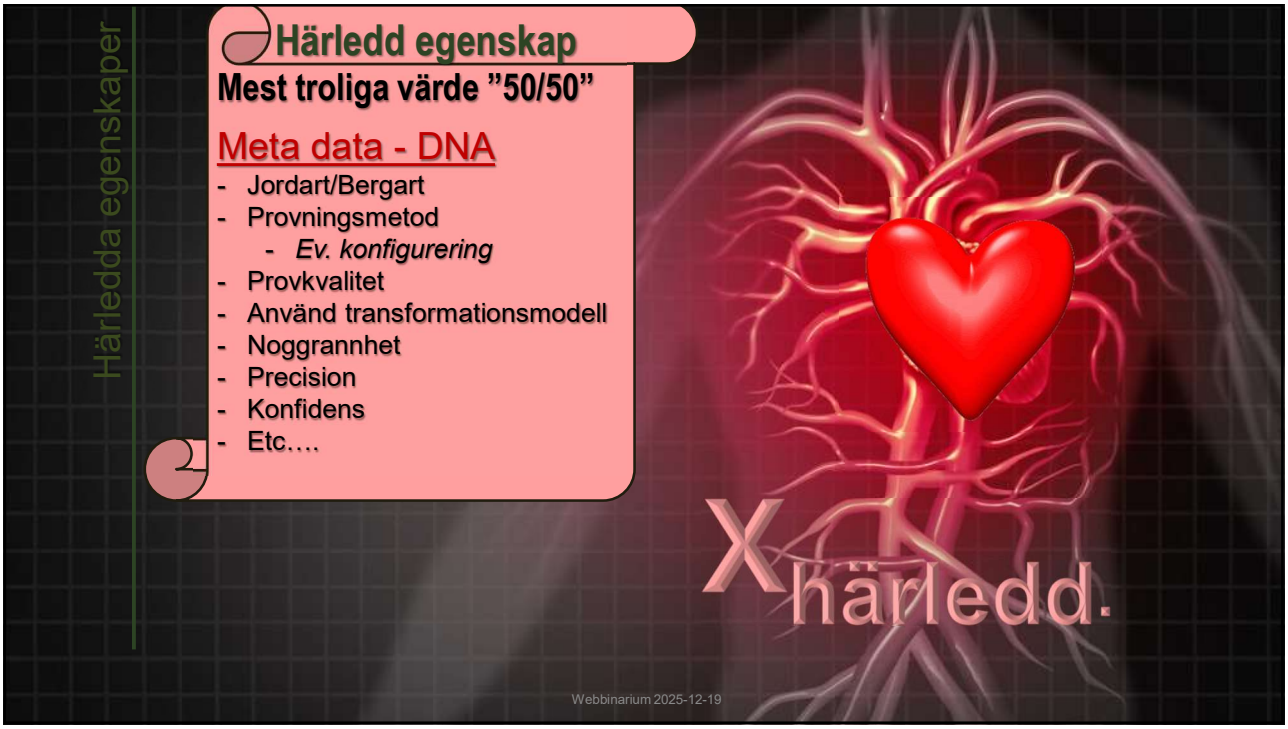
Geoteknisk data

Empiriska transformationsmodeller c_u från CPT och FVT
Resultat från förstudien; D2024-07

Webbinarium 2025-12-19





Introduktion

1. Projektets syfte
2. Noggrannhet och precision
3. Mätt värde till dimensionerande värde
4. Dagens empiriska transformationsmodellers bakgrund
5. Empiriska transformationsanalyser av 24 projekt
6. Slutsats och rekommendationer



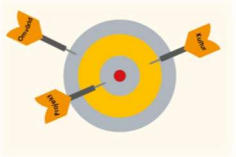
Arbetsgrupp:
- Håkan Garin
- Anders Kullingsjö
- Matilda Harlén
- David Gaharia

Trafikverkets handläggare:
- Anders Dahlberg

Referensgrupp:
- Carolina Sellin
- Mats Karlsson

Webbinarium 2025-12-19

1. Projektets syfte

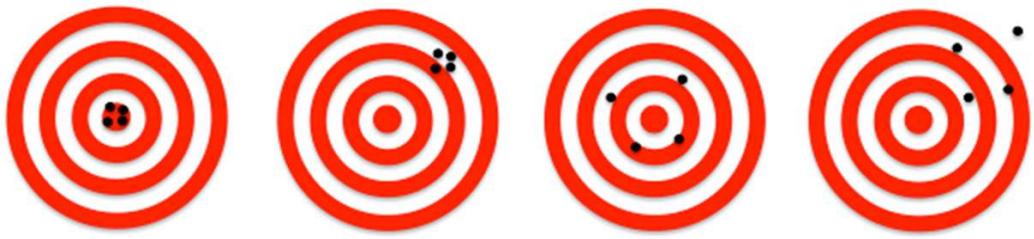


Projekt syftar till att klarlägga **forsknings- och utvecklingsbehovet** samt presentera **preliminära transformationsmodeller** för mer korrekt utvärdering av vingprovning och CPT-sondering avseende odränerad skjuvhållfasthet.

Detta så att geokonstruktioner kan **dimensioneras och markarbetet utföras med bättre känd egenskap** samt utan överdimensionering och för dyra konstruktioner. Samma förhållande gäller för befintliga slänters säkerhet och eventuella förstärkningar, vilken också är en geokonstruktion.

Webbinarium 2025-12-19

2. Noggrannhet vs. precision



Hög noggrannhet Hög precision	Låg noggrannhet Hög precision	Hög noggrannhet Låg precision	Låg noggrannhet Låg precision
	Skytten - justerar siktet	Skytten – sluta skaka	

Webbinarium 2025-12-19

Vad är en transformationsmodell?

Kan vara **definitionsmässiga** som för densitet:

$$\text{Densitet: } \rho = \frac{massa}{volym}$$

Omvandling av koordinatformat, exempelvis från SWEREF 99 till lat./long. och höjd över ellipsoiden i SWEREF 99:

$$(X,Y,Z) \Leftrightarrow (\varphi,\lambda,\eta)$$

eller för att beräkna skjuvhållfasthet från vingprovning:

$$c_{fv} = \frac{6\,000\,000}{7 \cdot \pi \cdot D^3} T_{max}, \qquad c_{fv} \text{ (kPa), } D \text{ (mm) samt } T \text{ (Nm)}$$

Kan vara **empiriska** som att korrigera odränerad skjuvhållfasthet från vingprovning:

$$c_u = c_{fv} \left[\frac{0{,}43}{w_L}\right]^{0{,}45} * \left[\frac{OCR}{1{,}3}\right]^{-0{,}15}$$

Webbinarium 2025-12-19

Vad är en transformationsmodell?

Kan också vara **empiriska** transformationsmodeller för att utvärdera från sondering:

Tabell 1:3 Karakteristiska värden på friktionsvinkel och E-modul för naturligt lagrad friktionsjord bedömda med ledning av sonderingsresultat.

Relativ fasthet	Trycksond (TrS) spetsmotstånd q_{ck} MPa	Friktionsvinkel[1] φ_k^0	E-modul[2] E_k MPa	Viktsond[3] Vim_k $hv/0{,}2$ m	Hejarsond[4] $HfA(netto)_k$ $sl/0{,}2$ m
mycket låg	0– 2,5	29–32	<10	0–10	0– 4
låg	2,5– 5,0	32–35	10–20	10–30	2– 8
medelhög	5,0–10,0	35–37	20–30	20–50	6–14
hög	10,0–20,0	37–40	30–60	40–90	10–30
mycket hög	>20,0	40–42	60–90	>80	>25

1) Angivna värden gäller för sand. För siltig jord görs avdrag med 3°. För grus tillägg med 2°.

2) Angivna värden på E-modulen motsvarar sättningarnas 10-års värde. Vissa undersökningar tyder på att dessa värden kan vara 50% lägre i siltig jord och 50% högre i grus. I överkonsoliderad friktionsjord kan modulen vara betydligt högre. Vid beräkning av deformationer vid större grundläggningstryck än vad som motsvarar 2/3 av en plattas dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd bör modulen halveras för större påkänningar.

3) Före bestämning av relativ fasthet skall viktsonderingsmotstånd erhållet i siltig jord reduceras genom division med 1,3.

4) Med $HfA_{(netto)}$ avses spetsmotståndet dvs det totala neddrivningsmotståndet reducerat med mantelfriktionen på sondstången.

Utdrag ur Plattgrundläggningshandboken, Svensk Byggtjänst & SGI, 1993

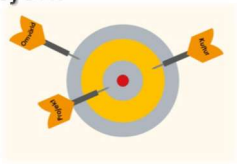
3. Mätt värde till dim.

