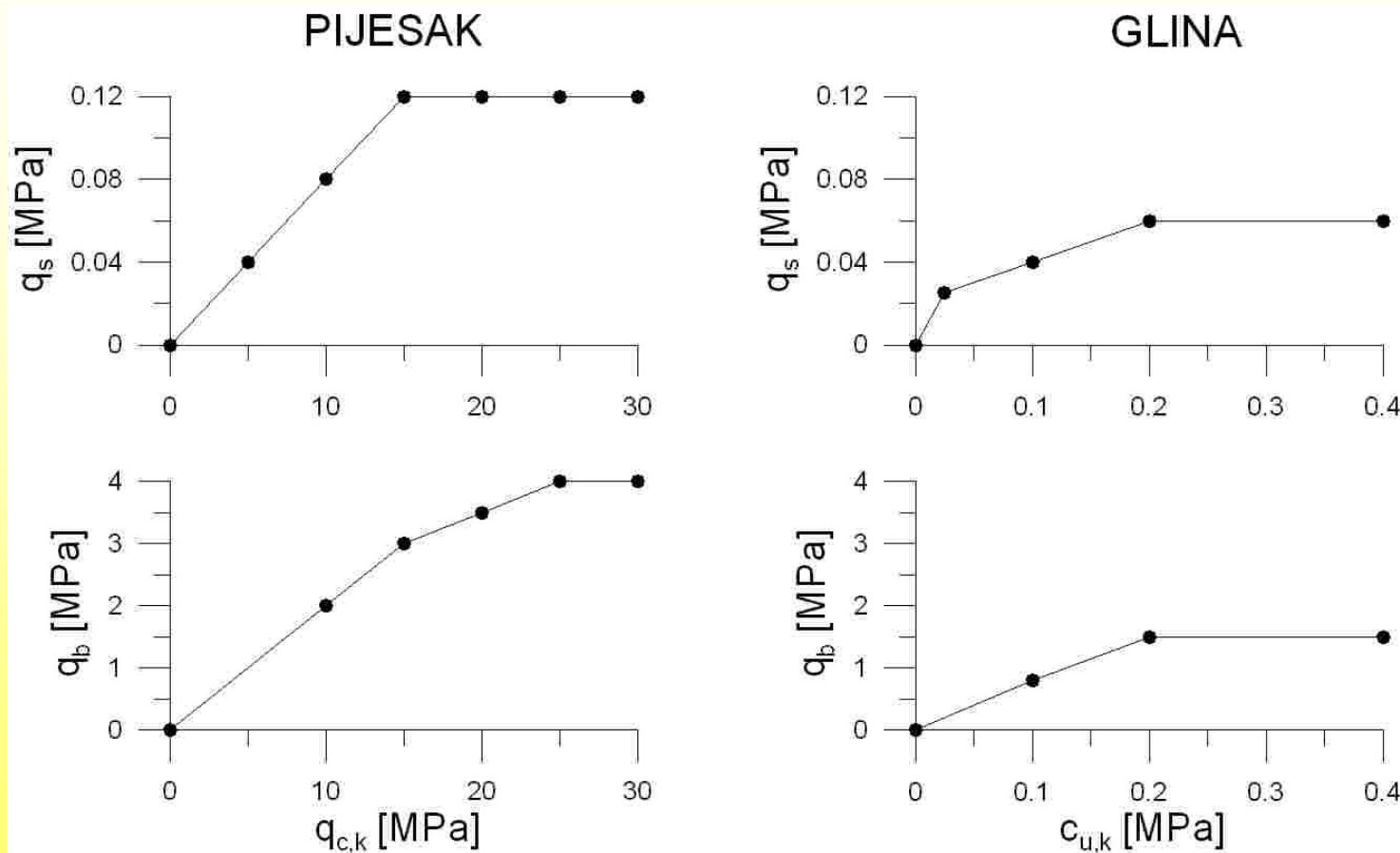
Nedrenirana čvrstoća:

[peEN 1997-2:2006(E), 4.3.4.1(3)]

$$c_u = \frac{(q_c - \sigma_{v0}')}{N_k}$$

$N_k = 15$ (Lunne i dr. 1997)

