

Fylke <b>Sør-Trøndelag</b>	Kommune <b>Trondheim</b>	Sted <b>Gløshaugen</b>	UTM-referanse
Byggherre <b>Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat</b>			
Oppdragsgiver			
Oppdrag formidlet av			
Oppdragsreferanse			
Antall sider <b>9</b>	Antall bilag <b>3</b>	Tegn.nr. <b>301 - 303</b>	Antall tillegg

**Prosjekt-tittel**

**Statens Bygge- og Eiendomsdirektorat**

**NTH - ELA**

*MOTTATT 10/3-87 JR*

**Rapport-tittel**

**Setninger ved EFI**

**Vurdering.**

*SENDT TIL BE-1005.  
TIL ETTER RETNING  
17/3-87*

*JR.*

**Oppdrag nr.**

**o.5149 Rapport nr. 3**

**6.mars 1987**

Overingeniør <i>Eystein Enlid</i> <b>Eystein Enlid</b>	Saksbehandler
<p><b>Sammendrag</b></p> <p>Rapporten inneholder en kort beskrivelse av utførte grunnarbeider inntil EFI kontorbygg.</p> <p>Videre inneholder rapporten resultater fra setningsobservasjoner og poretrykksmålinger i tiden september -84 - januar -87. De målte setninger på EFI pr. nov./des. -86 er 5 - 13 cm.</p> <p>Størstedelen av setningene skyldes spuntramming (komprimering, proppdannelse) og kom umiddelbart i forbindelse med spuntingen i jan./febr. -85. Setningene i de følgende 2 år frem til i dag menes også i stor grad å være ettervirkninger etter setninger pga. ramming. Imidlertid har deformasjoner av spunt ved fri-graving, setningsspredning fra nybygg og evt. tele gitt setningsbidrag i denne perioden.</p> <p>Setningshastigheten er nå lav, og deformasjonene ventes å være avsluttet innen relativt kort tid. Det anbefales imidlertid fortsette setningsmålinger og at utbedringsarbeider utsettes inntil videre.</p> <p>Byggets og områdets totale stabilitet er tilfredsstillende.</p>	

## INNHold

1. Innledning
2. Observerte setninger
3. Grunnarbeider inntil EFI
  - 3.1 Prosjekt
  - 3.2 Utførelse
4. Årsaksvurdering
  - 4.1 Setninger under og umiddelbart etter spunting
  - 4.2 Setninger i forbindelse med frigraiving av spunt
  - 4.3 Setninger etter full utgraving
  - 4.4 Sammenfatning

## BILAG

1. Situasjonsplan
2. Setningsmålinger
3. Poretrykksmålinger

## 1. Innledning

I forbindelse med oppføring av nybygg NTH-ELA er nabobygget EFI kontorbygg påført setninger og derav følgende skader.

Notat om skader er fremlagt av F.G. Mørch 25.08.86. Skader ble først observert og rapportert under spuntingen medio jan. 1985.

Foreliggende rapport gir en kort beskrivelse av de utførte grunnarbeider inntil EFI-bygget og en vurdering av mulige årsaker til de observerte setninger.

## 2. Setningsmålinger

Det er foretatt setningsmålinger på 4 bolter på EFI i tiden 10.01.85 til 16.12.86. Målingene er utført ved siviling. A. R. Reinertsen og siviling. J. Aarnseth.

Plassering av målepunkter er vist i bilag 1 og måleresultater er opptegnet i bilag 2.

## 3. Utførte arbeider inntil EFI.

### 3.1 Prosjekt

-----

Nybygg NTH - ELA utnytter fullt ut tomten mellom tidligere elektroavd. og EFI med 2 etasjer under terreng.

Langs EFI-bygget medfører dette ca. 4 meter undergraving under golvnivå i østre del med kjeller og ca. 7 meter under golvnivå i vestre del som er kjellerløs.

Byggegruben ble prosjektert utført innenfor forankret stålsputtevegg. Spunt- og stagplan samt snitt, tegn. G 02-001 og -002, ble fremlagt i KUMMENEJES anbudsrapport o.4098. Rapport nr. 2 av 30.08.84.