Geoteknik är praktisk riskhantering utifrån **fåtalsprovning**.

Transformering av **mätta** värden till **härledda** värden, med efterföljande ansättning av **karakteristiskt-** respektive **dimensionerande** värde är en del av denna riskhantering.

Storleken på osäkerhet, orsakad av olika anledningar, är en del av informationen från härledning och ska **hanteras** i projekt.



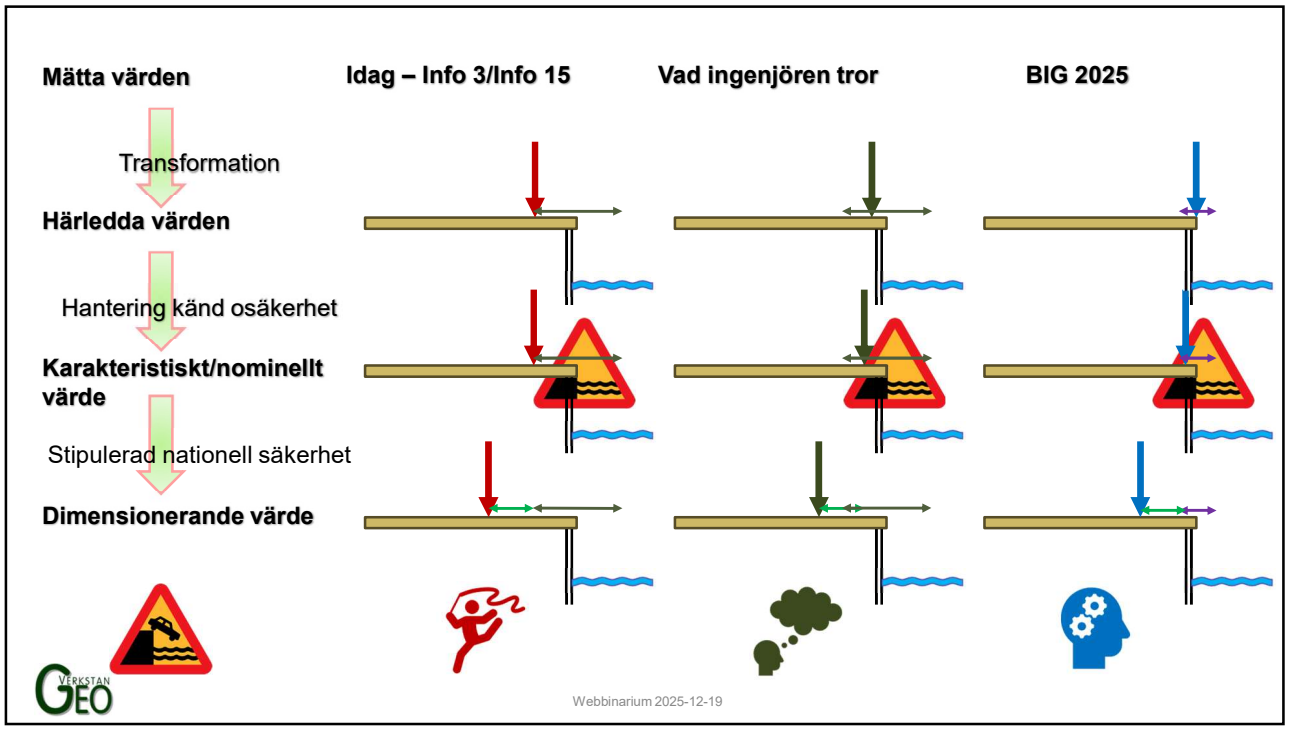


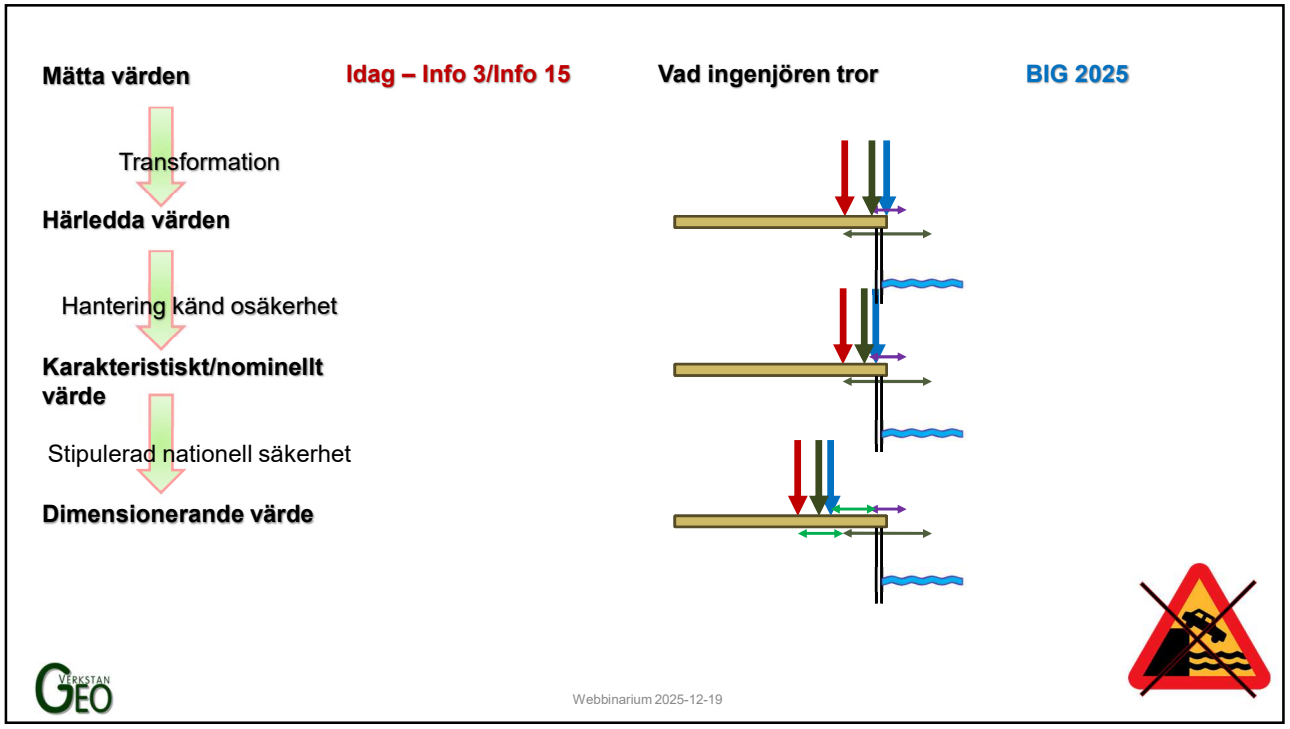
Mätta värden
- **Enligt utförandestandard eller metodbeskrivning**

Härledda värden
- **Idag – Inbyggd säkerhet om 10% á 20 %**
- **Mål – 50/50 sannolikhet att härledda värden speglar verkligheten**

Karakteristiskt värde
- **Sammanvägning av härledda värden med hänsyn tagen till spridning, osäkerhet m.m.**

Dimensionerande värde
- **Värde med koefficient enligt aktuell dimensioneringssituation**


Mätta värden
Idag – Info 3/Info 15
Vad ingenjören tror
BIG 2025
Transformation
Härledda värden
Hantering känd osäkerhet
Karakteristiskt/nominellt värde
Stipulerad nationell säkerhet
Dimensionerande värde
Webbinarium 2025-12-19

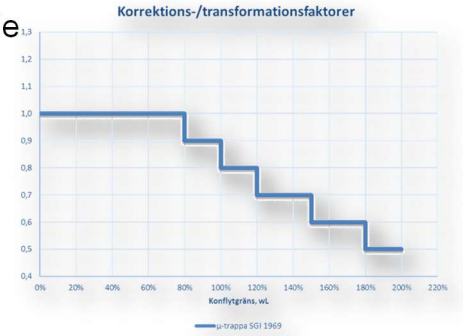

Mätta värden
Idag – Info 3/Info 15
Vad ingenjören tror
BIG 2025
Transformation
Härledda värden
Hantering känd osäkerhet
Karakteristiskt/nominellt värde
Stipulerad nationell säkerhet
Dimensionerande värde
Webbinarium 2025-12-19

4. Bakgrund till dagens korrektioner

Vid tekniskt branschmöte på SGI år 1969 kom man fram till en rekommendation för vilka korrektionsfaktorer som skulle användas för odränerade skjuvhållfasthetsvärden, bestämda med ving- och fallkonförsök. Korrektionsfaktorerna baserades på jordens flytgräns.



