

**Intern rapport  
nr. 1609**

**Setningsprogrammet TID. Program for  
beregning av setningenes tidsforløp**

**Mai 1993**

**Veglaboratoriet**

# Intern rapport nr. 1609

## Setningsprogrammet TID Program for beregning av setningenes tidsforløp

### Sammendrag

Denne rapporten tar for seg bruken av programmet TID. Programmet beregner vertikalsetninger og tidsforløp etter Janbu's metoder og er basert på bruk av Excel versjon 4.0 eller 3.0.

Inngangsparametrene er nøye forklart og en kopi av utskriften samt forklaring til denne er vedlagt.

Programmet er sammenlignet med håndregnede eksempler for å påvise fordeler og ulemper.

Utskriften av noen av disse beregningene er vedlagt for å lette innlæringen av programmet.

Erstatter intern rapport 1473

Emneord: *Setninger*

Seksjon: 47-Geoteknisk  
Saksbehandler: Roald Aabø  
Dato: Mai 1993

/HF

---

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Veglaboratoriet  
Postboks 6390 Etterstad, 0604 OSLO  
Telefon: 22 63 99 00 Telefax: 22 46 74 21



## INNHALDSFORTEGNELSE

	Side
1. INNLEDNING.....	1
2. INNGANGSDATA OG RESULTATER .....	2
2.1. Inngangsparametrene.....	2
2.2. Primærkonsolideringens tidsforløp.....	3
2.3. Sekundærsetninger.....	5
2.4. Totalsetninger.....	6
2.5. Beregning av setningenes tidsforløp.....	7
2.6. Svakheter ved setningsprogrammet TID....	7
3 BRUK AV PROGRAMMET TID.....	9
3.1. Forberedelser.....	9
3.2. Oppstart.....	9
3.3. Avslutning.....	10
3.4. Eventuelle feilkilder.....	10
4. DOKUMENTASJON AV PROGRAMMET.....	11
4.1. Diskusjon av programmets nøyaktighet....	12
4.2. Eksempel med OC-leire.....	13
4.3. Eksempel med OC-leire.....	16
4.4. Eksempel med NC-leire.....	19
4.5. Eksempel med NC-leire.....	22
4.6. Eksempel med initialsetninger.....	25
4.7. Eksempel med OC-leire over NC-leire.....	28
LITTERATURLISTE.....	34



## 1. INNLEDNING;

Det har lenge vært ønsket å kunne ha tilgang til et program for setningsberegninger og setningsutvikling over tid. Når man har lært seg å bruke programmet vil man kunne spare tid samtidig som resultatet kommer fram oversiktlig på en standard utskrift.

Programmet TID er nå lagt inn på regneark EXCEL versjon 3.0 eller 4.0. Programmet har tidligere vært (og er) tilgjengelig på regnearket NOTIS CALC (intern rapport 1473). Intern rapport 1605 beskriver bruken av programmet SETNING som er en del av programmet TID. I brukerveiledningen er det relativt nøye forklart hvordan man bruker EXCEL generelt.

Det forutsettes at brukeren har kjennskap til Janbu's teorier når det gjelder regnemodellene for setninger samt Janbu's forenklete fordelingsteori tilpasset jordegenskapene. Brukerveiledningen gir en kort repetisjon av dette.

I brukerveiledningen er det vist flere eksempler for å lette innlæringen av programmet. Det er også vist en sammenligning med håndregnede eksempler i en tabell.

Det er i programmet brukt Janbu's metoder konsekvent. Det vil si at man får sprang i  $\xi$ -z diagrammet ved lagdelt grunn og tilleggs-spenninger i dybden.

Programmet er lagt opp slik at det kan brukes etter HÅNDBOK -016. GEOTEKNIKK I VEGBYGGING, kap. 7.

## 2. INNGANGSDATA OG RESULTATER

### 2.1. INNGANGSPARAMETRENE

$c_v$  ( $m^2 / \text{år}$ ) : Midlere konsolideringskoeffisient for profilet bestemmes av saksbehandler.

$H$  (m) : Her angis høyden på den del av profilet som det skal regnes tid-setningsforløp for.

$r_s$  : Tidsmotstandtallet

$t_r$  (år) : Referansetid

De etterfølgende inngangsparametrene er de samme som for programmet SETNING.

fundamentnivå: Avstand fra opprinnelig terreng (m) til u.k. fundament, kulvert, brukar o.l. Ved fylling på terreng settes verdien til 0.0.

$q_n$  (kPa) : Her legges last som skal reduseres etter Janbu.  $\Delta p = I \cdot q$  (kPa)

F.eks. Fylling med liten utbredelse  
Fundament laster (netto).

$q_u$  (kPa) : Last som skal regnes konstant i dybden (kPa).  
F.eks. GV-senkning, oppfylling, motfylling til veg.

Bredde/lengde: Settes inn med eksakte verdier fundament hvis lasten skal reduseres.

(m) Ved vegprofil settes ofte  $\frac{B}{L} \approx 0$ .

Sett inn tall slik at  $\frac{B}{L} \approx 0.01$  for å oppnå dette.

F.eks.  $B = 20$  og  $L = 2000$   
Følgende krav må være oppfylt  
 $L \neq 0$  og  $B \leq L$ .

GV-senkning (m) : Avstand fra opprinnelig GVS til nytt GVS nivå.

Grunnvann (m) : Avstand fra opprinnelig terreng til GV. Ved GV over terreng sett GV negativ. Ved GV-senkning skal GV settes lik opprinnelig GVS.

Poretrykk : 1.0 ved normalt vanntrykk.

- Dybde (m) : Avstand fra oppr. terreng til midt i det aktuelle lag
- Lagtykkelse : Lagtykkelse i cm  
(cm)
- $\gamma$  (kN/m<sup>3</sup>) : Tyngdetetthet (kN/m<sup>3</sup>). La  $\gamma$  være konstant innen hvert lag.
- Materialtype : Innsett for leire: 1.00  
 $\lambda$  silt : 0.50  
sand : 0.00
- Modultall  $m_s$  : Modultall for sand vil gi EP modell
- Modultall  $m$  : Modultall for leire vil gi PL modell
- Modul  $M_i$  (kPa): Vil gi initialsetninger
- Modul  $M$  (kPa): Vil gi EE-modell
- $p_c'$  (kPa) : Dette er  $p_c'$  midt i det aktuelle lag
- $p_r'$  (kPa) : Abscisse er der den rettlinjede delen av  $M$ - $\sigma'$  diagrammet skjærer  $\sigma'$ -aksen. Se fig. 2.1

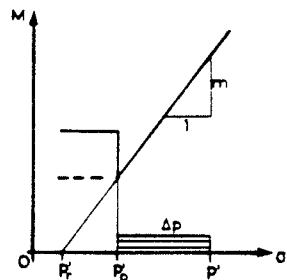


Fig. 2.1 Definisjon av  $p_r'$

Har du ingen verdi på  $p_r'$  fra ødometerforsøk settes  $p_r' = 0$ .

$p_a$  (kPa) : Konstant referansetrykk 100 kPa.

## 2.2. PRIMÆRKONSOLIDERINGENS TIDSFORLØP

Teorien er hentet fra (1) kap.45.

Følgende fire enkle hovedprinsipper er benyttet.

1. Kontinuitetsbetingelsen.
2. Strømhasighetsdefinisjonen.
3. Moduldefinisjonen.
4. Effektivspenningsprinsippet.



Under visse forutsetninger leder dette fram til følgende differensiallikning:

$$\frac{\partial \bar{\epsilon}}{\partial t} = c_v \frac{\partial^2 \bar{\epsilon}}{\partial z^2} \quad (2-1)$$

Ved innføring av disse nye dimensjonsløse variable

$$\xi = \frac{z}{H} \quad T = \frac{c_v}{H^2} t \quad (2-2)$$

omformes (2-1) til

$$\frac{\partial \bar{\epsilon}}{\partial T} = \frac{\partial^2 \bar{\epsilon}}{\partial \xi^2} \quad (2-3)$$

Ved å sette inn grensebetingelser reduseres (2-3) til følgende likning:

$$\epsilon_p = \sum C_N \cos(N\xi) \quad (2-4)$$

Ved tiden t, tilsvarende den dimensjonsløse tidsfaktor T, er setningen:

$$\delta = \int_0^H \epsilon dz = H \int_0^1 (\epsilon_p - \bar{\epsilon}) d\xi \quad (2-5)$$

Primærsetningen er:

$$\delta_p = \int_0^H \epsilon_p dz = H \int_0^1 \epsilon_p d\xi \quad (2-6)$$

Konsolideringsgraden  $U_p$  for primærkonsolideringen kan dermed bestemmes slik:

$$U_p = \frac{\delta}{\delta_p} \quad (2-7)$$

$$U_p = 1 - 2(1+r) \sum \frac{1}{N^2} \left(1 - \frac{(r \sin Nr)}{Nr}\right) e^{-N^2 T} \quad (2-8)$$

I (2-8) er  $r=0$  for A-fordeling,  $r=1$  for B-fordeling og  $r=2$  for C-fordeling.  $U_p$  er opptegnet i fig. 2.2.

I programmet blir konsolideringstiden  $t_p$  beregnet for en tidsfaktor  $T_p=1$ . Dette tilsvarer 93-96% konsolidering (tabell 45.1 i (1))

Har  $\epsilon$ -diagrammet en form som kan oppdeles i f.eks. A + C vil setningen  $\delta$  bli:

$$\delta = U_A \cdot \delta_A + U_C \cdot \delta_C \quad (2-9)$$

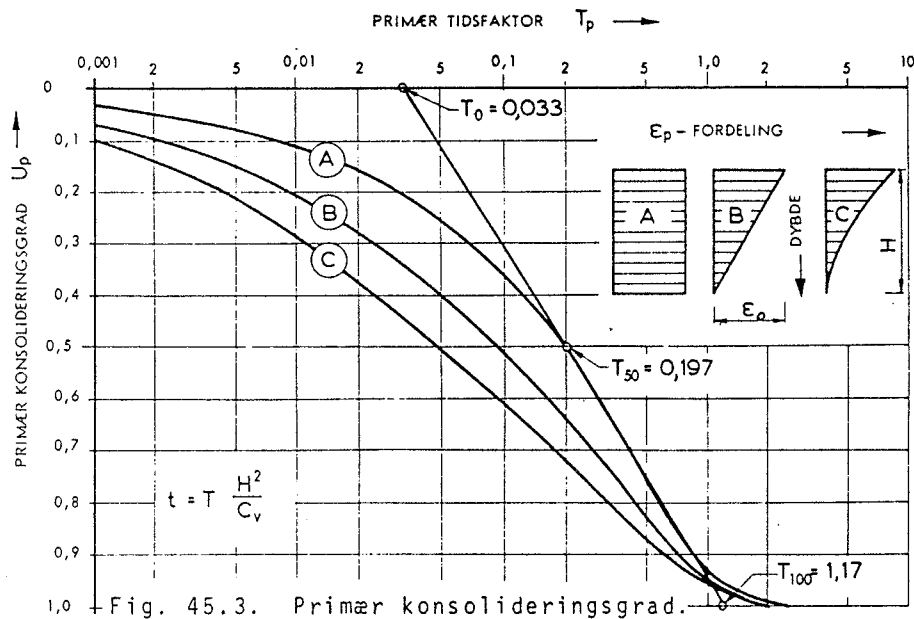


Fig.2.2 Primær konsolideringsgrad  $U_p$  fra (1).

