

Geoteknisk gjennomgang av  
OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug  
med fokus på setninger av bruer og  
tilstøtende fyllinger

**Solveig Tveter Bratlie**

Bygg- og miljøteknikk

Innlevert: februar 2014

Hovedveileder: Arnfinn Emdal, BAT

Medveileder: Svein Hove, Statens Vegvesen

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet  
Institutt for bygg, anlegg og transport



Oppgavens tittel: Geoteknisk gjennomgang av OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug med fokus på setninger av bruer og tilstøtende fyllinger	Dato: 24/02/2014		
	Antall sider (inkl. bilag): 178		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Solveig Tveter Bratlie			
Faglærer/veileder: Amanuensis Arnfinn Emdal			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Svein E.Hove, Statens vegvesen			

Ekstrakt: På flere norske vegstrekninger er det forsenkninger i overgangen mellom tilløpsfyllingene og bruene. Årsaken til forsenkningen er ofte et resultat av setninger i massene under tilløpsfyllingen. Dette utgjør et geoteknisk problem som medfører store vedlikeholdskostnader, trafikkfarlige situasjoner og ubehag for bilister.

Denne oppgaven er en geoteknisk vurdering av 5 bruer på OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug med fokus på setninger av bruer og tilstøtende fyllinger. Målet med oppgaven er å undersøke setningsmekanismer i overgangen mellom landkar og tilløpsfylling. Oppgaven består hovedsakelig av to deler, en teoridel og en analysedel av setningsutviklingen på 5 bruer ved Buvika og Børse. For bruene kan konstruksjonstype, oppbygging av tilløpsfyllingen, fundamenteringsmåte og grunnforhold påvirke størrelsen på setningene. Det er i denne sammenheng utført et litteratursøk om setningsmekanismer. Krav og retningslinjer for setninger etter Statens vegvesen sine håndbøker er også blitt gjennomgått. Disse omhandler tiltak for å minske overgangssetninger, og setter krav til største tillatte differansesetninger på langs og tvers av vegbanen.

Det er gjort setningsmålinger på selve brua og på asfaltdekket for alle bruene etter åpning av veien i 2005. Setningsutviklingen på bruene i prosjektet har vist at Overgangsbrua i Børse har fått størst setninger, de andre bruene har fått relativt beskjedne differansesetninger. De fleste bruene har ikke oversteget kravet til største tillatte setningsforskjeller i 2009. Dette tyder på riktig prosjektering og utførelse av prosjektet. Det geotekniske prosjekteringsgrunnlaget fra NGI har også blitt gjennomgått i oppgaven.

Grunnforholdene for alle bruene er ganske like, med store dybder til berg, middels fast leire og noe kvikkleire. For Hammersbrua og Rossvollbrua er berg påvist på 60 m dybde, for de andre bruene er boringene stoppet uten at berg er påtruffet. De tre lengste bruene: Hammersbrua, Saltnesbrua og Rossvollbrua er alle fundamentert på stålørspeler. Hammersbrua har pelene rammet til berg, mens de to andre har svevende peler. Overgangsbruene i Buvika og Børse er begge fundamentert på svevende betongpeler.

Setningsårsakene for bruene i prosjektet er trolig: dårlige grunnforhold med store dybder av leire, kvikkleire og høyt vanninnhold, tillegglaster fra tung overbygging, påhengskrefter på pelene, og fundamentering med svevende peler og lukkede stålørspeler. For Overgangsbrua i Børse gir fundamentering med svevende peler, tung tilløpsfylling, og grunnforhold med høyt vanninnhold og mye leire opphav til setninger.

Stikkord:

1. Bru
2. Setninger
3. Tilløpsfylling



## Geoteknikk Masteroppgave, høst 2013

Stud. techn.  
**Solveig Tvetter Bratlie**

### **Geoteknisk gjennomgang av OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug med fokus på setninger av bruer og tilstøtende fyllinger**

**Geotechnical evaluation of the OPS-project E39 Klett-Bårdshaug with focus on settlement of bridge abutments and access fills**

#### **Bakgrunn**

På flere norske vegstrekninger opplever vi forsenkninger i overgangen mellom tilløpsfyllingene og bruene. Dette utgjør et geoteknisk problem som medfører store vedlikeholdskostnader og ubehag for bilistene. Årsaken til forsenkningen er ofte et resultat av flere sammensatte faktorer. Det kan være stor variasjon fra prosjekt til prosjekt og det er ikke alltid en sammenheng mellom vanskelige grunnforhold og problemenes størrelse. Det er kjent at bruene på OPS E39 Klett-Bårdshaug stort sett har beskjedne differansesetninger og fremstår som et vellykket prosjekt. Det er benyttet stor variasjon i fundamentering og setningsreducerende tiltak og det vil derfor være av verdi å se nærmere på dette prosjektet for å trekke læring av det som er utført.

#### **Oppgaven**

Oppgaven går ut på å se på et utvalg av bruer på strekningen E39 Buvika-Børsea som har dokumentert setningsutviklingen ved målinger gjort under bygging 2004 og i perioden frem til 2010. Det skal undersøkes i hvilken grad bruene tilfredsstiller kravene til setninger samt vurdere de ulike årsakene til setningene. Det er kjent at bruene på dette prosjektet har beskjedne differansesetninger, på tross av at parsellen går gjennom tykke sedimenter av svært bløt leire. Dette er derfor ikke en oppgave som forventes å avdekke store ugunstige hendelser, men en gjennomgang av det som i det store og hele ser ut som et vellykket prosjekt. Målsettingen med oppgaven er å dokumentere hvordan prosjektet er gjennomført og med dette bidra til vellykkede prosjekter i fremtiden.

I masteroppgaven skal følgende elementer inngå:

- litteraturstudium om problemstillingene med beskrivelse av omfang, setningsmekanismer, fundamenteringsmåter og kjente tiltak for setningsreduksjon
- gjennomgang av de av Statens vegvesens retningslinjer som er relevante for oppgaven
- vurdering av ulike konstruksjonstyper og grunnforhold for bruer i Buvika og Børsea
- gjennomgang av setningsomfang og utvikling på bruene i Buvika og Børsea
- geoteknisk vurdering av mulige setninger og setningsforskjeller inn mot brukonstruksjoner
- vurdere om det i prosjekteringen er dimensjonert riktig
- analysere spesifikt setningsforløpet for overgangsbru Børsea i tidsperioden 2004-2010
- sammenligne overgangsbruene i Børsea og Buvika
- vurdere hva peler til berg eller svevende peler har å si for setningsdifferansene

#### **Organisering**

Oppgaven er igangsatt på initiativ fra Statens Vegvesen med ekstern faglig veileder Svein E. Hove.



Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi  
Institutt for bygg, anlegg og transport  
Faggruppe for Geoteknikk

### **Omfang og levering**

Opgaven har et omfang på 30 studiepoeng – dvs. tilsvarende et semester og utgjør 20 ukers arbeid.

Arbeidet skal leveres i form av en teknisk rapport med innledning og problemformulering, bakgrunnsstudie av relevante mekanismer, og presentasjon av resultater fra studiet. Klare konklusjoner og forslag til videre arbeid vil bli kreditert.

Rapporten skal leveres i form av to innbundne kopier. Digitalt skal det leveres en versjon av oppgaven samt alle relevante data som er fremkommet, både rådatafiler og behandlede data og eventuelle film/videopptak.

### **Leveringsdato**

24. februar 2013

**Arnfinn Emdal**

Amanuensis

Institutt for Bygg, Anlegg og Transport

Faggruppe for Geoteknikk

## **Forord**

Denne masteroppgaven avslutter det 5-årige studieløpet på Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, NTNU. Masteroppgaven er innenfor studieretning geoteknikk, og utført ved Institutt for bygg, anlegg og transport. Arbeidet med oppgaven utgjør 30 studiepoeng, og ble utført høsten 2013.

Oppgaven omhandler overgangssetninger på brukonstruksjoner. Jeg skrev prosjektoppgave innen samme tema høsten 2012. Denne oppgaven er derfor en videreføring av prosjektoppgaven: *Setninger inn mot brukonstruksjoner*. Prosjektoppgaven gjennomgikk 10 brukonstruksjoner, og hadde som mål å undersøke setningsårsaker og forbedringstiltak for disse. Masteroppgaven har studert problemstillinger knyttet til overgangsetninger grundigere.

Oppgaven består av et litteraturstudium knyttet til teori, omfang og retningslinjer. Deretter er 5 bruer på OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug blitt sett på. Setningsmålinger, grunnforhold, konstruksjonstype, og fundamentering for bruene er blitt gjennomgått. En stor del av oppgaven har bestått av å studere setningsmålinger og prosjekteringsgrunnlag.

Jeg vil få takke min veileder ved NTNU Amanuensis Arnfinn Emdal for god hjelp med oppgaven. Jeg vil også rette en stor takk til Svein E. Hove, min eksterne veileder fra Statens Vegvesen. En takk til Jørund Slungård (Skanska), Arne Engen (NGI), og Mikal Øien (Statens Vegvesen), for hjelp og tilsending av målinger og prosjektrapporter.

Trondheim, 24. februar 2014

---

Solveig Tveter Bratlie





## Sammendrag

På flere norske vegstrekninger er det forsinkninger i overgangen mellom tilløpsfyllingene og bruene. Årsaken til forsinkningen er ofte et resultat av setninger i massene under tilløpsfyllingen. Dette utgjør et geotekniskproblem som medfører store vedlikeholdskostnader, trafikkfarlige situasjoner og ubehag for bilister.

Denne oppgaven er en geoteknisk vurdering av 5 bruer på OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug med fokus på setninger av bruer og tilstøtende fyllinger. Målet med oppgaven er å undersøke setningsmekanismer i overgangen mellom landkar og tilløpsfylling. Oppgaven består hovedsakelig av to deler, en teoridel og en analysedel av setningsutviklingen på 5 bruer ved Buvika og Børse. For bruene kan konstruksjonstype, oppbygging av tilløpsfyllingen, fundamenteringsmåte og grunnforhold påvirke størrelsen på setningene. Det er i denne sammenheng utført et litteratursøk om setningsmekanismer. Krav og retningslinjer for setninger etter Statens vegvesen sine håndbøker er også blitt gjennomgått. Disse omhandler tiltak for å minske overgangssetninger, og setter krav til største tillatte differansesetninger på langs og tvers av vegbanen.

Det er gjort setningsmålinger på selve brua og på asfaltdekket for alle bruene etter åpning av veien i 2005. Setningsutviklingen på bruene i prosjektet har vist at Overgangsbrua i Børse har fått størst setninger, de andre bruene har fått relativt beskjedene differansesetninger. De fleste bruene har ikke oversteget kravet til største tillatte setningsforskjeller i 2009. Dette tyder på riktig prosjektering og utførelse av prosjektet. Det geotekniske prosjekteringsgrunnlaget fra NGI har også blitt gjennomgått i oppgaven.

Grunnforholdene for alle bruene er ganske like, med store dybder til berg, middels fast leire og noe kvikkleire. For Hammersbrua og Rossvollbrua er berg påvist på 60 m dybde, for de andre bruene er boringene stoppet uten at berg er påtruffet. De tre lengste bruene: Hammersbrua, Saltnesbrua og Rossvollbrua er alle fundamentert på stålrørspeler. Hammersbrua har pelene rammet til berg, mens de to andre har svevende peler. Overgangsbruene i Buvika og Børse er begge fundamentert på svevende betongpeler. Det er mindre bevegelse for Hammersbrua i forhold til Overgangsbrua i Børse, dette tyder på at peler til berg holder brua i ro.

Setningsårsakene for bruene i prosjektet er trolig: dårlige grunnforhold med store dybder av leire, kvikkleire og høyt vanninnhold, tilleggslaste fra tung overbygging, påhengskrefter på pelene, og fundamentering med svevende peler og lukkede stålrørspeler. For Overgangsbrua i Børse gir fundamentering med svevende peler, tung tilløpsfylling, og grunnforhold med høyt vanninnhold og mye leire opphav til setninger.

Det er nærmest umulig å unngå overgangssetninger helt, men ved å ta dette problemet alvorlig vil omfanget bli redusert. Problemet med overgangssetninger kan reduseres ved fundamentering av tilløpsfyllingen. Peling av tilløpsfyllingen er lite benyttet i Norge, men dette vil kunne minke setningsproblemene i overgangen mellom fylling og bru. På den annen side vil det forflytte problemet til der pelingen stopper. En gradvis overgang fra bru til fylling er det mest ideelle. Dette bør det forskes nærmere på. Overgangsplate, lette masser og gradvis kortere peler kan være løsningen på setningsdifferanser ved bruene.



## **Abstract**

Settlement of roadway pavements within the area of a bridge abutment is a problem on several roads in Norway. Differential movement between the pavement and the bridge deck is often due to settlement of the soil within or below abutment. Differential movement leads to rider discomfort and unsafe driving conditions. Furthermore, it will require expensive maintenance and differential settlement represents a geotechnical problem.

This thesis is a geotechnical evaluation of the OPS-project E39 Klett-Bårdshaug, consisting of 5 bridges, with a focus on settlement of bridge abutments and access fills. The goal of the task is to investigate the mechanisms of settlement between the bridge abutment and the approach fill. The report consists of two parts: a theoretical part and a settlement analysis of the bridges in Buvika and Børsa.

Construction type, approach fill material, foundation method and soil conditions can impact the amount of observed settlement. A literature search is performed to documents these considerations. Requirements and guidelines for settlement have also been reviewed. In Norway, the NPRA's<sup>1</sup> Handbook states the maximum allowable differential settlements in roads and describes measures to minimize settlement.

After the road opened in 2005, measurements of settlement of the bridge and the roadway pavement were made for all bridges. The results showed that the bridge at the intersection in Børsa has the greatest settlement. The other bridges have showed relatively small differential movements. As of 2009, most bridges have not exceeded the maximum allowable differential settlement. This indicates proper planning and execution of the project. The geotechnical reports produced by NGI have also been studied in this thesis.

The soil conditions for all the bridges are quite similar, with large depth to rock, medium-firm clay and some areas with quick clay. For Hammers Bridge and Rossvoll Bridge, rock was found at 60 m depth. For the other bridges, drilling stopped without rock encountered. The three longest bridges: Hammers Bridge, Saltnes Bridge and Rossvoll Bridge are founded on steel piles. Hammers Bridge has piles socketed into rock, while the other two have floating piles. The two bridges at the intersection in Buvika and Børsa have floating concrete piles. There is less movement of Hammers Bridge compared to the bridge at the intersection in Børsa, this shows that the rock piles holds the bridge.

The sources of differential movement for the bridges in the project is likely: poor soil conditions with large depths of mud, quick clay and high water content, additional loads from heavy overburden, and outboard forces on piles and foundation with floating piles and closed steel pipe piles. The bridge at the intersection in Børsa has the greatest movement. Soil conditions with high water content and large depths of mud, are the main reason for settlement here. The bridge has floating concrete piles and heavy approach fill, which could be additional reasons for settlements.

It is almost impossible to avoid approach settlements. By examining this problem in greater detail, this thesis hopes to provide insight that may reduce the level of settlement. The problem with approach settlements can be reduced by foundations with piles for the approach fill. This is not common in Norway, but may reduce settlement. On the other hand, the above approach may only move the problem away from the end of the bridge. The best solution may be a gradual transition from the bridge to the approach fill. This should be studied more closely. Transition plate, light materials and gradually shorter piles may be the solution to differential movement at the end of the bridge.

---

<sup>1</sup> NPRA stands for Norwegian Public Roads Administration.



## Innholdsfortegnelse

Figurliste .....	iii
Tabelliste.....	iv
Symbolliste .....	v
Forkortelser .....	v
<b>1. Innledning.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrunn.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Formål og problemstillinger .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Omfang av setningsproblemer .....</b>	<b>2</b>
1.3.1 Overgangssetninger på bruer i Norge .....	2
1.3.2 Utbredelse i verden.....	5
<b>1.4 Begrensninger.....</b>	<b>6</b>
<b>1.5 Rapportens oppbygging.....</b>	<b>6</b>
<b>1.6 Metode.....</b>	<b>6</b>
1.6.1 Litteraturstudie.....	7
1.6.2 Analyse.....	7
<b>2. Teori.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Konsolidering .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Setninger i ulike jordarter.....</b>	<b>9</b>
<b>2.3 Fundamentering.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Peletyper .....</b>	<b>11</b>
<b>2.5 Setningsmekanismer .....</b>	<b>14</b>
<b>2.6 Problemer med setninger.....</b>	<b>16</b>
<b>2.7 Krav og retningslinjer for setninger .....</b>	<b>16</b>
2.7.1 Håndbok 018- Vegbygging.....	17
2.7.2 Håndbok 017- Veg og gateutforming .....	18
2.7.3 Håndbok 185- Bruprosjektering .....	18
2.7.4 Håndbok 274- Grunnforstrekning, fylling og skråninger.....	19
<b>2.8 Setningsreducerende tiltak.....</b>	<b>20</b>
2.8.1 Tøyninger i jord.....	20
2.8.2 Vedlikehold.....	21
2.8.3 Grunnforsterkningstiltak.....	22
<b>2.9 Målemetoder for setningskontroll.....</b>	<b>24</b>
<b>3. OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug.....</b>	<b>26</b>
<b>3.1 Beskrivelse av prosjektet .....</b>	<b>26</b>
<b>3.2 Avgrensninger .....</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Grunnforhold i Buvika og Børse .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 OPS-metoden.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Aktørene i prosjektet .....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Prosjekteringsforutsetninger geoteknikk .....</b>	<b>30</b>
<b>3.7 Dimensjonering av setninger .....</b>	<b>31</b>
<b>3.8 Setningsmålinger .....</b>	<b>31</b>
<b>4. Bruer i Buvika.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Saltnesbrua .....</b>	<b>33</b>
4.1.1 Grunnforhold.....	33
4.1.2 Konstruksjon og fundamentering.....	34
4.1.3 Setningsbetrakning .....	35

<b>4.2</b>	<b>Overgangsbru Buvika .....</b>	<b>35</b>
4.2.1	Grunnforhold .....	35
4.2.2	Konstruksjon og fundamentering .....	36
4.2.3	Setningsbetrakning .....	36
<b>4.3</b>	<b>Hammersbrua .....</b>	<b>37</b>
4.3.1	Grunnforhold .....	37
4.3.2	Konstruksjon og fundamentering .....	38
4.3.3	Setningsbetrakning .....	38
<b>5.</b>	<b>Bruer i Børse .....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Rossvollbrua .....</b>	<b>40</b>
5.1.1	Grunnforhold .....	40
5.1.2	Konstruksjon og fundamentering .....	41
5.1.3	Setningsbetrakning .....	42
<b>5.2</b>	<b>Overgangsbru Børse .....</b>	<b>43</b>
5.2.1	Grunnforhold .....	43
5.2.2	Konstruksjon og fundamentering .....	44
5.2.3	Byggeprosessen .....	44
5.2.4	Setningsbetrakning .....	45
<b>6.</b>	<b>Setningsmålinger .....</b>	<b>47</b>
<b>6.1</b>	<b>Saltnesbrua .....</b>	<b>47</b>
<b>6.2</b>	<b>Overgangsbru Buvika .....</b>	<b>48</b>
<b>6.3</b>	<b>Hammersbrua .....</b>	<b>50</b>
<b>6.4</b>	<b>Rossvollbrua .....</b>	<b>51</b>
<b>6.5</b>	<b>Overgangsbru Børse .....</b>	<b>52</b>
6.5.1	Setningsmåling på fylling, 2003-2004 .....	52
6.5.2	Setningsmåling på peler, 2003-2004 .....	53
6.5.3	Slangesetningsmålinger fylling, 2003-2004 .....	54
6.5.4	Setningsmåling på bru og fylling, 2005-2011 .....	55
6.5.5	Akkumulerte setninger fylling, 2003-2011 .....	57
6.5.6	Sammenligning grunnforhold og setninger .....	58
6.5.7	Setningshastighet Overgangsbru Børse .....	60
<b>6.6</b>	<b>Bruene samlet .....</b>	<b>63</b>
<b>7.</b>	<b>Sammenligning målte og prosjekterte setninger .....</b>	<b>66</b>
<b>8.</b>	<b>Vurdering av setningskrav .....</b>	<b>68</b>
<b>9.</b>	<b>Sammenligning overgangsbruene .....</b>	<b>70</b>
<b>10.</b>	<b>Pelenes betydning for setningsdifferansene .....</b>	<b>71</b>
<b>11.</b>	<b>Setningsårsaker .....</b>	<b>73</b>
<b>12.</b>	<b>Setningstiltak .....</b>	<b>74</b>
<b>13.</b>	<b>Konklusjon .....</b>	<b>76</b>
	<b>Referanseliste .....</b>	<b>77</b>

## Figurliste

Figur 1-1. Setning inn mot brukonstruksjon, E18 ved Tønsberg (Oset, 2011).....	1
Figur 1-2. Setninger inn mot Ekebergmyrbrua, E18 Vestfold (Bratlie, 2012) .....	3
Figur 1-3. Hesby bru (Bratlie, 2012).....	4
Figur 1-4. Kirkerudholma bru (Hagen, 2009) .....	4
Figur 1-5. Landkar med Geofom fylling (Utah Department of Transportation, 2000)6	
Figur 2-1. Konsolideringsforløpet (Emdal, 2009).....	9
Figur 2-2. Landkar i L-form (Larsen, 2008) .....	10
Figur 2-3. Bropilar på friksjonsspel (Larsen, 2008) .....	12
Figur 2-4. Peletyper (Den norske pelemekomite, 2005) .....	13
Figur 2-5. Vanlige peletyper i Norge (Statens vegvesen , 2010).....	14
Figur 2-6. Komponenter i bruovergang (Dupont, 2002).....	15
Figur 2-7. Setninger på langs av veibanen (Roadex Network, 2013).....	17
Figur 2-8. Setninger på tvers av veibanen (Roadex Network, 2013) .....	18
Figur 2-9. Fylling inntil bruer (Statens vegvesen, 2012) .....	19
Figur 2-10. Akselerert setninger ved forbelastning (Statens vegvesen, 2011) .....	23
Figur 2-11. Peling under fylling (Statens vegvesen, 2012) .....	24
Figur 2-12. Oppsett slangesetningsmåler (Statens vegvesen, 2012).....	25
Figur 3-1. Oversiktskart (Skanska AS, 2005).....	26
Figur 3-2. Børse og Buvika (Skanska AS, 2005) .....	27
Figur 3-3. Løsmassekart Buvika og Børse (NGU, 2012).....	28
Figur 3-4. Faregrad og skredrisiko (NVE, 2012) .....	29
Figur 4-1. Oversiktsbilde Buvika (Vianova, 2002) .....	33
Figur 4-2. Saltnesbrua (Google maps, 2010).....	33
Figur 4-3. Overgangsbru Buvika (Bratlie, 2013) .....	35
Figur 4-4. Hammersbrua (Google maps, 2010).....	37
Figur 4-5. Installering av peler Hammerdalen (Hove, 2004).....	38
Figur 5-1. Oversiktsbilde Børse (Google maps, 2010).....	40
Figur 5-2. Rossvollbrua med lokalvegbru i forgrunnen (Google maps, 2010).....	40
Figur 5-3. Ramming av stålrørspeler for Rossvollbrua (Haavardsholm, 2005) .....	41
Figur 5-4. Grabbing av leire i stålrørspeler (Haavardsholm, 2005).....	42
Figur 5-5. Overgangsbru Børse (Bratlie, 2013).....	43
Figur 5-6. Installering av peler for Overgangsbru Børse (Haavardsholm, 2005) .....	44
Figur 5-7. Tidsskala Overgangsbru Børse.....	45
Figur 6-1. Lengdeprofil bolter på Saltnesbrua .....	47
Figur 6-2. Lengdeprofil asfaltpunkt på Saltnesbrua .....	48
Figur 6-3. Lengdeprofil bolter på Overgangsbru Buvika.....	49
Figur 6-4. Lengdeprofil asfaltpunkt på Overgangsbru Buvika.....	49
Figur 6-5. Lengdeprofil bolter på Hammersbrua.....	50
Figur 6-6. Lengdeprofil asfaltpunkt Hammersbrua .....	50
Figur 6-7. Lengdeprofil bolter på Rossvollbrua .....	51
Figur 6-8. Lengdeprofil asfaltpunkt Rossvollbrua.....	52
Figur 6-9. Setningsforløp Overgangsbru Børse, 2003-2004 .....	53
Figur 6-10. Setningsforløp peler Overgangsbru Børse, 2004 .....	54
Figur 6-11. Lengdeprofil bolter på Overgangsbru Børse.....	55

Figur 6-12. Lengdeprofil asfaltpunkt Overgangsbru Børsa.....	55
Figur 6-13. Målte setninger Overgangsbru Børsa 2011 (Google maps, 2010).....	56
Figur 6-14. Skader brudekket Overgangsbru Børsa (Bratlie, 2013).....	57
Figur 6-15. Setningsforløp Overgangsbru Børsa, 2003-2011.....	57
Figur 6-16. Lengdesnitt med lagdeling for profil 13 850 til 13 950.....	58
Figur 6-17. Tverrprofil 13 880 (Statens vegvesen, 2001).....	59
Figur 6-18. Prøveserier toplanskryss Børsa (Statens vegvesen, 2001).....	60
Figur 6-19. Akkumulerte setninger tilløpsfylling.....	62
Figur 6-20. Akkumulerte setninger bolter på bru.....	62
Figur 6-21. Størst målte setninger asfaltpunkt.....	64
Figur 6-22. Akkumulerte setninger bolter på bruer.....	65

## Tabelliste

Tabell 1. Størrelsesorden på humper (Stark et al, 1995).....	21
Tabell 2. Jordprofil Saltnesbrua, profil 7 270 (Skanska AS, 2002).....	34
Tabell 3. Jordprofil Overgangsbru Buvika, profil 7 380-7 620 (NGI, 2003).....	36
Tabell 4. Jordprofil Hammersbrua, profil 7 820 (NGI, 2003).....	37
Tabell 5. Jordprofil Rossvollbrua, profil 13 440 (Rongved, 2004).....	41
Tabell 6. Jordprofil Nordre fylling Overgangsbru Børsa, profil 13 860 (Lindkvist, 2004).....	43
Tabell 7. Setningshastighet peler og bru, 2004-2005.....	61
Tabell 8. Målte differansesetninger for bruene i 2009.....	63
Tabell 9. Beregnet og målte setninger.....	66
Tabell 10. Tillatte differansesetninger i 2009.....	68
Tabell 11. Fundamentering og antatt setninger for bruene.....	71
Tabell 12. Setningshastighet for bolter på bruer.....	72
Tabell 13. Utførte setningstiltak.....	74



## Symbolliste

$\sigma$	Totalspenning
$\sigma'$	Effektivspenning
$\varepsilon$	Tøyning
$u$	Poretrykk
$\gamma_w$	Tetthet for vann
$\gamma_M$	Tetthet for materialet
$S_u$	Udrenert skjærstyrke
$R_{c;d}$	Dimensjonerende bæreevne
$R_{s;k}$	Karakteristisk sidefriksjon
$R_{b;k}$	Karakteristisk spissmotstand
$F_{n,f}$	Negativ friksjon (påhengslast)
$F_{c;d}$	Dimensjonerende last (aksial)
$\gamma_b$	Partialfaktor for spissmotstand
$\gamma_s$	Partialfaktor for sidefriksjon
$c_v$	Konsolideringskoeffisient
$t_p$	Primær konsolideringstid
$U_p$	Primær konsolideringsgrad
$T_p$	Primær tidsfaktor
$M$	Ødometermodul
$v$	Hastighet
$i$	Trykkgradient
$k$	Materialets permeabilitet
$p_0'$	Insitu spenningstilstand
$p_c'$	Prekonsolideringsspenning, forbelastningsspenning eller forkonsolideringstrykk

## Forkortelser

<i>EPS</i>	Ekspandert polystyren
<i>OC</i>	Overkonsolidert materiale
<i>NC</i>	Normalkonsolidert materiale
<i>fv.</i>	Fylkesvei
<i>rv.</i>	Riksvei
<i>NS</i>	Norsk standard
<i>NGU</i>	Norges geologiske undersøkelse
<i>NGI</i>	Norges geotekniske institutt
<i>NVE</i>	Norges vassdrags- og energidirektorat



# 1. Innledning

Dette kapitlet tar for seg bakgrunn og formål med oppgaven.