KARAKTERISTIČNA NOSIVOST PILOTA PREMA DIN 1054



Prema normi DIN 1054 otpor plašta i baze za pijeska određuje se direktno iz karakterističnog otpora CPT šiljka $q_{c,k}$, dok se za gline i prahove otpori određuju posredno iz nedrenirane čvrstoće $c_{u,k}$

KARAKTERISTIČNA NOSIVOST PILOTA PREMA EC7 [prEN 1997-2:2006; D7]



maksimalni otpor na bazi:

$$p_{\max; base} = 0,5\alpha_p\beta s \left\{ \frac{q_{c;I;mean} + q_{c;II;mean}}{2} + q_{c;III;mean} \right\}$$

α_p – koeficijent koji ovisi o tipu pilota (=0,6 za bušene pilote)

β, s – koeficijenti koji ovisi o obliku glave pilota (=1 za kružni pil.)

$q_{c;I,mean}$ – srednja vrijednost q_c na intervalu 0 do d_{crit}

$q_{c;II,mean}$ – minimalna vrijednost q_c na intervalu 0 do d_{crit}

$q_{c;III,mean}$ – minimalna vrijednost q_c na intervalu 0 do $-8D_{eq}$

D_{eq} – ekvivalentan promjer pilota (=D za kružni pilot)

maksimalni otpor na plaštu:

$$p_{\max; shaft; z} = \alpha_s q_{c,z,a}$$

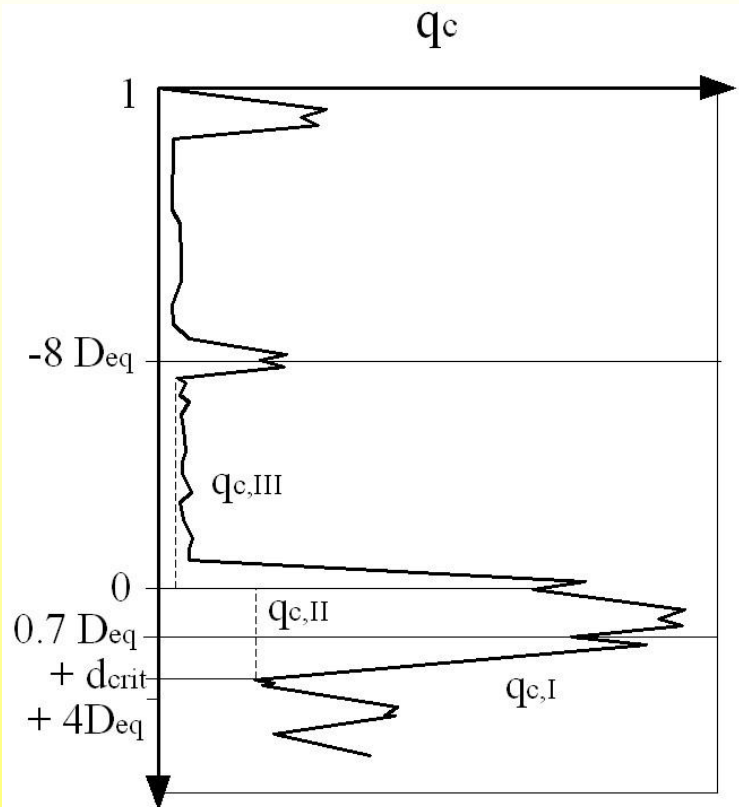
α_p – koeficijent koji ovisi o vrsti tla