Rekommenderade korrektionsfaktorerna skulle appliceras på försiktigt valda värden eller ”lågt valda medelvärden” av de uppmätta hållfasthetsvärdena.



4. Bakgrund till dagens korrektioner

En ny genomgång av utvärderingen av ving- och fallkonförsök gjordes på SGI 1985 och resulterade i den första utgåvan av Information 3.



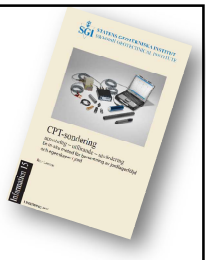
$$\mu = \left(\frac{0{,}43}{w_L}\right)^{0{,}45} \geq 0{,}5$$

De modifierade korrektionsfaktorerna är avsedda att appliceras på medelvärden av de uppmätta hållfasthetsvärdena i försöken.



4. Bakgrund – transformations-modell för CPT

Den odränerade skjuvhållfastheten utvärderas normalt ur nettospetstrycket, ($q_t - \sigma_v$). De svenska erfarenheterna från normalkonsoliderad och endast svagt överkonsoliderad lera har givit det empiriska sambandet för c_u – direkt skjuvning



$$c_u = \frac{q_t - \sigma_{v0}}{N_{kt\ (c_u)}} \qquad c_u = \left[\frac{q_t - \sigma_{v0}}{13{,}4 + 6{,}65 w_L}\right]$$

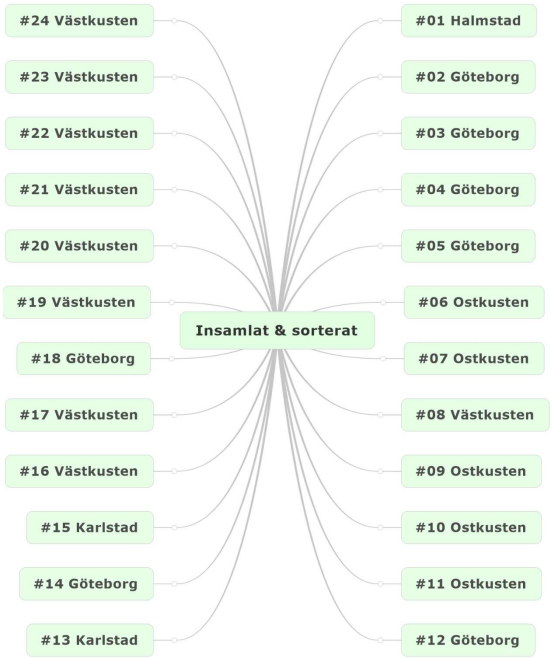
där

q_t = totalt spetstryck
σ_{v0} = totalt överlagringstryck
$N_{kt(cu)}$ = konfaktor för utvärdering av odränerad skjuvhållfasthet



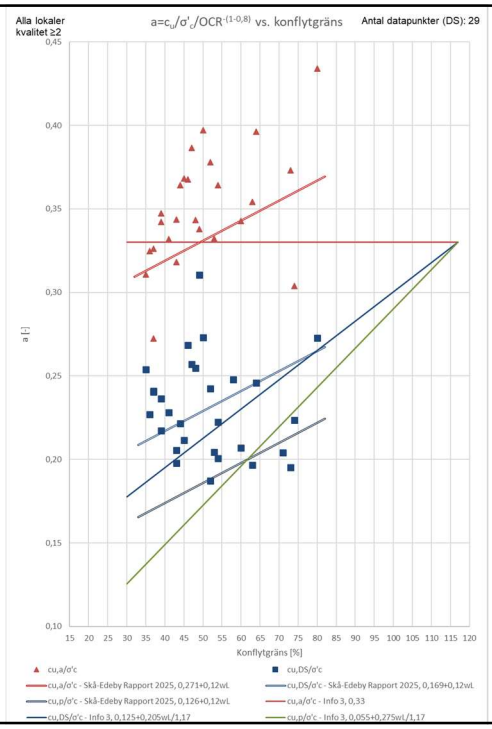
dessa faktorer har kalibrerats mot korrigerad hållfasthet (**μ-1985**)

5. Inhämtad data





c_u som funktion av förkonsolideringstryck och flytgräns



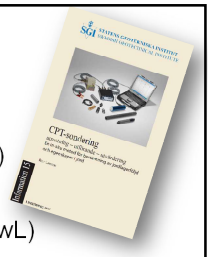
5. Spetstrycksondering - CPTU

Tre principiella transformationsmodeller värderade.

SGI Info 15:

$$c_u = \left[\frac{q_t - \sigma_v}{N_{kt}}\right]\left[\frac{OCR}{1{,}3}\right]^{-0{,}2}, \quad \text{där } N_{kt} = f(w_L)$$

$$c_u = \frac{\Delta u_2}{N_{kt(u_2)}}, \quad \text{där } Nkt_{(u2)} = f(wL)$$

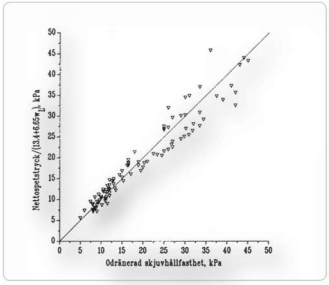


samt
Robertson & Kabal

$$c_u = \left[\frac{q_t - \sigma_v}{N_{kt(B_q)}}\right], \quad \text{där } N_{kt(Bq)} = f(B_q)$$

där

$$B_q = \frac{\Delta u_2}{q_t}$$

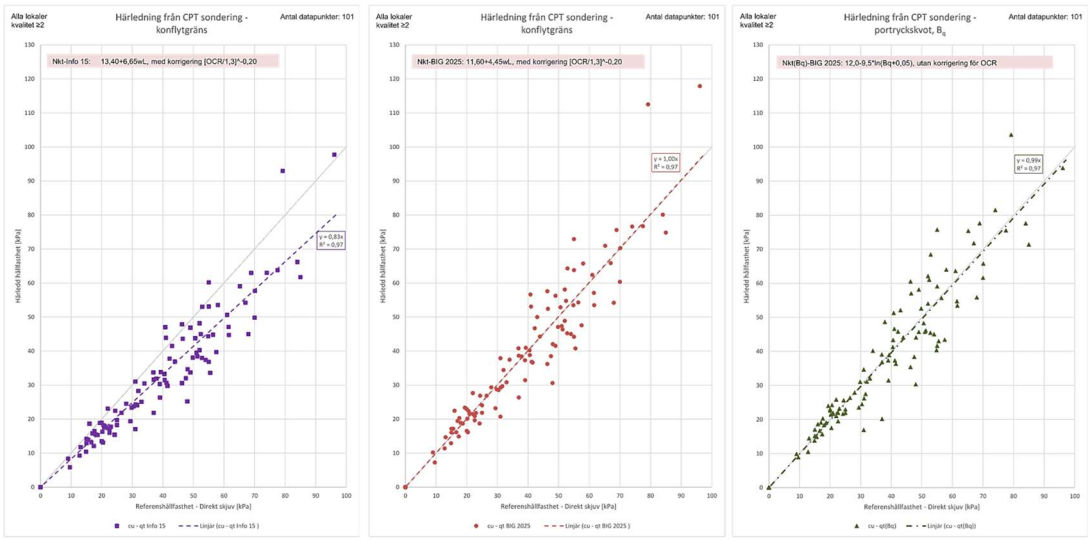


Figur 31. Jämförelse mellan odränerad skjuvhållfasthet utvärderad ur nettospetstryck vid CPT-sondering i svenska normalkonsoliderade och endast svagt överkonsoliderade leror och referensvärden från direkta skjuvförsök och korrigerade vingförsök.