### 2.3. SEKUNDÆRSETNINGER

Teorien for sekundærsetninger benytter seg av begrepet tidsmotstand og blir dermed svært enkel. (1) kap.47 og (3) kap.3.11

$$\text{Tidsmotstand } R = \frac{\text{årsak}}{\text{virkning}} = \frac{\text{tid}}{\text{deformasjon}} = \frac{dt}{d\epsilon} \quad (2-10)$$

$$R = \frac{dt}{d\epsilon} = r_s (t - t_r) \quad (2-11)$$

Ved å løse (2-11) m.h.p.  $d\epsilon$  og integrere over  $t_p$  til  $t$  fås sekundærtøyningen  $\epsilon_s$ .

$$\epsilon_s = \frac{1}{r_s} \ln \frac{t - t_r}{t_p - t_r} \quad (2-12)$$

Det innføres en relativ, sekundær konsolideringsgrad

$$U_s = \epsilon_s \cdot r_s \quad (2-13)$$

og en sekundær tidsfaktor

$$T_s = \frac{t}{t_p} \quad (2-14)$$

samt en betegnelse for forholdet  $t_r$  og  $t_p$ :

$$T_r = \frac{t_r}{t_p} \quad (2-15)$$

Ved å kombinere lign.(2-12), (2-13), (2-14) og (2-15) kan  $U_s$  uttrykkes som følger:

$$U_s = \epsilon_s \cdot r_s = \ln \frac{t - t_r}{t_p - t_r} = \ln \frac{T_s - T_r}{1 - T_r} \quad (2-16)$$

Sekundærsetningen  $\delta_s$  blir da:

$$\delta_s = \epsilon_s \cdot H \quad (2-17)$$

#### 2.4. TOTALSETNINGER

Det er valgt å definere totalsetninger slik:

$$\delta_{TOT} = \delta_i + \delta_p \quad (2-18)$$

Initialsetninger:

Den setning som inntreer under byggeperioden. Av praktiske hensyn er det i programmet valgt å skille ut setning som er beregnet etter EP-modell (elasto-plastisk) som initialsetning da denne modellen brukes for sand, grus og meget grov silt. Disse setningene vil være unnagjort i løpet av meget kort tid.

I TID er det to bidrag til initialsetningene for hvert lag. Det ene bidraget kommer ved å angi en  $M_i$  verdi og det andre bidraget kommer fra EP-modellen.

Initialsetningen for et lag vil da kunne bli:

$$\delta_i = \frac{\Delta p}{M_i} \Delta z + \frac{2}{m_s} \left( \frac{p_o' + \Delta p}{p_a} - \frac{p_o'}{p_a} \right) \Delta z$$

Primærsetninger:

Setningen ved begrensningstiden  $t_p$ , som enten er definert ved utjevnet poreovertrykk ( $\Delta u = 0$ ) eller er praktisk betinget ved tilnærmet null setningshastighet.

TID vil her betrakte setning som er beregnet etter EE-modell (ekvivalent elastisk) og PL-modell (plastisk). Primærsetningen for et lag vil da kunne bli: Se pkt.2.4.1, 2.4.3 og 3.4.4 i (4).

$$\delta_p = \frac{\Delta p}{M} \Delta z + \frac{1}{m} \ln \frac{p_o' + \Delta p - p_r'}{p_c' - p_r'} \Delta z$$

Sekundærsetninger:

Sekundærsetningene beregnes ved lign. (2-17)

## 2.5. BEREGNING AV SETNINGENES TIDSFORLØP

Programmet er meget stort når det gjelder antall formler som skal beregnes. Konsolideringsgradene  $U_A$ ,  $U_B$  og  $U_C$  beregnes med inntil 40 ledd for at svarene skal bli riktige med minst 4 desimaler. Man kan derfor angi et vilkårlig tidspunkt og få beregnet konsolideringsgradene.

Programmets begrensninger gjelder spesielt forløpet til  $\epsilon$ -diagrammet. Program SETNING bruker tøyningen midt i hvert lag ved beregning av lagsetningen. Program TID beregner i tillegg tøyningen nederst i hvert lag. Den minste tøyningen for profilet blir så lagret av programmet.

Minimumstøyningen:  $\epsilon_{min}$

Det er da naturlig å bruke A-fordeling for minimumstøyningen.

$$\delta_A = \epsilon_{min} \cdot H$$

$$H = \sum \Delta H$$

H er høyden på profilet og  $\Delta H$  er lagtykkelse.

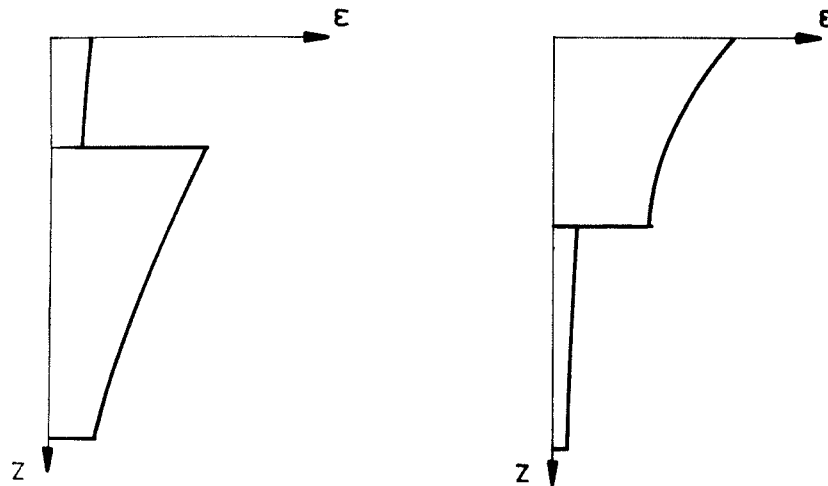
For å beregne B eller C fordeling benytter man  $\delta_B = \delta_{TOT} - \delta_A$  eller  $\delta_C = \delta_{TOT} - \delta_A$ . Ved utregningen av noen profilers tidsforløp viste det seg at A + C fordelingen ga bedre tilnærmede enn A + B fordelingen. Det er derfor kun brukt A + C fordeling i TID.

Brukeren kan velge ett tidspunkt vilkårlig etter eget ønske. I tillegg er satt opp en tabell med 8 faste tidspunkt. Dette er etter 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5, 10 og 20 år. I de fleste tilfeller vil dette gi et brukbart bilde av tidsforløpet. Det er mulig å endre de faste tidspunktene hvis det er ønskelig.

## 2.6. SVAKHETER VED SETNINGSBEREGNINGSPROGRAMMET TID

De problemene som belyses i dette punktet vil også oppstå ved håndregning!

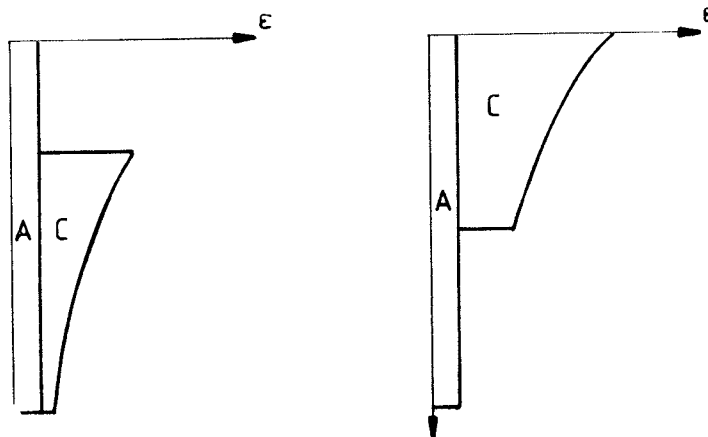
Følgende situasjoner vil bare bli utregnet med en omtrentelig verdi. F.eks. 1 lag NC-leire og 1 lag OC-leire eller 2 lag OC-leire og 1 lag NC-leire.



- a) 1 lag OC-leire over 1 lag NC-leire      b) 1 lag NC-leire over 1 lag OC-leire

Fig.2.3 1 lag OC-leire og 1 lag NC-leire

Det som vil skje ved utregningen når det er flere laginndelinger er vist i fig.2.4:



- a) 1 lag OC-leire over 1 lag NC-leire      b) 1 lag NC-leire over 1 lag OC-leire

Fig.2.4 Utregning i setningsprogrammet TID

Av fig.2.4 ser man at det er vanskelig for programmet å tilpasse tøyingsdiagrammene til det som er angitt i fig.2.2. For tilfellet i fig.2.4 a) kan man beregne tidsforløpet til NC-laget for seg selv hvis OC-leiren har en stor  $c_v$  i forhold til NC-leiren. Dette er vist i pkt.4.7.

I de tilfellene der man har et sand-lag over en OC- eller NC-leire kan man se bort fra sand-laget ved å sette modultallet for sand lik 0. Dette er vist i pkt.4.2 - 4.4.

### 3. BRUK AV PROGRAMMET TID

#### 3.1. FORBEREDELSE

Tegn en god figur.

Du må regne ut følgende verdier på forhånd:

- Dybde fra opprinnelig terreng til midt i det aktuelle lag.
- Finne  $p_c$  ' midt i det aktuelle lag.
- Anslå verdier for  $c_v$  og  $r_s$  som gjelder for hele profilet.

#### 3.2 OPPSTART

Det forutsettes at du som bruker har tilgang på regnearket Excel 4.0. Programmet finnes også i en versjon for Excel 3.0.

- Hent inn Excel 4.0 fra Windows.
- Sett inn disketten med programmet TID.XLS med mindre du ikke har programmet liggende inne på harddisken.
- Bruk musa og klikk på "file".
- Klikk på "open"/"Åpne".
- Velg riktig katalog og klikk på TID.XLS.

TID er nå klar til bruk. For de som er kjent med Janbu's regnemodeller for setninger, vil bruken og forståelsen av dette programmet falle enkelt.

Ved hjelp av piltasten flytter du deg rundt i regnearket.

Merk at det ikke er nødvendig å entre tallene etter at du har skrevet dem. Det holder å bare flytte rundt med piltastene.

Det er lagt inn skrivebeskyttelse på SETNING med unntak av de rutene det er meningen at du skal skrive i. Dette for å beskytte formelverket som ligger bak cellene slik at det ikke blir noe kluss med regnearket. Skulle det allikevel være nødvendig å oppheve skrivebeskyttelsen, vil Veglaboratoriet være behjelpelig med å oppgi det nødvendige passordet.

I programmet er rutene som det kan skrives i markert med gult. Rosa felter markerer beregninger.

### 3.3 AVSLUTNING

Når du er ferdig med å legge inn inngangsdata vil resultatet av beregningene vises på regnearket.

Ønskes en resultatutskrift som vist i kapittel 4, utfører du følgende:

\* Klikk på File

\* Klikk på Skriv

### 3.4. EVENTUELLE FEILKILDER

Vær klar over forskjeller i bruk av  $M_i$  og  $M$ . Du må sette inn verdier for Bredde og Lengde slik:

$L \neq 0$  og  $B \leq L$

Vær oppmerksom på enhetene i programmet!

Totalsetningen blir feil hvis  $p_c' = p_r'$ .  
 $p_c' = p_r'$  kan ikke forekomme i praksis.

#### 4. DOKUMENTASJON AV PROGRAMMET

Sammenligningene er vist i tabell 4.1.

Eksemplene skal vise hvordan inngangsparametrene skal legges inn. Eksemplene er vist i pkt.4.2-4.7.

Det er forsøkt å variere eksemplene slik at de mest vanlige tilfellene blir belyst.

TABELL 4.1. Sammenligning mellom utførte beregnings-eksempler (programmet TID) og håndregnede eksempler.