## 1.1 Bakgrunn

Denne masteroppgaven er i samarbeid med Statens vegvesen, og omhandler setningsproblematikk mellom bru og vei. Setningsproblematikk er et kjent fenomen i Norge, som kompliserer prosjektering av veier og konstruksjoner. Omfang av overgangssetninger i Norge vil bli omtalt i kap. 1.3.1. Det vil bli brukt referanser fra fordypningsprosjektet mitt.

Setninger kan påvirke trafikksikkerheten ved at tverrfall og vertikalkurvatur blir endret (Statens vegvesen, 2010). Overbygningen av veien kan også bli ødelagt, og dette kan gi store vedlikeholdskostnader. Statens vegvesen ønsker økt fokus på setningsproblematikk ved sine prosjekter, og større krav til setningsberegninger i fremtiden. Det er de markerte brå overgangene mellom bru og vei som gir mest ubehag, og som er viktigst å begrense.

Setningsforskjeller inn mot brukonstruksjoner kan ofte merkes i kjøretøy som passerer over. Det kan observeres på avstand ved at den hvite markeringslinjen gjør en dump inn mot brua, se Figur 1-1. Et generelt problem er at konstruksjonene setter seg mindre enn tilløpsfyllingene, og det oppstår differansesetninger (setningsforskjeller) mellom bru og vei. Dette kommer av at bruene ofte er fundamentert til berg, mens fyllingene består av lette kompressible masser. Årsaker til setninger kan bestå av både grunnforhold og valgte tekniske løsninger. Det er vanlig med noe høydeforskjell inn mot konstruksjoner i veibanen på grunn av setninger i undergrunnen. Da det er umulig å begrense dette helt må landkar og peler dimensjoneres for å tåle setninger.



**Figur 1-1. Setning inn mot brukonstruksjon, E18 ved Tønsberg (Oset, 2011)**

## 1.2 Formål og problemstillinger

I denne oppgaven vil jeg ta for meg OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug. Det vil bli sett på 5 bruer i Buvika og Børsa. Konstruksjonstype og grunnforhold for bruene vil bli gjennomgått. Det vil bli sett på hvordan bruer, peler og tilløpsfyllinger har beveget seg fra bruene ble bygget. Overgangsbrua i Børsa har fått størst setninger, og vil bli analysert grundigst. De andre bruene har fått relativt beskjedene differansesetninger til tross for dårlig grunn med tykke sedimenter av bløt leire. Det skal trekkes erfaringer fra dette, som kan brukes i gjennomføringen av andre fremtidige veiprojekter.

Retningslinjer og krav til differansesetninger, samt setningsutvikling til bruene i prosjektet skal gjennomgås. Det vil også bli sett på hvordan setningene som har kommet, forholder seg til prosjekterte verdier og krav til største tillatte setningsforskjeller. Det presiseres at oppgaven ikke er et oppgjør med funksjonskrav for prosjektet, men er rettet mot å undersøke setningsmekanismer i overgangen mellom landkar og tilløpsfylling.

Under er det presentert deloppgaver og forskningsspørsmål knyttet til formålet med oppgaven.

- Beskrive omfang og problemer med overgangssetninger
- Litteraturstudie om setningsmekanismer, fundamenteringsmåter og setningsreducerende tiltak
- Gjennomgå krav og retningslinjer etter Statens vegvesens håndbøker
- Vurdere konstruksjonstype og grunnforhold for de 5 bruene
- Se på setningsutviklingen for bruene i OPS-prosjektet
- Analysere spesifikt setningsforløpet for Overgangsbrua i Børsa i perioden fra 2004 til 2010
- Vurdere om det er dimensjonert riktig i prosjekteringen
- Studere setningsårsaker og setningstiltak for prosjektet
- Sammenligne overgangsbruene
- Vurdere hva peler til berg og svevende peler har å si for setningsdifferansene

## 1.3 Omfang av setningsproblemer

Mange relativt nybygde veier kan få problemer med tydelige humper inn mot brukonstruksjonen. Det er vist fra erfaring at setningene ofte er store når veifyllingene er plassert over dype lag av løsmasser.

### 1.3.1 Overgangssetninger på bruer i Norge

Problemet med overgangssetninger er lite dokumentert i Norge. Det er vanskelig å si om dette skyldes manglende vekt på problemet. Veistrekningene E18 Gulli-Langåker i Vestfold og E16 Franzefoss-Wøyen i Bærum har fått overgangssetninger på bruene og vil bli omtalt under.

**E18 Gulli-Langåker:** Prosjektet innebærer en utvidelse av eksisterende E18 fra to til fire felt, og en oppjustering av eksisterende veg. Det har blitt fokusert på å unngå setningsproblemer inn mot brukonstruksjoner på nye E18 i Vestfold. Oppstart for prosjektet var i 2011, og ferdigstilling planlagt høsten 2014. Grunnen består av leire med enkelte partier med kvikkleire. Ekebergmyrbrua er en av de nye bruene som har fått overgangssetninger inn mot brua. Dette kan tydelig ses på den hvite stripen som gjør en dump inn mot brua, se Figur 1-2.



**Figur 1-2. Setninger inn mot Ekebergmyrbrua, E18 Vestfold (Bratlie, 2012)**

Det har blitt store setningsproblemer for de gamle brukonstruksjonene, som ble bygget for rundt 20 år siden. Hesby bru har fått størst overgangssetninger. Dette er en overgangsbru av betong, fundamentert på peler til berg. Den har fått 550-650 mm setning på østre landkar over en 10 års periode (Bratlie, 2012). Bruovergangen har vært jevnlig asfaltert opp, og dette har gitt et ujevnt dekke, se Figur 1-3. Grunnvanssenkning fra graving og stor trafikkbelastning var hovedgrunnen til setningene (Multiconsult AS, 2010). Forbedring ved bygging av ny bru var fjerning av overbygning og asfaltdekke, samt legging av lette masser (EPS).

Forbedringstiltak for fire av bruene på nye E18 i Vestfold var utstøpte og borede stålrørspeler til berg, dette skal minske poretrykks-oppbyggingen, se kap. 2.4. Andre forbedringstiltak for å minske overgangssetninger for bruene i prosjektet var: vertikaldren, avlastningsplate og forbelastning.



**Figur 1-3. Hesby bru (Bratlie, 2012)**

**E16 Franzefoss-Wøyen:** Denne veistrekningen ble bygget i 1986. For de to lengste bruene Kirkerudholma bru og Agnes bru har det blitt store setningsskader ved overgangen bru/fylling, se Figur 1-4. Kirkerudholma bru er 3 spenns platebru av plasstøpt betong. Agnes bru er en 2 spenns bjelkebru av betong. Dette er to ulike konstruksjonstyper, der en bjelkebru kan ta større sentriske laster. Grunnforholdene er preget av silt og leire, det er ca. 40 m til berg og det er målt et høyt organisk innhold av humus (Hagen, 2009). Betongbruene er fundamentert på friksjonspeler av betong, og har tilløpsfylling med 4-5 m sprengstein. Det ble gjort komprimering av fyllingene under bygging.



**Figur 1-4. Kirkerudholma bru (Hagen, 2009)**

Det ble innstøpt målebolter flere steder for å følge med på setningsutviklingen. For Kirkerudholma bru er det i perioden 1986 til 2009 målt setninger på ca. 400 mm ved søylefundamentet og ca. 750 mm på landkaret. Tilsvarende innstøpte målebolter på Agnes bru viser ca. 100 mm ved søylefundamentet og ca. 300 mm på landkaret. For

tilløpsfyllingene på de to bruene ble totalsetningene beregnet til maks. 1 500 mm (Hagen, 2009). For Kirkerudholma bru er tillatte differansesetninger beregnet til 390 mm (Sellevoid, 2011). Denne verdien er større enn de målte totalsetningene på landkar og søyler, men overskrider totalsetningene på fyllingen. Tilløpsfyllingen med sprengstein gir en last som resulterer i setninger på landkarene. Det var målt større setninger på landkarene enn på søylene, og størst setninger for tilløpsfyllingene på begge bruene (Hagen, 2009). Dette betyr at vekten av fyllingene var den primære årsaken til setningene på de to bruene. Ifølge oppdragsrapport for E16 Franzefoss-Wøyen heter det: *”Det er grunn til at fyllingene både forårsaket setninger i stor dybde (under pelespiss) og at de ga setningsbidrag gjennom negativ friksjon på pelene, størst for landkar-pelene.”* (Hagen, 2009). Bruene er fundamentert på friksjonspeler som står med spiss i leire. I stor dybde vil det totale setningsbidraget fra alle lag bli betydelig til sammen. I tillegg kommer påhengskrefter, se kap. 2.4.

Setningsreducerende tiltak ble gjennomført i 1989, og disse var: forbelastning, utskifting av tilløpsfyllingene med lette masser og oppjekking av bruplate. Avlastingen av jorda ble derimot for liten for begge bruene, og setningene fortsatte igjen etter 1-2 år (Hagen, 2009). En sammenligning av setningshastighet for bru og fylling viste at fyllingen hadde klart størst setningshastighet de første årene, men fra 1993 og utover begynner brua å komme etter. Dette betyr at setningsbidraget fra dypereliggende lag begynner å gjøre seg mer gjeldende (Hagen, 2009).

### 1.3.2 Utbredelse i verden

Problemet med setninger inn mot brukonstruksjoner er også omfattende i andre land. Det finnes tilsvarende setningsproblemer i Canada, USA, Sverige, Finland og Storbritannia (Statens vegvesen, 2012). I en undersøkelse utført av Kentucky Transportation Center i 1995, ble 600 000 bruer registret i USA, og av disse hadde 150 000 (25 %) problemer med humper ved bruenden (Dupont, 2002). En undersøkelse av differansesetninger i Illinois, ble gjennomført sommeren 1994 og dekket 1 181 bruer. Det ble vist at 85 % av de undersøkte bruene hadde målt noe differansesetninger i overgangen tilløpsfylling-bru (Stark et al, 1995). Konklusjonen på undersøkelsen var at til tross for vekt på konstruksjonsdesign og vedlikehold er det vanskelig å eliminere problemet med differansesetninger (Stark et al, 1995).

Generelt er det forventet mer setninger for høyere fyllinger. Dette er et resultat av større laster på fundamentet for en større fylling. Høye fyllinger er her definert som over 8 m, mens lave fyllinger er mindre enn 3 m. (Stark et al, 1995). Det har også blitt vist at bruer som krysser elver har større differansesetninger pga. grunnforhold med kompressible mettede jordarter nær vannkanten (Stark et al, 1995).

Et prosjekt for å redusere setninger ble gjort på hovedveien I-15 i Salt Lake City, Utah. På en ca. 27 km lang veistrekning ble 144 eksisterende bruer ombygget og tilført materialet Geofom (Utah Department of Transportation, 2000). Dette er et lett fyllmateriale som ligner på EPS, se Figur 1-5. Anvendelse av Geofom forbedret stabiliteten i fyllingene og fjernet problemer med setninger rundt landkarene ifølge Utah Department of Transportation.



**Figur 1-5. Landkar med Geofoam fylling (Utah Department of Transportation, 2000)**

#### **1.4 Begrensninger**

Det kan komme setninger både på langs og på tvers av veibanen. I denne oppgaven vil det kun vurderes setninger langs lengden av brua. For setningsvurderinger er prosjekteringsgrunnlaget til NGI lagt til grunn. En utfordring i arbeidet med oppgaven var å finne dokumentasjon på endelig valgte løsninger, og detaljer på utformingen.

Et annet problem var at flere av veistrekningene og bruene har vært reasfaltert flere ganger. Dette vil gi en heving av underlaget og setninger vil ikke vises på målingene. Setningsmålingene vil da ikke gi et riktig bilde av utvikling, og det er i disse tilfellene sett på målinger før reasfalteringen. Det er målepunkt på bolter og rør på bruene, og på toppen av veifyllingene inn til bruene. Det vil her bli sett på setningsutviklingen til boltene på bruene og til punktene på asfaltdekket inn til bruene (fyllingene).

#### **1.5 Rapportens oppbygging**

Rapporten består hovedsakelig av to deler, en teoridelen og en analysedel av setningsutviklingen på 5 bruer i Buvika og Børsa. Teoridelen består av kap. 2 og omhandler setningsmekanismer, setningsforløp i ulike jordarter, setningsreducerende tiltak, fundamentering og peletyper. Retningslinjer og krav til setninger etter Statens vegvesen sine håndbøker er også tatt med. Etter teoridelen kommer analysedelen, som omhandler diskusjon og vurderinger. En beskrivelse av prosjektet er gjort i kap. 3, og beskrivelse av bruene gjøres i kap. 4 og 5. Setningsmålinger blir presentert og diskutert i kap. 6. Kapittel 7-12 omhandler vurdering av måleresultater, ulike sammenligninger, beskrivelse av setningsårsaker og gjennomgang av setningstiltak.

I arbeidet med denne oppgaven dannet prosjekteringsgrunnlaget og geotekniske rapporter bakgrunnen for arbeidet. En befaring av brukonstruksjoner i Buvika og Børsa ga også mye informasjon.

#### **1.6 Metode**

Denne rapporten benytter seg hovedsakelig av to metoder, litteraturstudie og analyse av utførte målinger.



### 1.6.1 Litteraturstudie

Denne delen dekker teori om setningsmekanismer og fundamenteringsmåter. Regelverket i Statens vegvesen sine håndbøker er også gjennomgått. Noe av materialet stammer fra fordypningsprosjektet mitt om overgangsetninger på bruer (Bratlie, 2012). Denne delen av oppgaven benytter seg av kvalitativ metode<sup>1</sup> og har mange ulike kilder. I teksten er det henvisning til kilder etter hvert sammenhengende avsnitt.

### 1.6.2 Analyse

Det er gjort setningsmålinger for alle de 5 bruene i Buvika og Børsta av Skanska. Målingene er gjort på selve bruene, og på asfaltdekkene. Setningsmålingene er fra åpning av veien, i juni. 2005, og frem til 2011. Målingene strekker seg over en tidsperiode på 6 år, og det er sjelden utført setningsmålinger over en så lang periode. Målingene gir en god indikasjon på setningsutviklingen på bruer og tilløpsfyllinger, og disse målingene har blitt analysert. Analysedelen består av en gjennomgang til setningsutviklingen på bruer og tilløpsfyllinger i perioden 2005 til 2011. Det er gjort beregninger av setningshastighet og tillatte differansesetninger. Grafer og tabeller blir brukt til å vise dette. Målingene viser bevegelse av hvert målepunkt. Positive målinger viser til sig, mens negative tall i de fleste tilfeller kommer fra asfaltering. Disse tallene viser til heving og gir et uriktig bilde av setningsutviklingen. Det er sett mest på setningsmålinger fra 2009, da dette er siste måleperiode før asfaltering. Der det er målt lave negative tall kan det bety at setningene er mindre enn målenøyaktigheten. Enhver måling er beheftet med usikkerhet, og det må regnes med 2-3 mm nivelleringsfeil på hver setningsmåling. Feilmålinger kan også forekomme og vil bli diskutert. Analysen er kvantitativ metode<sup>2</sup>, og inneholder diskusjon.

---

<sup>1</sup> Kvalitativ metode er basert på informasjon fra kilder (Olsson, 2009).

<sup>2</sup> Kvantitative metoder tar utgangspunkt i tall og det som er målbart (Olsson, 2009).

## 2. Teori

### 2.1 Konsolidering

Løsmasser vil ved belastning på overliggende grunn bli utsatt for setninger. For en bru vil vekten av en tilløpsfylling kunne gi setninger. Tilleggslasten fra fyllingen vil først gi økt poretrykk da grunnvannstanden senkes. Grunnvannstand representerer her et nivå under bakken der alle porer er fylt med vann. Med tiden vil det overfløydige poretrykket bli redusert og dette vil gi en økning i effektivspenninger. Dette kommer av effektivspenningsprinsippet til Karl Terzaghi, uttrykt i formel 1.

$$\sigma' = \sigma - u \quad [1]$$

der:

$\sigma$  = totalspenning

$\sigma'$  = effektivspenning

Poretrykket:  $u = z * \gamma_w$  der  $z$  er vanndybden

Ved definisjon er effektivspenning,  $\sigma'$ , lik totalspenning minus poretrykket. Økningen i effektivspenninger vil føre til setninger. I konsolideringsprosessen omgjøres spenningsendringer til en jevn spenningstilstand, og dette gir konsolideringssetninger. Prosessen antas å pågå til det overfløydige poretrykket er borte, og kornskjelettet bærer lasten alene (Emdal, 2009).

Det skilles mellom overkonsoliderte og normalkonsoliderte materialer. Jord som har opplevd høyere spenninger tidligere, benevnes som overkonsolidert materiale (OC-jordart). Forbelastningen kan komme fra belastning av is, eroderte masser eller stigning av grunnvannstanden (Emdal, 2009). Normalkonsoliderte materialer (NC-jordart) har ikke opplevd en slik forbelastning. Ved definisjon med forbelastningsspenning,  $p_c'$ , og in-situ<sup>3</sup> spenning,  $p_0'$ :

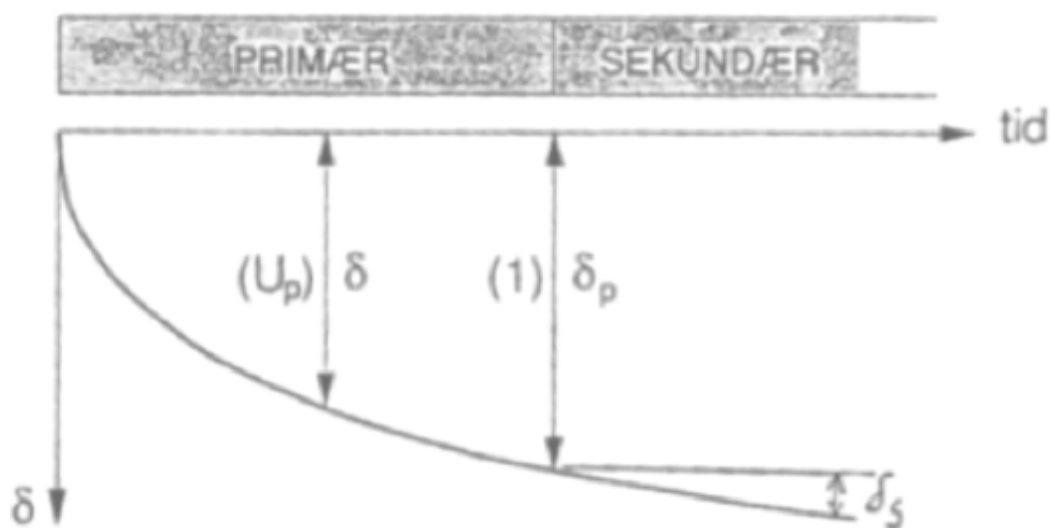
NC-jordart:  $p_c' = p_0'$

OC-jordart:  $p_c' > p_0'$

Belastninger som er høyere enn forbelastningsspenningen vil gi setninger. Setningsberegninger gjøres for egenlast, og ofte for en tidsperiode på noen tiår. Beregningene begrenses da til primærsetninger, som oppstår under konsolideringsprosessen. Sekundærsetninger, eller kryp, vil inntreffe en viss tid etter det. Dette avhenger av geologisk betingede langtidsdeformasjoner, som kan ha en historie på flere tusen år (Janbu, 1970). Primær og sekundær fase i konsolideringsforløpet vises i Figur 2-1. Primærsetninger gir størst bidrag til totalsetningene. Primærsetninger dekker setningene som forekommer ved full poretrykksutjevning, altså ved drenert tilstand. For sekundærsetninger blir det deformasjoner til tross for at det er slutt på transport av porevannet. Det er en uklar overgang mellom primær og sekundær tilstand, særlig for materialer som trenger lang tid for å konsolideres (Emdal, 2009).

---

<sup>3</sup> In-situ betyr på stedet, og in-situ måling er sonderboringer og prøvetaking.



**Figur 2-1. Konsolideringsforløpet (Emdal, 2009)**

Krypsetninger vil forekomme i alle masser, men har liten betydning i grove masser. For grunn bestående av masser med humus og leire blir krypsetningene større. Det er ikke nødvendig å ta hensyn til krypsetninger når:

- Jorda er selvdrenerende, dette gjelder friksjonsjordarter som sand og grus (Statens vegvesen, 2011)
- Spenningstilstanden er mindre enn 80 % av forbelastningsspenningen (NGI, 2003), dette er uttrykt i formel 2.

$$p_0' + \text{tileggslast} < 80 \% \text{ av } p_c' \quad [2]$$

## 2.2 Setninger i ulike jordarter

Ifølge Statens vegvesens Håndbok 018 er det forskjell på setningsforløpet i ulike jordarter. Grunnforhold med høyt vanninnhold og humus<sup>4</sup> gir kompressibelt materiale, og mulighet for store langtidsetninger. Hastigheten på primærsetningene i leirmasser vil være avhengig av følgende faktorer (Lindkvist, 2004):

- Permeabilitet<sup>5</sup>
- Lagtykkelse
- Poreinnhold
- Spenningsforhold
- Komprimeringsevne

Darcy's lov i formel 3 uttrykker at konsolideringshastigheten,  $v$ , avhenger av dreneringslengden, og løsmassenes evne til å transportere væske.

$$v = k * i \quad [3]$$

der:

$$\text{trykkgradient: } i = \frac{\Delta h}{L}$$

$k$  = materialets permeabilitet

<sup>4</sup> Humusholdige masser inneholder organisk materiale med delvis nedbrutt planterester og dyrerester.

<sup>5</sup> Permeabiliteten uttrykker strømningssevnen i materialet.

Det er mulig å beregne primær konsolideringstid,  $t_p$ , hvis konsolideringskoeffisienten,  $c_v$ , er oppgitt, se formel 4.

$$t_p = \frac{H^2 \cdot T_P}{c_v} \quad [4]$$

der:

H =drenasjevegen [m]

$T_P$  =primære tidsfaktoren

$$c_v = \frac{M \cdot k}{\gamma_m} \left[ \frac{m^2}{\text{år}} \right]$$

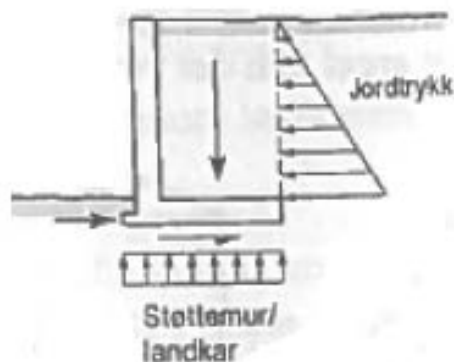
I friksjonsjordarter, opphører setningene som regel umiddelbart etter at lasten er påført. Derimot vil det for kohesjonsjordarter, som består av finkornige masser, pågå setninger over lengre tid, ofte flere tiår (Statens vegvesen, 2011). Silt og leire vil oppføre seg udrenert og det kreves lang tid for å gjennomføre konsolideringen. Kohesjonsjordarter kjennetegnes ved at de holdes bedre sammen enn friksjonsjordarter. Friksjonsjordarter oppfører seg drenert, mens kohesjonsjordarter beveger vann dårligere gjennom porene. Dette påvirker hvordan jordarten deformeres over tid. Det er særlig finkornige masser og masser med høyt organisk innhold som kan få store og langvarige setninger (Statens vegvesen, 2010). Et høyt vanninnhold er et tegn på setningsømfintlig materiale med lav skjærfasthet (Statens vegvesen, 2010). Det må ut ifra vegstandard gjøres en vurdering av krav til tillatte setninger og mulige setningsreducerende tiltak.

### 2.3 Fundamentering

Fundamenteringsmåten bestemmes av konstruksjonens utforming og grunnforholdene på stedet. For en bru må både landkar og søyler fundamenteres. Det skilles generelt mellom følgende fundamenteringsmetoder:

- direkte fundamentering på grunnen
- fundamentering på peler
- permanent spunt, der spuntveggen blir stående som en del av konstruksjonen.

Det er vanlig å utforme støttemurer og landkar for bruer i L-form ved direkte fundamentering, se Figur 2-2. Prinsippet er at det stabiliserende momentet av jordmassene skal være større enn det drivende momentet av jordtrykket.



Figur 2-2. Landkar i L-form (Larsen, 2008)

Valget av fundamenteringsmetode og peletype bestemmes av grunnforholdene. Fundamentering på løsmasser bestående av bløt leire er særlig utfordrende. Direkte fundamentering til berg er en enkel og rimelig metode når berggrunnen er fast og når avstanden til berg er liten (Larsen, 2008). Det er vanlig å fundamenterer til berg med peler når det er store lag av bløt leire over berg, og fare for setninger. Dette er den beste måten å overføre store laster til grunnen, samtidig som setninger unngås. Krav til fri høyde under bru og maksimal tillatte setningsforskjeller kan også gjøre at det er enkleste å fundamenterer til berg eller faste masser.

## 2.4 Peletyper

Valg av peletype gjøres ut ifra tekniske og økonomiske forhold (Statens vegvesen, 2010). Dette baseres på følgende elementer ifølge Statens vegvesens Håndbok 016:

- Grunnundersøkelser
- Konstruksjonens utforming
- Lastenes størrelse
- Konstruksjonens levetid
- Krav til setninger
- Eksisterende og fremtidig bebyggelse
- Krav til erosjonssikring<sup>6</sup> ved krysning av elveløp

For pelefundamentering skilles det mellom fundamentering på spissbærende peler og fundamentering på friksjonspeler, også kalt svevende peler, se Figur 2-4.