For østre del med kjeller ble det forutsatt 10 m lang spunt type Belval BZ17, mens det mot vestre del og vestgavl uten kjeller skulle

benyttes 13 m lang spunt type BZ32. Det ble regnet med enkeltforankret spunt, og etter ønske om maksimalt kjellerareal ble spunten satt så nært EFI som mulig (avstand  $\approx$  70 cm).

Under prosjekteringen var det klart at spuntarbeider og dyp utgraving kloss inntil eksisterende bygg ikke kunne gjennomføres uten ulemper. Kfr. hovedprosjektbeskrivelse pkt. 2.5.6. Der er det nevnt ulemper av miljømessig art og risiko for skader pga. vibrasjoner og setninger.

Alternativt til rammet spuntvegg forelå i utgangspunktet også mulighet for å anvende slissevegg. Denne medfører lite støy og rystelser i anleggstiden og er derfor miljømessig bedre. Videre er slissevegg et stivere konstruksjonselement som gir mindre deformasjoner, men også denne innebærer risiko for setninger, f.eks. under graving av sliss.

Slissevegg er vesentlig dyrere og har vesentlig lengre byggetid. Videre er den mere plasskrevende og betinger et annet fundamenteringsprinsipp (hel plate).

Den økonomiske og framdriftsmessige fordel ved spuntvegg ble veiet tyngre enn forventede ulemper og større skaderisiko, og spuntvegg ble derfor valgt. Ved tidligere arbeider for Bergavd. ved NTH var dessuten denne løsning benyttet med godt resultat.

Idet EFI også var delaktig i byggeprosjektet, ble heller ikke evt. ansvar overfor 3.-mann tillagt større vekt.

### 3.2 Utførelse

-----

Arbeidet ble startet etter opprinnelig plan, dog med endring til spunttyper RZ 10 og RZ 30. Stagtype og antall ble endret i henhold til tilbud fra entreprenør, men statisk system ble ikke derved endret.

Spuntramming ble utført med vibrolodd, og rammearbeidene ved EFI startet i øst. Forut for rammingen ble det foretatt utgravning til topp spuntvegg, kote +45,4 - +47,3.

Rammearbeidene ved EFI startet 10.jan. -85, fortsatte med fremdrift som angitt i bilag 2 og var avsluttet 8.febr. -85. På østre del med 10 m lang spunt gikk rammearbeidene tilsynelatende uten problemer. Ved overgang til lengre og tyngre spunt utenfor kjellerløs del, ble rammemotstanden betydelig øket. Som ved samtidig pågående ramming med fall-lodd ved Gamle Elektro (GE4), ble det observert setninger i massen bak spuntveggen. Dette kom til syne ved hulrom under bankettene. Videre ble det observert proppdannelse i buken på spuntten (massen satt fast og ble dratt med spuntten ned).

På grunn av de observerte setninger ble de videre arbeider tilpasset på følgende måte:

1. Spuntramming ble utført i seksjoner á 3 og 6 meter.
2. Etter ramming ble banketten ved spuntseksjonen understøpt. Deretter ble det boret hull og injisert cementmørtel gjennom banketten.
3. Etter herding ble neste seksjon rammet.
4. Deretter ble foregående seksjon injisert for 2.gang, og prosedyren gjentatt seksjonsvis rundt hjørne og langs vestgavl.

Det ble også injisert cementmørtel under gulv i EFI verksted for å tette oppståtte hulrom.

Som følge av setningene pga. rammearbeidet ble spuntplanen endret på EFI vestgavl. Rammedybden ble redusert med 3 meter og 1 ekstra stagrekke ble lagt inn.

Setningsmålingene i perioden viste ca. 3 cm setning i øst og 4 - 8 cm i vest og avtagende tendens etter avsluttet ramming.

Graving til 0,5 meter under stagnivå og stagarbeider var avsluttet 10.april. Utgraving til full dydbde ble utført ca. 10.mars på nordsiden og ca. 1.oktober 1985 ved hjørne og vestgavl. Ved full utgraving viste målingene ca. 4,5 m setning i øst og 7,5 - 11 cm i vest.