Navn:		Resultater Samme tidspunkt						
4.2	Programmet ( $\delta_1$ )	9.0	12.8	20.2	28.5	40.3	61.1	74.5
OC-leire	Håndregning ( $\delta_2$ )	9.0	12.8	20.3	28.5	40.3	61.1	74.5
$\Delta p$ konst.	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	0	0	0	0	0	0	0
4.3	Programmet ( $\delta_1$ )	9.8	13.1	18.4	23.1	28.3	36.7	42.1
OC-leire	Håndregning ( $\delta_2$ )	10.0	13.3	18.6	23.3	28.5	36.8	42.0
$\Delta p$ avtar	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	-2	-2	-1	-1	-1	0	0
4.4	Programmet ( $\delta_1$ )	2.6	7.8	20.2	26.3	36.6	43.2	
NC-leire	Håndregning ( $\delta_2$ )	2.5	8.0	21.1	27.3	37.9	44.6	
$\Delta p$ konst.	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	4	-3	-4	-4	-3	-3	
4.5	Programmet ( $\delta_1$ )	10.6	13.4	17.8	21.6	23.5		
NC-leire	Håndregning ( $\delta_2$ )	11.1	14.1	18.2	22.3	24.6		
$\Delta p$ konst.	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	-5	-5	-2	-3	-4		
4.6	Programmet ( $\delta_1$ )	2.7	12.4	19.0	23.8	26.7		
leire	Håndregning ( $\delta_2$ )	2.7	12.1	19.0	24.4	28.6		
$\Delta p$ avtar	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	0	2	0	-2	-7		
4.7 Alt.1	Programmet ( $\delta_1$ )	7.0	10.6	14.2	18.5	23.5	28.9	37.0
OC over NC	Håndregning ( $\delta_2$ )	7.2	10.9	14.6	19.1	24.2	29.7	38.0
$\Delta p$ konst.	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	-3	-3	-3	-3	-3	-3	-3
4.7 Alt.2	Programmet ( $\delta_1$ )	5.8	8.9	12.0	15.9	20.9	27.2	37.8
OC over NC	Håndregning ( $\delta_2$ )	6.1	9.2	12.4	16.5	21.7	28.1	38.9
$\Delta p$ konst.	Avvik % $(\delta_1 - \delta_2) / \delta_2$	-5	-3	-3	-4	-4	-3	-3



## 4.1. DISKUSJON AV PROGRAMMETS NØYAKTIGHET

Etter sammenligningen av resultatene i tabell 4.1 synes følgende å være "dokumentert".

Nøyaktigheten ved utregningen av tidsforløpet for programmet TID vil være avhengig av avviket mellom resultatet som hentes fra programmet SETNING og "fasit" ved  $t = t_p$ .

1. Fyllinger o.l. med OC-leire der overflatelast føres ned i dybden med  $\Delta p = \text{konst. Pkt. 4.2}$

Programmet regner helt korrekt.

2. Fyllinger o.l. med OC-leire der  $\Delta p$  reduseres i dybden. Pkt. 4.3

Under den forutsetning at det er ett homogent lag med OC-leire vil programmet regne meget nøyaktig.

3. Fyllinger o.l. med NC-leire der  $\Delta p$  er konst. eller avtar i dybden. Pkt. 4.4 og 4.5

Under den forutsetning at det er ett homogent lag med NC-leire vil programmet ha en bra nøyaktighet (ca.5 %).

4. Fyllinger o.l. med leire der  $\Delta p$  avtar i dybden. Pkt. 4.6

Det dokumenterte tilfellet fra Håndbok-016 er utregnet etter en overslagsmetode. Nøyaktigheten er brukbar (ca. 7 %).

5. Fyllinger o.l. med to eller flere lag OC- og NC-leire. Pkt. 4.7

Programmet regner med bra nøyaktighet (ca.4 %) i forhold til håndregning.

## 4.2 EKSEMPEL MED OC-LEIRE.

$\Delta p$  konstant i dybden  
Eksempelet er hentet fra øving i faget Teoretisk Geoteknikk 1989, NTH.

Profilet er vist i fig.4.1.

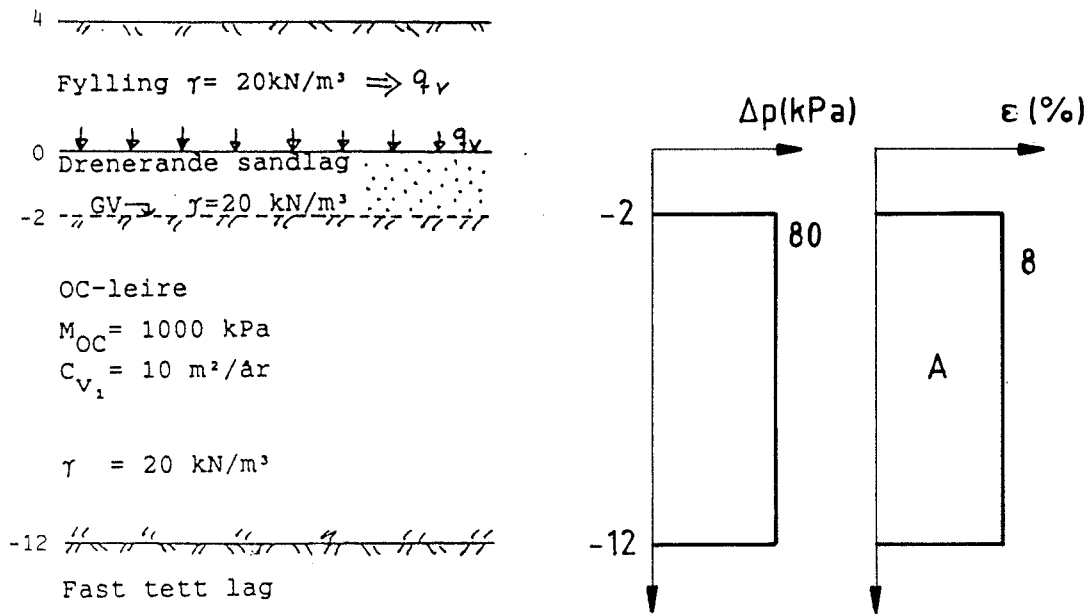


Fig.4.1 Ensidig drenert OC-leire,  $\Delta p$  er konst.  
Med beregnet  $\epsilon$ - og  $\Delta\sigma$ - diagrammer.

Gitt en overkonsolidert leire med materialparametre som vist på fig.4.1. Over leirlaget ligger et drenerende sandlag. Ei 4 m høy fylling blir lagt ut. Deformasjon av sandlaget skjer momentant. Finn setningenes tidsforløp. Initialsetningene neglisjeres.

$$\Delta\sigma = 4 \cdot 20 = 80 \text{ kPa}$$

$$\epsilon_p = \frac{\Delta\sigma}{M} = \frac{80}{1000} = 0.08$$

$$t_{100} = t_p = \frac{H^2}{C_v} = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ år}$$

Tab.4.2 Tidsforløp for setningene.

T ( $t/t_p$ )	t (år)	$\delta_p$ (cm)
0.01	0.1	9.0
0.02	0.2	12.8
0.05	0.5	20.3
0.10	1.0	28.5
0.20	2.0	40.3
0.50	5.0	61.1
1.00	10.0	74.5

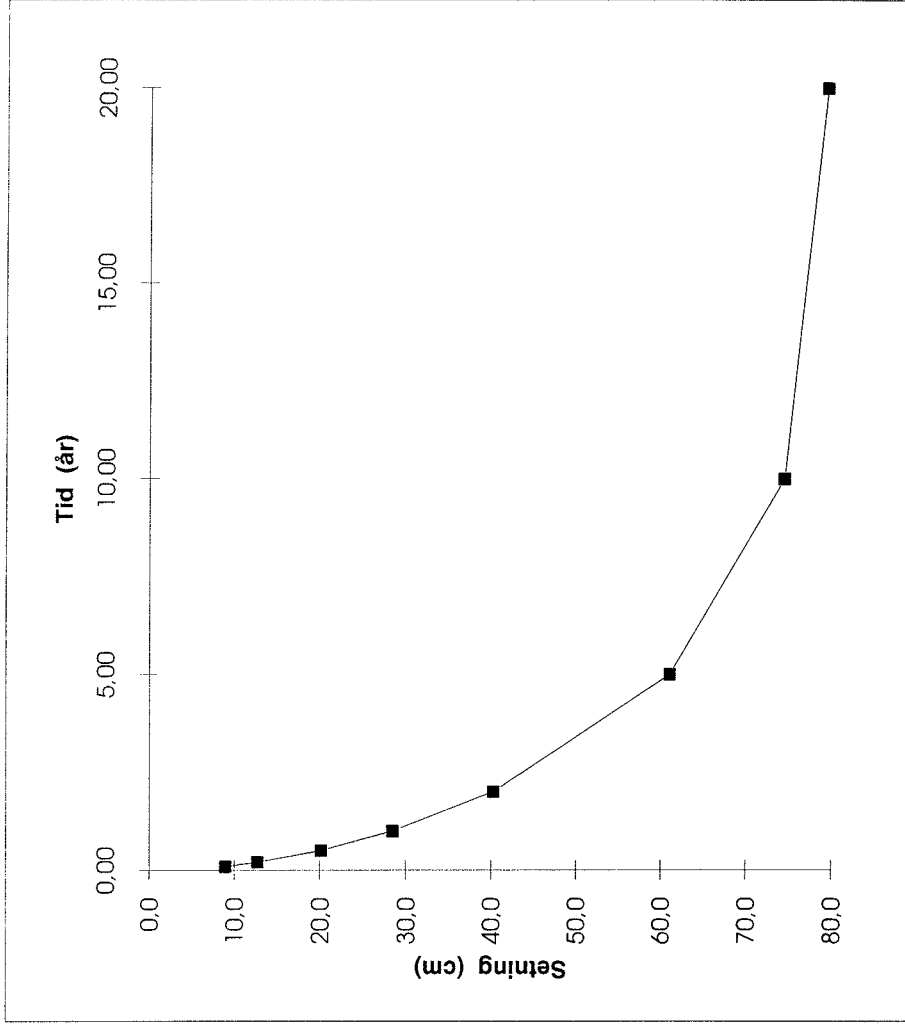


tid

<b>INNGANGSDATA:</b>	
SETTING ETTER TIDEN t :	20,00 År
DRENSVEIENS HØYDE H :	10,00 m
KONSOL.KOEFF Cv :	10 m <sup>2</sup> /år
TIDSMOTSTANDSTALLET rs :	300
REFERANSETID tr :	0 År
<b>RESULTATER</b>	
KONSOL.TID tp :	10,00 År
PRI. KONSOL.DYBDE zp:	10,00 m
TIDSAKTOR Tp(t/tp) :	2,000

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 79,5 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 2,3 cm

Tid år	Tp t/tp	Initial- setninger cm	Total- setninger cm	Sekundær- setninger cm
0,10	0,010	0,0	9,0	0,0
0,20	0,020	0,0	12,8	0,0
0,50	0,050	0,0	20,2	0,0
1,00	0,100	0,0	28,5	0,0
2,00	0,200	0,0	40,3	0,0
5,00	0,500	0,0	61,1	0,0
10,00	1,000	0,0	74,5	0,0
20,00	2,000	0,0	79,5	2,3



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.  
 Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en Mi verdi, og det andre bidraget kommer dersom EP modellen er brukt.

## 4.3 EKSEMPEL MED OC-LEIRE.

$\Delta p$  avtar i dybden  
Eksempellet er hentet fra øving i faget Teoretisk  
Geoteknikk 1989, NTH.

Profilen er vist i fig.5.2.