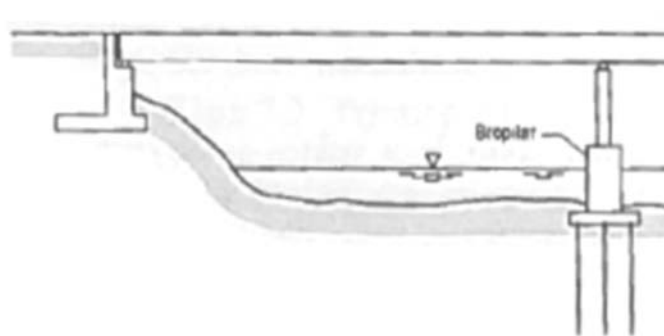
**Spissbærende peler:** Kreftene blir ført ned til fast berg gjennom pelespissen, og brukes der grunnen består av tykke lag av løsmasser. Stålrørspeler er et vanlig eksempel på denne peletypen. For spissbærende peler er det ikke vanlig at sidefriksjon gir bidrag til bæreevnen (Den norske pelemekomite, 2005). Derimot vil spissbærende peler som setter seg i jorda kunne få negativ sidefriksjon (påhengskrefter), se høyre del av Figur 2-4. Setningene i jorda vil gi påhengskrefter på pelene i landkarene, dette vil også gi økte dimensjonerende laster på pelene. Det er økonomisk gunstig å fundamenterer på spissbærende peler til stopp i et fast lag av morene<sup>7</sup> eller til berg. Det sikres da størst utnyttelse av pelematerialets lastkapasitet. Det er derimot uhensiktsmessig med pelefundamentering til berg dypere enn 50 m (Larsen, 2008). Dette kommer av det store forbruket løpemeter pel, andre peletyper er da mer aktuelt.

**Friksjonspeler (svevende peler):** Fundamentering på friksjonspeler for en bru vises på Figur 2-3. Lasten overføres til jorda rundt ved spissmotstand og friksjon langs pelen (Den norske pelemekomite, 2005). Dette vises på Figur 2-4. På grunn av negativ sidefriksjon på pelene, vil jorda henge seg på pelen, og gi negativ påheng på pelen. Påhengslaster fra setninger i de øverste lagene vil gi noe deformasjon for mobilisering av friksjonskapasitet på nedre del av pelene. Dette kan gi økt konsolideringssetning i området ved og under spissarealet for pelegruppen. Ved fundamentering av en bru bør fyllingen i dalbunnen utføres i god tid før brukarbeidene slik at poretrykket fra fyllingen er ferdig utdrenert og påhengskrefter på pelene er mindre (Statens vegvesen, 2001).

---

<sup>6</sup> Erosjonssikring av elver gjøres som regel med steinplastring av elvesidene og bunnheving av elva.

<sup>7</sup> Morenemateriale består av usorterte løsmasser og er avsatt av isbreer.

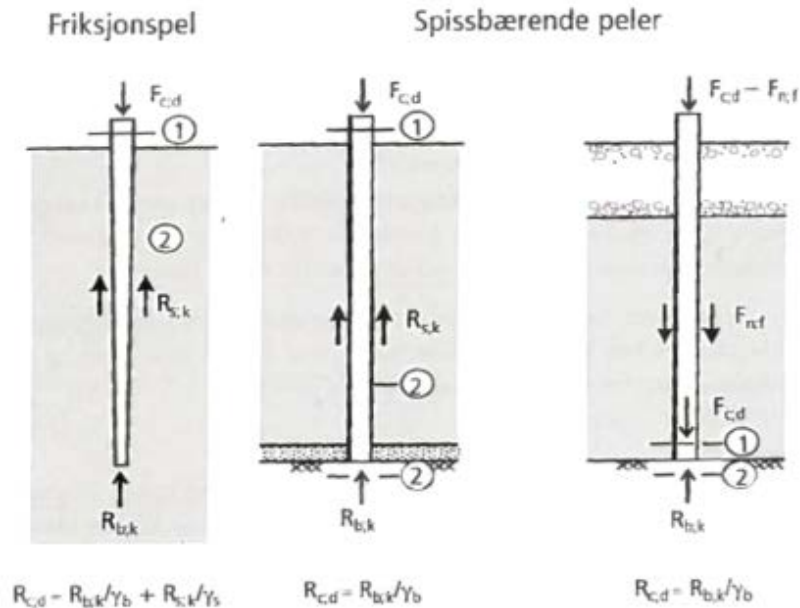


**Figur 2-3. Bropilar på friksjonspjel (Larsen, 2008)**

Friksjonspeler kan være aktuelt når det er store dybder til berg eller lette brukonstruksjoner. Ulempen med friksjonspeler er at store setninger kan forekomme hvis grunnforholdene er utilstrekkelige kartlagt (Janbu, 1970). Rammede friksjonspeler av betong, tre eller stål kan benyttes. Bruk av stålrørspeler kan innebære at pelene forlenges som enkeltstående søyler over terreng opp til bruoverbygningen. Fordelen med dette kan være å minske gravearbeider for fundamentplater med tilhørende peler. Det kan lønne seg å pele friksjonspeler til store dybder for økt bæreevne og bedre utnyttelse av pelematerialets kapasitet (Statens vegvesen, 2010).

Peler kan både bores og rammes ned i grunnen. Borede peler utføres ved rotasjon ned i grunnen og anbefales foran rammede peler grunnet mindre fare for oppbygning av poretrykk og endring av grunnvannstand, samt mindre støy. Det er krav til større pelehoder ved peleramming, og problemer ved dette er massefortegning og oppbygging av poretrykk. Heving av peler i grunnen ved peleramming kan forekomme fra massefortegning (Janbu, 1970).

Poretrykksoppbygging ved peleramming er vanlig, og kan motvirkes ved å ta ut leirpølser fra grunnen. Et rør blir trykket ned i grunnen, leire fra røret blir tatt ut og en betongpel presses inn. Tiltak for å minske poretrykksoppbygging kan også være å vente med oppfylling eller installere geodren (Statens vegvesen, 1997). Det er også viktig at pelene ikke propper seg under ramming, dette unngås ved å bruke et tungt fallodd (80-100 kN) og unngå lengre opphold i rammeprosessen (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).



Figur 2-4. Peletyper (Den norske pelemekite, 2005)

I Norge er betong og stålpeler, sammen med stålrørspeler, stålkjernepeler og borede peler (pilarer) de vanligste peletypene (Den norske pelemekite, 2005).

**Betongpeler:** Betongpeler har lave kostander, men liten momentkapasitet og fare for massefortregning (Statens vegvesen, 2010). Begrensning i bruk kan være den store rammemotstanden som kan gi overramming eller massefortregning (Den norske pelemekite, 2005). Betongpeler har stort pelehode med stor overflate i forhold til tverrsnittet. Ved ramming av betongpeler kan det bli stabilitetsproblemer, poretrykksoppbygging samt skader på nabobygg. Betongpeler frarådes der det er undervannsarbeid.

**Stålpeler:** Det finnes ifølge peleveiledningen tre typer utforminger:

- rammede profilstål
- rammede stålrør
- borede stålrør

Stålrør kan være åpne, armerte og utstøpte. Ofte rammes det ned åpne stålrør som deretter støpes ut. Profilstål utformes gjerne som H-profiler (Den norske pelemekite, 2005), og skiller seg fra stålrørspeler ved lavere massefortregning. For stålprofiler kan det være krevende sveiseskjøting og fare for korrosjon (Statens vegvesen, 2010). En fordel med åpne stålrørspeler er at det ikke gir den samme poretrykksoppbyggingen som en massiv pel med et stort tverrsnitt. Dette kommer av at den fortrenger lite jordmasse volum, og det medfører mindre poretrykk. Peletypen er også godt egnet i vann (Statens vegvesen, 1997). Stålrørspeler har stor knekkstivhet og kan tåle hard boring og ramming. Utsøpte stålrørspeler til berg er en løsning som passer når det skal tas ned store konsentrerte laster (Den norske pelemekite, 2005). Forklaringen på dette kommer av at pelene har stor bæreevne, og antall peler kan derfor også begrenses.

**Stålkjernepeler:** Stålkjernepeler kan ta store laster, men har redusert kapasitet i bløte masser pga. fare for knekking. Det er også fare for erosjon under boring i løs grunn, derimot er det ingen massefortregning med denne peletypen (Statens vegvesen , 2010). Stålkjernepeler kan ta både trykk-og strekklaste, og er en kostbar peletype. Pelene kan etableres av små rigger og tett inntil eksisterende bygg. De siste årene har denne peletypen blitt brukt for fundamentering av større bygg og bruer (Den norske pelemekomite, 2005).

**Plasstøpte peler (pilarer):** Dette er peler som støpes på byggeplass. Det er vanlig at et åpent rør bores ned og støpes ut med betong. De stedlige massene blir fjernet før det støpes. Borede peler kan ta store konsentrerte laster til berg eller faste masser, og har ikke fare for massefortregning. Det er derimot mulighet for grunnbrudd i bløt leire (Statens vegvesen , 2010).

En oppsummering av peletype og bruksområde inkludert fordeler og ulemper vises i Figur 2-5.

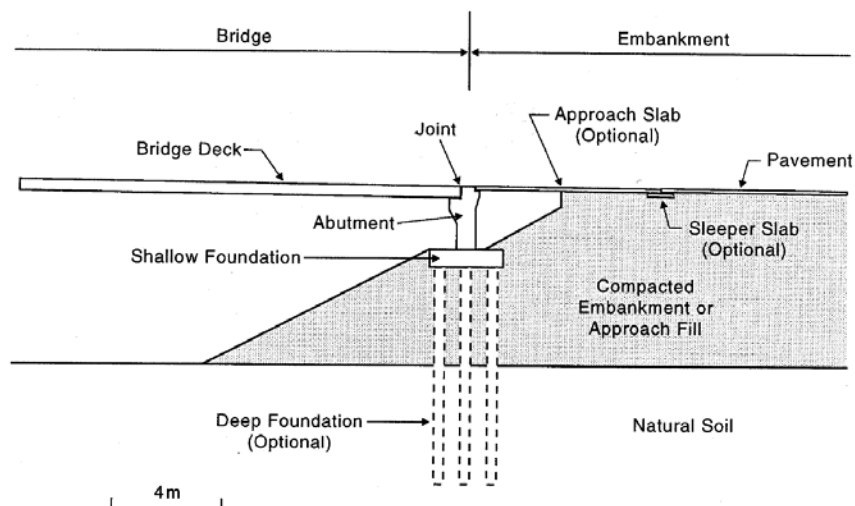
PELETYPE	BRUKSOMRÅDER (fordeler(f)/ulemper(u))
Betongpeler	Friksjonspeler og spissbærende peler til fast grunn eller berg. (f: kostnad /u: liten momentkapasitet, massefortregning, stort pelehode)
Stålpeler	Store konsentrerte laster. Friksjonspeler og spissbærende peler til fast grunn eller berg. (f: liten massefortregning / u: krevende sveiseskjøting, korrosjon)
Stålrørspeler - armert, utstøpt	Store konsentrerte laster. Friksjonspeler og spissbærende peler til fast grunn eller berg. (f: stor bæreevne, stor knekkstivhet, velegnet i vann, tåler hard ramming / u: massefortregning)
Borede peler	Store konsentrerte laster. Spissbærende peler til berg eller ned i meget faste masser. (f: ikke massefortregning, stor bæreevne / u: mulighet for grunnbrudd i bløt leire)
Stålkjernepeler	Store konsentrerte laster til berg. Redusert kapasitet i bløte løsmasser pga. knekningsfare (f: ikke massefortregning / u. mulig erosjon under boring i løs grunn)
Trepeler (lite brukt)	Friksjonspeler i leire og sand (/u: massefortregning, stort pelehode)

Figur 2-5. Vanlige peletyper i Norge (Statens vegvesen , 2010)

## 2.5 Setningsmekanismer

I tilknytting til overgangen mellom tilløpsfylling og bru kan det komme setninger. Dette er et resultat av at bruer er stive konstruksjoner. Sett i sammenheng ville det vært best om tilløpsfylling og bru satt seg sammen. Da kunne setningsforskjellene være neglisjerbare, og ved akseptable totalsetninger kunne det bli en god teknisk løsning.





**Figur 2-6. Komponenter i bruovergang (Dupont, 2002)**

Det er mange og sammensatte årsaker til setningsforskjeller inn mot brukonstruksjoner. Dette kompliserer utformingen av overgangen mellom konstruksjonen og tilløpsfyllingen. Fyllingene for ramper og landkar vil påvirke setningsforløpet for bruene. For å forstå mekanismene bak, må tilløpsfylling og landkar ses i sammenheng. De ulike komponentene i overgang mellom bru og tilløpsfylling vises i Figur 2-6. Aktuelle setningsårsaker her kan være:

**Setninger fra dypereliggende lag:** Forsenkninger i overgangen mellom tilløpsfylling og bru kan være et resultat av setninger fra dypereliggende lag i jorda under brua. Store dybder med bløt leire vil ofte gi opphav til setninger.

**Egensetninger fra fylling:** I tillegg til setninger i grunnen vil det komme setninger i fyllinger. En steinfylling med høyde på 3 m som komprimeres får egensetninger på inntil 0,5 % av fyllingshøyden. Det meste av setningene antas å være ferdige 6 måneder etter utlegging (Statens vegvesen, 2012).

**Dårlig komprimering:** Det er viktig at massene setter seg ved bygging av fyllinger. For krav til utførelse, se kap. 2.7.4. Et problem er at tilløpsfyllingen blir konstruert før brukonstruksjonen. Deler av tilløpsfyllingen blir gjerne fjernet igjen for å få plass til landkaret. Området mellom landkar og tilløpsfylling er vanskelig å komme til med komprimeringsutstyr, og dette kan føre til dårlig komprimering nær landkaret (Stark et al, 1995).

**Dårlig drenering av massene:** Dårlig drenering kan gi utvasking av fyllmassene under bruovergangen. Erosjon fra vann og komprimering fra trafikklaste vil bidra til utvikling av åpne hulrom (Dupont, 2002). Vann fra veidekket kan også bli trengt ned til underliggende lag via sprekker, og større oppsprekking kan da utvikles (Statens vegvesen, 2012). Noen fyllinger er bygd opp av stein, men for andre masser kan det være lurt å ha stein i bunn for å hindre erosjon og poretrykksoppbygging under fyllingen.

**Økt effektivspenninger:** En økning i effektivspenninger vil gi setninger, se kap. 2.1. Endringen i effektivspenninger bør ikke være for stor. Grunnvannssenkning,

forbelastning og tung last vil øke effektivspenningene. Trafikkbelastning utgjør en tilleggslast på brukonstruksjonen og veien. Setningsberegninger tar ikke hensyn til trafikklast. Dette kommer av at lasten kun inntreffer et kort tidsrom, men over tid vil det gi slitasje. Tung veioverbygging og tilløpsfylling vil også gi en ekstra vekt, på dårlig grunn kan dette gi økte setninger. Denne vekten kan reduseres med lette masser som EPS (Ekspandert polystyren) eller lettklinker. Peler vil kunne overføre last ned til sterkere lag i jorda (Sellebold, 2011).

**Temperaturbevegelser:** For de fleste bruer er det en bevegelingsfuge for å håndtere temperaturutvidelser fra fryse- og tineprosesser. Uten en slik fuge kan store krefter overføres til landkaret og passive jordtrykk oppstå (Statens vegvesen, 2012). Dårlig utforming av bruovergangen kan også gi opphav til bevegelse av landkaret (Dupont, 2002). Dette kan gi opphav til overgangssetninger mellom fylling og bru, men disse setningene kan også begrenses med bruk av overgangsplate, se kap. 2.7.4.

**Frostsprenning:** Frysing av udrenert vann kan gi telehiv. Volumutvidelse forårsaket av frostsprenning er et problem nær bruender pga. ulike termiske tilstander som eksisterer her (Stark et al, 1995).

Det finnes også faktorer som kan forsterke overgangssetninger mellom bru og tilløpsfylling (Dupont, 2002). Følgende faktorer kan forsterke allerede eksisterende setninger:

- Høye fyllinger
- Landkar på peler
- Store trafikkklaster
- Bløt leire eller siltmasser
- Intenst regnvær
- Store temperatursvingninger
- Bratte helninger
- Fryse- og tineprosesser

## 2.6 Problemer med setninger

I et lenger perspektiv vil det komme flere negative konsekvenser med overgangssetninger. I tillegg til stengte veier ved utbedring av skadene (White, 2005) kan følgende problemer komme:

- Oppsprekking av veidekket
- Ekstra kostnader til vedlikehold av vei og bru
- Redusert styringskontroll på bilen
- Trafikkfare ved forstyrrelse for sjåføren
- Ubegag for sjåføren og passasjerer
- Skader på kjøretøy
- Skader på brudekket fra snøploger

## 2.7 Krav og retningslinjer for setninger

Det er viktig med krav til setninger ved prosjektering av vegkonstruksjoner. Setningskravene skal sikre behaglige og trafikksikre veier. Statens vegvesen har utarbeidet håndbøker som omhandler dette. Setningskravene bygger på svenske retningslinjer (Statens vegvesen, 2011). Under vil de aktuelle retningslinjene knyttet til setninger i overgangen bru og vei bli omtalt.

### 2.7.1 Håndbok 018- Vegbygging

I Norge fastsetter Statens vegvesens Håndbok 018 krav til største tillatte differansesetninger på langs og tvers av vegbanen. Kravene er også nevnt i Statens vegvesens Håndbok 016- Geoteknikk i vegbygging (Statens vegvesen, 2010).

#### Setninger på langs av vegbanen:

Kravet til setninger på langs av veien er gitt for alle fartsgrenser, og er gitt som totalt målte setninger,  $\Delta_{tot}$ , korrigert for kurve radius. Dette kravet vil påvirke komforten av å kjøre på veien, og hvor humpete det føles, se Figur 2-7. Kravet til største tillatte setningsforskjeller,  $\Delta_s$ , i lengderetningen av vegbanen er:

$$\Delta_s = \Delta_{tot} - \Delta_R \quad [5]$$

der:

$\Delta_R$  er høydeforskjellen på grunn av vertikalradius

Størrelsene på  $\Delta_{tot}$  og  $\Delta_R$  leses ut ifra strekning,  $L$ , fartsgrense,  $V_{dim}$ , og vertikalradius<sup>8</sup>,  $R$ , på figur 205 i Håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011, s. 52). Dette er en enkel metode for å bestemme størrelsen på setningene. Ifølge Statens vegvesen blir metoden dessverre lite brukt. Streckningen,  $L$ , er avstanden mellom profiler som sammenlignes. For å se på den største setningsforskjellen og det mest kritiske tilfellet, vil ofte største og laveste punkt pga. setninger bli sammenlignet. Anvendelse av formelen viser at det er strengere krav til maks. setningsforskjell for en kort overgang enn for en lang gradvis overgang. Dette kommer av at ved lengre strekninger blir totalt målte setninger større, og dette gir større krav til maks. tillatte setningsforskjeller, se formel 5. Høydeforskjell fra krumning på kurven vil også gi innvirkning på dette, men denne er som regel av mindre størrelse. En brå kort overgang kan typisk være overgangen fra en tilløpsfylling til en antatt setningsfri bru på peler til berg.



Figur 2-7. Setninger på langs av veibanen (Roadex Network, 2013)

---

<sup>8</sup> Radius i en sirkelkurve i vegens vertikalprojeksjon.

### Setninger på tvers av veibanen:

Dette kravet påvirker trafikksikkerheten til de som kjører på veien, og virker inn på hjulenes gripeevne i asfalten. Disse setningene er som regel lokalisert langs hjulsporene der slitasjen er størst, se Figur 2-8. Ved store nedbørsmengder kan det gi oppsamling av vann, og fare for vannplanering.



**Figur 2-8. Setninger på tvers av veibanen (Roadex Network, 2013)**

Kravet til største tillatte setninger på tvers av veien er gitt som største tillatte tverrfallsavvik, og er 1 prosenthet<sup>9</sup> (Statens vegvesen, 2011). For bruer er tillatt tverrfallsavvik 0 % i dirkede overgang til brua og øker lineært til 1 % for en overgangsstrekning som er:

- 30 m ved  $V_{dim}$ : 50-70 km/t
- 50 m ved  $V_{dim}$ : 90-110 km/t

De målte setningsforskjellene bør ikke overgå kravene i løpet av konstruksjonenes dimensjoneringsperiode, som normalt er 20 år (Statens vegvesen, 2011).

Håndbok 018 sier at det skal tas hensyn til setninger både i undergrunnen og i fyllinger, og at det bør legges vekt på å unngå setningsforskjeller. Vegens over- og underbygning skal utformes med tanke på dette. For plankryss fastsettes krav til setningsforskjeller etter spesifikke vurderinger (Statens vegvesen, 2011).

Fundamentering på telefarlige masser i grunnen vil kunne forsterke setningshumper i veien. Håndbok 018 omtaler krav til frostsikring for å forhindre telehiv.

#### 2.7.2 Håndbok 017- Veg og gateutforming

Statens vegvesen fastslår at det skal settes fokus på overgangssonen mellom bru og veg. Ifølge Håndbok 017 om veg og gate utforming skal, ”kjørefeltbredder føres uendret over bruer” (Statens vegvesen, 2013, s. 125). Det heter videre at krav til trafikksikkerhet og estetisk utseende må bli tilfredsstillende, dette påvirkes av kurvatur og stigning på veien. Altså må overgangssetninger mellom bru og vei bli minimert slik at en sikker og behagelig utforming sikres.

#### 2.7.3 Håndbok 185- Bruprosjektering

Det er strengere krav til setninger inn mot brukonstruksjoner enn veien forøvrig.

<sup>9</sup> Endring mellom to prosentverdier.

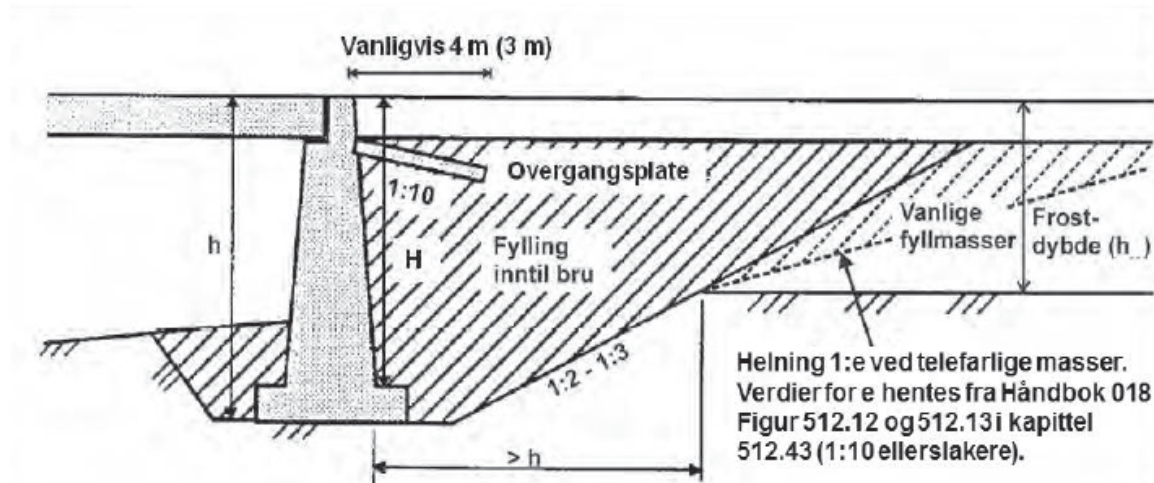
Statens vegvesens Håndbok 185 om bruprosjektering sier, ”nedbøyningsforskjeller ved fuger i kjørebanelen, for eksempel mellom overbygning og landkar, skal ikke overstige 5 mm” (Statens vegvesen, 2009, s. 160). Dette er kravet ved prosjektering, og deformasjoner i lagene skal inkluderes.

#### 2.7.4 Håndbok 274- Grunnforstreking, fylling og skråninger

Ifølge Håndbok 274 heter det: ”Setninger vil påvirke vertikalkurvaturen, noe som kan påvirke kjørekomforten og i verre tilfeller også trafiksikkerheten” (Statens vegvesen, 2012, s.17). Årsaken til fokus på å unngå setningsproblemer kommer av de store vedlikeholdskostnadene. Dette forklares av Håndbok 274 : ”Oppretting av veggen etter setninger er kostbart. Dessuten påføres grunnen en tilleggsbelastning som øker setningshastigheten og dermed forsterker problemene” (Statens vegvesen, 2012, s.17).

Håndbok 274 omtaler følgende tiltak for å minske setningene:

**Overgangsplate:** Platen kalles også avlastningsplate eller lastfordelingsplate. Ifølge Håndbok 274 skal den brukes der fyllingen ligger inntil landkar på bruer. Hensikten med platen er å jevne ut overgangen mellom tilløpsfylling og bru. Den skal fungere som en lastspreader og jevne ut setninger under platen. Platen legges med helning 1:10 ned i terrenget, se Figur 2-9. Innfestingen og stivheten i platen skal utjevne bruovergangen. Selve platen er av betong, den armeres og festes til landkaret. Den fungerer som en bru mellom landkaret og tilløpsfyllingen (Utah Department of Transportation, 2000). Hvis fyllingen er bygd opp av lette fyllmasser sier Håndbok 274 at det skal brukes overgangsplate uansett fyllingshøyde. Landkarløse bruer<sup>10</sup> skal alltid ha overgangsplater (Statens vegvesen, 2012). Manglende overgangsplate kan gi grunnlag for setningsforskjeller, men i enkelte tilfeller vil det forflytte problemet til overgangen mellom overgangsplaten og tilløpsfyllingen.



Figur 2-9. Fylling inntil bruer (Statens vegvesen, 2012)

**Friksjonsplate:** For noen bruer kan det også være aktuelt med en friksjonsplate for å kunne ta opp horisontale krefter som bremsekrefter. I praksis er en friksjonsplate en overgangsplate. Lengden er avhengig av friksjonen som skal mobiliseres i forhold til

<sup>10</sup> Landkarløse bruer unngår landkar ved direkte feste til endetverrbejelken, og har ingen ekspansjonsfuge for bevegelse av bruplaten.

lastopptaket til brua. Når landkaret er bygd, og evt. friksjonsplate utført, tilbakefylles det med lette masser inntil landkaret.

**Lette fyllmasser:** Generelt krever svak grunn lette masser, som lettklinker (løs leca) og EPS for å tilfredsstille en kompensert løsning<sup>11</sup> som skal gi setningsfri grunn. Håndbok 274 stiller krav til fyllmassene inntil bruer. Bakfyllingen inntil konstruksjonene skal ha ikke-telefarlige materialer, og fyllmassene inntil konstruksjonen skal ikke ha steiner større enn 30 cm. Fyllingen inntil bruer skal utføres med lett komprimerbare friksjonsmasser uten humus, snø, is eller teleklumper (Statens vegvesen, 2012). Skråningen ned mot stedlige masser skal være 1:2- 1:3, se Figur 2-9. Brulengden kan reduseres med lette fyllmasser i tilløpsfyllingene, dette er gunstig både for stabiliteten og for å unngå setninger (Statens vegvesen, 2001).

Kostnader vil avgjøre valget mellom EPS og lettklinker. Lettklinker er også tyngre enn EPS og gir en større last på grunnen. For en tilløpsfylling som skal bygges fullt ut kompensert må det ved bruk av EPS skiftes ut til eksisterende grunn og ned til en dybde som tilsvarer tyngden av betongplate og vegoverbygning. Alternativ løsning med lettklinker vil kreve større utgravingsdybde pga. høyere tyngdetetthet. Det vil også være forskjell på plassbehovet ved at EPS og lettklinker har ulike krav i forhold til bratteste skråningshelning (Statens vegvesen, 2012). Videre kan oppdriftsfaren ved høy vannstand påvirke valget. Det anbefales ofte masseutskifting med lettklinker til eksisterende terrengnivå, og EPS til underkant av veioverbyggingen. EPS har stor oppdrift, og ved utlegging av lettklinker til terreng redusere faren for at fyllingen blir ødelagt av oppdrift (Statens vegvesen, 2012).