For betongarbeidene henvises til konstruksjonstegninger og bygge-

lederrapporter.

#### 4. Årsaksvurdering

##### 4.1 Setninger under og umiddelbart etter spunting -----

50 - 65% av de målte totale setninger er kommet samtidig med spuntingen. De reelle setninger i grunnen ved den kjellerløse del er imidlertid vesentlig større enn målingene viser.

Den utførte understøp og injisering har redusert setningene med anslagsvis opp til 10 - 12 cm, slik at total terrengsetning her kan ha vært henimot 20 cm etter avsluttet ramming.

Setning av størrelsesorden 3 - 4 cm som målt i øst (pkt. 4) er noe høyere enn vanlig, men skyldes en normal pakning av grunnen pga. vibrasjoner i jorden.

Derimot er setninger av størrelse som inntrådt på vestre del unormalt store. En del av setningen skyldes hard ramming på lang (13 m) og tung spunt og derav store vibrasjoner i grunnen. Hovedårsaken menes imidlertid å være proppdannelse i spuntbuen, noe som medfører at massen dras med ned. Fenomenet er uvanlig, og antas å skyldes spesielle forhold i grunnen. Et typisk trekk ved grunnforholdene her er hengende grunnvann over drenerte, faste sandlag med underliggende bløtere, mettete grunn. Ved ramming gjennom de nevnte drenerte lag, kan proppdannelse forekomme.

##### 4.2 Setninger i forbindelse med frigraiving av spunt -----

I perioden mellom spuntramming og noen uker etter full utgraving er de observerte setninger av størrelse ca. 1,5 cm i øst og 3 cm i vest. Dette utgjør ca. 0,4% av vegghøyden, og dette samsvarer godt med vanlige erfaringstall.

Setninger i denne fasen skyldes skjærmobilisering i jorden og fleksibiliteten i spunten. I denne perioden passerer også teleløsningen, og hvis det forekom tele bak spuntveggene ville dette

ha gitt setninger. Det ble imidlertid ikke påvist tele bak spunten, og kontrollmålinger av stagkrefter tydet ikke på at det forekom teletrykk.

Stagene har tydeligvis hatt tilfredsstillende bæreevne.

#### 4.3 Setninger etter full utgravning

-----

Ved full utgravning var setningene ca. 4,5 cm i øst og 7,5 - 11 cm i vest. Senere er det påløpt ca. 1 cm (usikkert tall) i øst og ca. 2 cm i vest etter henholdsvis 21 og 15 mnd..

Setningshastigheten er nå lav og det kreves stor nøyaktighet i målingene for å få frem den eksakte hastighet. Ifølge målingene har setningshastigheten i perioden vært tilnærmet konstant, henholdsvis 0,5 og 1,3 mm/mnd.

Årsaken til de pågående setninger kan være en eller flere av følgende:

1. Grunnvannssenkning
2. Setningsmessig innvirkning fra nybygg NTH-ELA
3. Horisontal deformasjon av vegger i nybygg
4. Ettersetninger pga. spenningsomlagring i EFI-bygg.

#### Ad. 1

I bilag 3 er resultater av poretryksmålinger ved EFI vestgavl sammenstilt.

Målingene viser meget varierende poretrykk og grunnvannstand. Det kan ikke sees tendens til generell grunnvannssenkning. Tvert i mot viser observasjonene før spunting lavere poretrykk enn gjennomsnittet, og maksimalverdiene er observert i des. -86.

Grunnvannsfluktuasjonene ser ut til å styres av sesongmessige variasjoner og ikke av den foretatte utgravning. Grunnvannssenkning menes derfor ikke å være årsak til setningene.

Ad. 2

Spuntveggene er innstøpt og vil følge en evt. setning av nybygg NTH - ELA.

Det foreligger ikke målinger som kan bekrefte at nybygget har fått setninger av betydning.