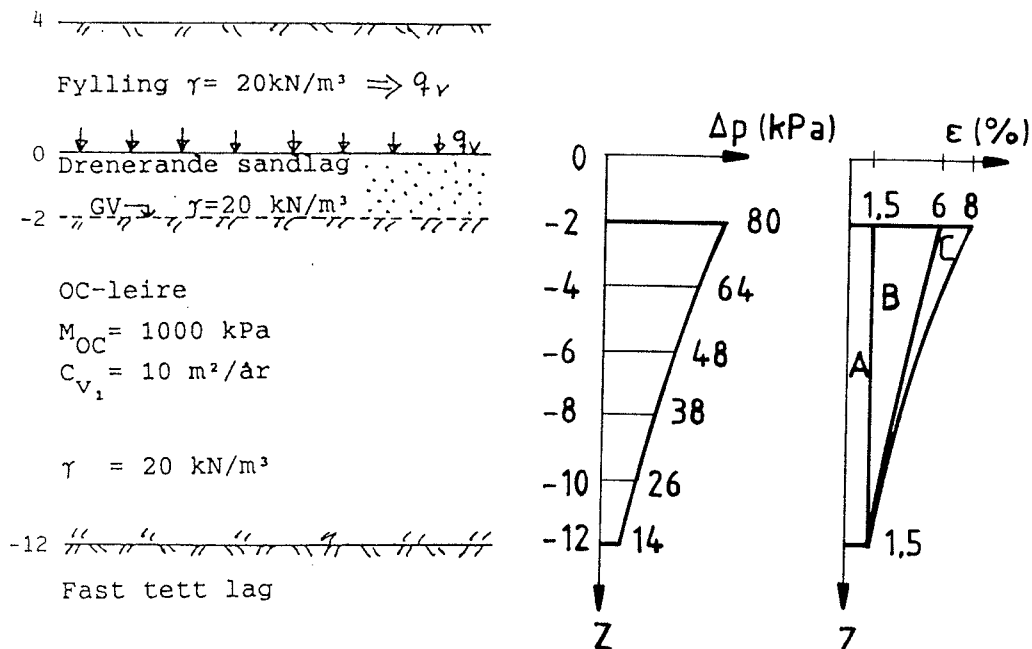


Fig.4.2 Ensidig drenert OC-leire,  $\Delta p$  avtar i dybden.  
Med beregnet  $\epsilon$ - og  $\Delta\sigma$ - diagrammer.

Anta 5 m bredde på fylling og stor utstrekning i lengderetninga.  $B/L \approx 0$ . Regn overflatelast  $q_v = 80$  kPa i 5 m bredde på topp leirlag.

$$t_{100} = t_p = \frac{H^2}{c_v} = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ år}$$

Tab.4.3 Tidsforløp for setningene.

T ( $t/t_p$ )	t (år)	$\delta$ (cm)
0.01	0.1	10.0
0.02	0.2	13.3
0.05	0.5	18.6
0.10	1.0	23.3
0.20	2.0	28.5
0.50	5.0	36.8
1.00	10.0	42.0

Utrekning av setninger for A-, B- og C-fordeling etter fig.5.2.

$$\delta_A = 0.015 \cdot 10 = 15.0 \text{ cm}$$

$$\delta_B = 0.045 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} = 22.5 \text{ cm}$$

$$\delta_C = 0.020 \cdot \frac{1}{3} \cdot 10 = 6.7 \text{ cm}$$

$$\delta_{tot} = \delta_A + \delta_B + \delta_C = 44.2 \text{ cm}$$

Kommentar: I program SETNING-TID kan overflatelast på topp leirlag ekvivaleres med å sette fundamentnivå = 2 m. Da oppnår man at  $\Delta p$  reduseres fra kote -2 og ikke fra kote 0.

OPPDRAKSNR: 4.3 Eksempel med OC leire		Kommentarer: lastspredning												<b>TID</b> Veglaboratoriet Geoteknisk seksjon Rev.nr. 2/28-03-93											
PROFIL:																									
GV-SENKING:		0,00 m																							
FUNDAMENTNIVÅ:		2,00 m																							
$q_p$		80,00 kPa																							
$q_u$		0,00 kPa																							
BREDE FUNDAMENT:		5,00 m																							
LENGDE FUNDAMENT:		999,00 m																							
GRUNNVANN:		0,00 m																							
PORETRYKKS KONST:		1,00																							
TOTALSETNING : 44,3 cm																									
Modelltype																									
		EP		PL		EE																			
I	Lag nr.	Dybde $\Delta Z$ m	Lag tykkelse cm.	Densitet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Material $\lambda$	Modul- tall ms	Modul- tall m	Modul- init. M kPa	Modul- M init kPa	Modul kPa	For- kons. pc' kPa	Ref.- spenn. pr' kPa	R E S U L T A T R	Overlagr.- trykk po' kPa	Last- endring $\Delta Q$ kPa	Setn. av enkeltlag $\delta$ cm	Setning initielt $\delta_i$ cm	EE $\delta$ cm	EP $\delta$ cm	PL $\delta$ cm					
A	1	1,00	200	20,0	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,0	L	10,0	78,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
N	2	4,50	500	20,0	1,0	0	0	0	1000	0,0	0,0	0,0	T	45,0	60,7	30,4	0,0	30,4	0,0	0,0	0,0				
G	3	9,50	500	20,0	1,0	0	0	0	1000	0,0	0,0	A	95,0	27,8	13,9	0,0	13,9	0,0	0,0	0,0	0,0				
S	4	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
D	5	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
A	6	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
T	7	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
A	8	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling

Belastingstyper

Modelltyper :

LEIRE :  $\lambda=1,0$  $q_p$  - netto fundament tilleggsspenninger i dybde, JANBU

EE - ekvivalent elastisk

SILT :  $\lambda=0,5$  $q_u$  - last med stor utbredelse i dybden

EP - elastoplastisk

SAND :  $\lambda=0$ 

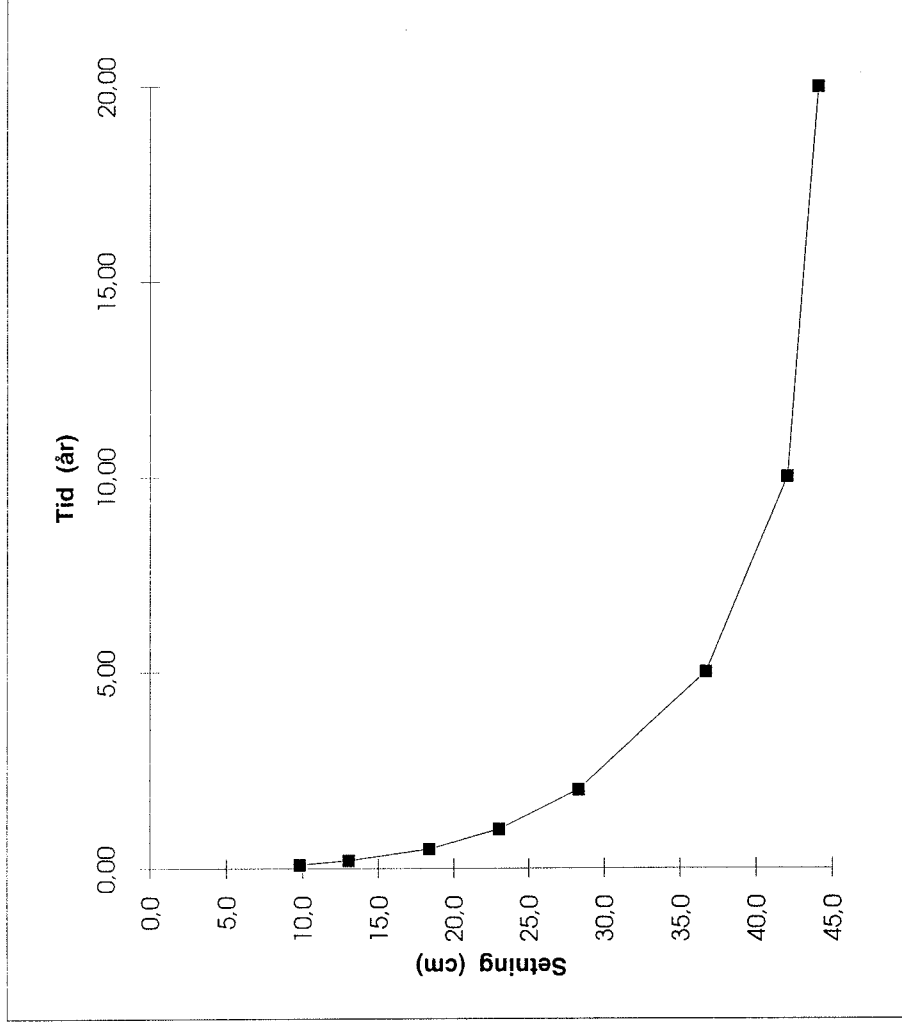
PL - plastisk

tid

<b>INNGANGSDATA:</b>	
SETTING ETTER TIDEN t :	20,00 År
DRENSVEIENS HØYDE H :	10,00 m
KONSOLL.KOEFF Cv :	10 m <sup>2</sup> /år
TIDSMOTSTANDSTALLET rs :	300
REFERANSETID tr :	0 År
<b>RESULTATER</b>	
KONSOLL.TID tp :	10,00 År
PRI. KONSOLL.DYBDE zp :	10,00 m
TIDSAKTOR Tp(t/tp) :	2,000

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 44,1 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 2,3 cm

Tid	tp	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år	t/tp	cm	cm	cm
0,10	0,010	0,0	9,8	0,0
0,20	0,020	0,0	13,1	0,0
0,50	0,050	0,0	18,4	0,0
1,00	0,100	0,0	23,1	0,0
2,00	0,200	0,0	28,3	0,0
5,00	0,500	0,0	36,7	0,0
10,00	1,000	0,0	42,1	0,0
20,00	2,000	0,0	44,1	2,3



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.  
 Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en Mi verdi, og det andre bidraget kommer dersom EP modellen er brukt.

#### 4.4 EKSEMPEL MED NC-LEIRE.

Eksempelet er hentet fra forelesningsnotater i faget Teoretisk Geoteknikk 1989, NTH.

$\Delta p$  konst. i dybden. Last av stor utstrekning. Setningene i sandlaget antas å skje momentant.

Profilen er vist på fig.4.3 med beregnet  $\Delta\sigma'$  og  $\epsilon_p$ .

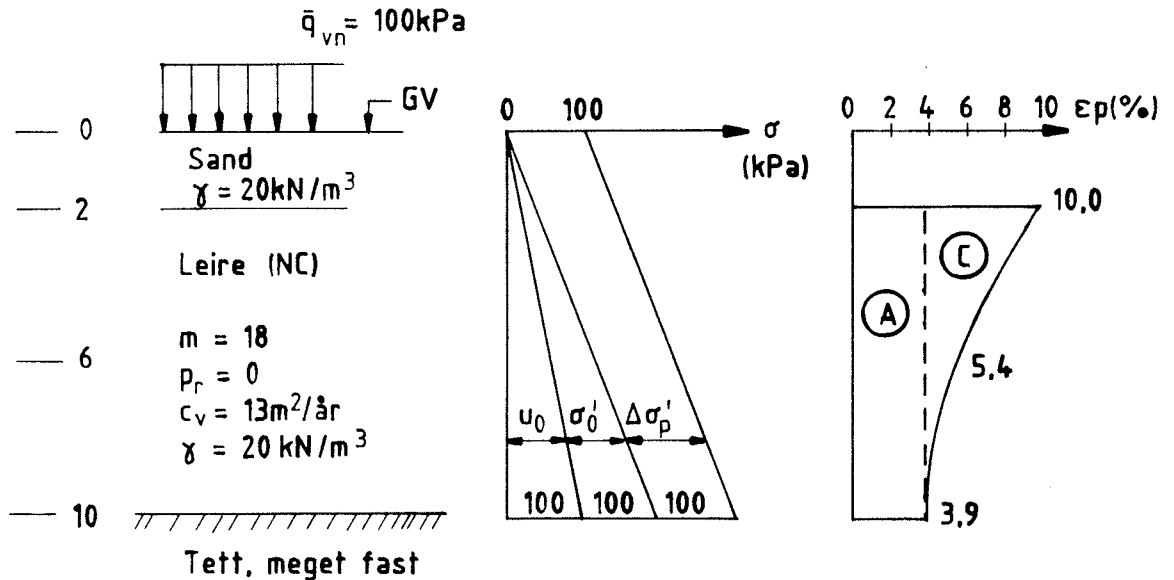


Fig.4.3 Ensidig drenert NC-leire

$$\delta_i = \delta_{i \text{ sand}} + \delta_{i \text{ leire}} = \delta_{i \text{ sand}} + 0 = \delta_{i \text{ sand}}$$

Primærsetn. skjer i leiren ( $\delta_{p \text{ sand}} = 0$ )

$$\epsilon_p = \frac{1}{m} \ln \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma_p'}{\sigma_o'} = \frac{1}{20} \ln \frac{\sigma_o' + \Delta\sigma_p'}{\sigma_o'}$$

$$\delta_{pA} = 0.039 \cdot 8 = 31.2 \text{ cm}$$

$$\delta_{pC} = \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} (0.10 - 0.039) \cdot 8 = 16.3 \text{ cm}$$

$$\delta_p = \delta_{pA} + \delta_{pC} = 31.2 + 16.3 = 47.5 \text{ cm}$$

$$t_p \approx 1.0 \cdot \frac{H^2}{c_v} = 1.0 \cdot \frac{8^2}{13} = 4.92 \text{ år}$$

Tabell 4.4 Tidsforløp for setningene.