**Komprimering:** Det stilles også krav til utlegging av materialene. I en avstand tilsvarende høyden av konstruksjonen skal bakfyllingen legges opp lagvis og komprimeres med vibrerende plate eller lett vibrovals. Lagtykkelse og komprimeringsutstyr er avhengig av massetype (Statens vegvesen, 2012). Ifølge Håndbok 274 skal fyllingen komprimeres slik at det ikke oppstår for store egenetninger i fyllingen.

## 2.8 Setningsreducerende tiltak

Først vil teori rundt tøyninger i jord bli gjennomgått, deretter vil det bli sett på ulike tiltak for å redusere setninger. Det må ut ifra vegstandard gjøres en vurdering av tillatte setninger og aktuelle setningsreducerende tiltak.

### 2.8.1 Tøyninger i jord

Teorien med setningsreducerende tiltak bygger på formelen for beregning av tøyninger i jord, se formel 6. Denne formelen er kun gyldig i det overkonsoliderte området, som har konstant stivhet selv om spenningsnivået endres (Emdal, 2009).

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma'}{M} [6]$$

der:

$\Delta\sigma'$  er endring i effektivspenninger

M er Ødometermodul (stivheten)

---

<sup>11</sup> En kompensert løsning innebærer masseutskifting, der jordmassene i tilløpsfylling blir erstattet av lette fyllmasser. Dette gjøres for å oppnå at netto pålastning skal være mindre eller lik null.

Reduksjon av tøyninger og deformasjoner i grunnen kan gjøres ved å redusere tilleggsspenningene eller ved å øke modulen (Janbu, 1970).

Prinsippet for å øke modulen kan gjøres på flere måter:

- Forbelastning
- Grunnvannssenkning
- Komprimering
- Elektro-osmose, eller elektrolyse i leire
- Termisk behandling av leire
- Masseutskifting av bløte topplag

Ved forbelastning, grunnvannssenkning og komprimering blir effektivspenningene økt midlertidig og setningene fremskyndet. Ved endelig pålastning av grunnen vil det bli mindre setninger. Dette kommer av at jordarten er blitt overkonsolidert, og har en større modul (Janbu, 1970). Komprimering gir fastere forhold og øker stivheten. Elektro-osmose uttørker leira. Det skjer en volumminskning ved at elektriske gradienter driver vann ut av porene, og øker modulen (Janbu, 1970). Elektrolyse i leire fører saltoner inn i porevannet, og ionebindingene øker styrken i leira. Ved masseutskifting kan de nye massene komprimeres til ønsket stivhet for å oppnå setningsreduksjon (Janbu, 1970).

### 2.8.2 Vedlikehold

Ved utvikling av overgangssetninger vil det etterhvert kreves vedlikehold for å rette opp skadene. Ut ifra størrelsen på differansesetningene kan størrelsen på humpene defineres, se Tabell 1. En betydelig hump som krever reparasjon er på omtrent 75 mm, og blir humpen større enn ca. 75 mm er den en fare for trafikken (Stark et al, 1995). Allerede ved differansesetninger over ca. 13 mm er det sannsynlig at det vil kreves vedlikehold for å minske skadeomfanget (Stark et al, 1995).

Beskrivelse	Omtrentlige differansesetninger
Ingen overgang	~ 0 mm
Svak hump	~ 25 mm
Moderat hump	~ 50 mm
Betydelig hump	~ 75 mm
Stor hump	> 75 mm

Tabell 1. Størrelsesorden på humper (Stark et al, 1995)

Oppjekking og asfaltering er to vanlige vedlikeholdstiltak for å rette opp og forhindre fremtidige overgangssetninger på eksisterende bruer.

**Oppjekking:** Setningene på søyler og landkar for en bru kan gi bidrag til overgangssetninger. Et brutekniske tiltak for å redusere disse skadene er oppjekking. Hvis bruplatene får synlig bueform på grunn av større setninger på landkarene enn på søylene kan det gjøres en oppjekking. En oppjekking utføres på landkaret for å jevne ut bøyepeningene og få tilbake den opprinnelige formen på brua.

**Reasfaltering:** Reasfaltering er et mye brukt tiltak for å rette opp skader fra overgangssetninger. Det kan bli en ujevn flate etter reasfaltering, og problemet blir da ofte forverret etter kort tid. Økt vekt fra asfalten vil forsterke eksisterende setninger.

Reasfaltering må kombineres med andre tiltak for å hindre fremtidige humper ved bruovergangen.

### 2.8.3 Grunnforsterkningstiltak

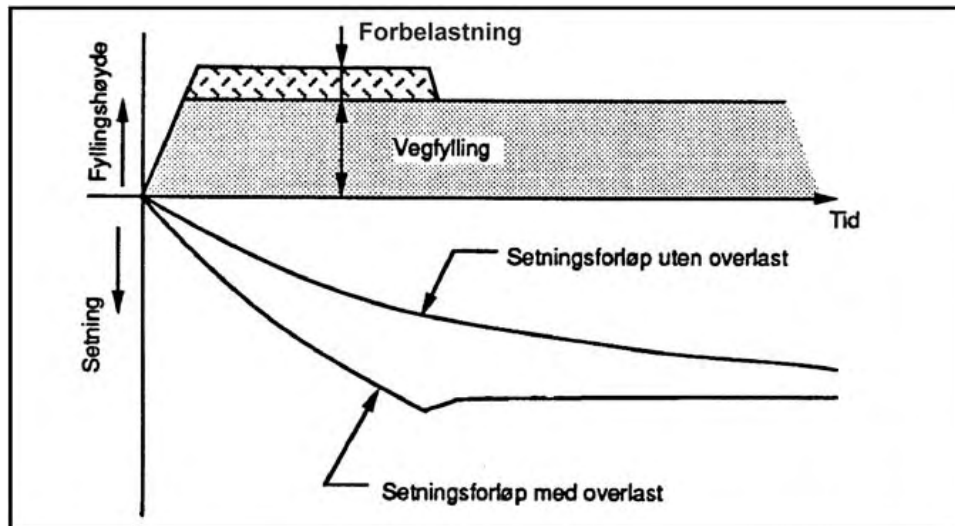
Grunnforsterking innebærer å øke jordas styrke, der målet er å øke skjærstyrken og stivheten i grunnen (Statens vegvesen, 2012). Grunnforsterkningstiltak gjøres ofte for å bedre stabiliteten og hindre setninger. De vanligste tiltakene mot setninger blir omtalt under:

**Grunnvannssenking:** Senkning av grunnvannstanden er ofte ønskelig ved utgraving for å sikre tørr byggegrøp og stabile skråninger (Statens vegvesen, 2012). Det er vanlig å etablere en dreneringsgrøft, og grunnvannsnivået senkes ettersom dreneringen forløper. Som følge av mindre poretrykk på sikt vil det bli økt effektivspenninger, se kap. 2.1. Etter at setningene fra dette har forløpt vil det bli mindre fremtidige setninger i området. Økning av effektivspenninger ved grunnvannssenking vil også forbedre jordas skjærfasthet og bæreevne. Det må tas hensyn til at dette tiltaket kan gi setningseffekter på nabotomter (Statens vegvesen, 2012).

**Vertikaldren:** Innsatte vertikaldren kan redusere poretrykket og akselerere konsolideringsprosessen, se kap 2.1. Dette er en rask metode for å bli kvitt effektivspenninger over et større område. Det er vanlig å bruke prefabrikkerte plastrør som dreneringsrør. Spesielt vil setninger i jordarter med lav permeabilitet kunne påskyndes. Metoden er egnet i kombinasjon med forbelastning (Statens vegvesen, 2011). For begge metoder må det gjøres en stabilitetsvurdering i forkant.

**Forbelastning:** Det blir lagt på en overhøyde for å påskynde setningsforløpet og redusere fremtidige setninger (Statens vegvesen, 2012). Jorda blir komprimert ved at kornskjellet blir presset sammen (Emdal, 2009). Det er ofte vanlig med en 2-3 m høy fylling som legges over eksisterende terreng, grunnen får da en større belastning enn den er tiltenkt. Fyllingspartiet legges som regel ut trinnvis for å ha kontroll på poretrykket, og for å sikre stabiliteten. Ofte velges masser av sprengstein eller sand/grus, stedlige masser blir ofte brukt. For bruer utlegges masser slik at de gir full belastning på hele fundamentflaten (Statens vegvesen, 2012). Det utføres setningsmålinger for å bestemme når forbelastningen kan fjernes, se kap. 2.9. Forbelastningen må ofte ligge 3-6 måneder for at egensetningene i fyllingen skal være ferdige (Statens vegvesen, 2012). Det blir ofte antatt at ca. halvparten av setningene forårsaket av forbelastningen blir unnagjort etter 6 måneder (Hagen, 2009). I prinsippet kan forbelastningen fjernes når primærsetningene for fylling uten overhøyde er nådd. Dette grunnforsterkningstiltak tar tid, og et vanlig problem er at overhøyden ligger for kort på grunn av driftsforhold for anlegget. Målet er at setningsforløpet med overhøyde skal flate ut sammenlignet med setningsforløp uten overhøyde, og at den totale setningstiden blir redusert. Dette vises i Figur 2-10. En vellykket forbelastning avhenger av nøyaktige setningsberegninger i prosjekteringen (Statens vegvesen, 2011). En forbelastning vil også kunne motvirke en eventuell reduksjon av bæreevnen til pelene. Dette kan oppstå hvis grunnen setter seg mer enn pelene (Hagen, 2009).



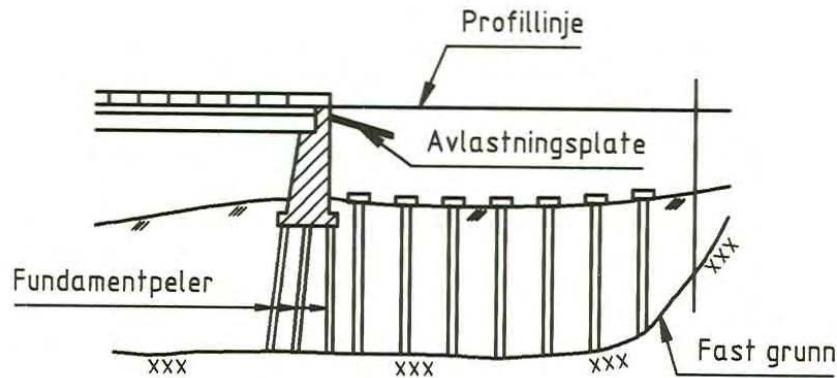


Figur 2-10. Akselerert setninger ved forbelastning (Statens vegvesen, 2011)

**Masseutskifting:** Masser med utilstrekkelig bæreevne kan erstattes med andre masser. Dette er en aktuell metode for grunn bestående av torv, humusholdig jord, silt og leire. Sprengstein er ofte brukt som erstatningsmasse. Ofte kan massene lagres på tilløpsfyllingen under utskiftingen, slik at en trinnvis oppfylling sikres.

**Lette masser:** Det er et gjeldende prinsipp for setningsømfintlig grunn å bruke lette masser med lavere tyngdetetthet enn de stedlige massene. Fordelen med bruk av lette masser som EPS i en fylling er lav vekt. Målet med lette masser er å redusere belastningen på grunnen og dermed bæreevneproblemer. Samtidig skal stabiliteten i grunnen sikres og setningene i grunnen begrenses. Lette masser kan også fungere som isolasjonsmateriale, men har ulempen av å gi fare for oppdrift (Statens vegvesen, 2012). Krav til legging av lette masser er omtalt i kap. 2.7.4.

**Peling under tilløpsfylling:** Det peles under tilløpsfyllinger til bruer for å overføre vekten av fyllingen til fast grunn, og for å sikre stabiliteten. Dette vises i Figur 2-11. Lasten kan da økes, men det vil kunne gi poretrykksøkninger i grunnen. Peling kan gi høyere fyllinger som kan gjøre at brulengden kan kortes ned. Ved overgang fra fylling på peler, til vanlig fylling kan det benyttes lastfordelingsplate, lette masser og kortere peler. Ifølge Håndbok 274 vil dette også håndtere setningsproblem i overgangen mellom fylling og bru (Statens vegvesen, 2012).



**Figur 2-11. Peling under fylling (Statens vegvesen, 2012)**

**Kalksementpeler:** Peler med et gitt innblandingsforhold av kalk og sement brukes til å forsterke grunnen. Kalk og sement vil reagere kjemisk med jorda og danne et materiale med større skjærfasthet og stivhet (Statens vegvesen, 2012). Dette tiltaket brukes der grunnforholdene er dårlige. Det må utføres grunnundersøkelser og forsøk med innblanding av kalk/sement på forhånd. I tillegg til å redusere setninger vil det øke stabiliteten og bæreevnen for grunn med leire inntil dybder på 25-30 m (Statens vegvesen, 2012). Dimensjonerende skjærfasthet av pelene skal verifiseres gjennom laboratorieforsøk ifølge Håndbok 018. Kalk og sementpeler kan være vanskelig å bruke i skråninger med dårlig stabilitet da det i installasjonsfasen settes opp poreovertrykk som reduserer styrken i jorda (Statens vegvesen, 2011).

**Myrbru:** Myrbru utføres som regel som en kontinuerlig platebru av betong. Bruplaten fundamenteres på rader av peler til faste masser. Ved store forskjeller i vannstand eller store dybder til berg er dette et alternativ til lette masser og masseutskifting (Statens vegvesen, 2011).

**Injeksjon:** Dette tiltaket er gjeldene for tunneler i fjell og ved forsterkning av bløt grunn. Det kan brukes som forsterkning av grunnen ved vanskelige grunn- og plassforhold (Statens vegvesen, 2012). Ved sprenging av tunneler vil fjellet over og rundt tunnelen bli drenert. Det kan oppstå setninger på overliggende terreng og bebyggelse hvis tunnelen ikke er tett mot grunnvann. Ved å injisere sprekker og knusningssoner i fjellet vil det bli tett mot vannlekkasjer. Det kan være aktuelt med et vanninfiltrasjonsanlegg ved tunnelbygging. Et slikt anlegg kan holde oppe poretrykket i anleggstiden, da poretrykket er naturlig drenert mot dybden (Statens vegvesen, 1999).

## 2.9 Målemetoder for setningskontroll

Ut ifra hvilke setninger som skal registres bestemmes målemetoden. Det kan være setninger fra undergrunnen som skal måles eller totalsetninger som inkluderer setninger fra en evt. overhøyde med utlagt materiale (Statens vegvesen, 2010). Det kan være viktig å følge setningsutviklingen i en forbelastningsperiode for å se om setningene blir unnagjort (Statens vegvesen, 2012). Det stilles krav til nøyaktigheten ved setningsmålinger. Setningsmålinger skal gjøres med gitt tidsperiode, målenøyaktighet, og frekvens slik at restsetningene kan bestemmes. Teles innvirkning på de målte setninger skal også tas hensyn til (Statens vegvesen, 2011).

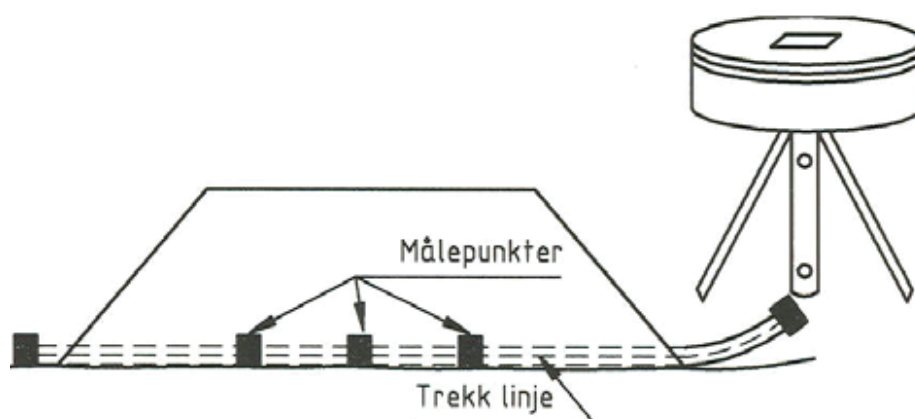
Etter Håndbok 016 kan setninger måles ved følgende metoder:

- Nivellering
- Setningsplater
- Slangesetningsmåling

**Nivellering:** Nivellering utføres fra faste punkter på toppen av fyllingen (Statens vegvesen, 2010). Etablerte målepunkter på fyllingstoppen måles inn. Denne metoden gir totalsetninger. Det anbefales å kontrollmåle fastmerkene hvert år før setningsmålingene starter pga. tele som kan heve fastmerkene. Det kan da bli nødvendig å justere høyden på fastmerkene, og kjøre ny stasjonsetablering med innmåling.

**Setningsplater:** Det installeres målepunkter på opprinnelig terreng. Dette gjøres ved å etablere stenger på stive plater under fyllingen (Statens vegvesen, 2010). Stengene forlenges etter hvert som fyllingen legges på. Etter Håndbok 274 skal topp av stang alltid nå fyllingstoppen. Når fyllingen er etablert måles toppen av stangen inn. Sammenligning mot innmåling av punkter på topp av fylling gir setningsutvikling i grunn og fylling (Statens vegvesen, 2012).

**Slangesetningsmåling:** Det utlegges måleslanger på terrenget før etablering av fyllingen (Statens vegvesen, 2012). Slangene fylles over med stedlige masser for beskyttelse. Slangene måles inn av en slangesetningsmåler, se Figur 2-12. Måleren står på et stativ og består av en trykksonde koblet til en væskefylt sonde og en elektronisk trykkmåler. Stativets kotehøyde utgjør referansenivået. Avlesning av trykksondens kotehøyde i forhold til stativets kotehøyde vil på et vilkårlig punkt i slangen utgjøre væsketrykket (Statens vegvesen, 2012). Denne målemetoden gir størst nøyaktighet, og angir setninger i grunnen og egensetninger i fyllingen.

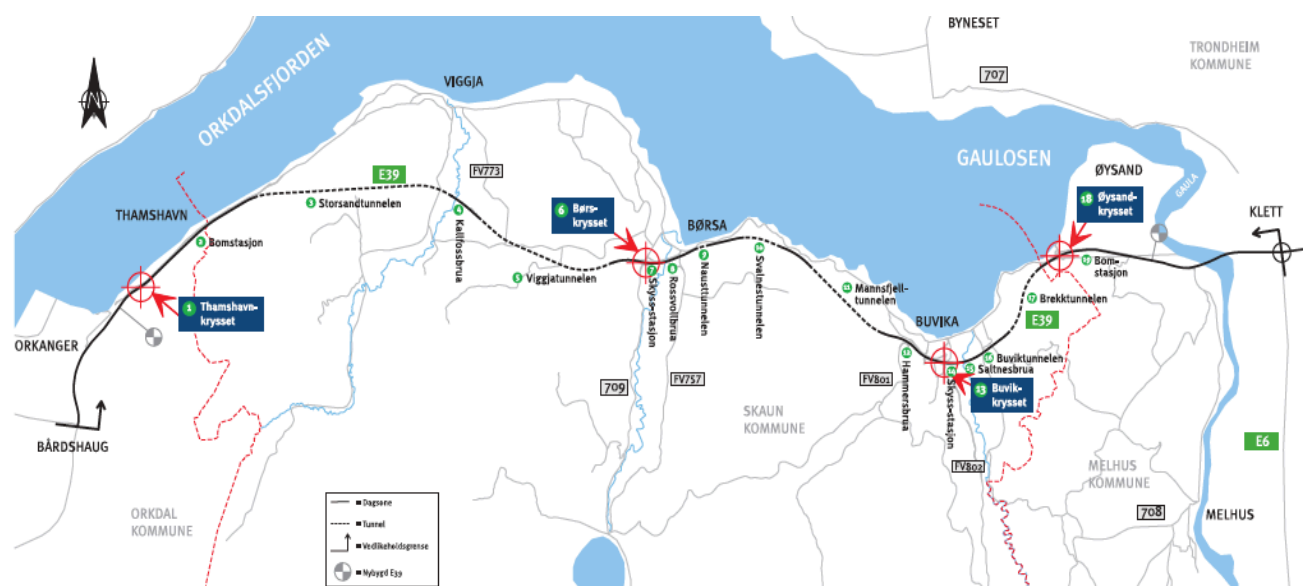


**Figur 2-12. Oppsett slangesetningsmåler (Statens vegvesen, 2012)**

### 3. OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug

#### 3.1 Beskrivelse av prosjektet

E39 går mellom Klett og Bårdshaug (Orkanger) i Sør-Trøndelag fylke, oversiktskart over strekningen vises i Figur 3-1. Dette er Norges første store OPS-prosjekt innenfor samferdsel (OPS-portalen Norge, 2004). Det er vanskelige grunnforhold i området, og dette har gitt mange geotekniske utfordringer. Prosjektet inneholdt 27 km vei, og av dette er 22 km ny vei. Resten består av eldre vei, som er delvis oppgradert i 2005 (Skanska AS, 2005). Av den nye veistrekingen er det ca. 10,5 km med tunneler og fire større bruer med samlet lengde på ca. 800 m (Skanska AS, 2005). Veien ble åpnet 30. juni 2005, etter en byggetid på rundt 26 måneder (Statens vegvesen, 2010).



Figur 3-1. Oversiktskart (Skanska AS, 2005)

#### 3.2 Avgrensninger

Strekningen gjennom Buvika og Børsvatnet er området som vil bli sett på. Det aktuelle området vises i Figur 3-2. Oversiktskart over områdene med profilnummer vises i vedlegg 1. Totalt tre bruer i Buvika og to bruer i Børsvatnet vil bli gjennomgått, disse er:

- Saltnesbrua
- Overgangsbrua Buvika
- Hammersbrua
- Rossvollbrua
- Overgangsbrua Børsvatnet



Figur 3-2. Børsa og Buvika (Skanska AS, 2005)

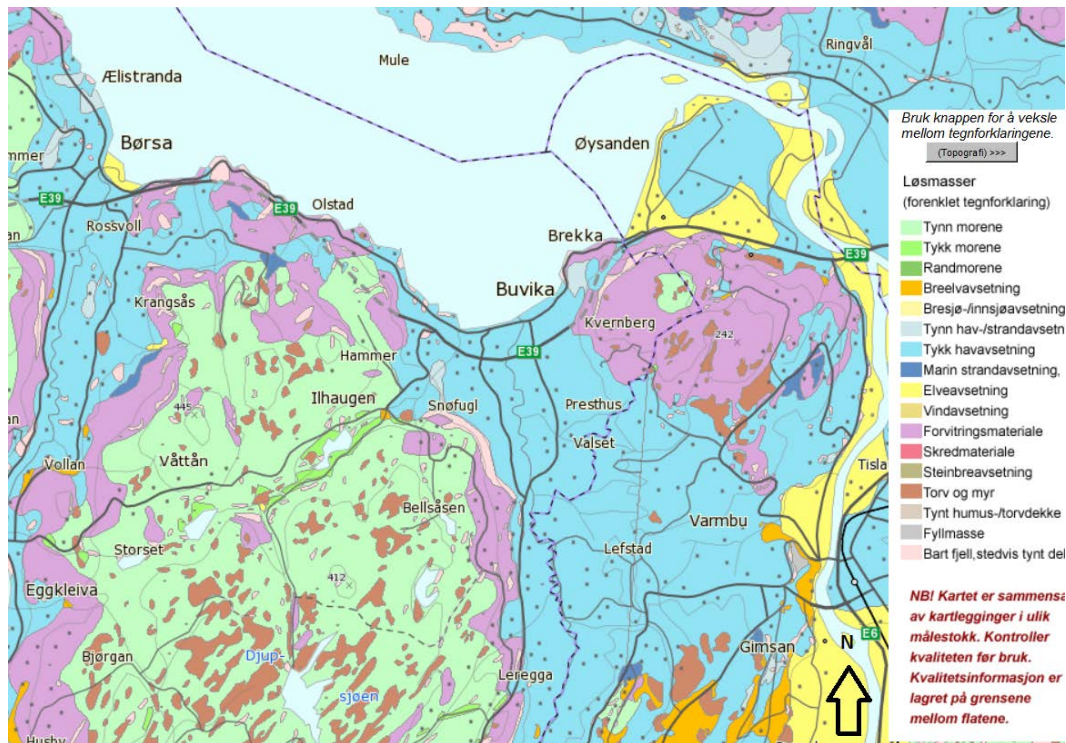
### 3.3 Grunnforhold i Buvika og Børsa

Det er tykk havavsetning (marine avsetninger) bestående av silt og leire i området ifølge løsmassekart til NGU, se Figur 3-3. Det er mektige lag med kvikkleire i grunnen for store deler av prosjektet (Vianova, 2002). Kvikkleire defineres som å være flytende etter omrøring, og har lav skjærstyrke samt meget høy sensitivitet<sup>12</sup>.

I Buvika dominerer løsmassene av middels fast leire med udrenert skjærstyrke på 20-55 kPa (Statens vegvesen, 1997). Løsmassene i Børsa er av samme type som i Buvika, men avsetningene er mektigere (Statens vegvesen, 1987). I Buvika er det kvikkleire på begge sider av elva Vigda, men ikke langs selve elva (Hove, 2004). Det er bløt leire med udrenert skjærstyrke på 10-25 kPa i Børsa (Statens vegvesen, 2000). Leira er lagdelt med tynne siltlag, og lag av sand/silt er også påtruffet. Ved krysning av Børselva er leira fastere og ikke kvikk (Statens vegvesen, 2000). Seismiske målinger viser at grunnvannstanden ligger høyt i Buvika og Børsa, for det meste 1-2 m under terreng (Statens vegvesen, 1987).

For de tre lengste bruene; Rossvollbrua, Saltnesbrua og Hammersbrua, er det økende sonderingsmotstand i dybden (Skanska AS, 2002). Dette tyder på relativ gode grunnforhold her. Løsmassene består for det meste av middels fast til faste leire, med varierende siltinnhold og innslag av tynne siltlag (Skanska AS, 2002). Middels faste leirmasser blir ikke flytende ved omrøring sammenlignet med kvikkleire (Statens vegvesen, 1996).

<sup>12</sup> Sensitivitet er et mål på materialets følsomhet for omrøring, og beskriver forholdet mellom opprinnelig og omrørt skjærstyrke.