Teoretisk vil veggbanketten inntil EFI få ca. 2 cm setning, hvis den virker som et vanlig sålefundament. Fundament og spuntvegg virker imidlertid sammen, noe som bør tilsi at setningen blir mindre enn teoretisk.

Det synes derfor lite sannsynlig at nybygget kan ha bidratt med inntil 2 cm, men det kan forklare en del av de sist påløpne setninger. Teoretisk skal denne virkning avta relativt raskt.

Ad. 3

Det er såvidt vites ikke observert horisontal deformasjon av tilstøtende vegger eller støttevegger.

Dette er en mulig, men lite sannsynlig årsak og bør evt. utredes nærmere av bygningsteknisk konsulent.

Om mulig bør horisontal forskyvning observeres eller måles.

Ad. 4

Samlet sett er byggets setninger store, og disse har antagelig endret spenningsbildet i konstruksjonene på EFI-bygget relativt vesentlig.

Kryp og langtidsdeformasjoner kan ha medført at fundamentrykkene gjenopprettes til opprinnelig nivå etter en avlastning pga. setninger. I så fall kan ettersetninger pga. rebelastning vedvare i noen tid etter at størsteparten av setningene er kommet.

Dette synes å være den mest nærliggende forklaring på den seneste setningsutvikling.



#### 4.4 Sammenfatning

-----

På EFI-bygget ble det i forbindelse med spuntrammingen registrert setninger og skader (medio januar 1985). Ved understøp, injisering og endring av spuntplanen ble setningsinnvirkningen på bygget redusert til anslagsvis 25 - 40% av de totale terrengsetninger. De registrerte setninger kom likevel opp i 3 - 8 cm.

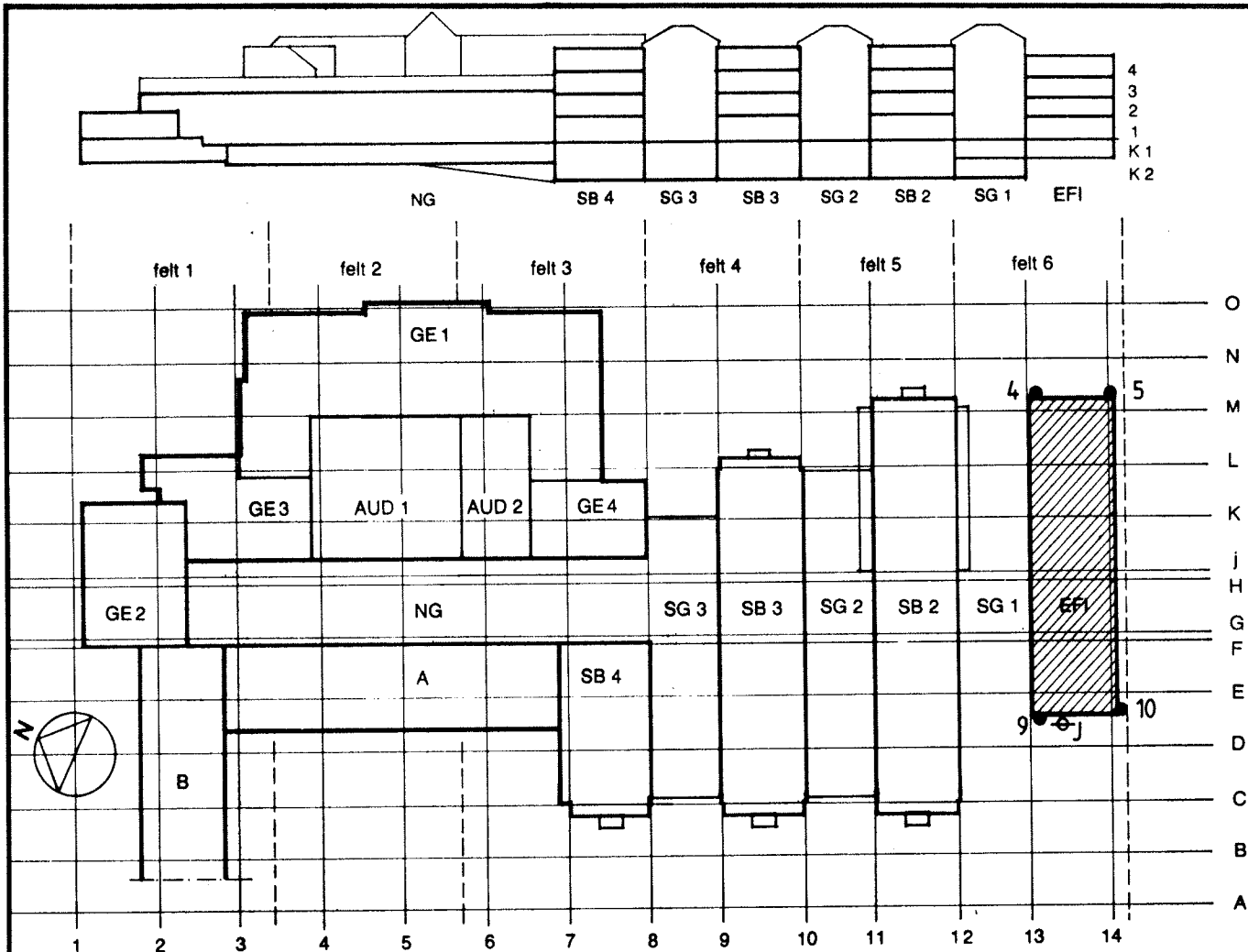
Setningene under rammearbeidet skyldes pakning av grunnen pga. vibrasjoner og proppdannelse i spuntbuen. De observerte setninger overstiger langt vanlige erfaringstall.