T (t/t <sub>p</sub> )	t (år)	$\delta_p$ (cm)
0.001	0.0049	2.5
0.01	0.049	8.0
0.1	0.492	21.1
0.2	0.985	27.3
0.5	2.462	37.9
1.0	4.923	44.6



tid

OPPDRAGSNR: 4,4 Eksempel med NC leire										Kommentarer: Ingen lastspredning									
PROFIL:																			
GV-SENKING: 0,00 m																			
FUNDAMENTNIVÅ: 0,00 m																			
$q_u$ 0,00 kPa																			
$q_u$ 100,00 kPa																			
BREDE FUNDAMENT: 5,00 m																			
LENGDE FUNDAMENT: 500,00 m																			
GRUNNVANN: 0,00 m										Modeltype									
PORETRYKSKONST: 1,00										EP PL EE									
Lag nr.	Dybde $\Delta Z$ m	Lag-tykkelse cm.	Densitet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Material $\lambda$	Modul-tall ms	Modul-tall m	Modul-init. M kPa	Modul M kPa	For-kons. pc' kPa	Ref-spenn. pr' kPa	R E S U	Overlagr.-trykk po' kPa	Last- $\Delta Q$ kPa	Setn. av enkeltlag $\delta$ cm	Setning initielt $\delta_i$ cm	EE $\delta$ cm	EP $\delta$ cm	PL $\delta$ cm	
A 1	1,00	200	20,0	1,0	0	0	0	0	0,0	0,0	L	10,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
N 2	4,00	400	20,0	1,0	0	18	0	0	0,0	0,0	T	40,0	100,0	27,8	0,0	0,0	0,0	27,8	
G 3	8,00	400	20,0	1,0	0	18	0	0	0,0	0,0	A	80,0	100,0	18,0	0,0	0,0	0,0	18,0	
S 4	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
D 5	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
A 6	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0	R	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
T 7	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
A 8	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

TOTALSETNING : 45,9 cm

**TID**  
 Veglaboratoriet  
 Geoteknisk seksjon  
 Rev.nr. 2/28-03-93

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling

Belastingstyper

Modeltyper :

LEIRE :  $\lambda=1,0$  $q_u$  - netto fundament tilleggsspenninger i dybde, JANBU

EE - ekvivalent elastisk

SILT :  $\lambda=0,5$  $q_u$  - last med stor utbredelse i dybden

EP - elastoplastisk

SAND :  $\lambda=0$ 

PL - plastisk

## INNGANGSDATA:

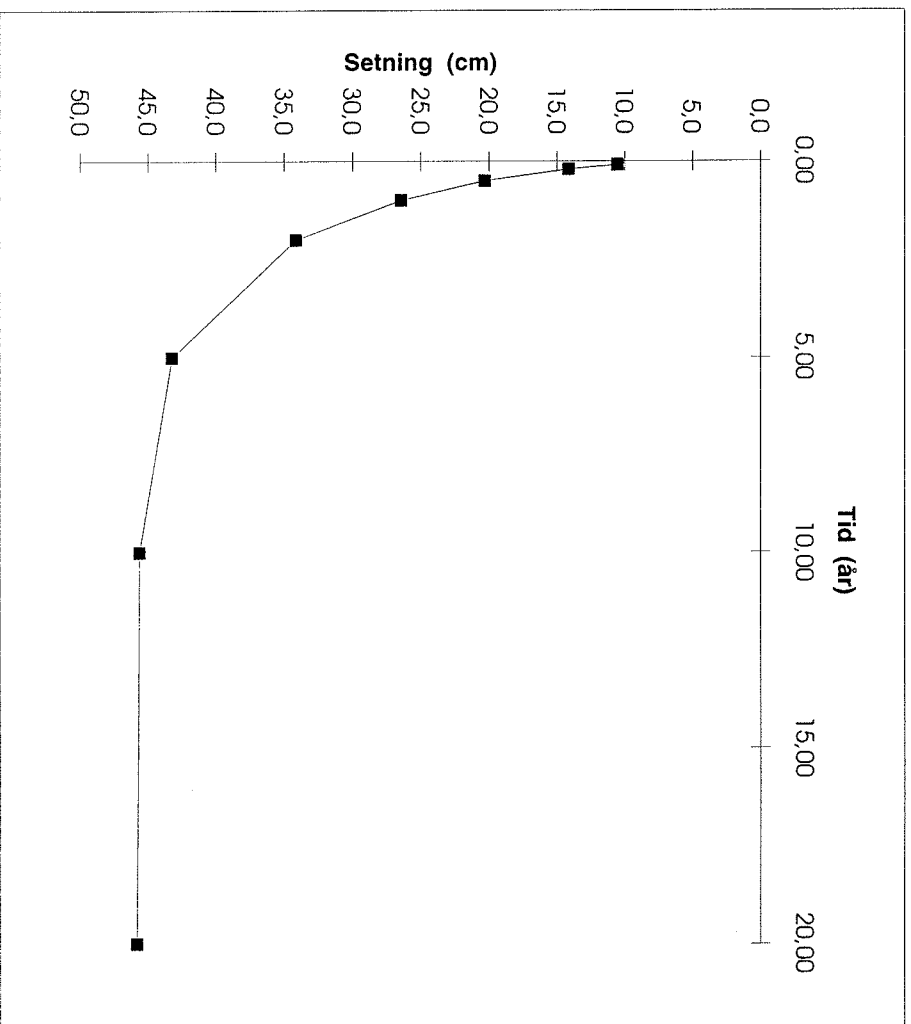
SETNING ETTER TIDEN t : 0,00 År  
 DRENSVEIENS HØYDE H : 8,00 m  
 KONSOL.KOEFF CV : 13 m<sup>2</sup>/år  
 TIDSMOTSTANDSTALLETS ts : 0  
 REFERANSETID tr : 0 År

## RESULTATER

KONSOL.TID tp : 4,92 År  
 PRI. KONSOL.DYBDE zp : 8,00 m  
 TIDSEFAKTOR Tp(vtp) : 0,000

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 0,0 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 0,0 cm

Tid	Tp	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år	t/tp	cm	cm	cm
0,10	0,020	0,0	10,6	0,0
0,20	0,041	0,0	14,2	0,0
0,50	0,102	0,0	20,3	0,0
1,00	0,203	0,0	26,5	0,0
2,00	0,406	0,0	34,1	0,0
5,00	1,016	0,0	43,3	0,0
10,00	2,031	0,0	45,6	0,0
20,00	4,062	0,0	45,9	0,0



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.

Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en Mi verdi, og det andre bidraget kommer dersom

EP modellen er brukt.

$\Delta p$  konstant i dybden. Fra (3).

Vi har gitt en 4 meters avsetning av NC-leire over fjell. Data for leiren er gitt på fig. 3.59. Over laget legges en fylling (drenerende sand) med en intensitet  $q = 20 \text{ kN/m}^2$ .

Grunnvannet forutsettes å ligge på toppen av leirelaget etter at lasten er påført. Bestem tid/setningsforløp for dette tilfellet, og tegn  $t/\delta$ -kurve. Før opp data i en tabell for å få bedre oversikt.

Løsning:

Først må spenningsdiagrammene og  $\delta$ -diagrammet tegnes. Data kan også her med fordel føres i tabell:

Dybde $z$ (m)	Opprinnelig effektivspenning $\sigma'_0 = \sigma_0 - u$ $= \rho \cdot g \cdot z - \rho_w \cdot g \cdot z_w$ (kN/m <sup>2</sup> )	Endelig effektivspenning $\sigma' = \sigma'_0 + \Delta\sigma'$ $= \sigma'_0 + q$ (kN/m <sup>2</sup> )	Tøyning $\epsilon = \frac{1}{m} \ln \frac{\sigma'_0 + \Delta\sigma'}{\sigma'_0} \cdot 100$ (%)
0	0	20	$\infty$
0,1	1	21	20,3
0,5	5	25	10,7
1	10	30	7,3
2	20	40	4,6
3	30	50	3,4
4	40	60	2,7

Verdiene er presentert i diagramform i fig. 3.59.

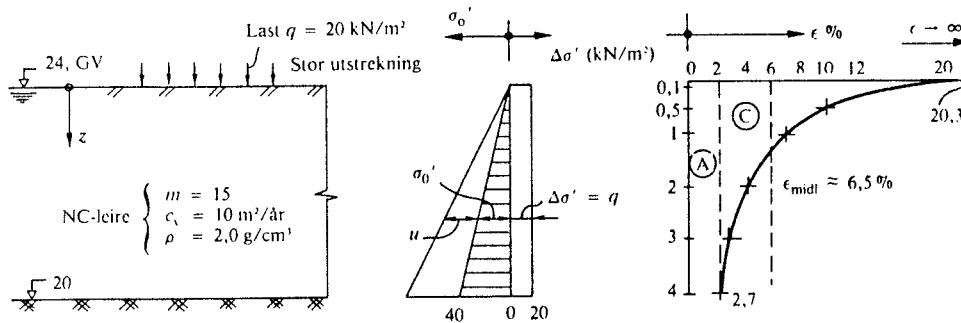


Fig. 3.59 Ensidig drenert NC-leire med beregnet  $\sigma$ -og  $\epsilon$ -diagrammer.

Fra  $\epsilon$ -diagrammet kan en ta ut at  $\epsilon_{\text{midl}} = \text{ca. } 6,5\%$  (antatt verdi ut fra fig. 3.59).

$$\text{Totalsetning } \delta_p = \epsilon_{\text{midl}} \cdot H = (6,5/100) \cdot 400 \text{ cm} = 26 \text{ cm.}$$

$\epsilon$ -diagrammet kan deles inn i 2 diagrammer av formen A + B, evt. A + C (ingen er 100% riktig, men avviker lite fra hverandre). Vi velger her formen A + C.