**Figur 3-3. Løsmassekart Buvika og Børsa (NGU, 2012)**

Løsmassene i Buvika og Børsa er krevende å undersøke med hensyn på prøve kvalitet. Den meget høye sensitiviteten gjør at det er vanskelig å ta opp uforstyrrede prøver fra kvikkleira (Skanska AS, 2002). Faregrad for kvikkleire er betegnet som høy i området, se Figur 3-4. Generelt graderes risiko for kvikkleireskred fra 1-5, der 5 er alvorligste grad (NVE, 2012). Følgende risikoklasser for kvikkleireskred er definert for dette prosjektet (Haavardsholm, 2005):

Buvika:

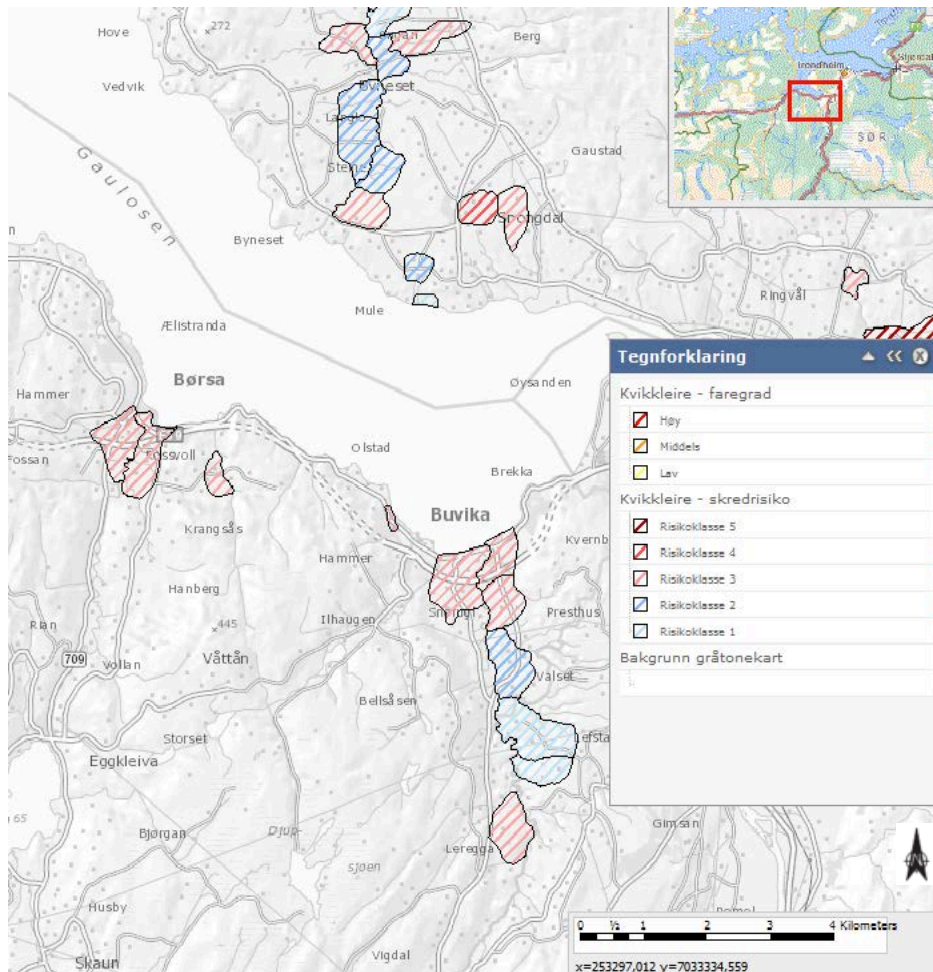
- Brekketunnelen til Vigda (Saltnesbrua): Risikoklasse 4
- Vigda til Hammerbekken (Hammersbrua): Risikoklasse 5

Børsa:

- Nausttunnelen til Børselva (Rossvollbrua): Risikoklasse 5
- Børselva til Viggjatunnelen: Risikoklasse 4

Områdene har vært utsatt for skred, og det gikk to store kvikkleireskred på begynnelsen av 1700-tallet i Buvika (Haavardsholm, 2005). Erosjonssikring av elvene, nedplanering mellom bebyggelsen i nord og ny E39 i sør, og etablerte motfyllinger<sup>13</sup> gjør at Buvika i dag ikke lenger er et risikoområde. For Børsa er det gjort erosjonssikring med steinplastring og bunnheving av Børsaelva (Haavardsholm, 2005).

<sup>13</sup> Motfyllinger etableres for å sikre stabiliteten til en veifylling, og det er viktig at de ikke blir fjernet (Statens vegvesen, 2012).



Figur 3-4. Faregrad og skredrisiko (NVE, 2012)

### 3.4 OPS-metoden

Denne metoden står for offentlig privat samarbeid. Det er en forholdsvis ny kontraktsform for offentlige investeringer. Et eller flere selskaper gjør avtale med myndighetene om å bygge, finansiere, drifte og vedlikeholde et byggprosjekt (Seehusen, 2013). Det offentlige utlyser helhetsansvaret for prosjektet, og det gjøres en prekvalifisering<sup>14</sup> for å finne det gunstigste tilbudet. Bedriften forplikter seg til å overlate det som er bygget til oppdragsgiveren etter en gitt tidsperiode, ofte 25 år, slik det er beskrevet i kontrakten (Seehusen, 2013).

Utarbeidelse av reguleringsplaner i forkant av et omfattende OPS-prosjekt kan være tidkrevende. Å få på plass finansieringen ved et OPS-prosjekt kan også være omfattende.

Det samlede ansvaret i en OPS-kontrakt gjør at det må bygges med tanke på livsløpskostnader. Gjennomføringsmessig er OPS-prosjekt en lønnsom kontraktsform. Dette vitner prosjektet E39 Klett-Bårdshaug om der veien ble åpnet 2 måneder før planen (Statens vegvesen, 2012). Ifølge OPS-selskapet Orkdalsvegen AS er utbyggingstiden for dette prosjektet på ca. 40 % kortere tid enn ved tradisjonell utbygging.

<sup>14</sup> En åpen internasjonal konkurranse, der selskapet med det beste tilbudet vinner kontrakten.

### 3.5 Aktørene i prosjektet

De tre sentrale aktørene i prosjektet er:

- Oppdragsgiver: Statens vegvesen Vegdirektoratet
- OPS-selskap: Orkdalsvegen AS
- Entreprenør og driftsoperatør: Skanska Norge AS

Her innebærer OPS-kontrakten at Staten ved Vegdirektoratet betaler for en vei med avtalt kvalitet og vedlikeholds nivå. Dette har Orkdalsvegen AS ansvar for, de har totalansvaret for vegstrekningen fram til 1. september 2030 (Statens vegvesen, 2010). Skanska AS har videre totalentreprise på prosjektet og har innleid rådgivende ingeniører (Vianova, 2002).

Følgende konsulenter jobbet på prosjektet (Vianova, 2005):

- Geoteknisk prosjektering i kvikkleireområder: Norges geoteknisk institutt (NGI)
- Geoteknisk prosjektering utenfor kvikkleireområder: Multiconsult i Trondheim
- Byggeteknisk prosjektering og prosjektledelse: Dr. Ing. A. Aas Jakobsen
- Vegprosjektering: ViaNova Plan og Trafikk og AnkoNova
- Ingeniør geologi: Sweco i Trondheim
- Elektronikk: Electronova
- Lanskapsplanlegging: Asplan Viak i Trondheim
- Støyskjerming: Brekke Strand Akustikk

Selve OPS-kontrakten er delt i to deler; en byggekontrakt og en driftskontrakt. Driftskontrakten omhandler ikke alle bygge objekter. Skanska har ansvar for drift/vedlikehold av E39 og alle veikonstruksjonene. Vedlikehold av lokalveger er Statens vegvesens ansvarsområde.

### 3.6 Prosjekteringsforutsetninger geoteknikk

Dette prosjektet var så krevende at det ble plassert i prosjekteringsklasse 3 etter NS 3480, Norsk Standard for geoteknisk prosjektering. Det ble gjort grunnundersøkelser i prosjektet med utgifter på ca. 5 millioner kr (Hove, 2007). For prosjekteringsklasse 3 kan oppdragsgiver bestemme at kontrollen av prosjekteringen i tillegg skal gjøres av en person eller organisasjon som er uavhengig av den geotekniske prosjekterende (Standard Norge, 1989). Ifølge den geotekniske sluttrapporten, ble dette valgt her. Det betyr at all prosjektering i Børsla og Buvika ble gjennomgått av en uavhengig geoteknisk ekspert, Gunnar Aas. Det var også utstasjonert en geotekniker på anlegget i byggetiden, Bjørn Haavardsholm. Det var også krav til poretrykkmålinger, setningsmålinger, feltlab og oppfølging i byggefasen (Hove, 2007).

Prosjekteringsforutsetninger for Dagsoner Buvika og Børsla setter følgende funksjonskrav til setninger: ”*Setningsutvikling som er sterkt avtagende gjennom perioden og tilnærmet stoppet opp, skal ikke ha mer enn 80 % av tillatt differansesetninger. Setningsutvikling som fortsatt pågår og er normal i forhold til fundamenterings-/grunnforhold, skal ikke ha mer enn 30 % av tillatt differansesetninger. Nivåforskjell mellom brudekke og grunnen i bakkant skal maksimalt være 10 mm. Setningsutviklingen skal være sterkt avtagende gjennom perioden eller stoppet opp*” (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003, s. 2). For bruer og konstruksjoner i prosjektet er setningskrav knyttet til en periode på **10 år** fra



overtagelse. Alle konstruksjoner skal prosjekteres for **100 års** levetid (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

Kravet til 10 mm differansesetninger gjelder ved overtagelse av veien til Statens vegvesen, som er etter 25 år, og videre 10 år frem i tid. Dette blir i tidsrommet 2030-2040. Differansesetninger mellom bru og fylling ble på forhånd sett på som et potensielt problem for alle bruene i prosjektet (NGI, 2003). I kap. 8 vil det gjøres en vurdering av om funksjonskravene blir tilfredsstillt.

### 3.7 Dimensjonering av setninger

Det er utført setningsberegninger for hånd og med programmet ENKONS av NGI i 2003 for de ulike bruene. ENKONS er et regneprogram for beregning av endimensjonal konsolidering. De beregnede verdiene vil bli presentert under setningsbetraktning for hver bru.

For noen av bruene er det forutsatt homogen leire uten noen drenerende lag. I praksis inneholder leira flere drenerende sandlag, slik at setningshastigheten og totalsetninger undervurderes (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Beregninger med innlagte drenerende lag har større setningshastighet, og dette gir større totalsetninger. Overgangsbrua i Buvika har ingen drenerende lag. For Overgangsbrua i Børsea er det ikke funnet dokumentasjon på antall drenerende lag. De andre bruene har 2-8 drenerende lag (NGI, 2003).

For grunn med bløt leire og kvikkleire kan det være en overkonsolideringseffekt som ikke kommer frem pga. prøveforstyrrelser (Statens vegvesen, 2001). Jordmassene er konsolidert for en større vekt og har en høy forbelastningsspenning, se kap. 2.1. Dette gjelder Overgangsbrua i Børsea. De anslåtte setningene anses som en øvre grense her, og det kan være mindre setninger enn beregnet (Statens vegvesen, 2001).

Setningsberegninger avhenger av dybden til berg og forplantningsdybden til tilleggsspenningene. Det er tilleggsspenninger i dybden pga. trapeslast fra tilløpsfyllingen. Det er ikke tatt hensyn til at tilleggslasten vil avta under fyllingen i en avstand fra senterlinjen på veien (i tverretningen av fyllingen) i setningsberegningene (NGI, 2003).

Det er også utført setningsberegning av Dr. Ing. A. Aas Jakobsen i byggeplanrapporten for noen av bruene. Det er her antatt ingen drenerende lag (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). For fyllinger som bygges opp i 3 m tykke lag og komprimeres for hvert lag, vil egensetningene bli i størrelsesorden 0,5 % av fyllingshøyden. Det meste av setningene ventes å komme i løpet av 6 måneder etter utlegging, se kap. 2.8.3. Dette grunnlaget gjorde at egensetninger i fyllingene ikke ble antatt å være et problem (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

### 3.8 Setningsmålinger

Det er utført setningsmålinger på alle bruene av Skanska i perioden 2005 til 2011. Setningsbolter ble installert på bruene i 2004, og høyden fra 2004, 2005, 2007 og 2010 er fastmerker. Stasjonsetablering med innmåling ble gjort ut ifra disse punktene. Fastmerkene ble kontrollmålt hvert år før setningsmålingene startet. Det er målepunkt på asfaltdekket på rampene, og på bolter på bru og rør. Måleresultater vil bli gjennomgått i kapittel 6. Målingene er utført som setningskontroll med oppfølging til

krav i kontrakten. Det skulle opprinnelig måles hver 2 måned, men målingene er utført noe sporadisk. Avtalte områder ble kontrollmålt siste gang i oktober 2011. Neste kontrollmåling skal være høsten 2016 (Skanska AS, 2012).

## 4. Bruer i Buvika

Buvika er et tettsted i Skaun kommune i Sør-Trøndelag. Elva Vigda renner gjennom Buvika. E39 går gjennom Buvika, og krysser elva Vigda. Oversiktsbilde av Buvika vises i Figur 4-1. Det er avkjørsel til Buvika sentrum ved overgangsbrua i toplanskrysset. Følgende bruer skal gjennomgås i Buvika:

- Saltnesbrua
- Overgangsbru Buvika
- Hammersbrua



Figur 4-1. Oversiktsbilde Buvika (Vianova, 2002)

### 4.1 Saltnesbrua

Dette er brua som går over elva Vigda i Buvika, med profilnummer 7 090-7 302, se Figur 4-2. Lokalveg i Hamnerdalen går under brua på østsiden av Vigda.



Figur 4-2. Saltnesbrua (Google maps, 2010)

#### 4.1.1 Grunnforhold

Østre dalside ved Vigda har fast leire til 8 m dybde, og derunder er det fast til middels fast leire. Disse massene er antagelig rekonsoliderte rasmasser, og prøvetaking viser at massene består av leire med varierende siltinnhold (Statens vegvesen, 2001). Vestre dalside har fast leire til 8 m dybde, og derunder er det fast til middels fast leire

(Statens vegvesen, 2001). Det er kvikkleire på begge sider av elva Vigda, men ikke langs selve elva (Hove, 2004). Det antas bergdybde på 100-125 m (Skanska AS, 2002).

Fra profil 7 270 er det boret 71 m uten at berg er påtruffet. Under et topplag med tørrskorpe<sup>15</sup>, er det leire med relativ liten fasthet fra 2-10 m dybde. Fra 10- 42 m dybde er massene en del grovere. Sonderingene viser overgang til bløtere og mer homogene/finkornige masser (leire) ved ca. 42 m dybde (Skanska AS, 2002). Et omtrentlig jordprofil for profil 7 270 vises i Tabell 2.

Dybde (m)	Jordtype
0,0-2,0	Tørrskorpe
2,0-10,0	Leire
10,0-42,0	Sandig/grusig leire
42,0-71,0	Bløtere leire
71,0	Stoppet

**Tabell 2. Jordprofil Saltnesbrua, profil 7 270 (Skanska AS, 2002)**

Grunnvannstanden antas ca. 2 m under terreng (Statens vegvesen, 1996). Utført poretrykksmåling øverst i østre dalside viser et betydelig undertrykk i forhold til hydrostatisk trykkfordeling (Statens vegvesen, 1996).

Østre dalside har en høyde på ca. 15 m, og en gjennomsnittlig helning på ca. 1:2,7. For vestre dalside er det slakere med en høyde på ca. 17 m og gjennomsnittlig helning på ca. 1:8 (Statens vegvesen, 2001).

#### **4.1.2 Konstruksjon og fundamentering**

Dette er en bjelkebru, bygget i betong over 7 spenn med en samlet lengde på 212 m. Avstand mellom aksene er 26-32 m, se vedlegg 3. Brua er fundamentert på svevende og åpne stålrørspeler, Ø 813/14,2 mm. Pelelengder er på 85-90 m, utstøpt lengde er 25 m og stålkvalitet S355 (Haavardsholm, 2005). Se peleplan, vedlegg 5. På forhånd var det anbefalt å ikke bruke massefortrengende pelar, som ikke bygger opp poretrykket (Statens vegvesen, 2001).

Det ble utført prøvebelastning på to av de åpne stålrørspelene, henholdsvis 25 m og 50 m, for å bestemme bæreevne og endelige pelelengder (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Pelene ble testet for strekk nede ved Vigda, og lastene ble påført med hydrauliske jekker (Rongved, 2004).

Tilløpsfylling på vestsiden er bygd opp av lettklinker og sprengstein i en høyde på 6-7 m. Tilløpsfylling på østsiden er bygd opp av EPS i en høyde på opptil 7 m (Statens vegvesen, 2001), se vedlegg 4. Skråningshelningen for vestre fylling er ca. 1:10 (NGI, 2003). Oppbygging med EPS kan være valgt for å oppnå gode nok grunnforhold da østre dalside består av rekonsoliderte rasmasser. Tilløpsfylling med EPS bedret også stabiliteten ved omlegging av Vigda (Haavardsholm, 2005). Stabilitetsberegninger viste at sikkerheten ikke var akseptabel med kun bruk av sprengstein i fyllingen (NGI, 2003).

---

<sup>15</sup> Tørrskorpe består av forvitret leire, og topplag av organisk materiale og evt. lokale forekomster av friksjonsmasser.

Det ble gjort tiltak for å erosjonssikre elva Vigda i 2004. Tiltakene bestod i steinplastring av elvesidene og bunnheving av elva med 2 m. Dette ble gjennomført fra Buvikafjæra og til ca. 1 100 m forbi Saltnesbrua. Elva Vigda ble også omlagt da sikkerhet mot utglidning var for lav (Haavardsholm, 2005).

#### 4.1.3 Setningsbetrakning

Setningene på østre landkar ble på forhånd vurdert som små (Statens vegvesen, 2001). For landkar på vestsiden er terrenget mer skrått. Selv om stabiliteten av tilløpsfyllingen er vurdert som god ble det antatt å komme en del setninger, i størrelsesorden 100-200 mm. Setningsberegninger er utført av NGI i programmet ENKONS. For tilløpsfylling på vestsiden ble det antatt totalsetninger på ca. 200 mm som vil komme etter rundt 50 år, og ca. 150 mm primærsetninger er unnagjort i løpet av de første 6 årene etter oppfylling. Det ble brukt et idealisert tverrprofil av tilløpsfyllingen med en høyde på ca. 6 m, og et innhold bestående av ca. 60 % lettlinker. Drenerende lag ble antatt ved dybde 2, 30 og 71 m (bergdybde). Det ble forventet at mesteparten av primærsetningene ble unnagjort i løpet av byggeperioden, og at kryptsetninger er av underordnet betydning (NGI, 2003).

#### 4.2 Overgangsbru Buvika

Dette er overgangsbrua i toplanskrysset, med profilnummer 7 400-7 600, se Figur 4-3. E39 går i en 3-6 m høy skjæring gjennom krysset og fv. 802 går på overgangsbrua over krysset (Statens vegvesen, 2001). Avkjøring til Buvika sentrum er på nordsiden av krysset.



Figur 4-3. Overgangsbru Buvika (Bratlie, 2013)

##### 4.2.1 Grunnforhold

Grunnen består for det mest av middels fast og noe sensitiv leire. Udrenert skjærstyrke ligger på 25-50 kPa, og vanninnholdet ligger på ca. 25-30 %. Det meste av krysset har ikke kvikkleire, men vestre del av brua kommer inn i et område med kvikkleire. Kvikkleiresonen er relativt lokal (Statens vegvesen, 2001). Det er boret 30 m uten at berg er påtruffet (NGI, 2003). Et omtrentlig jordprofil for profil 7 380-7

620, øst for krysset, vises i Tabell 3. Grunnvannstanden ligger ca. 1 m under terreng med hydrostatisk trykkfordeling på nordsiden av krysset (NGI, 2003).

Dybde (m)	Jordtype
0,0-2,0	Tørrskorpe
2,0-8,0	Leire
8,0-20,0	Kvikkleire
20,0	Stoppet

**Tabell 3. Jordprofil Overgangsbru Buvika, profil 7 380-7 620 (NGI, 2003)**

For sør-østsiden av krysset er det en naturlig skråning med helning på ca. 1:4,5, og for sør-vestsiden er det en gammel rasgrop. For nord-vestsiden av krysset er det en naturlig skråning med helning på ca. 1:5,5, og for nord-østsiden er det en gammel rasgrop (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

Det gikk et kvikkleireras i oktober 2003 ved profil 7 670-7 700, dette er vest for Saltnes krysset. Raset var ca. 25 m bredt og ca. 30 m langt, og artet seg som en horisontalforskyvning med oppsprekking av terrenget rundt (Hove, 2004).

#### **4.2.2 Konstruksjon og fundamentering**

Dette er en spennarmert betongplatebru, bygget over 3 spenn med en samlet lengde på 35 m. Avstand mellom aksene er 6,5 m og 22 m, se vedlegg 3. Minimumshøyde på brua er 4,85 m. Bredden på søylene til brua er 900 mm og avstanden mellom dem er 3,25 m. Brua er fundamentert på svevende betongpeler av type P270 MA, med betongkvalitet C55. Pelelengder er 38 m både for landkarene i akse 1 og 4, og for pilarene i akse 2 og 3 (Haavardsholm, 2005).

Tilløpsfyllingene består av lette masser i form av EPS (Statens vegvesen, 2001). For rampene på sør- og nordsiden går fv. 802 i en fylling på opptil 8 m over krysset (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Stabiliteten av fyllingene krevde at det ble anlagt en 2 m høy motfylling i rasgropen for sør-vestsiden av krysset (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Skråningshelningen er ca. 1:2. Det ble gjort steinplastring under brua ved bygging (Statens vegvesen, 2001).

#### **4.2.3 Setningsbetraktning**

Det ble forventet størst setninger på nord-østsiden av krysset, der fyllingshøyden er størst (NGI, 2003). Det ble antatt at fyllingene ikke gir tilleggspenninger som overgår de lokale prekonsolideringspenningene i jorda (OC-materiale). Det er av NGI utført setningsberegninger for hånd og med programmet ENKONS. Forutsetning for beregningene er en fylling på 7 m med et kvadratisk fundament bestående av sidekanter på 25 m. Dette er representativ for tilløpsfyllingene på nord-østsiden av overgangsbrua. Beregninger fra ENKONS ga totalsetninger på 300-400 mm som vil nås etter rundt 90 år. Håndberegning fra NGI ut ifra tøyings-dybde graf, gir totalsetninger på 330 mm setninger for krysset. Det er her antatt ensidig konsolidering (NGI, 2003). For håndberegning er det avlest figur for primær konsolideringsgrad (Janbu, 1970). Det ble valgt tøyingsprofil C (parabel) som har høyest konsolideringsgrad, som gjør at mest setninger vil bli unnagjort for dette profilet. For valg av konsolideringsgrad ble tøyingsprofil C valgt. Det passer best for NC-materiale (Emdal, 2009). Grunnforholdene ved toplanskrysset består av OC-materiale, og tøyingsprofil A som passer for OC-leire kunne ha blitt valgt. Tøyingsprofil A

har lavere konsolideringsgrad og mindre av totalsetningene ville blitt unnagjort før åpning av veien. Beregning av totalsetninger er uavhengig av valgt tøyingsprofil. Det ble beregnet at 120-150 mm (35-40 %) av totalsetningene er unnagjort før åpningen av veien, i slutten av juni 2005. Etter anleggstiden og de første 1-2 årene vil 100-200 mm (30-50 %) av totalsetningene være unnagjort.

Det ble også gjort setningsberegninger i byggeplanrapport for fv. 802. Beregningen er utført i ENKONS for en 8 m høy fylling. Det ble antatt ingen drenerende lag. Det ble totalsetninger på ca. 500 mm, som vil nås etter rundt 70 år (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Dette er noe høyere setninger enn i NGI sin beregning.

### 4.3 Hammersbrua

Dette er brua som går over Hammerdalen, og krysser Hammerbekken med profilnummer 7 838-8 018. Fv. 801 går parallelt med Hammersbrua et stykke, og lokalveg i Hammerdalen går under brua på vestsiden av Hammerbekken, se Figur 4-4.



Figur 4-4. Hammersbrua (Google maps, 2010)

#### 4.3.1 Grunnforhold

Østre dalside og vestre dalside i Hammerdalen har middels fast og sensitiv leire. Det er kvikkleire i dalbunnen og øverst i østre dalsiden (Statens vegvesen, 2001). Det er trolig ikke kvikkleire vest for profil 7 975 (NGI, 2003). For vestre dalside er det antatt bergdybde på 14-20 m (Statens vegvesen, 2001). For profil 7 820, på østsiden av Hammerdalen, er det boret 61,5 m og påvist berg (Skanska AS, 2002). Lengdesnitt for profil 7 820 viser kvikkleire i dybde 16-22 m (NGI, 2003). Et omtrentlig jordprofil for profil 7 820 vises i Tabell 4.

Dybde (m)	Jordtype
0,0-2,0	Tørrskorpe
2,0-16,0	Leire
16,0-22,0	Kvikkleire
22,0-61,5	Leire
61,5	Berg

Tabell 4. Jordprofil Hammersbrua, profil 7 820 (NGI, 2003)

Utført poretrykksmåling i dalbunnen viser høyere poretrykk i forhold til hydrostatisk trykkfordeling (Statens vegvesen, 1996). Vestre dalside har en høyde på ca. 19 m, og en gjennomsnittlig helning på ca. 1:2,5 i øvre dalside og ca. 1:4 i nedre dalside. For østre dalside er det slakere og skråningshelningen er ca. 1:6 (Statens vegvesen, 1996).

### 4.3.2 Konstruksjon og fundamentering

Dette er en bjelkebru, bygget i betong over 6 spenn med en samlet lengde på 180 m. Avstanden mellom aksene er 26-32 m, se vedlegg 3. Brua er fundamentert på lukkede stålrørspeler som er rammet til berg. Pelelengder varierer mellom 20-50 m. I landkar akse 1 og i søylefundament akse 2 og 3 er det benyttet Ø 813/14,2 mm. I søylefundament akse 4, 5 og 6 samt landkar akse 7 er det benyttet Ø 711/12,5 mm (Haavardsholm, 2005). Ved installering av pelene kom det kvikkleire opp langs pelene, se Figur 4-5. Tilløpsfylling på østsiden og på vestsiden har ulik oppbygging. For østre dalside er det noe slakere enn for vestre dalside. Stabilitetsberegninger viste utilstrekkelig sikkerhet mot utglidning nordvestover ved bruk av tunge masser i fyllingen (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Tilstrekkelig stabilitet av tilløpsfylling på vestsiden ble ivaretatt ved oppbygging av lette masser (lettklinker) og sprengstein, se vedlegg 4. På østsiden er tilløpsfyllingen bygd opp med kun sprengstein. For den høyeste fyllingen på 7,2 m er oppbyggingen: 1,3 m forsterkningslag, 4,6 m lettklinker og 1,3 m sprengstein (NGI, 2003).



Figur 4-5. Installering av peler Hammerdalen (Hove, 2004)

Det ble gjort tiltak for å erosjonssikre Hammerbekken i 2004. Tiltakene bestod i steinplastring av elvesidene og bunnheving av elva. Tiltakene ble gjort fra Hammersbrua og ca. 230 m videre nedstrøms (Haavardsholm, 2005). Det ble også gjort en omlegging av Hammerbekken, der bekken ble lagt i rør under fv. 801 (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

### 4.3.3 Setningsbetraktning

Setningene på vestre landkarfylling ble på forhånd antatt å komme opp i 100-200 mm (Statens vegvesen, 2001). Det ble antatt at fyllingene ikke gir tilleggsspenninger som overgår de lokale prekonsolideringsspenningene i jorda (OC-materiale). Det er asfaltbelegg på pelene for å redusere påhengskreftene, se Figur 4-5. Det blir da mindre friksjon på øvre del av pelen, og dette er et tiltak som anbefales for spissbærende peler (Den norske pelemekomite, 2005). Setningsberegninger er utført av NGI i programmet ENKONS. For tilløpsfylling på østsiden er det antatt drenerende lag ved dybde 2 (underkant tørrskorpe), 6, 10, 15, 26 og 61 m (bergdybde). Dette ga ca. 170 mm totalsetninger, og ca. 75 % av disse er unnagjort i løpet av det første året



etter oppfylling. For tilløpsfylling på vestsiden er det antatt drenerende lag ved dybde 4 m (underkant tørrskorpen) og ved 17 m (overgang gruslag over berg). Dette ga ca. 120 mm totalsetninger, og ca. 65 % av totalsetningene er unnagjort i løpet av det første året etter oppfylling. Totalsetningene ventes å nå etter 20-30 år (NGI, 2003).