Deformasjonene under frigraving av spunt er målt til 1,5 - 3 cm, hvilket betraktes som nokså normalt. Evt. tele bak spuntveggen kan forøvrig ha hatt innvirkning i denne perioden.

Ettersetninger av størrelse 1 - 2 cm etter full utgraving har etter vår vurdering ingen klar årsak. Flere mulige årsaker foreligger, men den mest nærliggende synes å være ettervirkninger etter store forutgående deformasjoner (rebelastning av avlastede fundamenter o.l.).

Da målingene viser at det fortsatt er en viss setningsutvikling, bør utbedringsarbeidene ikke igangsettes foreløpig. Bygget bør følges med fortsatte setningsobservasjoner, og pga. den lave setningshastigheten må målingene nå utføres med stor nøyaktighetsgrad.

Ved utbyggingen av NTH-ELA er stabilitetsforholdene mot Gløshaugens vestskråning bedret, idet vekten av de utgravde masser er større enn bygningsvekten. Områdets og byggenes totale stabilitet er derfor god, og de observerte setninger har således ingen sammenheng med dårlige stabilitetsforhold.



- A** PER KNUDSEN ARKITEKTKONTOR  
I SAMARBEID MED  
**OLA STEEN ARKITEKTKONTOR**  
ERLING SKAKKES GT. 2A, TRONDHEIM  
(07) 52 08 54 - (07) 52 70 67
- B** SIV.ING. ARNE R. REINERTSEN  
ERLING SKAKKES GT. 25, TRONDHEIM  
(07) 52 60 40
- E** IGP A/S  
BRATTØR GT. 5, TRONDHEIM, (07) 53 11 60
- V** SIV.ING. KR. GJETTUM A/S  
GUDRUNS GT. 9, TRONDHEIM, (07) 53 25 30
- G** SIV.ING. OTTAR KUMMENEJE A/S  
ÖVRE FLATÅSV. 10, TRONDHEIM (07) 98 17 66

STATENS BYGGE- OG EIENDOMSDIREKTORAT

# NTH-ELA

NYBYGG - OMBYGGING

UNIVERSITETET I TRONDHEIM  
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE  
ELEKTROTEKNISK AVDELING  
ELEKTRISITETSFORSYNINGENS FORSKNINGSinSTITUTT