Webbinarium 2025-12-19

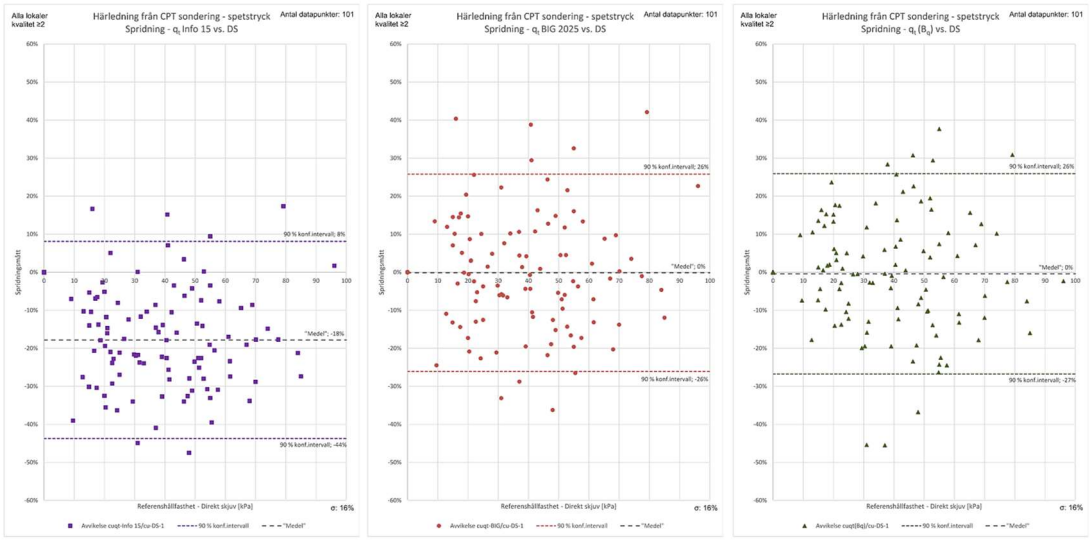
5. Transformationsmodeller - CPT

Info 15 | mod. Info 15 | utifrån B_q

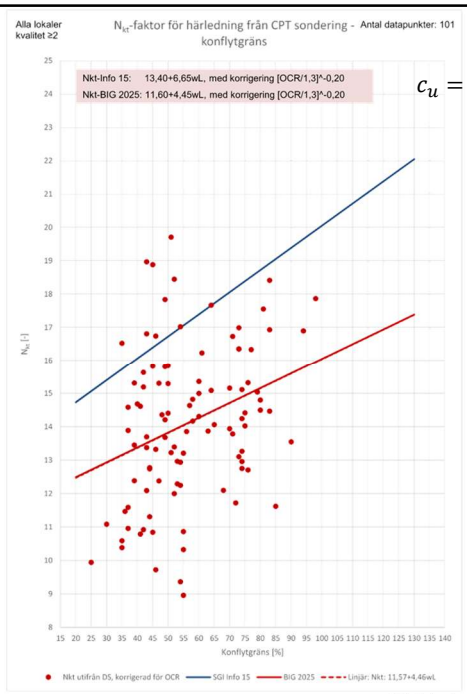


5. Variationskoefficient - CPT

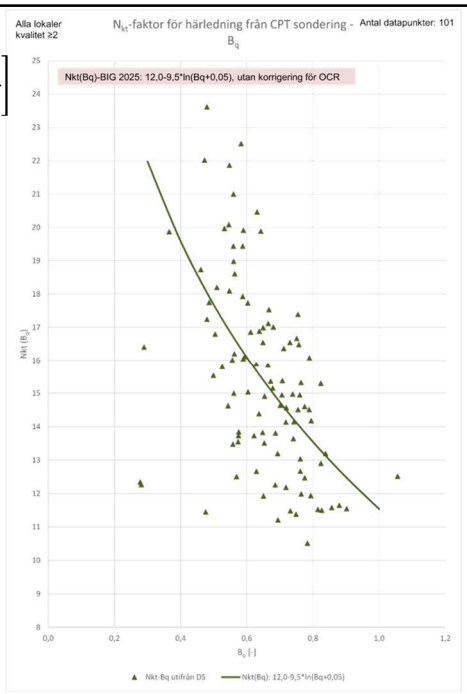
Info 15 | mod. Info 15 | utifrån B_q



5. Empirisk bakåtberäkning av N_{kt}



$$c_u = \left[\frac{q_t - \sigma_v}{N_{kt}}\right]$$



5. Vingprovning – Vb

Definitionsmässig transformationsmodell

$$\tau = \frac{T}{\frac{\pi \cdot D^3}{12 \cdot \sin(i_T)} + \frac{\pi \cdot D^2 \cdot H_T}{2} + \frac{\pi \cdot D^3}{12 \cdot \sin(i_B)}} = \frac{12 \cdot T}{\pi \cdot D^2 \cdot \left(\frac{D}{\sin(i_T)} + 6 \cdot H_T + \frac{D}{\sin(i_B)}\right)}$$

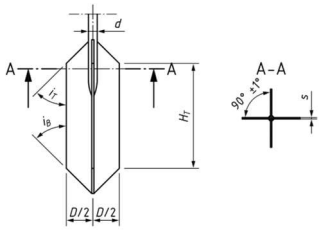


Figure E.1 — Design of the tapered vane

Med nationell **empirisk transformationsmodell** utifrån konsistens:

SGI 1984

$$c_u = c_{fv}\left[\frac{0{,}43}{w_L}\right]^{0{,}45} * \left[\frac{OCR}{1{,}3}\right]^{-0{,}15}$$

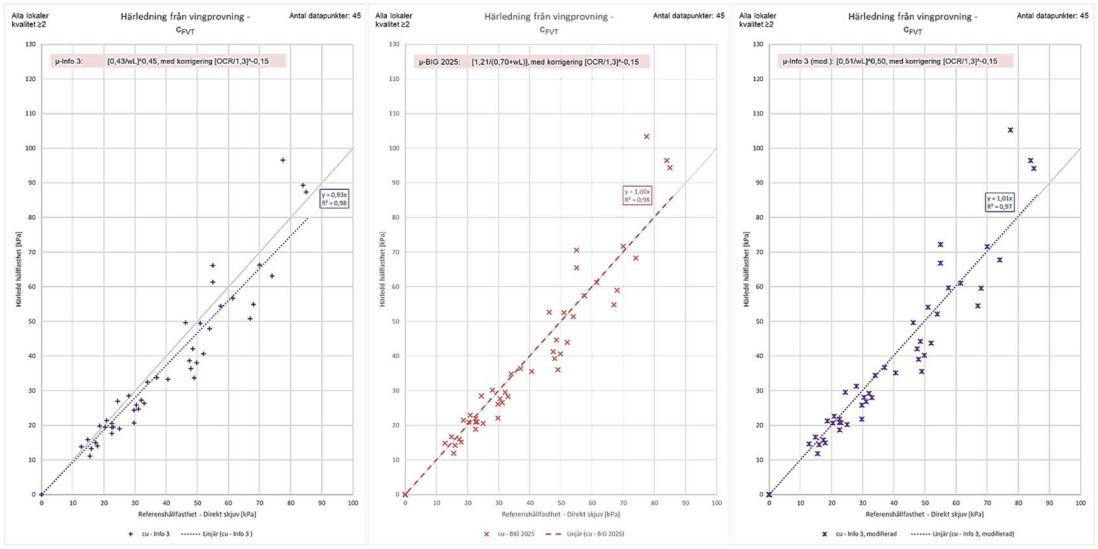
samt

Helenelund 1977

$$c_u = c_{fv}\left[\frac{1{,}45}{1+w_L}\right] * \left[\frac{OCR}{1{,}3}\right]^{-0{,}15}$$