= 0,005 za pijeske

= 0,02 (za $q_c < 3\text{MPa}$) – 0,03 (za $q_c > 3\text{Mpa}$) za gline

= 0 za treset

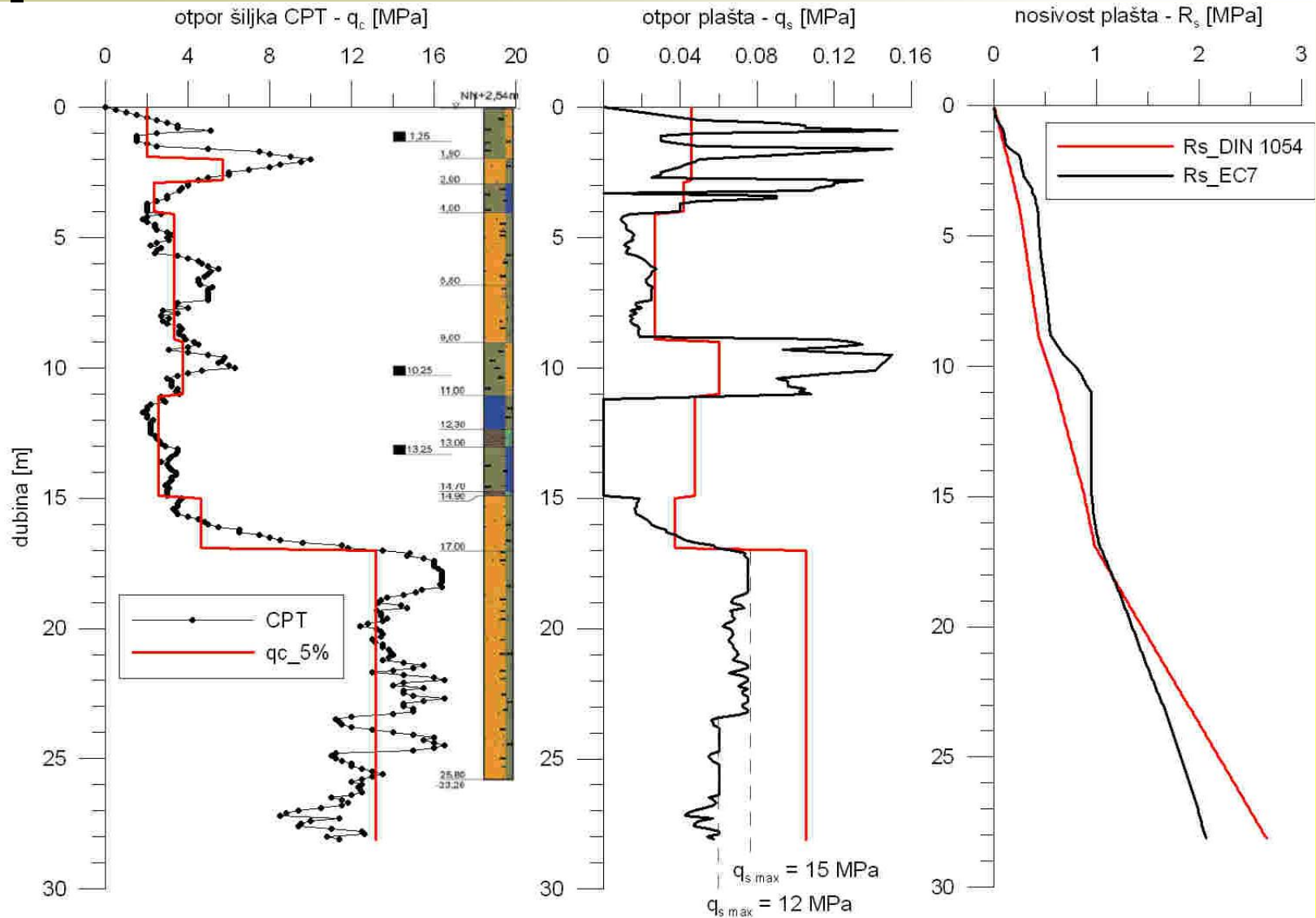
$q_{c,z,a}$ – korigirani otpor šiljka (ovisno o veličini otpora CPT šiljka u učestalosti ponavljanja određene veličine otpora)



Definicija srednjih vrijednosti otpora
CPT šiljka za proračun maksimalnog
otpora na bazi.