Det ble også gjort setningsberegninger i byggeplanrapport for fv. 801. Beregningen er utført i ENKONS for en 8 m høy fylling. Det ble antatt ingen drenerende lag. Det ble totalsetninger på ca. 500 mm, som vil nå etter rundt 70 år (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Dette er mye større setninger enn i NGI sin beregning

## 5. Bruer i Børsa

Børsa er kommunesenteret i Skaun kommune i Sør-Trøndelag. Børsaelva renner gjennom Børsa og utløper ved Børsøra. E39 går gjennom Børsa, og krysser Børsaelva. Oversiktsbilde av Børsa vises i Figur 5-1. Det er avkjørsel til Børsa sentrum ved overgangsbrua på Børsa. Følgende bruer skal gjennomgås i Børsa:

- Rossvollbrua
- Overgangsbru Børsa



Figur 5-1. Oversiktsbilde Børsa (Google maps, 2010)

### 5.1 Rossvollbrua

Dette er brua som går over Børsaelva, med profilnummer 13 350-13 550. Lokalveg 757 går parallelt med brua, og under brua på østsiden av Børsaelva, se Figur 5-2.



Figur 5-2. Rossvollbrua med lokalvegbru i forgrunnen (Google maps, 2010)

#### 5.1.1 Grunnforhold

Ved krysningen av Børsaelva er det middels fast og lite sensitiv leire med udrenert skjærstyrke på 25-55 kPa. Børsaelva renner i en gammel erosjonsdal, og grunnen består av marine leiravsetninger (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Bak landkarene på begge sider av elva er det et 10-15 m område med kvikkleire (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Leira er stedvis lagdelt med tynne siltlag (Statens vegvesen, 1987). Under et 1-4 m topplag med tørrskorpe påtreffes bløt siltig leire (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Det er påvist sand i et lag 2-5 m under terreng. Overgangen mellom topplaget av sand/silt/tørrskorpe og underliggende leire ligger på nivå med

eluebunnen nede ved elva (ca. kote +1,5 m), og på dybde ca. 2 m, under og bak tilløpsfyllingene (NGI, 2003). Sonderinger viser homogen leire ned til 40-45 m dybde, og derunder er det et lag med silt/finsand (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Dybden til berg varierer fra 60-65 m for akse 1-2, til 85-90 m i akse 4-5 (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

For profil 13 440, nord-øst for Rossvollbrua, er det boret 64,4 m og påtruffet berg (Skanska AS, 2002). Prøvetaking viser et sandlag fra 0,5-1,5 m, og derunder er det leire med siltlag. Et omtrentlig jordprofil for profil 13 440 vises i Tabell 5. Grunnvannstanden ligger her ca. 1,5 m under terreng med hydrostatisk trykkfordeling (Rongved, 2004).

Dybde (m)	Jord
0,0-0,5	Tørreskorpe
0,5-1,5	Sand
1,5-7,0	Leire
7,0-17,0	Kvikkleire
17,0-64,0	Leire
64,0	Berg

**Tabell 5. Jordprofil Rossvollbrua, profil 13 440 (Rongved, 2004)**

### 5.1.2 Konstruksjon og fundamentering

Dette er en CL-bjelkebru<sup>16</sup>, bygget i plasstøpt betong over 4 spenn med en samlet lengde på 112 m. Avstand mellom aksene er 24-32 m, se vedlegg 3. Høyden på brua er opptil 10 m over elvenivå (Statens vegvesen, 1997). Brua er fundamentert på svevende og åpne stålrørspeler, se Figur 5-3. Pelene ble rammet åpne med etterfølgende grabbing og utstøping til 25 m dybde (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Dette vises i Figur 5-4.



**Figur 5-3. Ramming av stålrørspeler for Rossvollbrua (Haavardsholm, 2005)**

<sup>16</sup> Bjelken ligger i senterlinjen av brua, og det er større høyde over søylene.



**Figur 5-4. Grabbing av leire i stålrørspeler (Haavardsholm, 2005)**

Pelelengder er på 49-71 m og stålkvalitet S355. Se peleplan, vedlegg 5. I landkar akse 1 og 8, og i søylefundament akse 2, 5 og 7 er det benyttet Ø 813/10 mm. I søylefundament i akse 3 og 6 er det benyttet Ø 1016/10 mm, og i akse 4 er det brukt Ø 813/12,5 mm (Haavardsholm, 2005). Landkar i akse 1 har 6 peler, mens forøvrigte fundamentene har 4 peler med helning 10:1 i lengde- og tverretning. Det ble utført prøvebelastning for to stålrørspeler på 50 m for å bestemme endelige pelelengder (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

For å tilfredsstille stabiliteten til tilløpsfyllingene ned mot Børselva, ble det valgt å legge inn lette masser opp til underkant av forsterkningslaget (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Tilløpsfyllinger på vestsiden og østsiden av Børselva består av lettklinker og har en høyde på henholdsvis 7,5 m og 5,3 m, se vedlegg 4. Tilløpsfylling på østsiden var vanskelig å etablere pga. skråningen ned mot elva (Statens vegvesen, 2000). Tilløpsfylling på vestsiden hadde en masseutskifting på 1,5 m, der tørrskorpe/sand erstattes av lettklinker (NGI, 2003). Tilløpsfyllingen er bygd opp av lettklinker og har en høyde på 7,5 m med et forsterkningslag på 1,3 m øverst (NGI, 2003). Tilløpsfylling på østsiden er bygd opp av lettklinker og har en høyde på 5,3 m med 1,3 m forsterkningslag øverst (NGI, 2003).

Det ble gjort tiltak for å erosjonssikre Børselva i 2004 (Haavardsholm, 2005). Tiltakene bestod av steinplastring av elvesidene og bunnheving av elva på opptil 2 m (Haavardsholm, 2005). Dette ble gjennomført fra Børsaøra og til ca. 800 m forbi Rossvollbrua (Haavardsholm, 2005).

### **5.1.3 Setningsbetraktning**

Det ble antatt at fyllingene ikke gir tilleggsspenninger som overgår de lokale prekonsolideringsspenningene i jorda (OC-materiale). Setningsberegninger er utført av NGI i programmet ENKONS. For tilløpsfylling på østsiden av Børselva ble det antatt totalsetninger på ca. 150 mm, og for tilløpsfylling på vestsiden ca. 125 mm. Totalsetningene vil nås etter ca. 20 år. For begge sider er det antatt at ca. halvparten av totalsetningene vil være unnagjort etter ett år. For tilløpsfylling på østsiden er det antatt drenerende lag ved dybde 2 (underkant tørrskorpe), 24, 35, 39 og 65 m

(bergdybde). For tilløpsfylling på vestsiden er det antatt drenerende lag ved dybde 6 (underkant tørrskorpe), 32, 37, 46, 50, 60, 70 og 80 m (bergdybde) (NGI, 2003). Beregninger fra byggeplanrapport for bru over Børselva ga samme setninger som NGI (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003).

## 5.2 Overgangsbru Børse

Dette er overgangsbrua i toplanskrysset med avkjøring til Børse, og har profilnummer 13 885. Kart med profilnummer vises i vedlegg 2. E39 går i en 3-6 m høy skjæring gjennom toplanskrysset (Statens vegvesen, 2001). Fv.709 går på overgangsbrua over krysset, se Figur 5-5. Avkjøring til Børse sentrum er på nordsiden av krysset. Det vil for denne brua bli gjort en grundigere gjennomgang i forhold til de andre bruene pga. størst målte setninger her.



Figur 5-5. Overgangsbru Børse (Bratlie, 2013)

### 5.2.1 Grunnforhold

For toplanskrysset på Børse består grunnen for det mest av bløt leire og kvikkleire. Udrenert skjærstyrke ligger på 20-45 kPa, og vanninnholdet ligger på ca. 30-40 % (NGI, 2003). Det er overkonsolidert leire med modul på 2-5 MPa (Statens vegvesen, 2001). Det er boret til 30-40 m uten at berg er påtruffet. Sonderingsmotstanden øker noe med dybden (Statens vegvesen, 1997). Leira har lav til middels sensitivitet, og lag med silt og finsand kan også forekomme (NGI, 2003). Fra en prøve på nordre fylling i profil 13 860, på østsiden av overgangsbrua, er det funnet leire under tørrskorpen. Derunder er det kvikkleire i dybden 5-14 m, og det er boret 40 m uten at berg er påvist (Lindkvist, 2004). Et omtrentlig jordprofil for nordre fylling i profil 13 860 vises i Tabell 6.

Dybde (m)	Jordtype
0,0-2,0	Tørrskorpe
2,0-5,0	Leire
5,0-14,0	Kvikkleire
14,0-40,0	Bløt leire
40,0	Stoppet

Tabell 6. Jordprofil Nordre fylling Overgangsbru Børse, profil 13 860 (Lindkvist, 2004)

### 5.2.2 Konstruksjon og fundamentering

Dette er en spennarmert betongplatebru, bygget over 3 spenn med en samlet lengde på 40 m. Avstand mellom aksene er 8 og 23,5 m, se vedlegg 3. Minimumshøyde på brua er 5,44 m. Bredden på søylene til brua er 900 mm og avstanden mellom dem er 4,75 m. Brua er fundamentert på svevende betongpeler av type P270 MA, med betong kvalitet C55, se Figur 5-6. Pelelengder er 38 m både for landkarene i akse 1 og 4, og for pilarene i akse 2 og 3 (Haavardsholm, 2005).

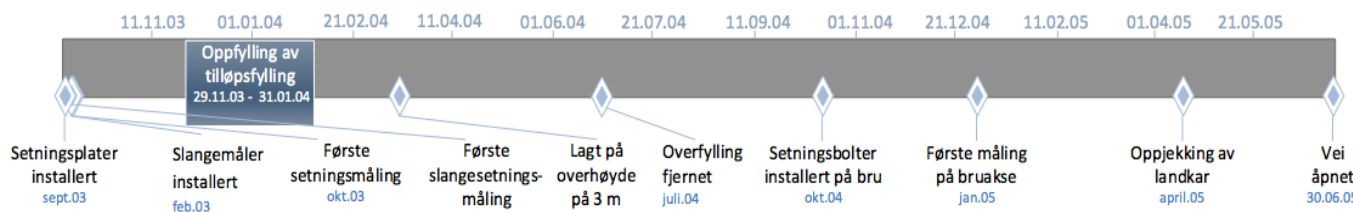


**Figur 5-6. Installering av peler for Overgangsbru Børsea (Haavardsholm, 2005)**

Høyden på rampene på sør- og nordsiden av krysset er opptil 8 m (Haavardsholm, 2005). Fyllingene er bygd opp av sprengstein til en gjennomsnittlig høyde på 7 m, og fyllingen på sørsiden er høyest (Hove, 2007). Høydeforskjell mellom gamle E39 og rv.709 var 6,5 m, og dette gjorde at det ble høye ramper for av- og påkjørsel (NGI, 2003). Det er gjort steinplastring av fyllingen (Haavardsholm, 2005).

### 5.2.3 Byggeprosessen

Tidsskala for Overgangsbrua i Børsea med etablering av fyllinger og setningsmålinger vises i Figur 5-7. Pelene på brua ble rammet i august 2004, og selve brua støpt i september 2004 (Haavardsholm, 2005). Oppfylling av tilløpsfyllingen ble gjort fra slutten av november 2003 og til slutten av januar 2004. Slangesetningsmåler og setningsplater ble installert før fyllingen ble etablert. Setningsbolter på bru ble installert i oktober 2004. Under deler av byggeprosessen ble det tatt med en overfylling av knust grus for å få fortgang i setningene (Haavardsholm, 2005). Fyllingene for rampene hadde en overhøyde på 3 m (NGI, 2003). Overfyllingen ble etablert i mars 2004, og var fjernet igjen ved starten av juli 2004 (Lindkvist, 2004).



**Figur 5-7. Tidsskala Overgangsbru Børša**

Største høydeforskjell fra traubunnen og til topp av overhøyden var 8,5 m og avstanden ned til terrenget på baksiden av fyllingen var 6,5 m. Dette krevde en motfylling bak fyllingen på sør-østsiden av krysset (NGI, 2003).

Under byggingen ble det installert vertikale plastdren under fyllingene, se kap. 2.8.3. Drenene ble satt ned til 25 m dybde der fyllingshøyden overgikk 3 m. De ble plassert i trekantmønster med en senteravstand på 2 m (Haavardsholm, 2005). Arealet med vertikaldren er på ca. 100 000 m<sup>2</sup>, og ca. 72 000 løpemeter dren (NGI, 2003). Se oversiktstegning for beliggenhet av vertikaldren, vedlegg 10.

I april 2005 ble det utført en oppjekking på 10 mm for hver landkarakse for å hindre fremtidige setningsforskjeller mellom søyle og landkar (Haavardsholm, 2005). Det ble også forhåndsjekket 10 mm før åpning av veien i juni 2005. Fri høyde under brua ble økt med ca. 200 mm fra normalkravet. Ifølge Håndbok 017 er kravet til minste fri høyde for overgangsruer 4,90 m (Statens vegvesen, 2013). Høyden under brua var på forhånd satt til 5,44 m iht. konstruksjonstegninger, se vedlegg 3. Kravet tilfredsstilles derfor med god margin, og det er lagt inn en høyde som tar hensyn til fremtidige setninger.

#### 5.2.4 Setningsbetraktning

Det ble på forhånd antatt at uakseptable totalsetninger og skjevsetninger vil komme for Overgangsbrua i Børša (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Det var på forhånd antatt at setninger i størrelsesorden 200-500 mm ville komme for tilløpsfyllingene, og for kryssområdet i størrelsesorden 300-750 mm (Statens vegvesen, 2001). Setningsberegninger ble utført av NGI i programmet ENKONS for en fylling på 7 m. Dette er representativ for tilløpsfylling på nord-østsiden av overgangsbrua. Det ble i beregningene brukt parametere fra ødometerforsøk og CPTU-sondering<sup>17</sup>. Det ble antatt at ødometerforsøket gir det beste grunnlaget for å regne setninger. Dette ga setninger i størrelsesorden 400 mm som vil pågå i 20 år eller mer. Dette avhenger av antagelser om dybder til berg og dreinsbetingelser. Forkonsolideringstrykket tolket fra CPTU-sonderinger ga totalsetninger i størrelse 650 mm, som vil pågå i 40-50 år. For begge beregningene ventes totalsetningene å komme etter ca. 35-50 år. Beregning fra forkonsolideringstrykket ga større totalsetninger over et lengere tidsperspektiv i forhold til beregningen fra ødometerforsøk. Omtrent halvparten av setningene vil komme de første 2-3 årene etter utleggelse for begge setningsberegningene (NGI, 2003).

Det ble valgt å installere vertikaldren i jorda da det var usikkert om tilleggspressingene i grunnen fra av- og på-rampene ville overskride

<sup>17</sup> Dette er trykksondering med poretrykkmåling, der poretrykket måles i tillegg til spissmotstand og sidefriksjon.

prekonsolideringsspenningen i jorda (NGI, 2003). For å oppnå full effekt av dette ble fyllingene for rampene lagt ut med forbelastning. Ifølge geotekniske beregninger gjorde tiltaket med vertikaldren at totalsetningene ble gjort unna etter 5-10 år, og at hele 90 % ble unnagjort i løpet av ett år. Tidsforløpet for konsolideringssetninger i dybden med vertikaldren ga primær konsolideringstid, og viste at setningene er unnagjort etter 0,6-0,8 år (NGI, 2003).

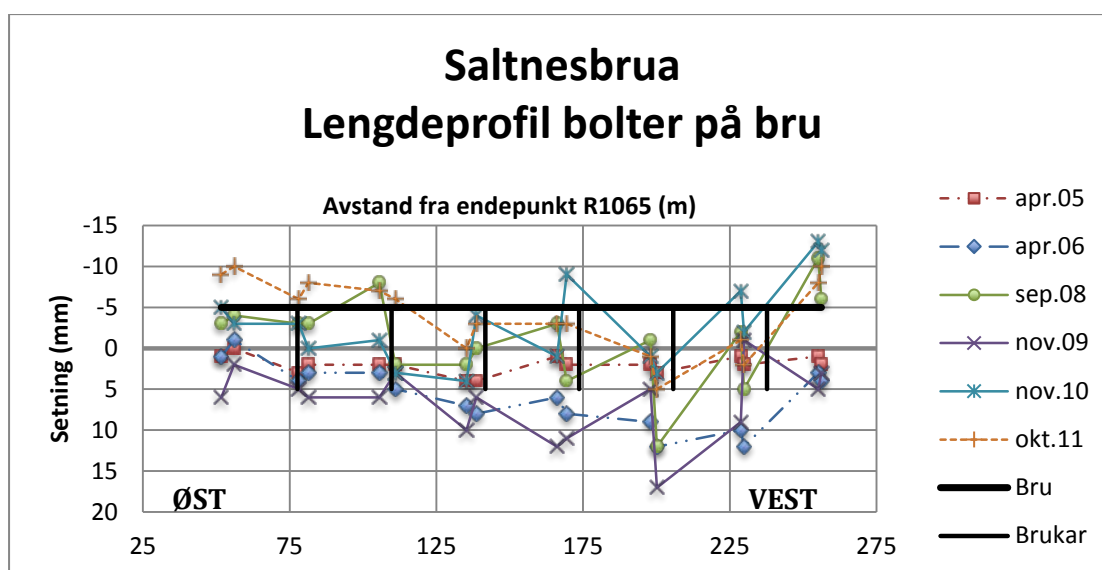


## 6. Setningsmålinger

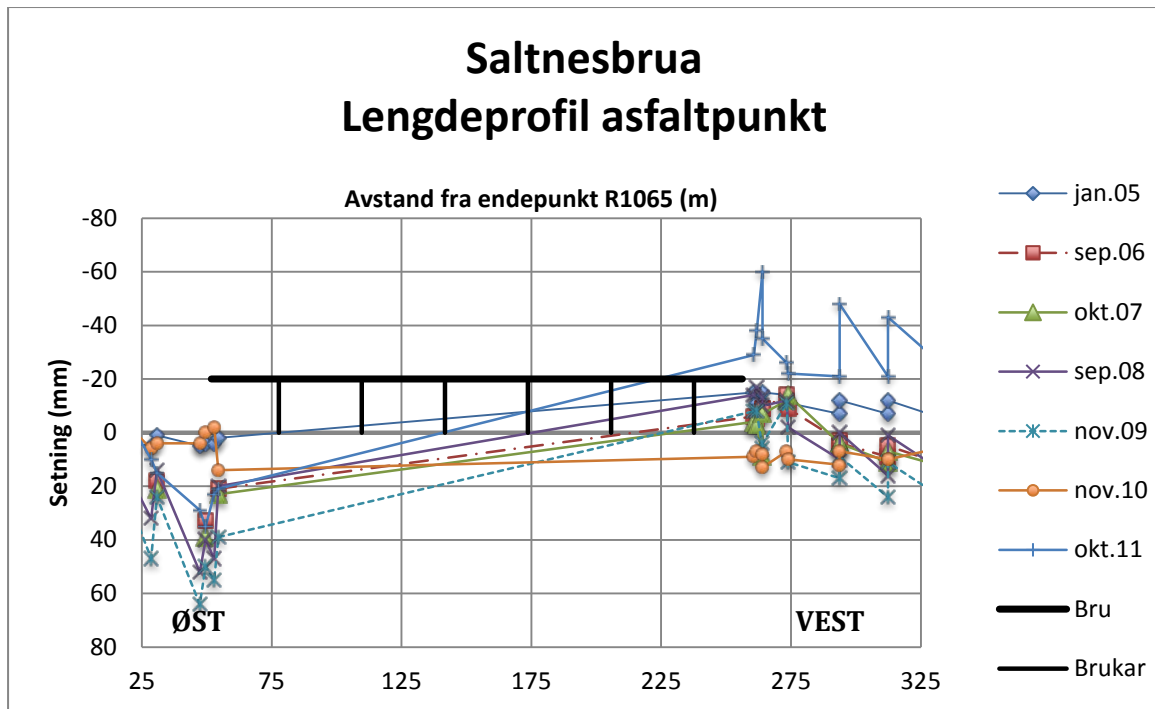
I dette kapittelet vil resultater fra setningsmålingene bli fremstilt. Skanska har gjort setningsmålinger på bruene fra 2005 til 2011 (Skanska AS, 2012). Målingene er utført med nivellering ut ifra fastpunkter, se kap. 2.9. Først vil måleresultater for bruene bli gjennomgått, deretter vil det gjøres en tolkning av resultatene. Til slutt vil alle bruene bli samlet vurdert og feilkilder diskutert. For Overgangsbrua i Børsa foreligger det også måleresultater fra perioden 2003 til 2004 som vil bli presentert. Beliggenhet av alle målepunktene på bruene vises i vedlegg 6, og alle måledata vises i vedlegg 7. I målingene har punktene på brukonstruksjonen bokstaven K og punktene på asfalten bokstaven A. Målepunktene er merket med O, V, S eller N ut ifra om de befinner seg i himmelretning øst, vest, sør eller nord i forhold til bruene. Målepunktene som vil bli gjennomgått er punkter på toppen av asfaltdekket på rampene inn til bruene og punkter ved innstøpte bolter på bruene. Selve målingene på bru og asfalt er ikke utført samtidig for alle punktene. For målepunkt på asfalten er det fokusert på området mellom bru og vei, slik at ikke alle asfaltpunktene vises på grafene. Måleresultatene er vist på setning-avstand grafer. De ulike lengdeprofilene har avstand fra et gitt endepunkt, og viser setningsutviklingen over tid. Negative setninger indikerer heving og vises på oversiden av grafene. Selve plasseringen av bruene vises også. Bruene er tegnet opp etter lengdeprofil til målepunktene. Dette gjør at plasseringen av bruene kan bli noe feil, og brulengden kan være noe kortere i forhold til eksakte lengder på bruene. Alle bruene har landkar på peler, men dette vises ikke på grafene. Plassering av brukarene og avstanden mellom søylene er tegnet opp etter konstruksjonstegningene. Høyden på søylene er derimot ikke i riktig dimensjon. For å vise orienteringen av bruene er det vist retningene øst-vest/sør-nord på grafene.

### 6.1 Saltnesbrua

Det er totalt 40 målepunkter, fordelt som 8 punkter på sørsiden og 8 punkter på nordsiden av brua, og 24 punkter på asfaltdekket. Første setningsmåling på brua er fra april 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-1. Måling på asfalten ble startet i januar 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-2. Det ble reasfaltert i 2010 og 2011.



Figur 6-1. Lengdeprofil bolter på Saltnesbrua

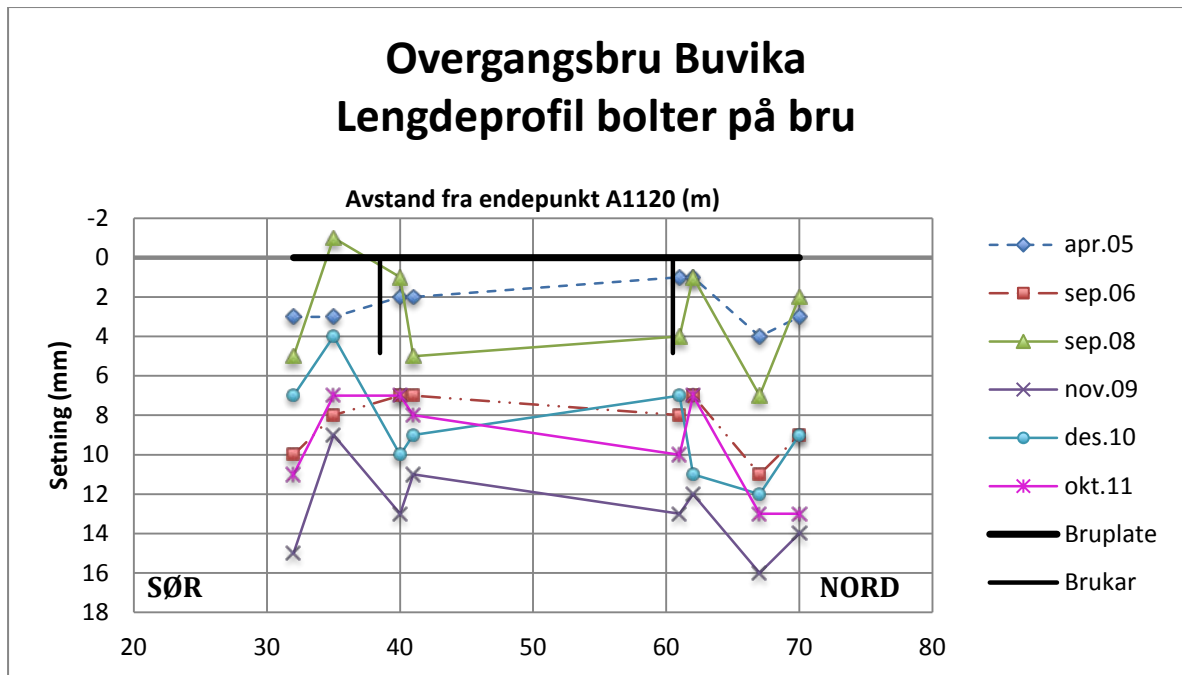


**Figur 6-2. Lengdeprofil asfaltpunkt på Saltnesbrua**

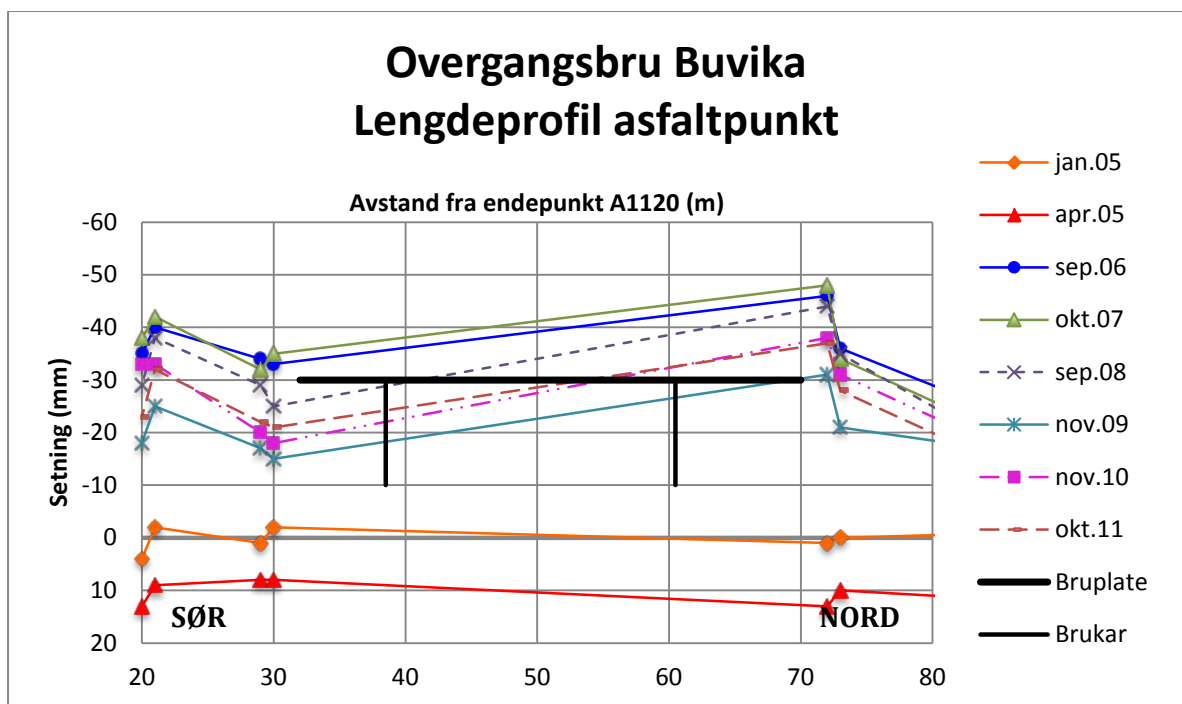
Den største målingen på brua er gjort før reasfaltering, i november 2009, og er på 17 mm. Størst setningsforskjell i målingene på brua er målt til 20 mm i april 2006. Den største målingen på tilløpsfyllingene er gjort på østsiden i november 2009, og er på 64 mm. Tilløpsfyllingen på østsiden har større setninger enn vestsiden. Det er målt noe negative setninger på asfaltdekket. For 2011 ligger setningene i størrelsesorden 35 mm til -60 mm. Setninger på -60 mm tilsier en heving på 6 cm. For østsiden av brua er det enkelte målinger med økt setninger etter asfaltering i 2010, og dette er urealistisk.