Setningene deles i:  $\delta_A + \delta_C = \delta_p$ .

$$\delta_A = (2,7/100) \cdot 400 \text{ cm} = 10,8 \text{ cm}$$

$$\delta_C = \delta_p - \delta_A = 26 \text{ cm} - 10,8 \text{ cm} = 15,2 \text{ cm}$$

I tabellform:

Tid $t$ (år)	0,1	0,2	0,5	1,0	1,6	
Tidsfaktor $T_p = \frac{c_v}{H^2} \cdot t = \frac{10}{16} \cdot t$	0,063	0,13	0,31	0,63	1,0	
Konsolideringsgrad	$U_A$	0,28	0,4	0,6	0,81	0,93
	$U_C$	0,53	0,64	0,77	0,89	0,96
$\delta_t = U_A \delta_A + U_C \delta_C$ $= U_A \cdot 10,8 + U_C \cdot 15,2$	11,1	14,1	18,2	22,3	24,6	

OPPDRAGSNR: 4.5 Eksempel med NC leire										Kommentarer: Ingen lastspredning										<b>TID</b>		
PROFIL:																				Veglaboratoriet		
GV-SENKING: 0,00 m																				Geoteknisk seksjon		
FUNDAMENTNIVA: 0,00 m																				Rev.nr. 2/28-03-93		
q <sub>a</sub> : 0,00 kPa																						
q <sub>u</sub> : 20,00 kPa																						
BREDE FUNDAMENT: 5,00 m																						
LENGDE FUNDAMENT: 500,00 m																						
GRUNNVANN: 0,00 m										Modelletype												
PORETRYKKS KONST: 1,00										EP												
										PL												
										EE												
I Lag nr.	Dybde ΔZ m	Lag-tykkelse cm.	Densitet γ kN/m <sup>3</sup>	Material λ	Modul-tall ms	Modul-tall m	Modul-init. M init. kPa	Modul M kPa	For-kons. pc' kPa	Ref-spenn. pr' kPa	R E S U	Overlagr-trykk po' kPa	Last-endring ΔQ kPa	Setn. av enkeltlag δ cm	Setning initielt δi cm	MODELL						
																EE	EP	PL				
A 1	0,05	10	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	L	0,5	20,0	2,5	0,0	0,0	0,0	2,5				
N 2	0,30	40	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	T	3,0	20,0	5,4	0,0	0,0	0,0	5,4				
G 3	0,75	50	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	A	7,5	20,0	4,3	0,0	0,0	0,0	4,3				
S 4	1,50	100	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	T	15,0	20,0	5,6	0,0	0,0	0,0	5,6				
D 5	2,50	100	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	E	25,0	20,0	3,9	0,0	0,0	0,0	3,9				
A 6	3,50	100	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	R	35,0	20,0	3,0	0,0	0,0	0,0	3,0				
T 7	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				
A 8	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0				

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling

Belastningstyper

Modelletyper :

LEIRE : λ=1.0

q<sub>a</sub> - netto fundament tilleggsspenninger i dybde, JANBU

EE - ekvivalent elastisk

SILT : λ=0.5

q<sub>u</sub> - last med stor utbredelse i dybden

EP - elastoplastisk

SAND : λ=0

PL - plastisk

## INNGANGSDATA:

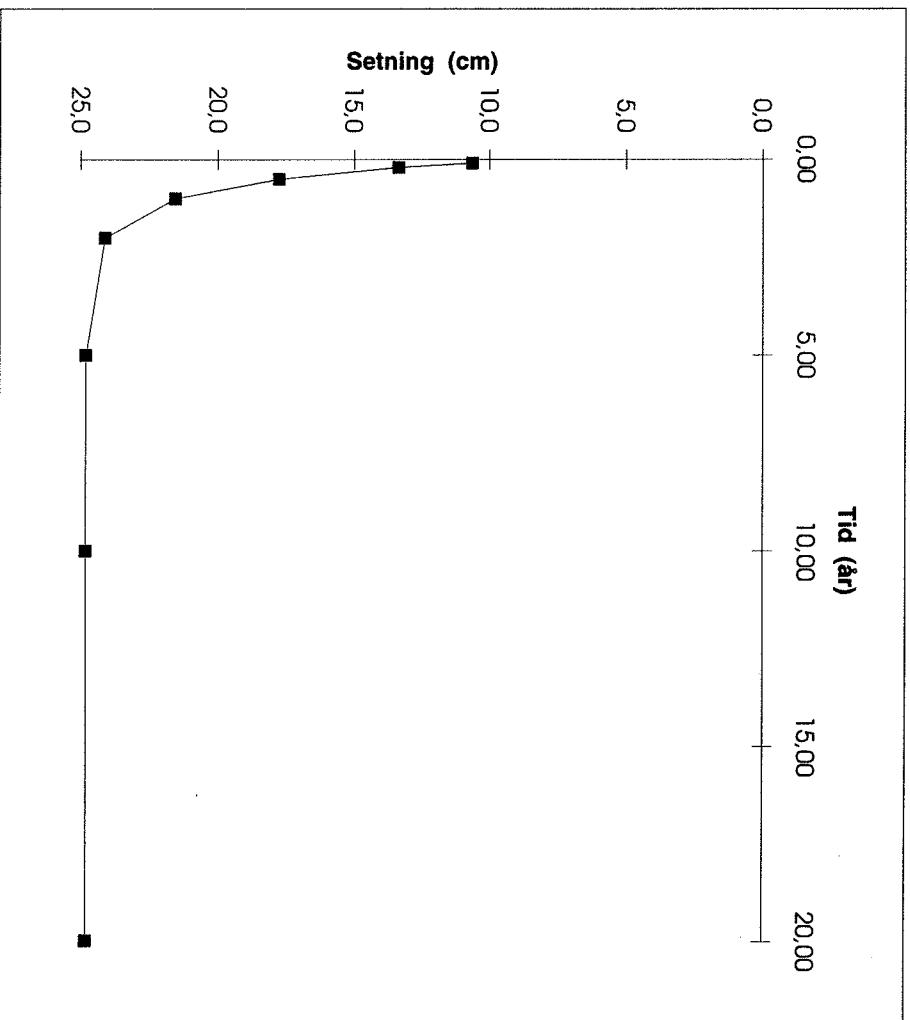
SETNING ETTER TIDEN t : 25,00 År  
 DRENSVEIENS HØYDE H : 4,00 m  
 KONSOL.KOEFF Cv : 10 m<sup>2</sup>/år  
 TIDSMOTSTANDSTALLET rs : 200  
 REFERANSETID tr : 0 År

## RESULTATER

KONSOL.TID tp : 1,60 År  
 PRI. KONSOL.DYBDE zp : 4,00 m  
 TIDSFAKTOR Tp(v/tp) : 15,625

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 24,8 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 5,5 cm

Tid	Tp	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år	v/tp	cm	cm	cm
0,10	0,062	0,0	10,6	0,0
0,20	0,125	0,0	13,4	0,0
0,50	0,312	0,0	17,8	0,0
1,00	0,625	0,0	21,6	0,0
2,00	1,250	0,0	24,1	0,4
5,00	3,125	0,0	24,8	2,3
10,00	6,250	0,0	24,8	3,7
20,00	12,500	0,0	24,8	5,1



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C-fordeling for primærsetningene.

Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en Mi verdi, og det andre bidraget kommer dersom

EP modellen er brukt.

$\Delta p$  avtar i dybden. Fra (2).

## 7.11 EKSEMPEL: FYLLING PÅ LEIRE

Det skal legges ut en steinfylling på leire for bygging av trafikkryst. Fig. 7.12 viser et snitt. Dimensjonene er:

Fyllingsbredde	B = 25 m
Fyllingslengde	L = 100 m
Tilleggslast	$\bar{q}_{v,n} = 100$ kPa
Leirlagets tykkelse	$H_l = 10$ m
Gruslag over fjell	$H_s = 0,5$ m

Gruslaget regnes å drenere poretrykk.

Gjør beregninger både for ensidig og tosidig drenering.

Lag nr.	DYP m	$p_o'$ kPa	$\Delta p$ kPa	$p_c'$ kPa	$\delta_i$ cm	$\delta_p$ OC cm	$\delta_p$ NC cm	TOSIDIG $\delta_s$ for 10 år cm	ENSIDIG $\delta_s$ for 10 år cm
1	1,25	11	98	61	0,7	1,3	8,1	1,2	0
2	3,75	34	92	84	0,7	1,3	5,6	1,2	0
3	6,25	56	86	106	0,7	1,3	4,1	1,2	0
4	8,75	79	80	129	0,6	1,3	2,9	1,2	0
Lign.			fig. 7.1.		(7-1)	(7-4)	(7-5)	(7-13)	(7-13)

Fig. 7.11 FYLLING PÅ LEIRE. SETNINGSBEREGNINGER

Sekundærsetningene

$$\delta_s = \frac{\Delta z}{r_s} \ln \frac{t - t_r}{t_p - t_r} = \frac{250}{300} \ln \frac{t}{t_p} \quad \text{se lign. (7-13)}$$

i det

$$t_p = \frac{H^2}{c_v} = \frac{5^2}{10} = 2,5 \text{ år for tosidig og } t_p = \frac{10^2}{10} = 10 \text{ år}$$

for ensidig drenering.

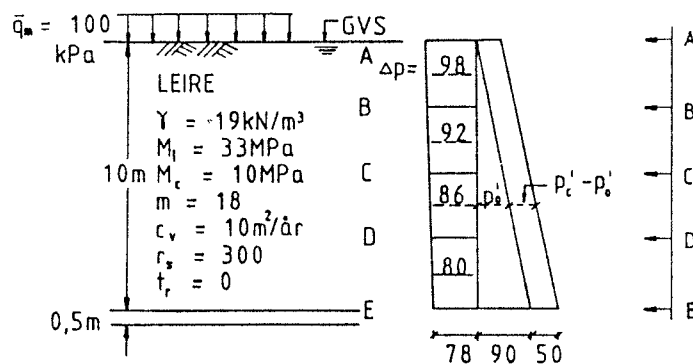


Fig. 7.12

Posisjon i fig. 7.12	ENSIDIG DRENASJE			TOSIDIG DRENASJE		
	SETN. DYBDE $z_p$ m	TID $t_p = \frac{z_p^2}{c_v}$	$\delta_{tot}$ cm	SETN. DYBDE $z_p$ m	TID $t_p = \frac{z_p^2}{c_v}$	$\delta_{tot}$ cm
A	0	0	2,7	0	0	2,7
B	2,5	0,6	12,1	2,5	0,6	12,1+4,2=16,3
C	5,0	2,5	19,0	5,0	2,5	28,6
D	7,5	5,6	24,4	2,5	0,6	
E	10,0	10,0	28,6	0	0	

TIDSFØRLØP. OVERSLAG.