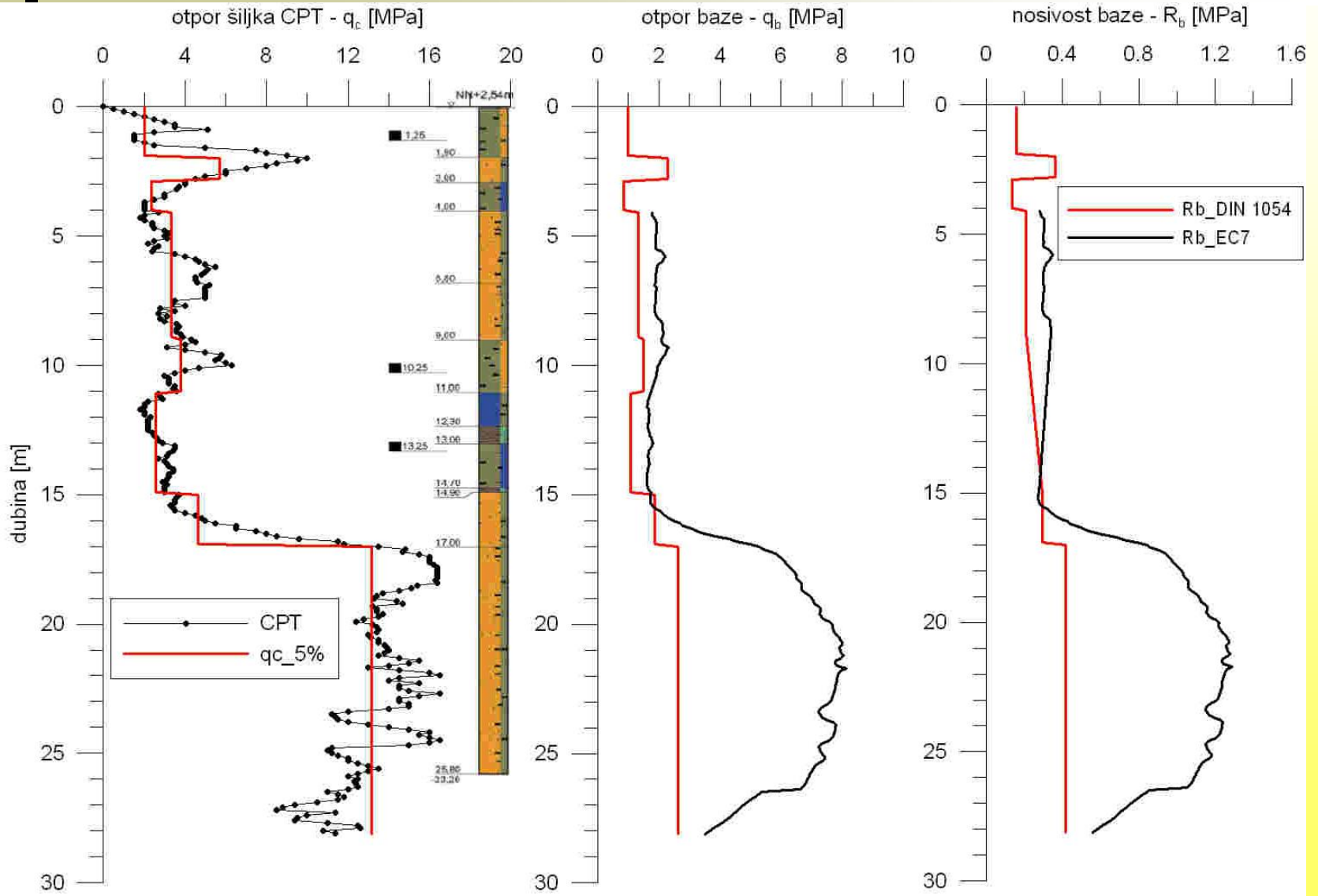


KARAKTERISTIČNA NOSIVOST PLAŠTA (DIN + EC7)