## 6.2 Overgangsbru Buvika

Det er totalt 21 målepunkter, fordelt som 4 punkter på vestsiden og 4 punkter på østsiden av brua, og 13 punkter på asfaltdekket. Første setningsmåling på brua er fra april 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-3. Måling på asfalten ble startet i januar 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-4. Det ble reasfaltert i 2010.



Figur 6-3. Lengdeprofil bolter på Overgangsbru Buvika

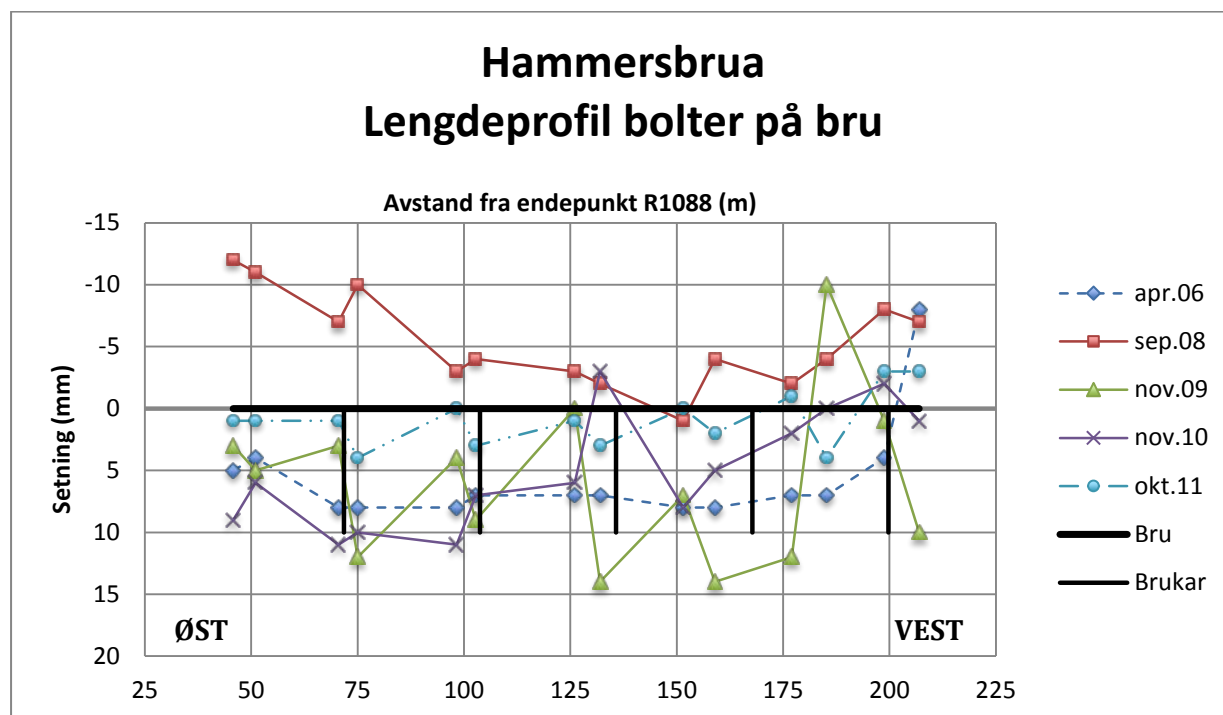


Figur 6-4. Lengdeprofil asfalt punkt på Overgangsbru Buvika

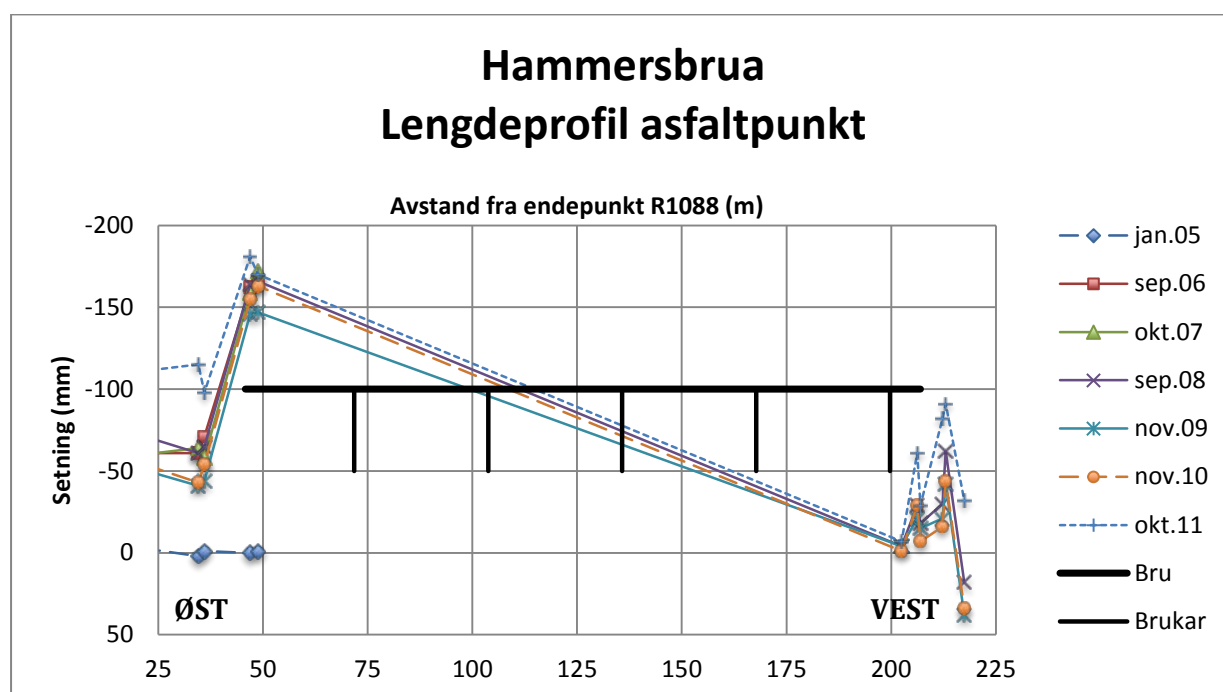
Den største målingen på brua er gjort før reasfaltering, i november 2009, og er på 16 mm. Størst setningsforskjell i målingene på brua er målt til 8 mm i september 2008 og i november 2010. Den største målingen på tilløpsfyllingene er gjort på sørsiden i april 2005, og er på 13 mm. For alle målinger etter 2005 er det målt negative setninger på asfaltdekket. De negative verdiene indikerer en heving av asfalten. Det skal ikke være asfaltert før i 2010 for Overgangsbrua i Buvika, så dette kan være mulige feilmålinger. Tilløpsfyllingene på østsiden og vestsiden har ca. like store setninger. For 2007 ligger setningene i størrelsesorden -25 mm til -48 mm. Setningsmåling på ca. -50 mm, tilsier en heving på 5 cm.

### 6.3 Hammersbrua

Det er totalt 26 målepunkter, fordelt som 7 punkter på sørsiden og 7 punkter på nordsiden av brua, og 12 punkter på asfaltdekket. Første setningsmåling på brua er fra april 2005, men det var da kun to målinger. I april 2006 ble alle setningspunktene på brua målt, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-5. Måling på asfalten ble startet i januar 2005, og i september 2008 ble alle setningspunktene målt. Utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-6. Det ble reasfaltert i 2010 og 2011.



Figur 6-5. Lengdeprofil bolter på Hammersbrua

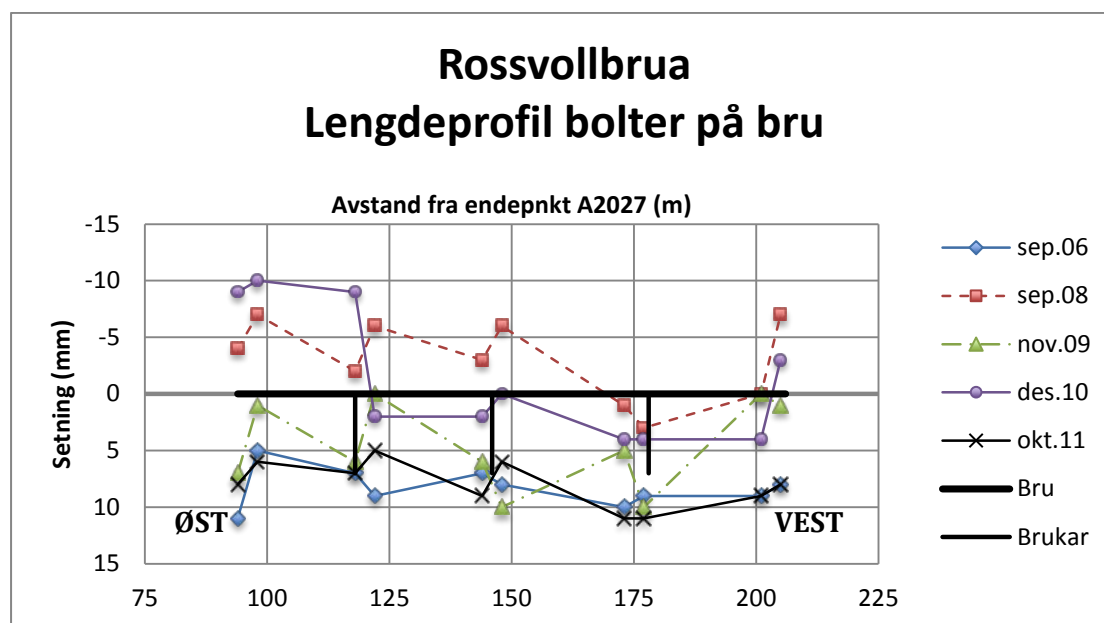


Figur 6-6. Lengdeprofil asfaltpunkt Hammersbrua

De største målingene på brua er gjort i november 2009, og er på 14 mm. Størst setningsforskjell i målingene på brua er målt til 24 mm i november 2009. Den største målingen på tilløpsfyllingene er gjort på vestsiden i november 2009, og er på 38 mm. Målingene på tilløpsfyllingene er veldig jevne for hele tidsperioden, men tilløpsfyllingen på vestsiden har fått større setninger enn på østsiden. Det er målt store negative setninger på asfaltdekket. Etter reasfalteringer er det blitt større negative målinger, som viser til heving av dekket. For 2011 ligger setningene i størrelsesorden -7 mm til -181 mm. Setningsmåling på opp mot -200 mm tilsier en heving på 20 cm, og er urealistisk.

#### 6.4 Rossvollbrua

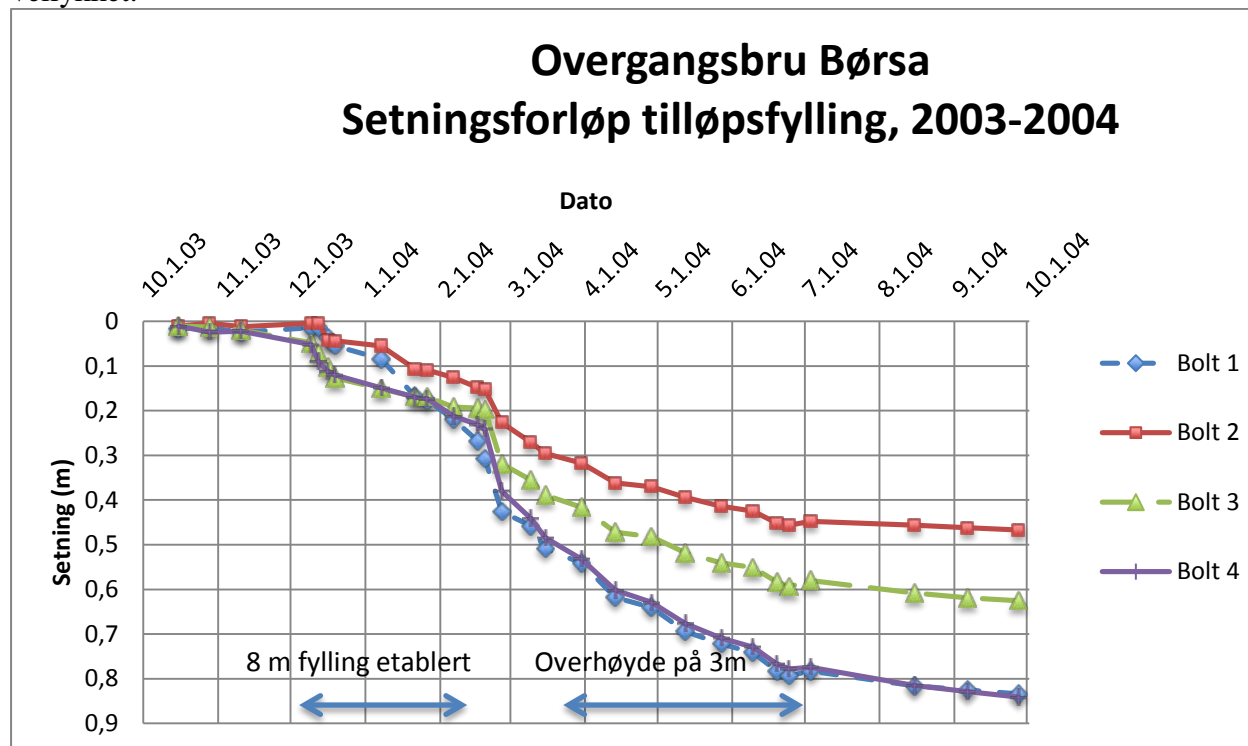
Det er totalt 54 målepunkter, fordelt som 5 punkter på sørsiden og 5 punkter på nordsiden av brua, og 44 punkter på asfaltdekket. Første setningsmåling på brua er fra september 2006, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-7. I hver akse på brua ble det installert setningsbolter, disse sitter på rekkverksstolpen i hver ende av kantbjelkene (Haavardsholm, 2005). Målingene på asfalten ble startet i september 2008. Fastmerkene ble justert i desember 2010 pga. noe avvik i målingene. Fastmerkene hadde hevet seg litt pga. tele i bakken (Skanska AS, 2005). Riktig setningsutvikling frem til 2011 vises i Figur 6-8. Det ble reasfaltert i 2010.



Figur 6-7. Lengdeprofil bolter på Rossvollbrua



for kort siden reduksjonen i setninger fra overhøyden er liten, og setningene fortsetter videre. Ifølge Håndbok 274 må en overhøyde ofte ligge 3-6 måneder, se kap. 2.8.3. Her bestod grunnforholdene av store dybder med leire, og dette gjorde at 3 måneder var for kort. Selv om effekten av forbelastningen ikke er så synlig, ble nok totalsetningene på lang sikt redusert. Forbelastningen ser da ut til å ha vært delvis vellykket.



Figur 6-9. Setningsforløp Overgangsbru Børse, 2003-2004

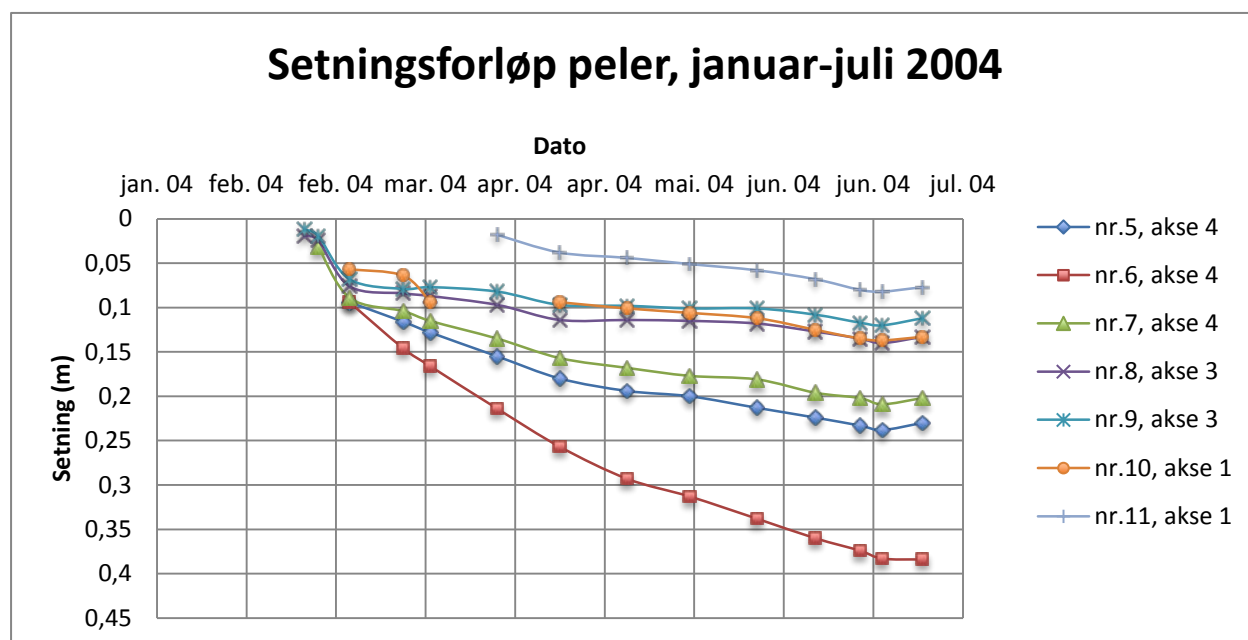
Bolt 1 har fått totalsetninger på 79,3 cm i begynnelsen av juli 2004, 5 måneder etter at oppfyllingen var ferdig. Dette er målt rett før overfyllingen ble fjernet, og dette ga en svelling på 1 cm. Dette gir utslag i målingene som indikerer -1 cm setning og heving for bolt 1 på nordsiden, se vedlegg 8. Etter dette oppstår det ny setning i fyllingen. Bolt 4 har fått totalsetninger på 77,8 cm i begynnelsen av juli 2004. For bolt 4 på sørsiden er det målt mindre svelling, og en heving på 0,4 cm. Det oppstår deretter ny setning i fyllingen.

Frem til mars 2003 har alle boltene omtrent like store setninger. Det blir en større forskjell mellom bolt 2 og 3 frem til oktober 2004. Lengdeprofil med akkumulerte setninger for bolter på fyllingene i perioden oktober 2003 til september 2004, vises i vedlegg 13. For fyllingene har bolt 1 og 4, og bolt 2 og 3 ganske like målinger fra februar til september 2004. Fyllingen på sørsiden (bolt 4) har fått litt større setninger enn nordsiden (bolt 1) i september 2004, men verdiene er like.

### 6.5.2 Setningsmåling på pelere, 2003-2004

Det er også gjort setningsmålinger på pelene til brua i 2004. Setningsforløpet fra februar 2004 til juli 2004 vises på Figur 6-10. Det er gjort setningsmålinger på 7 pelere for å få oversikt over setningene på brua. Fundamenteringen av brua består av 38 m lange svevende betongpelere. Beliggenhet av pelene (nummeret fra 5-11) vises i vedlegg 11. Måledata viste opp til 94 mm målte setninger, se vedlegg 9. Dette er for pel nr. 5 i akse 4, målt i slutten av februar 2004. Målinger gjort på samme tidspunkt

for bolt 1 på tilløpsfyllingen viser på det meste 426 mm i akkumulerte setninger. Det er altså målt størst setninger på brua i forhold til pelene. Totalt er det akkumulert nesten 0,4 m setning for februar til juli 2004. Dette er for pel nr. 6 for landkaret i akse 4, målt i starten av juli 2004.



**Figur 6-10. Setningsforløp peler Overgangsbru Børsa, 2004**

Lengdeprofil med akkumulerte setninger for bolter på peler fra februar til juli 2004 vises i vedlegg 13. Det vises størst setninger for pelene på sørsiden av brua. Største setningsverdier for pelene er målt i slutten av perioden, i juli 2004. Det er generelt store forskjeller på målingene til de ulike pelene. For setningsmåling i starten av juli er det en forskjell på 0,3 m for pel nr. 11 på nordsiden og pel nr. 6 på sørsiden.

### 6.5.3 Slangesetningsmålinger fylling, 2003-2004

Som en kontroll på setningsmålingene på platene i 2003-2004 er det utført slangesetningsmålinger av Skanska (Haavardsholm, 2005). Slangene er under fyllingen på rampe sør og nord. Beliggenhet av disse vises i vedlegg 11. Resultat fra slangesetningsmålingene for 2003-2004 vises i vedlegg 12. Målingene er fremstilt i grafer og viser noe mindre setninger enn setningsplatene. Slangesetningsmålinger er metoden med størst nøyaktighet og gir trolig det mest realistiske bildet av setningsutviklingen. Totalsetninger for fyllingshøyde på 8 m blir ca. 70 cm for slange nord og ca. 60 cm for slange syd. For slange nord er størst setning målt i starten av juli 2004, 20 m fra slangeenden. For slange syd er størst setning målt i slutten av april 2004, 25-30 m fra slangeenden. Første måling er i starten av oktober 2003, og ikke før i midten av mars 2004 blir det vist betydelig setninger på målingene. Dessverre er det ikke gjort slangesetningsmålinger etter juli 2004.

Lengdeprofil fra slangemålingene på tvers av veien viser avstand fra hver slangende mot setninger, se vedlegg 12. Det er vist størst setninger midt på brua i vest-øst retning for både slange syd og nord. For slange syd gjelder dette månedene januar, mars og april 2004, og for slange nord i mars, april og juli 2004.

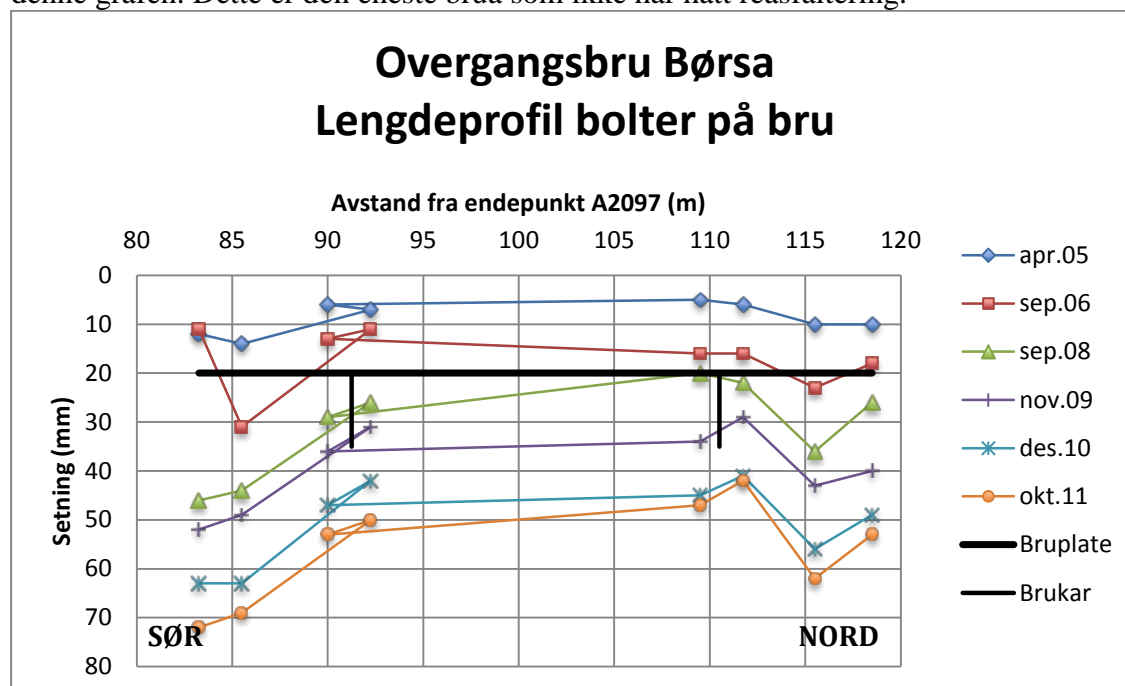
For å etterligne slangemålingene til Statens vegvesen ble det gjort en Plaxis beregning av Lindkvist i 2004. Lengdeprofil på tvers av veien, viste størst setninger i et punkt 17



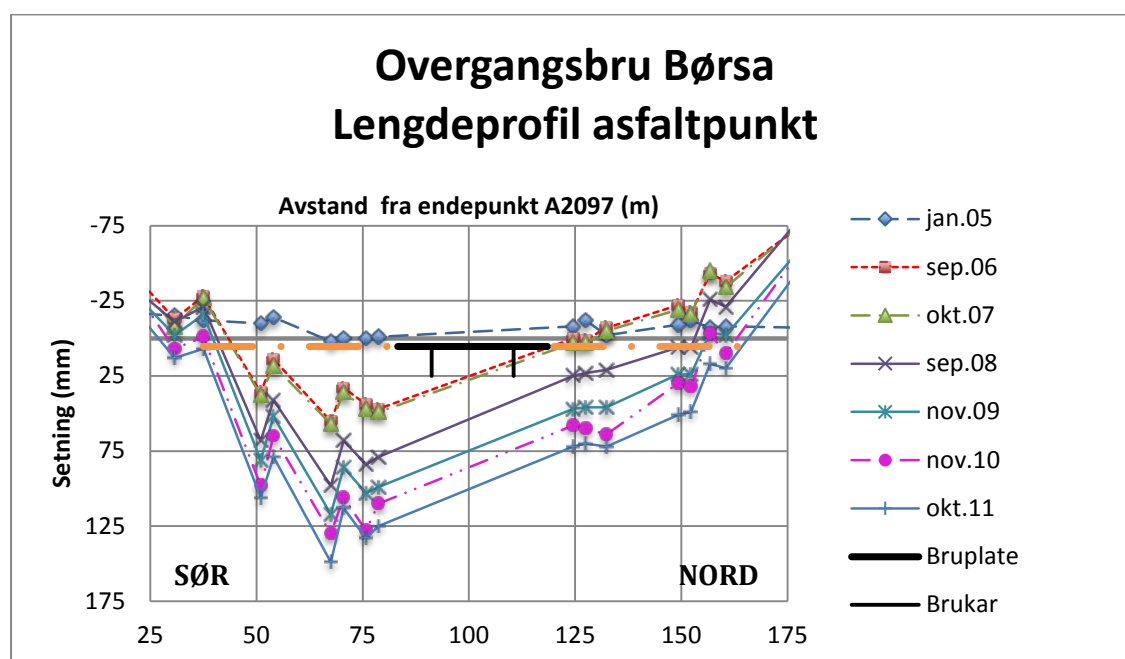
m fra nordre slange (Lindkvist, 2004). Dette er også omtrent midt på brua. Størst setningsverdier midt på brua kan komme av størst trafikklast i hjulsporene på kjørebanelen her.