**Kummeneje**

Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NTH-ELA

SETNINGS- OG PORETRYKKSMÅLINGER

- Setningsbolt
- ⊖ Piezometer

MÅLESTOKK

—

TEGNET AV  
E.E. / 00

DATO  
22.01.86

OPPDRAG

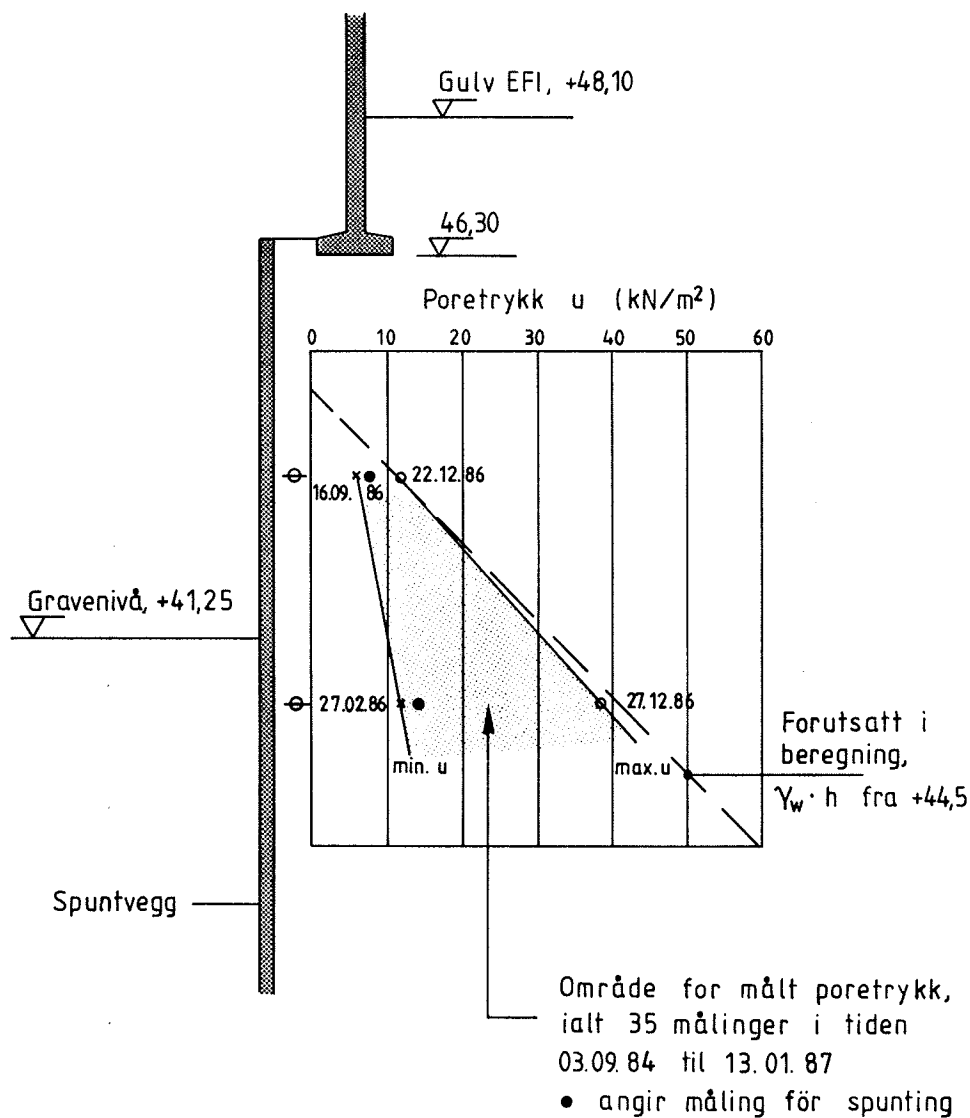
5149

BILAG

1

TEGN. NR

301



**Kummeneje**



Rådgivende ingeniører i  
Geoteknikk og Ingeniørgeologi

NTH - ELA

PORETRYKKSMÅLING VED EFI

Måleresultater

MÅLESTOKK

—

OPPDAG

5149

TEGNET AV

E.E. / 00

BILAG

3

DATO

22.01.87

TEGN. NR

303