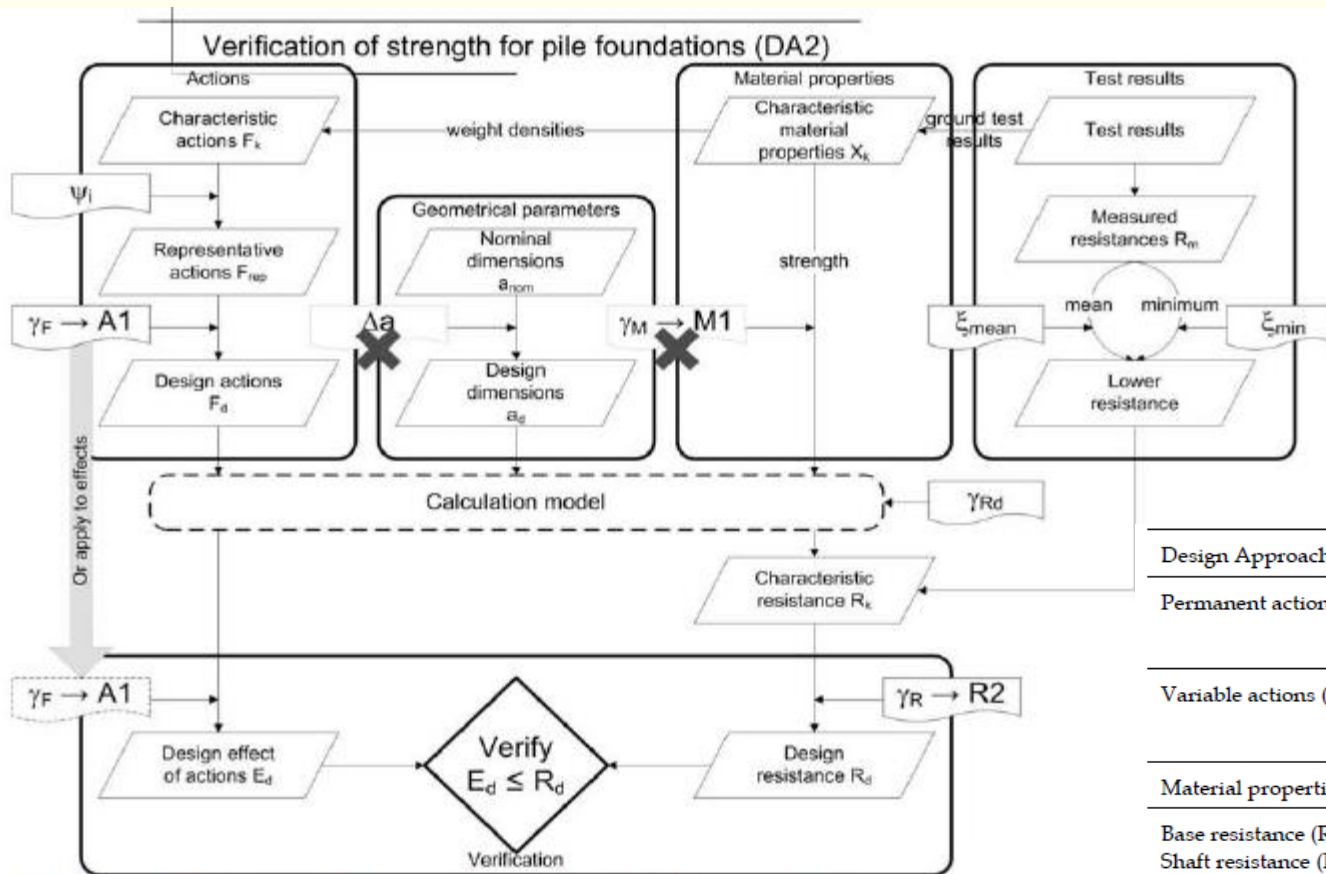
KARAKTERISTIČNA NOSIVOST BAZE (DIN + EC7)





PRORAČUN GRANIČNOG STANJA STABILNOSTI

Proračun graničnog stanja stabilnosti proveden je prema proračunskom pristupu **PP2**



parcijalni koeficijenti A1 + M1 + R2:

$$\gamma_G = 1.35$$

$$\gamma_Q = 1.50$$

$$\gamma_R = 1.10$$

$$\xi = 1.40$$

Design Approach 2		A1	M1	R2
Permanent actions (G)	Unfavourable†	γ_G	1.35	
	Favourable	$\gamma_{G,fav}$	1.0	
Variable actions (Q)	Unfavourable†	γ_Q	1.5	
	Favourable	$\gamma_{Q,fav}$	0	
Material properties (X)		γ_M	1.0	
Base resistance (R_b)		γ_b		1.1
Shaft resistance (R_s)		γ_s		
Total resistance (R_t)		γ_t		
Tensile resistance (R_{st})		γ_{st}		1.15