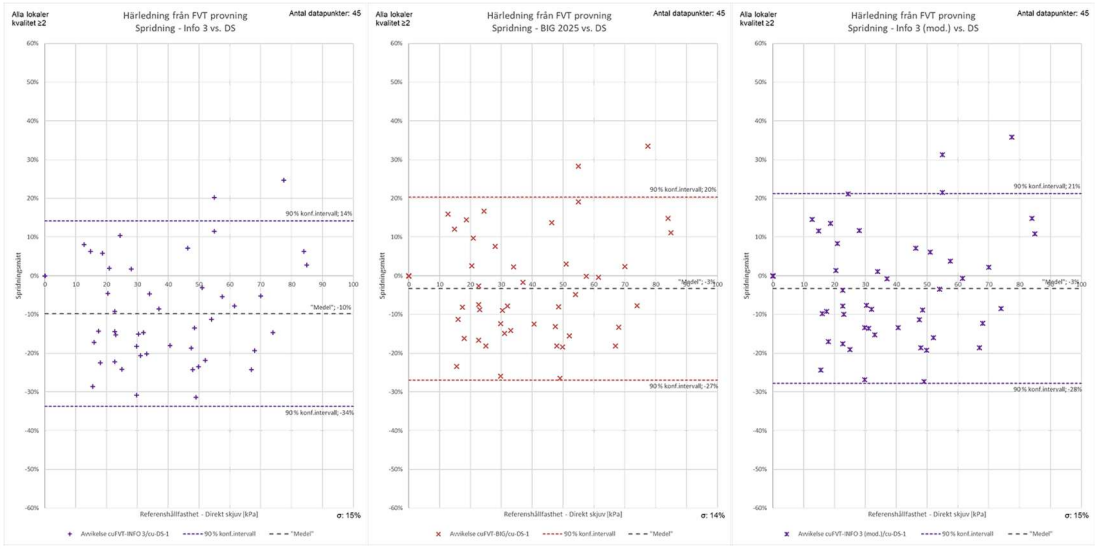
5. Transformationsmodeller - Vb

Info 3	mod. Helenelund	mod. Info 15

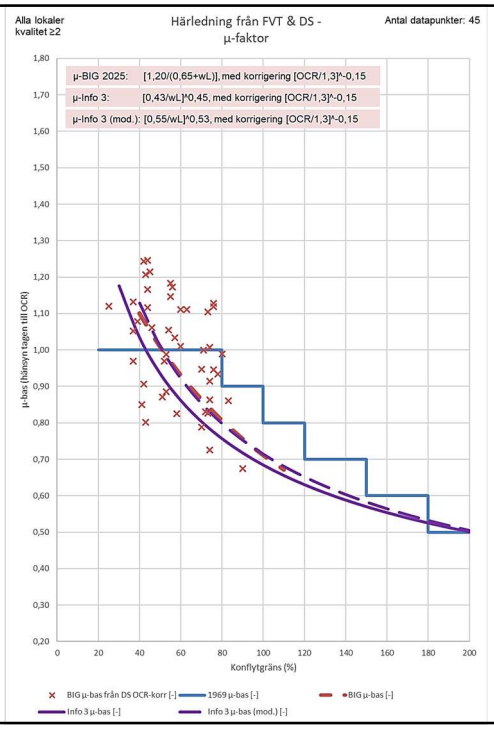


5. Variationskoefficient - Vb

Info 3	mod. Helenelund	mod. Info 15



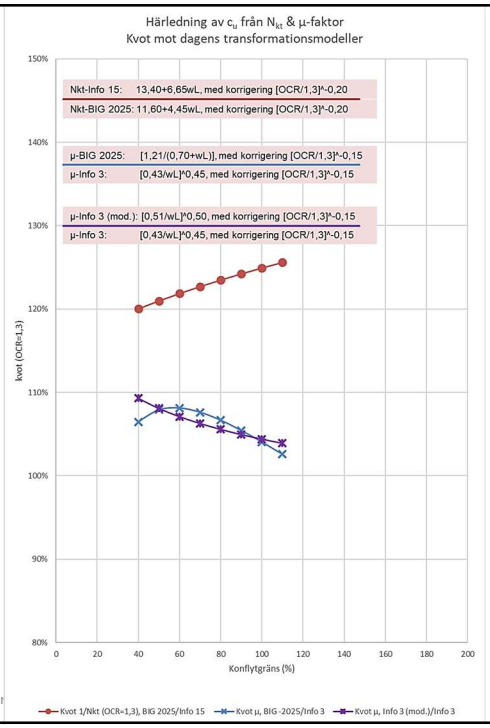
5. Empirisk bakåtberäkning av μ



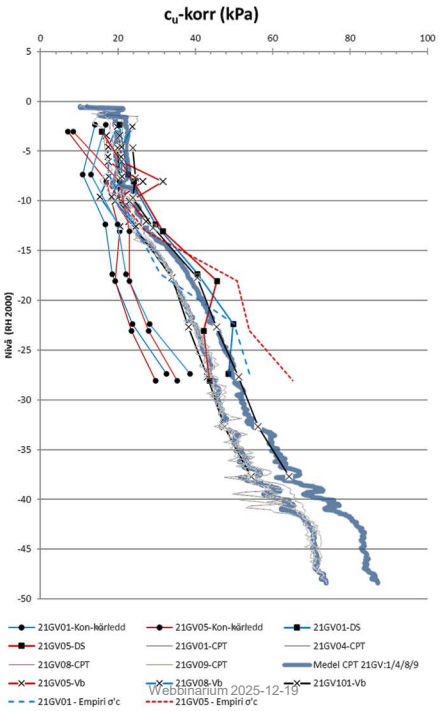
6. Summering

Utvecklingsbehov verifierat

tillsammans med kompetensutveckling för att hantera mätt värde till karakteristiskt värd med hänsyn till osäkerheter.



Exempel



SGI Info 3 + Info 15

Provisoriska transformationssamband - 2025

Webbinarium 2025-12-19

Geoteknisk data
Empiriska transformationssamband c_u från CPT och FVT
Effekt av osäkerhet – precision

Webbinarium 2025-12-19



Hur mår din utrustning?