OPPDRAKSNR: 4.6 Eksempel initialsetninger		Kommentarer: lastspredning										TID						
PROFIL:												Veglaboratoriet						
GV-SENKING: 0,00 m												Geoteknisk seksjon						
FUNDAMENTNIVÅ: 0,00 m												Rev.nr. 2/28-03-93						
$q_a$ 100,00 kPa																		
$q_u$ 0,00 kPa																		
BREDE FUNDAMENT: 25,00 m																		
LENGDE FUNDAMENT: 100,00 m												TOTALSETNING : 28,1 cm						
GRUNNVANN: 0,00 m																		
PORETRYKSKONST: 1,00																		
		Modelitype																
		EP			PL			EE										
		Modul-tall ms			Modul-tall m			Modul-init. M kPa			Modul M kPa							
		Material $\lambda$			Densitet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>			Lag-Dybde $\Delta Z$ m			Lag-tykkelse cm.							
		Modul-tall ms			Modul-tall m			Modul-init. M kPa			Modul M kPa							
		Material $\lambda$			Densitet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>			Lag-Dybde $\Delta Z$ m			Lag-tykkelse cm.							
A 1	1,25	250	19,0	1,0	0	18	33000	10000	61,3	0,0	L	11,3	97,1	9,9	0,7	1,3	0,0	7,9
N 2	3,75	250	19,0	1,0	0	18	33000	10000	83,8	0,0	T	33,8	91,3	7,5	0,7	1,3	0,0	5,6
G 3	6,25	250	19,0	1,0	0	18	33000	10000	106,3	0,0	A	56,3	85,6	5,9	0,6	1,3	0,0	4,0
S 4	8,75	250	19,0	1,0	0	18	33000	10000	128,8	0,0	T	78,8	79,9	4,8	0,6	1,3	0,0	2,9
D 5	0,00	0	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	E	23,8	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A 6	0,00	0	20,0	1,0	0	15	0	0	0,0	0,0	R	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
T 7	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A 8	0,00	0	0,0	0,0	0	0	0	0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling

Belastingstyper

Modelityper :

LEIRE :  $\lambda=1,0$ 

EE - ekvivalent elastisk

SILT :  $\lambda=0,5$ 

EP - elastoplastisk

SAND :  $\lambda=0$ 

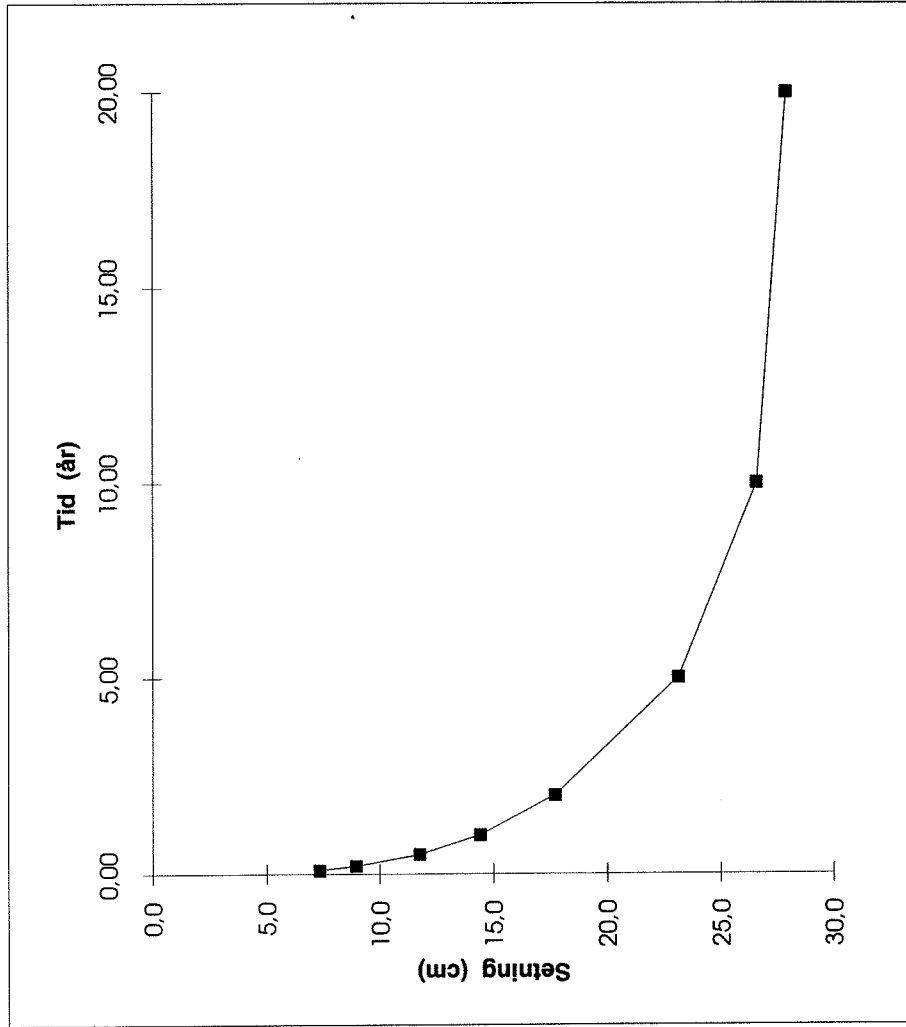
PL - plastisk

 $q_a$  - netto fundament tilleggsspenninger i dybde, JANBU $q_u$  - last med stor utbredelse i dybden

<b>INNGANGSDATA:</b>	
SETTING ETTER TIDEN t :	0,00 År
DRENSVEIENS HØYDE H :	10,00 m
KONSOL.KOEFF Cv :	10 m <sup>2</sup> /år
TIDSMOTSTANDSTALLET rs :	300
REFERANSETID tr :	0 År
<b>RESULTATER</b>	
KONSOL.TID tp :	10,00 År
PRI. KONSOL.DYBDE zp:	10,00 m
TIDSFAKTOR Tp(t/tp) :	0,000

INITIALSETNINGER (cm) 2,7 cm  
 TOTALSETNING (cm) 2,7 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 0,0 cm

Tid	Tp	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år	t/tp	cm	cm	cm
0,10	0,010	2,7	7,3	0,0
0,20	0,020	2,7	9,0	0,0
0,50	0,050	2,7	11,8	0,0
1,00	0,100	2,7	14,4	0,0
2,00	0,200	2,7	17,7	0,0
5,00	0,500	2,7	23,2	0,0
10,00	1,000	2,7	26,6	0,0
20,00	2,000	2,7	27,9	2,3



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.  
 Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en MI verdi, og det andre bidraget kommer dersom EP modellen er brukt.



#### 4.7 EKSEMPEL MED OC-LEIRE OVER NC-LEIRE.

$\Delta p$  konstant i dybden

Eksempel for å belyse problemet i pkt.2.6.

Profilen er vist i fig.4.4.

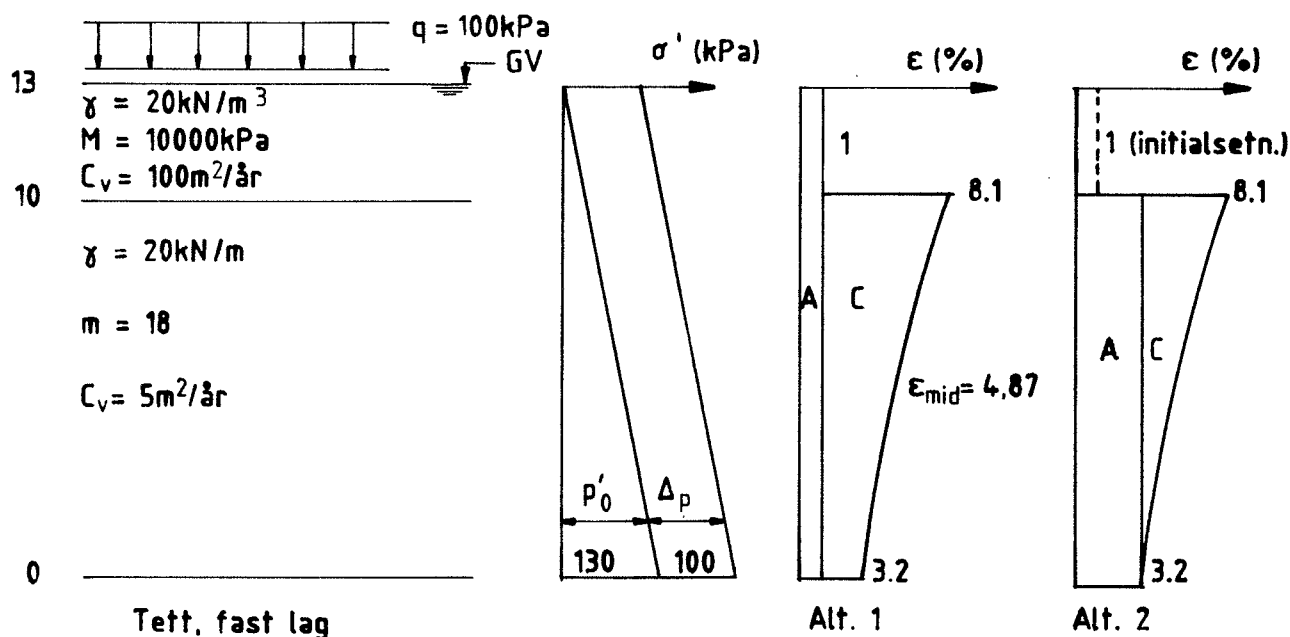


Fig.4.4 Ensidig drenert. OC-leire over NC-leire  
Med beregnet  $\epsilon$ - og  $\sigma$ -diagrammer.

$$\begin{aligned} \text{Totalsetningen } \delta &= 0.01 \cdot 300 + 0.0487 \cdot 1000 \\ &= 3 + 48.7 = 51.7 \text{ cm} \end{aligned}$$

$\epsilon$ -diagrammet er vanskelig å tilpasse til en kombinasjon av A-, B- eller C-fordeling. Den store forskjellen i  $c_v$  gjør at det er vanskelig (umulig?) å anslå en  $c_v$  for hele profilen. To alternativer kan f.eks. være:

$$\begin{aligned} \text{Alt. 1. Bruk } t_p &= \frac{H^2}{C_v} = \frac{13^2}{5} = 33.8 \text{ år} \\ \text{Sett } M &= 10000 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Her vil  $c_v = 5$  ikke være korrekt, men

$$\text{Alt. 2. Bruk } t_{p_{OC}} = \frac{H_1^2}{C_v} = \frac{3^2}{100} = 0.09 \text{ år}$$

$$\text{Bruk } t_{p_{NC}} = \frac{H_2^2}{C_v} = \frac{10^2}{5} = 20 \text{ år}$$

Beregn tidsforløpet for OC-leiren og NC-leiren hver for seg. Her vil setningene for OC-leiren bli å betrakte som initialsetninger.

Beregning av tidsforløpet.

Alt. 1. Det tilstrebes her at det tilpassete  $\epsilon$ -forløpet vil ha samme areal som det opprinnelige forløpet.

$$\begin{aligned} t_p &= 33.8 \text{ år}, c_v = 5 \text{ m}^2/\text{år} \\ \epsilon_{\min} &= 1.0 \% \\ \delta_A &= 0.01 \cdot 1300 = 13 \text{ cm} \\ \delta_C &= \delta_{\text{tot}} - \delta_A = 51.7 - 13 = 38.7 \text{ cm} \\ \delta_P &= 13 \cdot U_A + 38.7 U_C \\ \delta_i &= 0 \end{aligned}$$

Alt. 2. Regner her at setningene til OC-leiren som initialsetninger etter som  $c_v$  er så stor.

$$\begin{aligned} t_p &= 20 \text{ år}, c_v = 5 \text{ m}^2/\text{år} \\ \epsilon_{\min} &= 3.2 \% \\ \delta_A &= 0.032 \cdot 10000 = 32 \text{ cm} \\ \delta_C &= \delta_{\text{tot}} - \delta_A = 48.7 - 32 = 16.7 \text{ cm} \\ \delta_P &= 32 \cdot U_A + 16.7 U_C \\ \delta_i &= 0.01 \cdot 300 = 3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Tidsforløpet er vist i tab.4.5. for begge alternativene.

Tabell 4.5 Tidsforløpet for setningene.

tid t (år)	Alt. 1.		Alt. 2.	
	$T_p$ (t/t <sub>p</sub> )	$\delta_p$ (cm)	$T_p$ (t/t <sub>p</sub> )	$\delta_p$ (cm)
0.1	0.003	7.2	0.005	6.1
0.25	0.007	10.9	0.013	9.2
0.5	0.015	14.6	0.025	12.4
1.0	0.030	19.1	0.050	16.5
2.0	0.059	24.2	0.100	21.7
4.0	0.118	29.7	0.200	28.1
10.0	0.296	38.0	0.500	38.9
20.0	0.592	45.1	1.000	45.8

Her er forskjellen mellom alt.1 og alt.2 liten. I de tilfeller der konsolideringsgraden  $c_v$  er meget høy for det øverste laget, anbefales imidlertid å bruke alt.2.