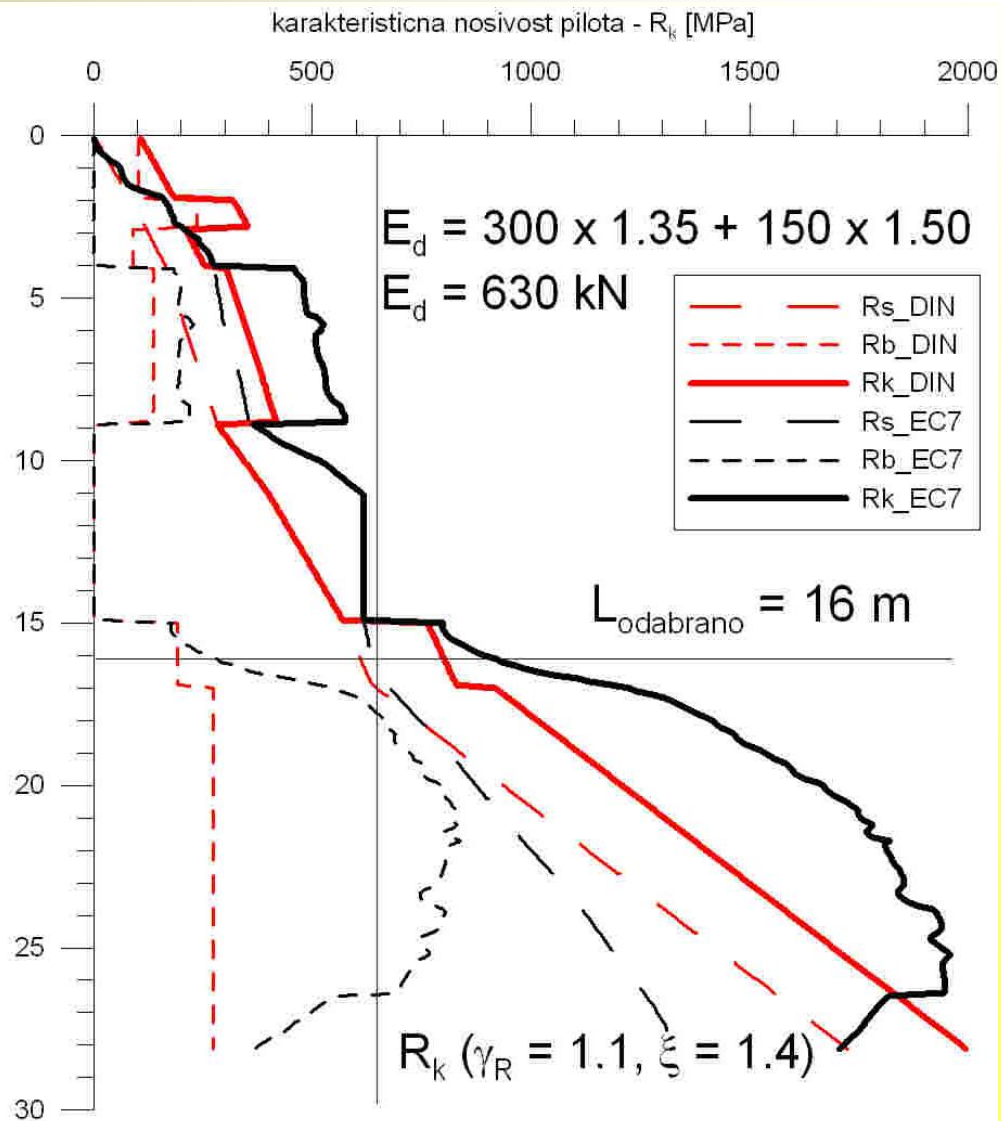
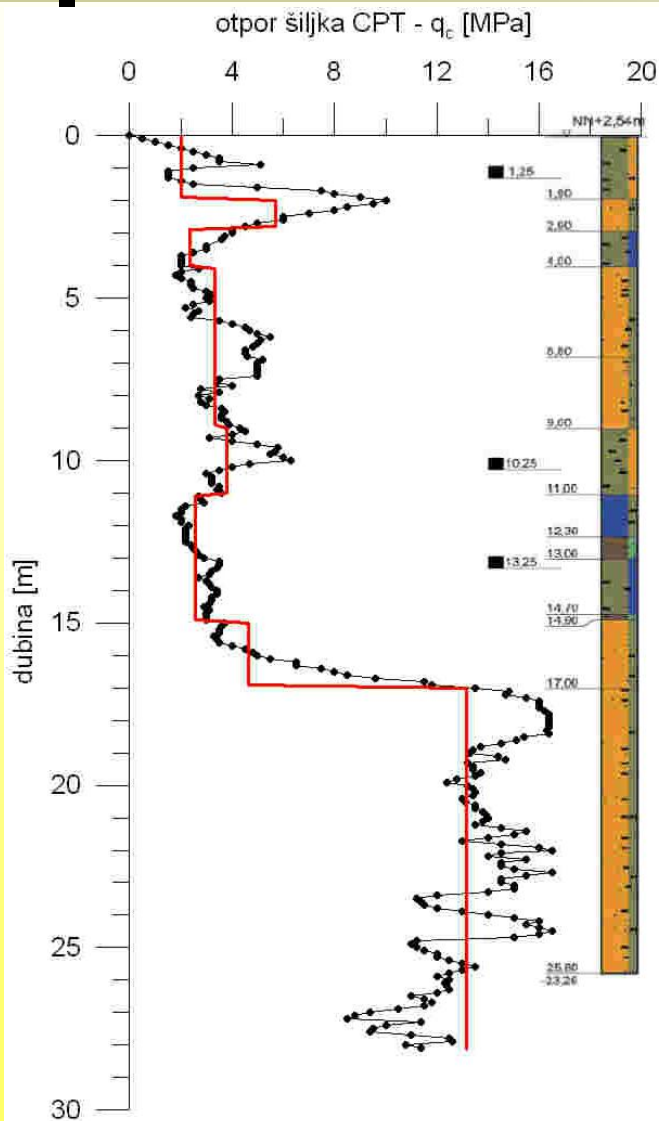
Figure 13.11. Verification of strength for pile foundations to Design Approach 2