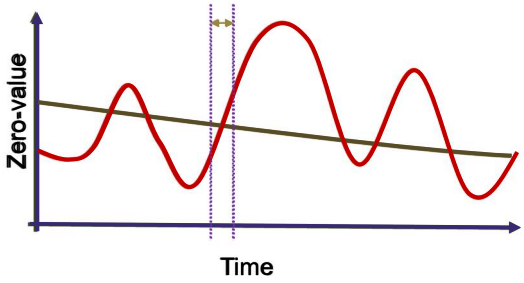


Nollavläsningar – viktiga hälsodata

Verifiering av sond

- Långtidsstabila givare – liten nollpunktsdrift



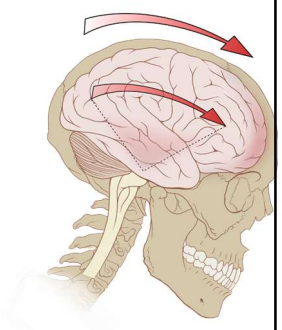


Före sondering

- Nollavläsning

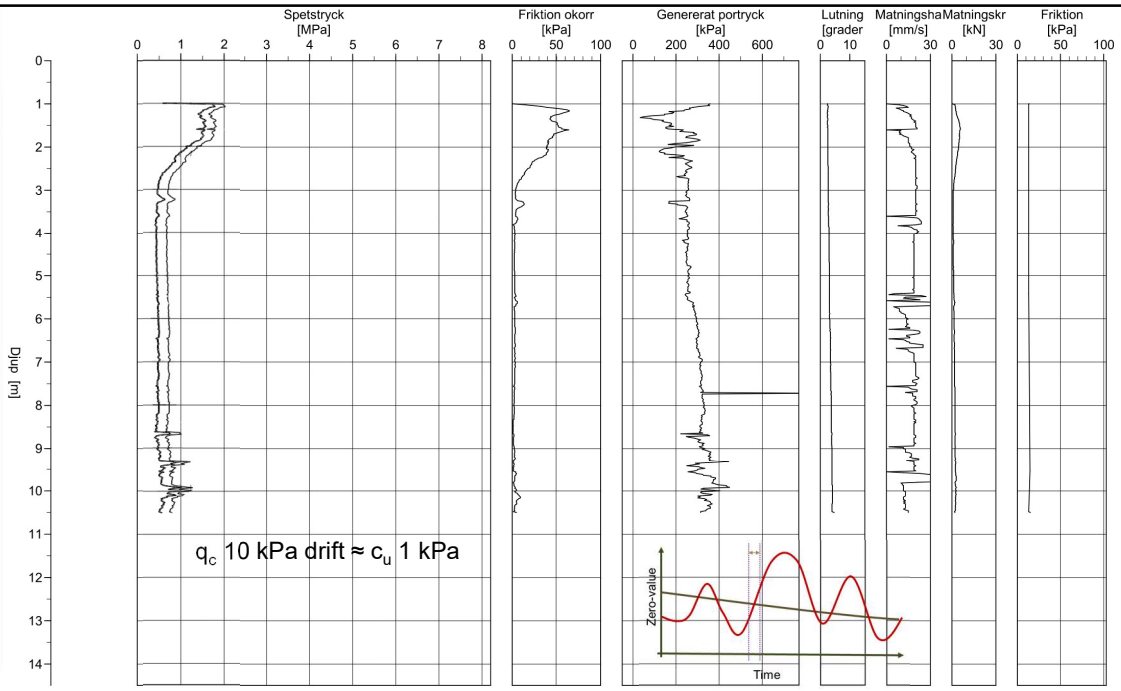
Avslut av sondering

- Nollavläsning av uppmätta parametrar görs efter uppdragning



Webbinarium 2025-12-19

Effekt av nollpunktsdrift

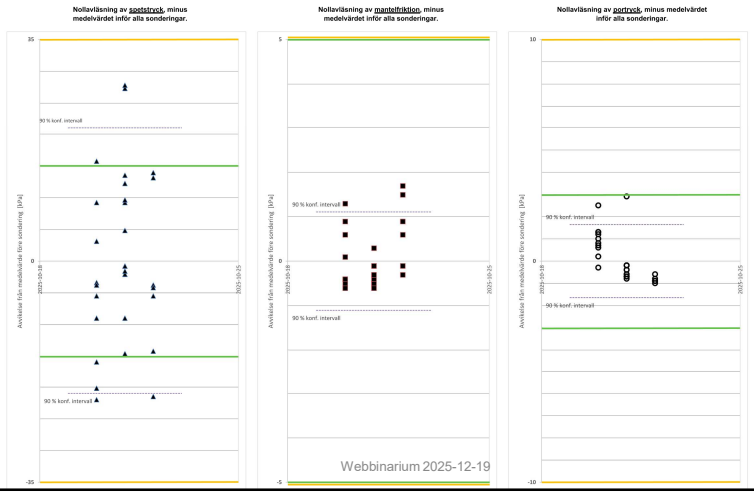


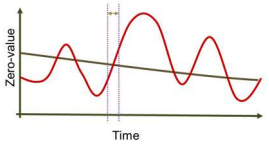
Nollpunktsdrift – över tid

- Givarna i sonden **ska inte** ha en nollpunktsdrift!
  - Nollpunktsdrift ⇒ icke noggrann mätdata dålig precision och noggrannhet
- Jämn drift över lång tid (veckor/månader) – OK
- Osäkerhet över kort tid – låg tilltro

Test category	Cone penetrometer class	Reference reading checks		
		Parameter	Maximum allowable difference of reference values before and after test	Maximum variation in output stability
A	0	Cone resistance	15 kPa	1 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	0,5 kPa
		Pore pressure	3 kPa	0,5 kPa
B	0, 1	Cone resistance	35 kPa	5 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	1,5 kPa
		Pore pressure	10 kPa	3 kPa
C	0, 1, 2	Cone resistance	100 kPa	11 kPa
		Sleeve friction	15 kPa	3 kPa
		Pore pressure[a]	25 kPa	8 kPa
D	0, 1, 2, 3	Cone resistance	200 kPa	33 kPa
		Sleeve friction	25 kPa	5 kPa
		Pore pressure[a]	50 kPa	16 kPa

[a] Pore pressure applies only to CPTU.





Sammanställning av CPT-sonderingar, SS-EN ISO 22476-1:2023

Sondklass: 1 enligt SS-EN ISO 22476-1
Antalet sonderingar: 31 st Undersökningsperiod: 2025-10-20 till 2025-10-22

Långtidsstabilitet för sonds nollvärden före sondering under undersökningsperioden

		q_c NA	f_s NB	U_2 NC
Kalibrering	2025-09-30	5392 kPa	119,1 kPa	232,6 kPa
Ändring sedan kalibrering		42 kPa	-0,6 kPa	-3,8 kPa
Medelvärde före sondering		5434 kPa	118,4 kPa	228,8 kPa
Max-Min		49,8 kPa	2,3 kPa	3,9 kPa
Standaravvikelse		12,8 kPa	0,7 kPa	1,0 kPa
90 % konf. intervall		21,0 kPa	1,1 kPa	1,6 kPa
Motsvarande kategori				

Test category	Cone penetrometer class	Reference reading checks: Parameter	Maximum allowable difference of reference values before and after test	Maximum variation in output stability
A	0	Cone resistance	15 kPa	1 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	0,5 kPa
		Pore pressure	3 kPa	0,5 kPa
B	0, 1	Cone resistance	35 kPa	5 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	1,5 kPa
		Pore pressure	10 kPa	3 kPa
C	0, 1, 2	Cone resistance	100 kPa	11 kPa
		Sleeve friction	15 kPa	3 kPa
		Pore pressure[4]	25 kPa	8 kPa
D	0, 1, 2, 3	Cone resistance	200 kPa	33 kPa
		Sleeve friction	25 kPa	5 kPa
		Pore pressure[4]	50 kPa	16 kPa

[4] Pore pressure applies only to CPTU.

Table 3 — Test categories of CPT/CPTU

Qualitative observations of test performance are valuable and relevant information to the users and interpreters of the CPT/CPTU datasets and should be reported. Data anomalies like sluggish response of pore pressure, data spikes, unresponsiveness of sensors, soil disturbance are examples of qualitative observations.

Bästa möjliga kategori p.g.a. sonds klass: B
Bedömd kategori utifrån nollpunktsstabilitet över tid: B

Bedömd, ekvivalent osäkerhet utifrån stabilitet och sond
Utifrån stabilitet och sond: ≈ ±3 kPa

Utifrån sondens 0-stabilitet, 90 % konf. intervall : 2,0 kPa
Utifrån sondklass: 3,0 kPa

Osäkerheter utifrån utförande, transformationsmodell, geologi m.m. ej beaktade.