OPPDRAGSNR: 4.7 Eksempel OC-leire over NC-leire	Kommentarer: Ingen lastspredning	<b>TID</b> Veglaboratoriet Geoteknisk seksjon Rev.nr. 2/28-03-93
PROFIL:	Alt 1. M=10000, H=13	
GV-SENKING:	0,00 m	
FUNDAMENTNIVÅ:	0,00 m	
$q_p$	0,00 kPa	
$q_u$	100,00 kPa	
BREDE FUNDAMENT:	5,00 m	
LENGDE FUNDAMENT:	100,00 m	
GRUNNVANN:	0,00 m	

TOTALSETNING : 50,4 cm

PORETRYKKS KONST:		Modelltype		Modell	
I	Lag nr.	EP	PL	EE	PL
N	Dybde $\Delta Z$ m	Modul-tall ms	Modul-tall m	Modul-init. M kPa	Modul- $\delta$ cm
N	Lag tykkelse cm.	Densitet $\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	Material $\lambda$	Modul M kPa	Modul $\delta$ cm
G					
A	1 1,50	300	20,0	1,0	10000
N	2 5,50	500	20,0	1,0	0
G	3 10,50	500	20,0	1,0	0
S	4 0,00	0	0,0	0,0	0
D	5 0,00	0	0,0	1,0	0
A	6 0,00	0	20,0	1,0	15
T	7 0,00	0	0,0	0,0	0
A	8 0,00	0	0,0	0,0	0

For-	Ref.-spenn.	R	Overlagr.-trykk $p_o'$ kPa	Last- endring $\Delta Q$ kPa	Setn. av enkelteag $\delta$ cm	Setning Initiell $\delta_i$ cm	MODELL
kons. $p_c'$ kPa		E					EE $\delta$ cm
		S					EP $\delta$ cm
		U					PL $\delta$ cm
0,0	0,0	L	15,0	100,0	3,0	0,0	0,0
0,0	0,0	T	55,0	100,0	28,8	0,0	0,0
0,0	0,0	A	105,0	100,0	18,6	0,0	0,0
0,0	0,0	T	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	E	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0	R	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Materialtyper for bestemmelse av spenningsfordeling

LEIRE :  $\lambda=1.0$

SILT :  $\lambda=0.5$

SAND :  $\lambda=0$

Belastingstyper

$q_n$  - netto fundament tilleggsstressninger i dybde, JANBU

$q_u$  - last med stor utbredelse i dybden

Modelltyper :

EE - ekvivalent elastisk

EP - elastoplastisk

PL - plastisk

tid

**INNGANGSDATA:**

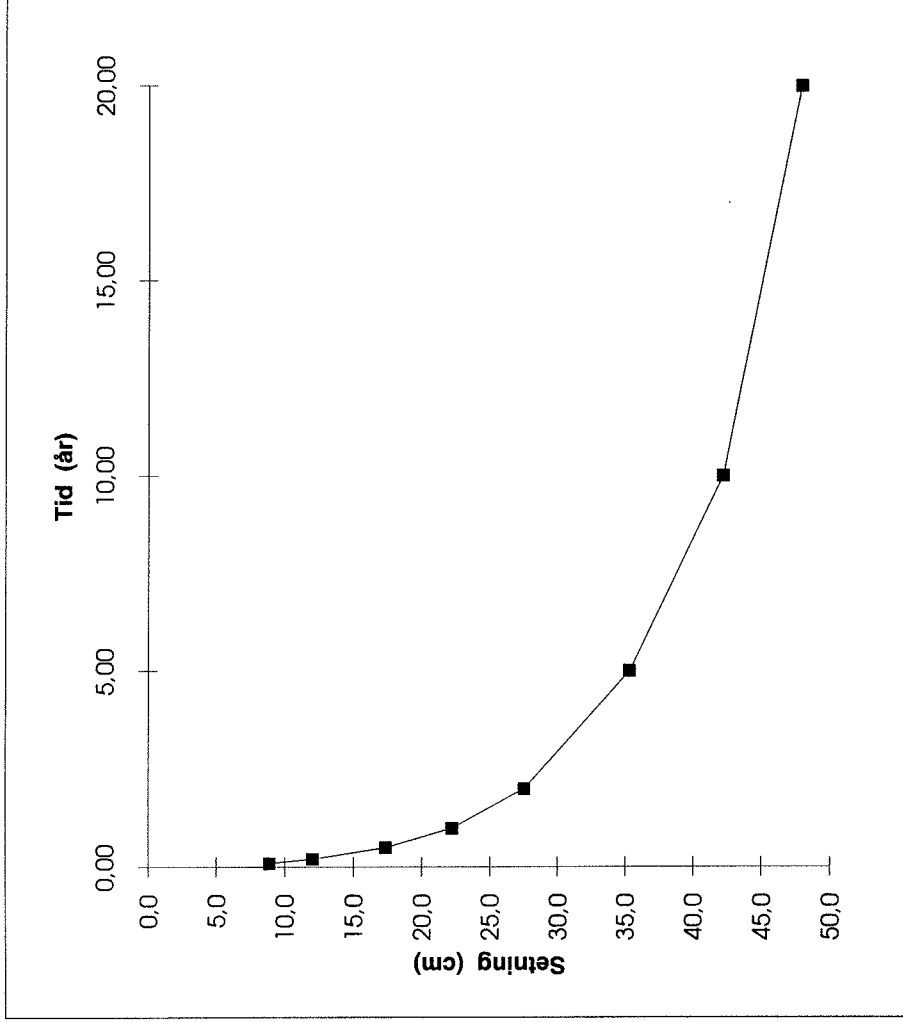
SETNING ETTER TIDEN t : 0,00 År  
 DRENSVEIENS HØYDE H : 10,00 m  
 KONSOL. KOEFF Cv : 5 m<sup>2</sup>/år  
 TIDSMOTSTANDSTALLET rs : 0  
 REFERANSETID tr : 0 År

**RESULTATER**

KONSOL. TID tp : 20,00 År  
 PRI. KONSOL. DYBDE zp : 10,00 m  
 TIDFAKTOR Tp(v/tp) : 0,000

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 0,0 cm  
 SEKUNDER SETNING (cm) 0,0 cm

Tid	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år	cm	cm	cm
0,10	0,0	8,9	0,0
0,20	0,0	12,0	0,0
0,50	0,0	17,4	0,0
1,00	0,0	22,2	0,0
2,00	0,0	27,6	0,0
5,00	0,0	35,4	0,0
10,00	0,0	42,3	0,0
20,00	0,0	48,0	0,0



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.

Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en MI verdi, og det andre bidraget kommer dersom

EP modellen er brukt.

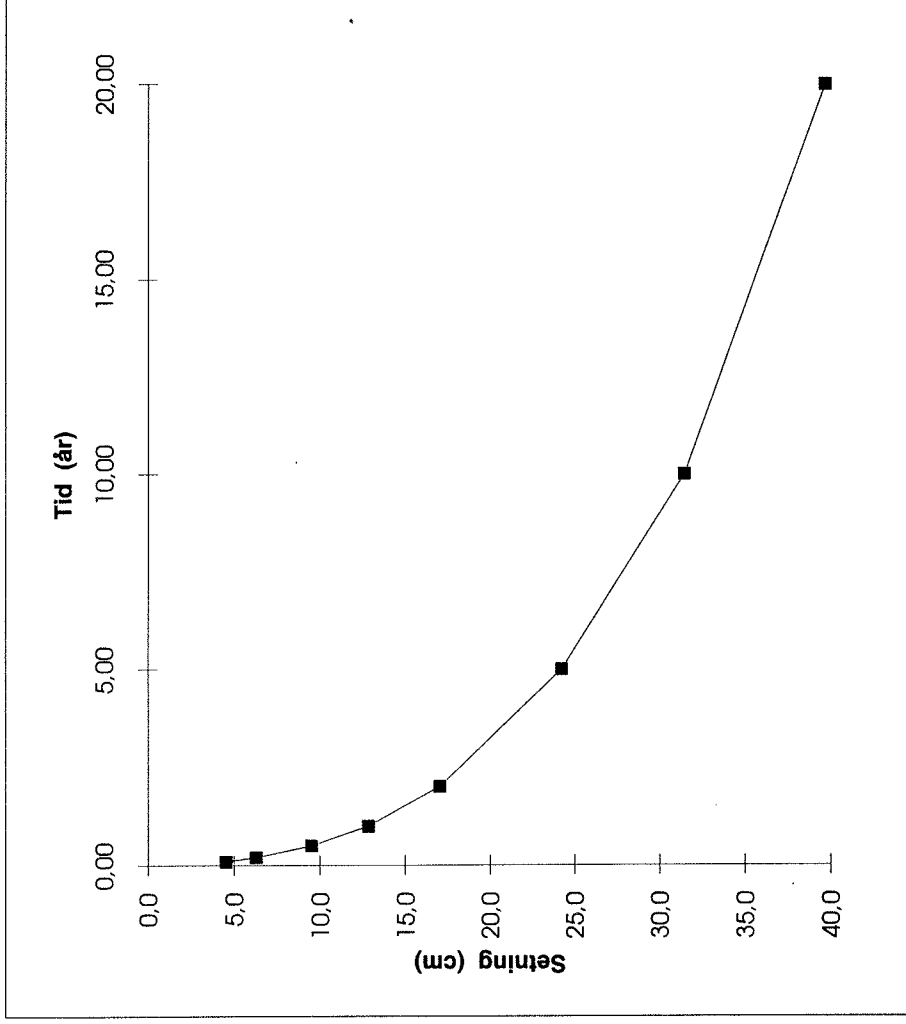


tid

<b>INNGANGSDATA:</b>	
SETNING ETTER TIDEN t :	0,00 År
DRENSVEIENS HØYDE H :	13,00 m
KONSOL.KOEFF Cv :	5 m <sup>2</sup> /år
TIDSMOTSTANDTALLET rs :	0
REFERANSETID tr :	0 År
<b>RESULTATER</b>	
KONSOL.TID tp :	33,80 År
PRI. KONSOL.DYBDE zp:	13,00 m
TIDSAKTOR Tp(t/tp) :	0,000

INITIALSETNINGER (cm) 0,0 cm  
 TOTALSETNING (cm) 0,0 cm  
 SEKUNDÆR SETNING (cm) 0,0 cm

Tid	Tp	Initial- t/tp	Initial- setninger	Total- setninger	Sekundær- setninger
år			cm	cm	cm
0,10	0,003	0,0	0,0	4,6	0,0
0,20	0,006	0,0	0,0	6,3	0,0
0,50	0,015	0,0	0,0	9,5	0,0
1,00	0,030	0,0	0,0	12,9	0,0
2,00	0,059	0,0	0,0	17,1	0,0
5,00	0,148	0,0	0,0	24,3	0,0
10,00	0,296	0,0	0,0	31,5	0,0
20,00	0,592	0,0	0,0	39,7	0,0



Primærsetningene utregnes etter modellene EE og PL. Det er brukt A+C fordeling for primærsetningene.  
 Initialsetningene kan ha to bidrag. Det ene bidraget kommer ved å angi en M1 verdi, og det andre bidraget kommer dersom EP modellen er brukt.

**LITTERATURLISTE:**

1. Janbu, N. Grunnlag i geoteknikk  
Tapir 1970
2. Veglaboratoriet Håndbok-016  
Geoteknikk i vegbygging  
1990
3. Aarhaug, R. Geoteknikk og fundamenteringslære 1  
NKI 1984.
4. Aabøe, R. Setningsberegningsprogrammet  
SETNING. Intern rapport nr 1605.