primjena parcijalnih koeficijenata (Bond & Harris, 2008)

†Partial factors for accidental design situations are 1.0



PRORAČUNSKA NOSIVOST BAZE (DIN + EC7)





ZAKLJUČAK

- Proračuni nosivosti pilota primjenom dvije različite metode (DIN 1054 i EC7) daju slične rezultate, pri čemu je metoda prema DIN nešto konzervativnija (naročito u procjeni nosivosti baze u pijesku).
- Pri tome je proračun karakteristične nosivosti prema metodi DIN 1054 dobivena na temelju karakterističnih vrijednosti otpora CPT šiljka (5% fraktila) za pojedini sloj, dok je prema EC7 metodi dobivena direktno iz CPT rezultata mjerenja uz primjenu koeficijenata prema EC7 preporukama.
- Proračun graničnog stanja nosivosti pilota proveden je prema proračunskom pristupu PP2 korištenjem parcijalnih koeficijenata ($\gamma_G=1.35$, $\gamma_Q=1.50$, $\gamma_R=1.1$, $\xi =1.40$).
- Dijagrami karakteristične nosivosti pilota po dubini ukazuju na činjenicu da je pilot potrebno temeljiti u sloju zbijenog pijeska u podlozi (na dubini većoj od 15 m).
- Ukupna duljina pilota određena je inženjerskom prosudbom uz uvjet da pilot mora biti ugrađen minimalno 1 m u sloj zbijenog pijeska ($L = 16$ m).