Sonderingdata

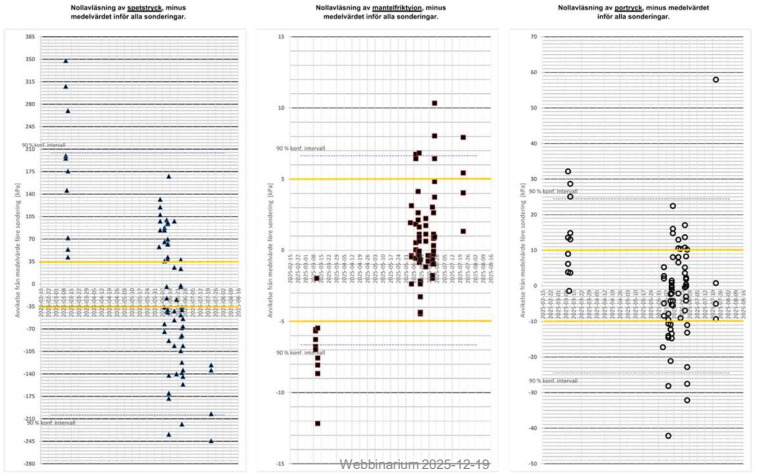
Sondering	Sond	Datum	Max djup [m]	Sondering [m]	Sensorstabilitet under undersökningsperioden: q_c-före [kPa]	rel. medel [kPa]	f_s-före [kPa]	rel. medel [kPa]	U_2-före [kPa]	rel. medel [kPa]	Nollavläsning före och efter: Δq_c-efter [kPa]	Δf_s-efter [kPa]	ΔU-efter [kPa]	Temperaturer under sondering: T-start [°]	T-min [°]	T-max [°]	T-slut [°]	ΔT [°]	Maximal belastning: $Q_{c\text{-}max}$ [kPa]	$F_{s\text{-}max}$ [kPa]	U_{max} [kPa]	Medelbelastning: $Q_{c\text{-}medel}$ [kPa]	$F_{s\text{-}medel}$ [kPa]	U_{medel} [kPa]
		2025-10-20	11,0	9,5	5 413,6	-20,2 B	117,8	-0,6 A	229,4	0,6 A	1,7 A	0,0 A	6,4 B						2 004	38	431	566	5	239
		2025-10-20	9,8	8,8	5 417,9	-15,9 B	118,0	-0,4 A	230,1	1,3 A	-14,3 A	-0,1 A	38,7 D						9 144	67	512	729	11	293
		2025-10-20	10,5	9,5	5 430,4	-3,4 A	117,9	-0,5 A	229,8	1,0 A	-19,0 B	0,2 A	2,4 A						1 790	65	803	636	10	282
		2025-10-20	11,6	10,6	5 436,9	3,1 A	118,0	-0,4 A	230,1	1,3 A	-25,9 B	-0,1 A	0,3 A						7 363	52	487	572	11	294
		2025-10-20	8,5	6,8	5 430,0	-3,8 A	118,0	-0,4 A	229,0	0,2 A	-6,5 A	0,0 A	0,7 A						107 883	122	354	3 721	13	276
		2025-10-20	5,5	3,5	5 424,8	-9,0 A	119,3	0,9 A	228,5	-0,3 A	2,6 A	-1,3 A	30,6 D						1 712	73	570	596	19	380
		2025-10-21	8,4	5,9	5 433,0	-0,8 A	118,1	-0,3 A	228,4	-0,4 A	3,9 A	-0,1 A	26,8 D						1 339	36	706	593	7	375
		2025-10-21	8,5	6,0	5 431,7	-2,1 A	118,0	-0,4 A	228,2	-0,6 A	1,8 A	-0,1 A	2,1 A						1 250	47	669	545	9	360
		2025-10-21	8,3	4,3	5 431,7	-2,1 A	118,0	-0,4 A	228,6	-0,2 A	4,4 A	0,0 A	-0,7 A						615	14	379	423	5	303
		2025-10-21	9,7	6,7	5 419,2	-14,6 A	117,9	-0,5 A	228,4	-0,4 A	8,2 A	0,0 A	1,1 A						733	17	504	509	2	357
		2025-10-22	10,5	8,0	5 419,6	-14,2 A	119,9	1,5 A	228,0	-0,8 A	22,1 B	-1,5 A	24,7 C						1 950	24	588	535	7	345
		2025-10-21	10,7	8,2	5 424,8	-9,0 A	117,8	-0,6 A	228,6	-0,2 A	3,5 A	0,1 A	-0,4 A						1 283	24	546	573	5	358
		2025-10-21	10,5	8,0	5 432,2	-1,6 A	117,8	-0,6 A	228,6	-0,2 A	0,0 A	0,1 A	27,6 D						1 336	30	639	567	6	385
		2025-10-21	10,5	8,0	5 443,0	9,2 A	118,7	0,3 A	228,2	-0,6 A	-1,3 A	-0,6 A	36,7 D						1 283	41	623	520	9	337
		2025-10-21	12,0	9,0	5 443,4	9,6 A	118,3	-0,1 A	228,1	-0,7 A	-1,3 A	-0,2 A	13,0 C						1 259	37	671	516	5	350
		2025-10-21	5,5	2,5	5 438,6	4,8 A	118,1	-0,3 A	228,0	-0,8 A	1,8 A	-0,1 A	12,7 C						467	13	325	348	5	240
		2025-10-21	8,0	5,5	5 446,0	12,2 A	118,3	-0,1 A	228,1	-0,7 A	-4,3 A	-0,2 A	38,0 D						1 144	29	507	474	8	303
		2025-10-21	9,2	6,6	5 433,0	-0,8 A	117,9	-0,5 A	228,1	-0,7 A	-0,8 A	-0,1 A	2,1 A						20 136	44	548	713	10	319
		2025-10-22	8,0	5,0	5 430,0	-3,8 A	119,3	0,9 A	227,9	-0,9 A	11,7 A	-1,0 A	-0,2 A						750	22	316	322	5	198
		2025-10-22	8,5	5,5	5 446,9	13,1 A	118,3	-0,1 A	227,9	-0,9 A	-1,3 A	0,0 A	1,7 A						889	20	327	419	5	284
		2025-10-22	9,0	6,5	5 428,3	-5,5 A	119,3	0,9 A	227,9	-0,9 A	9,1 A	-0,9 A	0,5 A						809	24	419	440	7	298
		2025-10-20	7,0	6,0	5 411,8	-22,0 B	117,8	-0,6 A	231,3	2,5 A	-5,6 A	0,2 A	22,1 C						3 557	58	421	684	13	231
		2025-10-21	8,0	5,0	5 461,1	27,3 B	117,9	-0,5 A	228,1	-0,7 A	-6,9 A	0,0 A	15,8 C						1 363	21	616	471	7	362
		2025-10-21	10,5	8,0	5 461,6	27,8 B	117,8	-0,6 A	228,6	-0,2 A	-3,1 A	0,1 A	-4,1 B						959	16	513	461	3	334
		2025-10-20	13,6	12,6	5 443,0	9,2 A	118,5	0,1 A	229,6	0,8 A	0,4 A	-1,0 A	8,6 B						10 627	45	546	681	8	317
		2025-10-20	15,4	14,4	5 449,5	15,7 B	119,0	0,6 A	229,5	0,7 A	-28,6 B	-1,1 A	10,0 B						9 246	72	546	637	12	262
		2025-10-20	13,9	12,9	5 428,3	-5,5 A	119,7	1,3 A	230,0	1,2 A	-0,9 A	-1,7 A	13,4 C						9 274	45	473	643	10	305
		2025-10-21	11,1	8,6	5 447,3	13,5 A	118,1	-0,3 A	231,7	2,9 A	4,3 A	-0,2 A	-4,6 B						9 588	47	608	699	11	350
		2025-10-22	9,5	6,5	5 447,7	13,9 A	118,1	-0,3 A	227,9	-0,9 A	-5,2 A	0,0 A	0,5 A						8 758	26	449	481	6	280
		2025-10-22	7,4	4,9	5 429,6	-4,2 A	119,0	0,6 A	228,2	-0,6 A	-1,3 A	-0,9 A	-0,2 A						6 890	59	351	511	7	261
		2025-10-22	9,4	6,9	5 412,3	-21,5 B	120,1	1,7 A	227,8	-1,0 A	19,4 B	-1,9 A	1,2 A						9 860	31	343	466	5	260

Nollpunktsdrift – över tid

- Givarna i sonden ska inte ha en nollpunktsdrift!
  - Nollpunktsdrift ⇒ icke noggrann mätdata dålig precision och noggrannhet
- Jämn drift över lång tid (veckor/månader) – OK
- Osäkerhet över kort tid – låg tilltro

Test category	Cone penetrometer class	Reference reading checks: Parameter	Maximum allowable difference of reference values before and after test	Maximum variation in output stability
A	0	Cone resistance	15 kPa	1 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	0,5 kPa
		Pore pressure	3 kPa	0,5 kPa
B	0, 1	Cone resistance	35 kPa	5 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	1,5 kPa
		Pore pressure	10 kPa	3 kPa
C	0, 1, 2	Cone resistance	100 kPa	11 kPa
		Sleeve friction	15 kPa	3 kPa
		Pore pressure[4]	25 kPa	8 kPa
D	0, 1, 2, 3	Cone resistance	200 kPa	33 kPa
		Sleeve friction	25 kPa	5 kPa
		Pore pressure[4]	50 kPa	16 kPa

[4] Pore pressure applies only to CPTU.



q_c 10 kPa drift ≈ c_u 1 kPa

Sammanställning av CPT-sonderingar, SS-EN ISO 22476-1:2023

Sondklass: 1 enligt SS-EN ISO 22476-1
Antalet sonderingar: 75 st Undersökningsperiod: 2025-03-10 till 2025-07-22

Långtidsstabilitet för sonds nollvärden före sondering under undersökningsperioden

	q_c NA	f_s NB	U_2 NC
Kalibrering 2025-02-24			
Ändring sedan kalibrering			
Medelvärde före sondering	7098 kPa	134,1 kPa	233,2 kPa
Max-Min	592,0 kPa	22,5 kPa	100,1 kPa
Standaravvikelse	124,3 kPa	4,0 kPa	14,9 kPa
90 % konf. intervall	203,9 kPa	6,6 kPa	24,5 kPa
Motsvarande kategori			

Test category	Cone penetrometer class	Reference reading checks: Parameter	Maximum allowable difference of reference values before and after test	Maximum variation in output stability
A	0	Cone resistance	15 kPa	1 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	0,5 kPa
		Pore pressure	3 kPa	0,5 kPa
B	0, 1	Cone resistance	35 kPa	5 kPa
		Sleeve friction	5 kPa	1,5 kPa
		Pore pressure	10 kPa	3 kPa
C	0, 1, 2	Cone resistance	100 kPa	11 kPa
		Sleeve friction	15 kPa	3 kPa
		Pore pressure[a]	25 kPa	8 kPa
D	0, 1, 2, 3	Cone resistance	200 kPa	33 kPa
		Sleeve friction	25 kPa	5 kPa
		Pore pressure[a]	50 kPa	16 kPa

[a] Pore pressure applies only to CPTU.

Table 3 — Test categories of CPT/CPTU

Qualitative observations of test performance are valuable and relevant information to the users and interpreters of the CPT/CPTU datasets and should be reported. Data anomalies like sluggish response of pore pressure, data spikes, unresponsiveness of sensors, soil disturbance are examples of qualitative observations.

Bedömd, ekvivalent osäkerhet utifrån stabilitet och sond

Bästa möjliga kategori p.g.a. sond: **B**

Utifrån stabilitet och sond: **17,0 kPa**

Osäkerheter utifrån transformationsmodell, geologi m.m. ej beaktade.

Utifrån stabilitet, 90 % konf. intervall : 17,0 kPa
Utifrån sondklass: 2,9 kPa

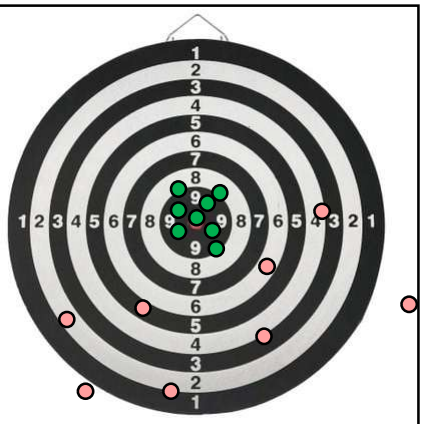
Sonderingdata

					Sensorstabilitet under undersökningsperioden						Nollavläsning före och efter			Temperaturer under sondering					Maximal belastning			Medelbelastning		
Sondering	Sond	Datum	Max djup [m]	Sondering [m]	q_c-före [kPa]	rel. medel [kPa]		f_s-före [kPa]	rel. medel [kPa]		U_2-före [kPa]	rel. medel [kPa]		Δq_c-efter [kPa]	Δf_s-efter [kPa]	ΔU-efter [kPa]	T-start [°]	T-min [°]	T-max [°]	T-slut [°]	ΔT [°]	$Q_{c\text{-max}}$ [kPa]	$F_{s\text{-max}}$ [kPa]	U_{max} [kPa]	$Q_{c\text{-medel}}$ [kPa]	$F_{s\text{-medel}}$ [kPa]	U_{medel} [kPa]
		2025-03-10	3,3	2,3	7 294,0	195,8	D	127,3	-6,8	C	246,8	13,6	C	144,0	D	0,3	A	50,8	D				14 650	100	1 131	2 300	61	405
		2025-03-10	5,1	4,1	7 406,0	307,8	D	128,5	-5,6	C	239,4	6,2	B	-32,0	B	0,6	A	-17,5	C				9 673	111	506	1 341	47	236
		2025-03-10	4,6	3,6	7 446,0	347,8	D	127,1	-7,0	C	265,4	32,2	D	-174,0	D	0,0	A	53,0	D				6 566	116	429	1 221	42	223
		2025-03-10	7,9	6,9	7 298,0	199,9	D	127,8	-6,3	C	242,2	9,0	B	-18,0	B	0,0	A	34,4	D				6 400	104	483	905	28	285
		2025-03-10	6,7	5,6	7 294,0	195,9	D	128,4	-5,7	C	237,1	3,9	B	-4,0	A	0,0	A	61,1	D				11 306	58	504	952	26	165
		2025-03-11	7,0	5,9	7 244,0	145,9	D	132,1	-2,0	A	231,8	-1,4	A	-22,0	B	-0,7	A	47,0	D				10 119	52	586	816	17	376
		2025-03-12	6,3	5,3	7 140,0	41,9	C	128,6	-5,5	C	236,9	3,7	B	12,0	A	0,1	A	61,1	D				14 489	78	574	1 173	30	254
		2025-03-12	5,9	4,9	7 152,0	53,9	C	126,0	-8,1	C	258,3	25,1	D	74,0	C	-0,1	A	-42,2	D				8 754	104	459	993	25	193
		2025-03-12	3,9	2,9	7 170,0	71,9	C	126,5	-7,6	C	246,3	13,1	C	-50,0	C	-0,1	A	59,7	D				11 377	90	524	1 357	48	206
		2025-03-12	3,6	2,6	7 368,0	269,9	D	121,9	-12,2	C	261,9	28,7	D	62,0	C	-0,1	A	52,7	D				7 559	155	1 306	2 745	71	495
		2025-03-12	2,5	1,5	7 274,0	175,9	D	125,4	-8,7	C	248,1	14,9	C	-160,0	D	-0,1	A	10,2	C				7 570	140	875	3 252	66	324
		2025-06-04	10,3	9,3	7 156,0	57,9	C	136,0	1,9	A	216,0	-17,2	C	-16,0	B	-0,7	A	18,3	C				4 037	69	471	1 072	20	255
		2025-06-05	11,3	10,3	7 196,0	97,9	C	133,6	-0,5	A	238,5	5,3	B	-28,0	B	-0,6	A	-15,8	C				9 100	136	587	1 113	26	260
		2025-06-05	9,9	8,9	7 206,0	107,9	D	133,7	-0,4	A	224,8	-8,4	B	-54,0	C	-0,1	A	117,4	D				7 387	48	766	938	20	401
		2025-06-05	9,9	8,8	7 182,0	83,9	C	137,2	3,1	A	228,3	-4,9	B	-22,0	B	-2,0	A	43,1	D				6 089	90	563	901	23	250
		2025-06-05	11,9	10,9	7 218,0	119,9	D	131,7	-2,4	A	236,0	2,8	A	-18,0	B	-0,3	A	32,5	D				6 600	61	579	1 136	17	225
		2025-06-05	10,8	9,8	7 230,0	131,9	D	133,6	-0,5	A	235,3	2,1	A	-40,0	C	-0,4	A	19,6	C				10 278	80	545	997	21	248
		2025-06-09	9,4	8,4	7 186,0	87,9	C	133,5	-0,6	A	218,7	-14,5	C	14,0	A	-0,5	A	77,0	D				8 216	56	602	1 033	21	244
		2025-06-09	12,0	11,0	7 134,0	35,9	C	134,6	0,5	A	222,6	-10,6	C	134,0	D	-0,9	A	124,6	D				7 032	69	706	1 094	20	327
		2025-06-09	10,2	9,2	7 162,0	63,9	C	134,1	0,0	A	225,4	-7,8	B	16,0	B	-0,1	A	10,6	C				6 042	61	605	989	20	237
		2025-06-09	12,9	11,9	7 164,0	65,9	C	134,1	0,0	A	223,7	-9,5	B	92,0	C	-1,2	A	69,4	D				9 977	67	618	1 171	15	228
		2025-06-09	10,9	9,8	7 036,0	-62,1	C	140,8	6,7	C	191,1	-42,1	D	44,0	C	-0,8	A	109,0	D				5 523	105	458	1 150	19	203
		2025-06-09	10,3	9,3	7 062,0	-36,1	C	140,5	6,4	C	205,1	-28,1	D	-74,0	C	-1,2	A	53,8	D				4 736	62	457	1 124	19	163
		2025-06-09	13,2	12,2	7 024,0	-74,1	C	135,9	1,8	A	219,2	-14,0	C	94,0	C	-0,7	A	44,8	D				6 686	103	481	1 002	21	193
		2025-06-11	13,4	12,4	7 056,0	-42,1	C	138,2	4,1	A	221,0	-12,2	C	52,0	C	-1,2	A	83,3	D				5 476	121	819	1 232	30	205
		2025-06-11	11,4	10,3	7 094,0	-4,1	A	134,0	-0,1	A	230,9	-2,3	A	-48,0	C	-0,5	A	38,4	D				4 719	134	658	1 013	37	156
		2025-06-11	10,9	7,9	7 094,0	-4,1	A	136,2	2,1	A	222,4	-10,8	C	-22,0	B	-0,2	A	88,7	D				8 686	66	709	921	21	368
		2025-06-11	9,8	8,7	7 076,0	-22,1	B	136,7	2,6	A	212,1	-21,1	C	-94,0	C	0,7	A	13,2	C				8 457	133	1 214	1 209	36	193
		2025-06-11	9,9	8,9	7 198,0	99,9	C	133,8	-0,3	A	229,0	-4,2	B	2,0	A	-0,2	A	33,8	D				4 524	68	584	776	15	348
		2025-06-12	9,8	8,8	7 168,0	69,9	C	134,8	0,7	A	219,8	-13,4	C	-58,0	C	-0,6	A	39,0	D				5 589	90	510	995	21	184
		2025-06-12	9,0	8,0	7 162,0	63,9	C	133,7	-0,4	A	234,1	0,9	A	14,0	A	0,2	A	76,4	D				9 490	63	516	783	18	216
		2025-06-12	8,6	7,6	7 192,0	93,9	C	135,2	1,1	A	233,1	-0,7	A	-150,0	D	-1,1	A	59,3	D				9 006	53	545	802	18	278



Möjligt idag med vingprovning och CPT-sondering!

- Bra kvalitet på mätresultat
  - God fältplanering
  - Rätt utrustning för specifika uppdraget
  - Långtidsstabila givare
  - Kvalitativ kalibrering
  - Kompetent utförande
  - Kvalitetssäkra indata
  - Förkasta felaktig data
  - Konfidens på resultatet
    High / Medium / Low



- Rätt transformationsmodell för aktuella förutsättningar
  - För god noggrannhet – transformationsmodell utan inbyggd hantering av osäkerheter och variation
  - För bästa möjliga noggrannhet – lokal anpassning mot laboratorieresultat

Sist, men inte minst!

- Hantera **skattad och känd osäkerhet** vid ansättande av **karakteristiska värden**