#### 6.5.4 Setningsmåling på bru og fylling, 2005-2011

Det er også gjort setningsmålinger etter at overgangsbrua var ferdig. Det er totalt 31 målepunkter, fordelt som 4 punkter på vestsiden og 4 punkter på østsiden av brua, og 23 punkter på asfaltdekket. Første setningsmåling på brua er fra april 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-11. Måling på asfalten ble startet i januar 2005, og utviklingen frem til 2011 vises i Figur 6-12. Vertikaldrensonen vises også på denne grafen. Dette er den eneste brua som ikke har hatt reasfaltering.



Figur 6-11. Lengdeprofil bolter på Overgangsbru Børse



Figur 6-12. Lengdeprofil asfaltpunkt Overgangsbru Børse

Den største målingen på brua er gjort i oktober 2011, og er på 72 mm. Størst setningsforskjell i målingene på brua er målt til 30 mm i november 2010. Overgangsbrua i Børsa har fått størst setningsforskjeller av de 5 bruene i oppgaven. Den største målingen for tilløpsfyllingene er gjort på sørsiden i oktober 2011, og er på 149 mm. Tilløpsfyllingene på sørsiden har større setninger enn nordsiden. Det er noe heving av dekket der vertikaldrensonen slutter. Lengdeprofil for veifyllingen viser at det er økt setninger i overgangen til brua, se Figur 6-12. Dette vises tydeligst for sørsiden der tendensen til en hump i enden av brua er synlig.

Maksimalt målte differansesetninger i oktober 2011 på bru og fyllinger fremstilles i Figur 6-13. Humpen i bruovergangen på sørsiden av brua er observert på befarings i oktober 2011, se Figur 6-14. Det er en markert sprekk i overgangen tilløpsfylling-bru, og dette merkes godt ved kjøring over brua. Denne humpen vil utvikle seg videre fremover. På sikt må det gjøres noe vedlikehold for Overgangsbrua i Børsa.



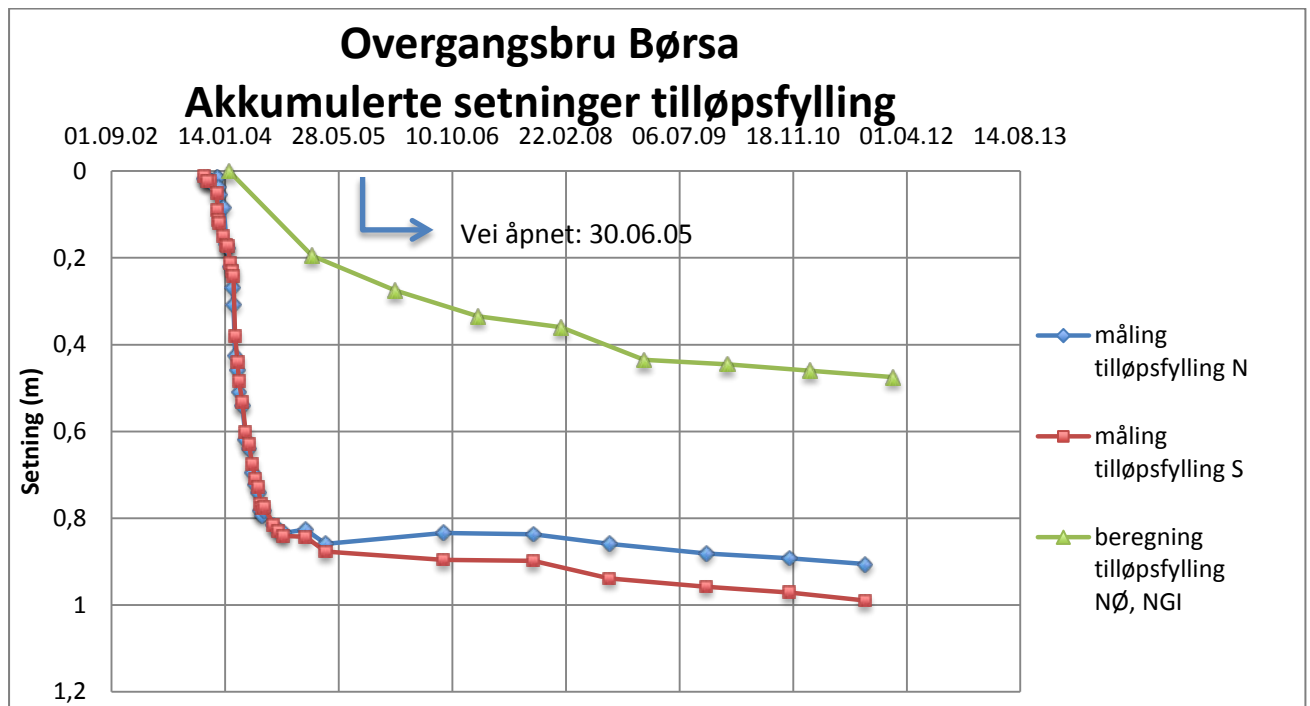
**Figur 6-13. Målte setninger Overgangsbru Børsa 2011 (Google maps, 2010)**



Figur 6-14. Skader brudekket Overgangsbru Børsea (Bratlie, 2013)

### 6.5.5 Akkumulerte setninger fylling, 2003-2011

For tilløpsfyllingen på sørsiden av brua er det totalt akkumulert 0,99 m setning for perioden, dette inkluderer setningene fra forbelastningen. For tilløpsfyllingen på nordsiden av brua er det akkumulert 0,906 m setning. Setningsforløpet fra 2003 til 2011 for bolter på tilløpsfyllinger på nord-og sørsiden av brua vises på Figur 6-15. Det vises også setningsforløpet som ble beregnet av NGI, se kap. 5.2.4. Det er gjort en sammenstilling mellom de to måleperiodene for å få et kontinuerlig setningsforløp. Bolt 1 på nordre fylling fra byggeperioden i 2003-2004, er punkt A2091 fra målingene i 2004-2011, og bolt 2 er tilsvarende punkt A2093. Denne tilnærmelsen er realistisk, da disse punktene har en nær beliggenhet.



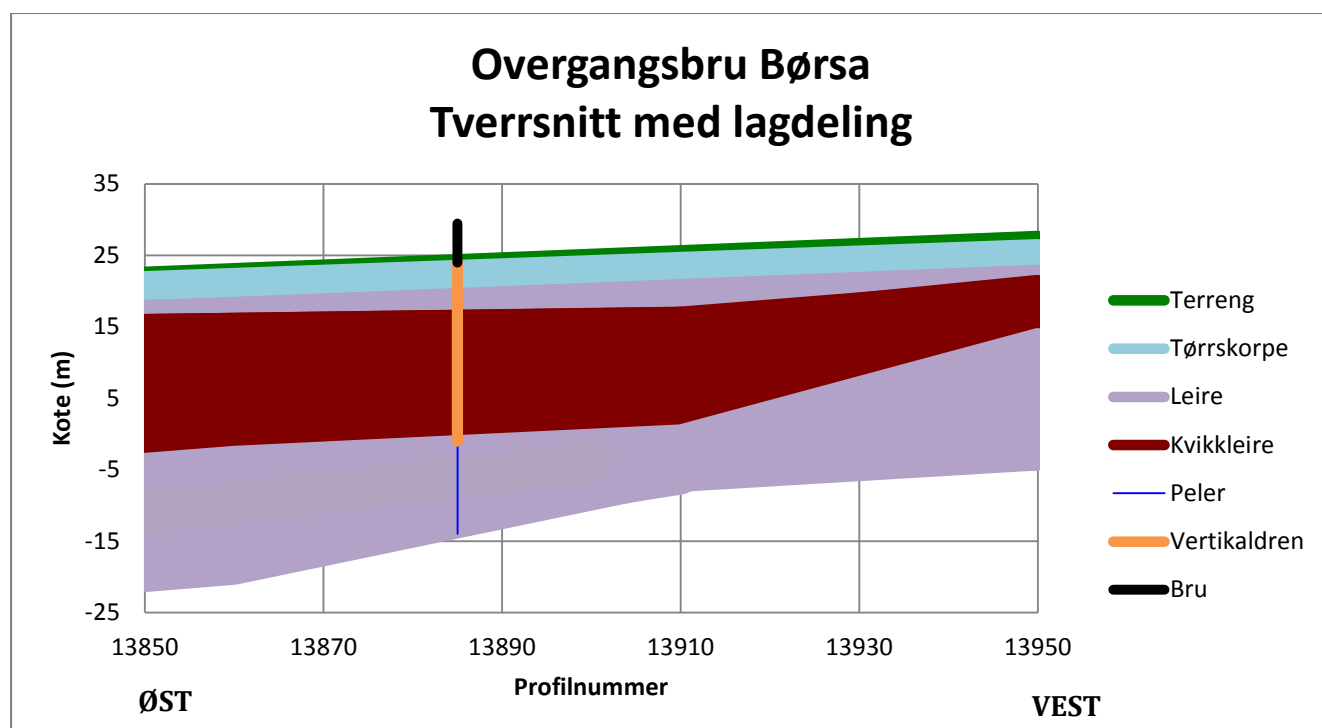
Figur 6-15. Setningsforløp Overgangsbru Børsea, 2003-2011

Det vises det at setningene akselererer frem til 2011. Det meste av setningene på tilløpsfyllingen kommer i løpet av det første året. Dette stemmer bra med antagelsen til NGI om at 90 % av setningene vil være unnagjort etter ett år. Fra 2004 til 2011 er det en svak økning i setninger som kan komme fra kryp. Det er nå blitt etablert konstant last på jorda og det er sannsynlig at dette gir krypsetninger. Trolig vil setningsutviklingen fortsette videre etter 2011 i samme tempo. Fyllingen på sørsiden har fått noe større setninger enn nordsiden. Dette kan være påvirket av at sørsiden hadde noe mindre svelling etter forbelastningen i forhold til nordsiden.

NGI sin setningsberegning er for avrampe på nord-østsiden. Det er dermed noe forskjell mellom beliggenheten fra målingen på nordsiden som befinner seg ved innkjøring på brua. Det største setningsforløpet frem til januar 2012 fra CPTU-sonderinger er plottet i grafen over. Beregningen til NGI er fra da fyllingen ble ferdig lagt, i overgangen januar-februar 2004. De første setningsmålingene er fra 15.10.2003, dette gir noe forskjell i starttidspunktet. En vesentlig forskjell mellom setningsforløp til målingene og beregnet setningsforløp er at vertikaldren ikke er lagt inn i beregningene til NGI. Dette forklarer forskjellen i sammenstillingen over. NGI sine beregning gjelder også kun konsolideringssetninger i de naturlige leirmassene. Det kan tenkes at måleresultatene i tillegg til konsolideringssetningene inneholder egenetninger i fyllmassene og krypsetninger i leira.

#### 6.5.6 Sammenligning grunnforhold og setninger

Lengdesnitt med lagdeling for profil 13 850 til 13 950 vises i Figur 6-16. Lagdelingen er tegnet opp etter lengdeprofil i prosjekteringsmaterialet (NGI, 2003). For å vise orienteringen er det vist retningen øst-vest på figuren. Terrenget stiger mot vest, og er opptegnet med kotehøyder. Det vises at østsiden har mer mektige leirsedimenter enn vestsiden. Målinger på brua i perioden 2009 til 2011 viser størst setninger for punktene på østsiden av brua sammenlignet med punktene på vestsiden. Dette tyder på at større dybder med leire gir opphav til større setninger.

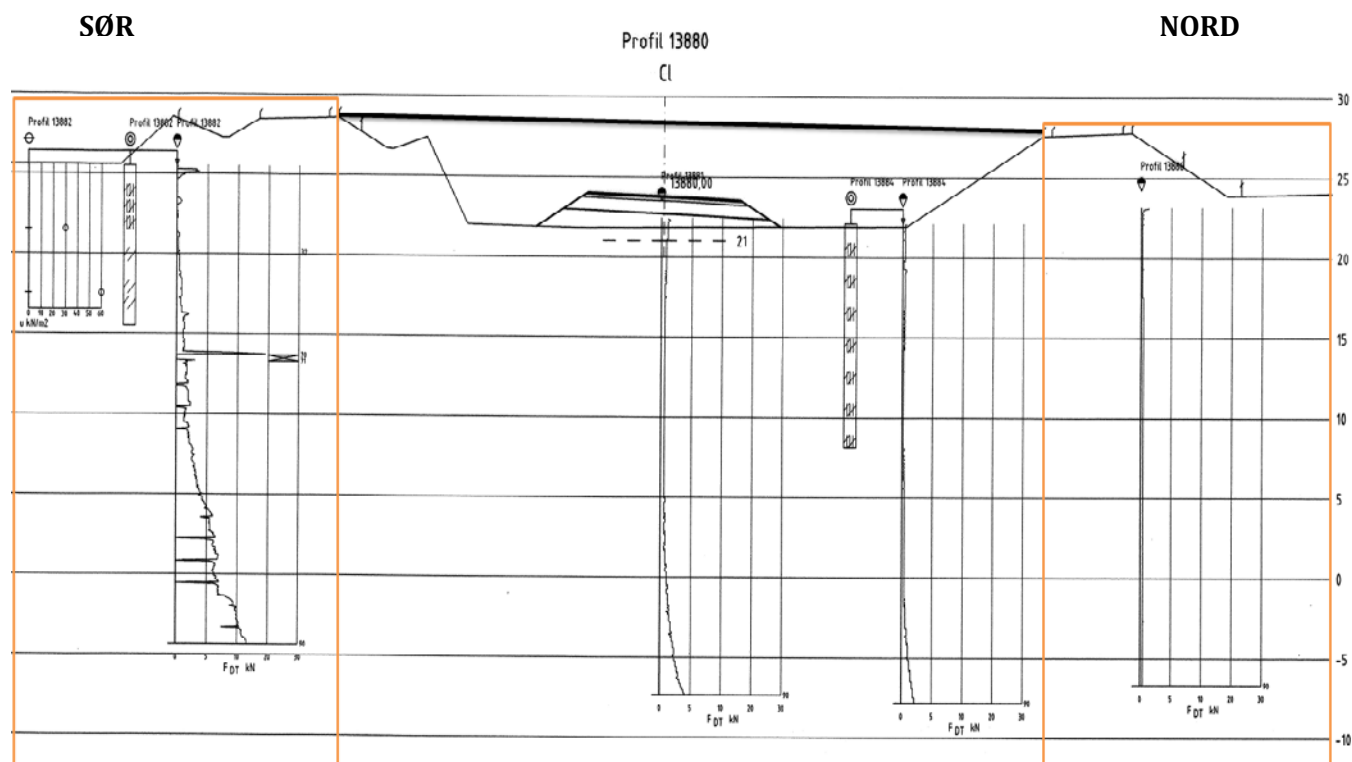


Figur 6-16. Lengdesnitt med lagdeling for profil 13 850 til 13 950

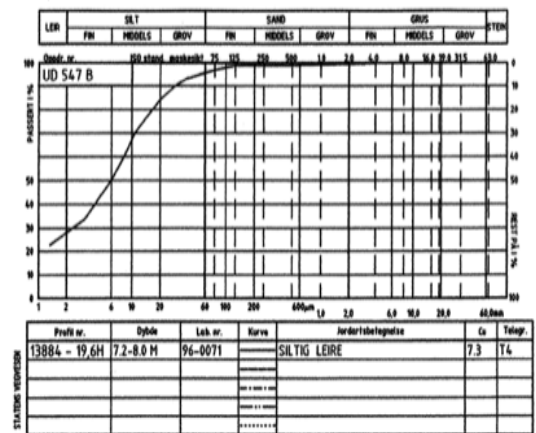
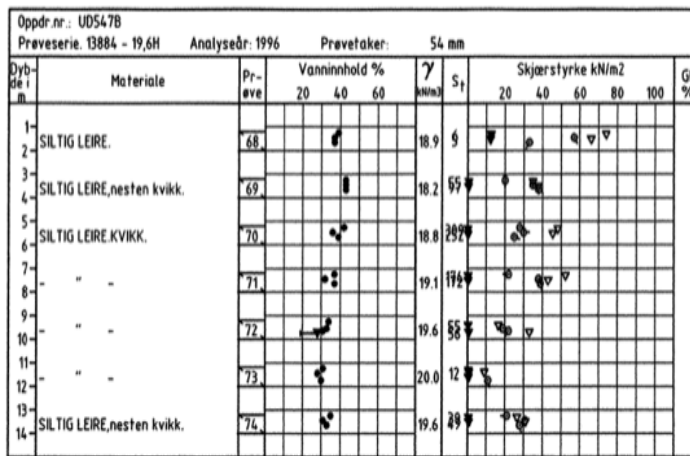
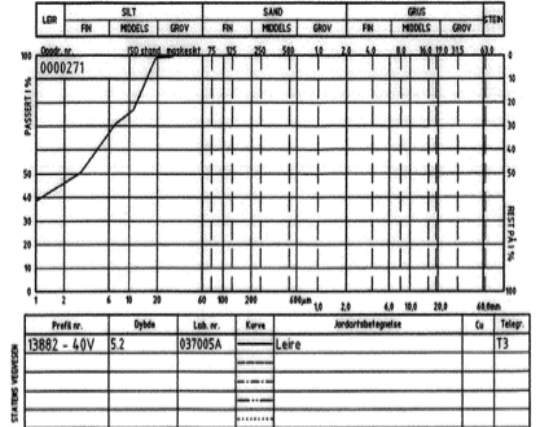
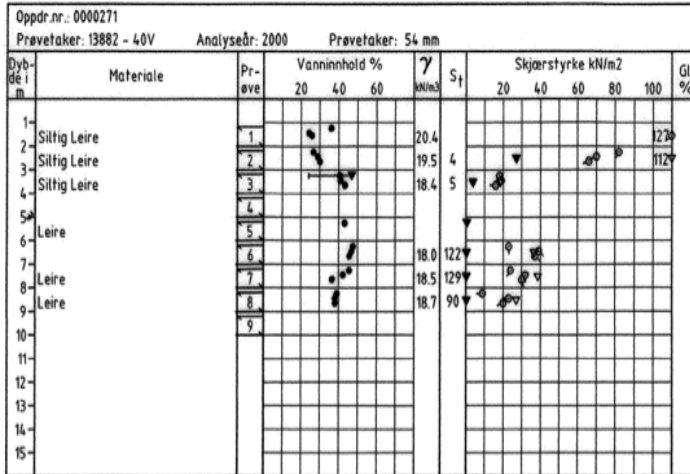
Tverrprofil for profil 13 880 med tilhørende prøveserier vises i Figur 6-17 og Figur 6-18. Dette materialet kommer fra grunnundersøkelser utført på E39 i Børja (Statens vegvesen, 2001). For tverrprofilet vises plassering av overgangsbrua med sort strek og beliggenhet av vertikaldrensone vises med oransje strek. For å vise orienteringen er det også vist retningen sør-nord.

Setningsmålinger fra 2006-2011 viser størst setninger for punktene på sørsiden av brua. Dette er noe overraskende ut ifra at det er vist større økende sonderingsmotstand på sørsiden, se Figur 6-17. Det er boret til noe større dybder på nordsiden av brua i forhold til sørsiden, men ikke påtruffet berg noen steder. Det er ulik dybde og fordeling av bløte sedimenter på hver side av brua. Midt under brua, i senterlinjen av E39, er det et bløtere og dypere profil i forhold til sørsiden. Nordsiden har mer siltig leire enn sørsiden. Sørsiden har et vanninnhold på ca. 40 % for de fleste prøvene, mens nordsiden har mange prøver med et lavere vanninnhold. Et høyt vanninnhold gir mulighet for store langtidssetninger, se kap. 2.2. Dette kan tyde på at grunnen på sørsiden er mer setningsømfintlig enn nordsiden, og dette kan forklare hvorfor størst setninger er kommet på sørsiden.

Det er boret til ca. 30 m for prøvene i tverrprofil 13 880, og til ca. 40 m i profil 13 860, se kap. 5.2.1. For nordsiden er det i prøveserien ved profil 13 884, ca. 20 m til høyere for senterlinjen, funnet en kvikkleiresone. Denne sonen med kvikkleire finnes igjen i profil 13 860 på dybde 5-14 m (Lindkvist, 2004).



Figur 6-17. Tverrprofil 13 880 (Statens vegvesen, 2001)



Figur 6-18. Prøveserier toplanskryss Børsla (Statens vegvesen, 2001)

### 6.5.7 Setningshastighet Overgangsbru Børsla

Det vil her bli sett på setningshastigheten til bru, peler og fyllinger for perioden 2004 til 2011. Ved beregning av setningshastighet er det antatt lik fundamentering og grunnforhold langs hele brua slik at et gjennomsnitt er representativt. Det ble innstøpt og nivellert setningsbolter på brukonstruksjonen i oktober 2004 (Haavardsholm, 2005). Etter 4 måneder, i slutten av januar 2005, ble det målt 24 mm setning for akse 1. Dette gir 6 mm setning per måned. Målt setningshastighet for peler og bolter på brua i de 4 aksene på brua vises i Tabell 7. Måleperioden er fra mai 2004 til januar 2005. Setningshastigheten for pelene er betydelig høyere enn bevegelsen for selve brua. I forhold til målte verdier for pelene er setningshastigheten nesten 20 mm lavere for boltene på brua. Målingene på brua er utført ca. 4 måneder etter målingene på pelene. Det er mulig at setningshastigheten blir noe redusert på 4 måneder, men trolig har pelene større bevegelse enn brua generelt. Størst bevegelsene er målt i akse 1 og 4, samt ved bruendene. Skjevsetninger for brua mellom akse 1 og 2, og mellom akse 3 og 4, var 5-6 mm i januar 2005. Differansesetninger mellom akse 1 og 2 var på 10 mm, og mellom akse 3 og 4 på 11 mm. Disse målingene er fra slutten av mars 2005.

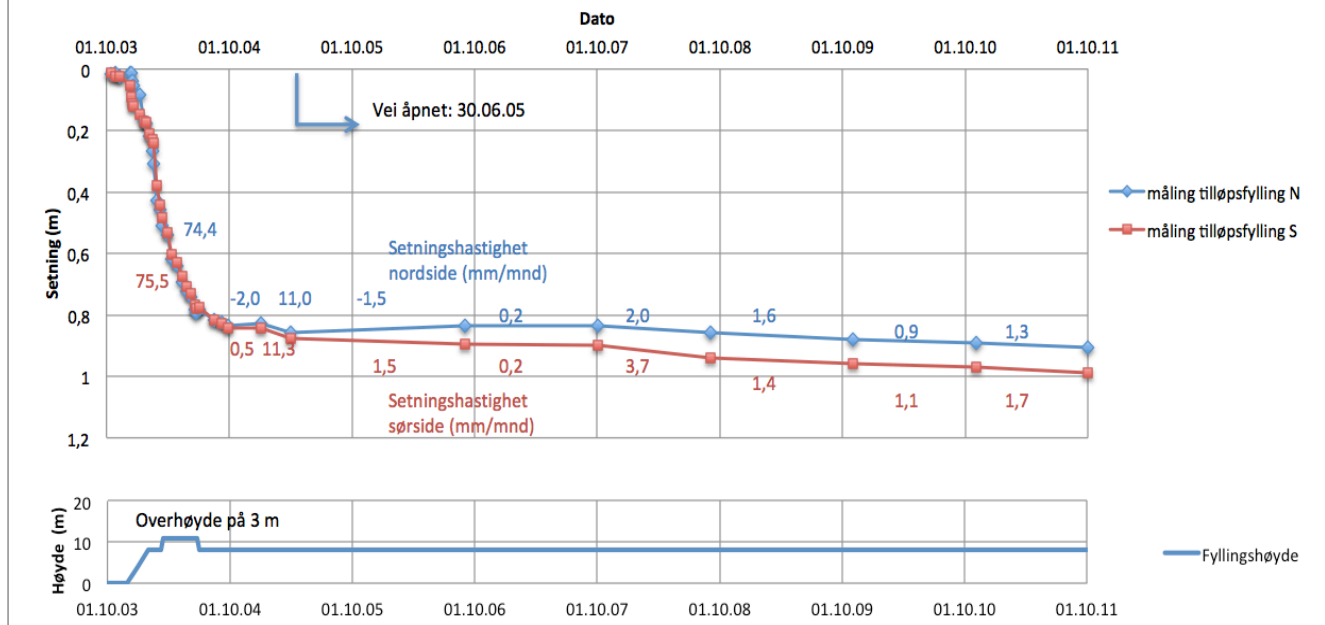
Akse bru	Betongpeler mai.04-juni.04 (mm/måned)	Bolter på bru okt.04- jan.05 (mm/måned)
1	26	6
2	Ikke målt	4
3	21	6
4	27	7

**Tabell 7. Setningshastighet peler og bru, 2004-2005**

Setningshastigheten for tilløpsfyllingen på nord- og sørsiden av brua fra 2003 til 2011 vises på Figur 6-19. I samme figur vises også høyden på fyllingen ved ulike tidspunkt. Det er en gradvis oppbygging av fyllingen på 8 m, og overhøyden på 3 m ligger ca. 3 måneder. For både boltene på brua og tilløpsfyllingen er setningshastigheten fra 2005 til 2011 funnet ut som et gjennomsnitt av aktuelle målepunkter på hver side av brua. Det er sett på hvor mye de akkumulerte setningene økte eller minket over en gitt periode, og deretter er det funnet setningene per måned. For tilløpsfyllingene gjelder tilnærmelsen fra kap. 6.5.5, som kombinerer to punkter på asfaltdekket med to bolter. For brua gir setningsboltene i akse 1 og 2 bevegelsen på nordsiden og boltene i akse 3 og 4 gir bevegelsen på sørsiden. For oktober 2004 til januar 2005 er bevegelsen på sørsiden av brua funnet som et snitt av målingene gjort i akse 3 og 4, og for nordsiden som snitt av målingene i akse 1 og 2, vist i Tabell 7.

Det er omtrent like stor bevegelse for fyllingene på begge sider av brua for hele perioden. Likevel endte sørsiden opp med større setninger i oktober 2011. I første periode fra oktober 2003 til september 2004 er det stor setningshastighet med ca. 75 mm setning per måned for fyllingene. Dette er primærsetninger, og etter dette blir det målt små setningsverdier trolig fra kryp. For sørsiden har det pågått en svak jevn økning i setninger etter september 2004. For nordsiden er det også målt økt setninger. Det er derimot også målt negativ setningshastighet for nordsiden, som betyr heving av asfaltdekket. I slutten av juni 2005, da veien åpnet, ble det målt negativ setningshastighet på nordsiden av brua. Det er usikkert hva dette kommer av, og det kan være feilmålinger. Trafikklast skulle ha gitt motsatt virkning og økt setninger. I oktober 2007 begynte brua igjen å sette seg etter en periode fra september 2006 til oktober 2006 med tilnærmet null bevegelse. Det er usikkert hva dette kommer av.

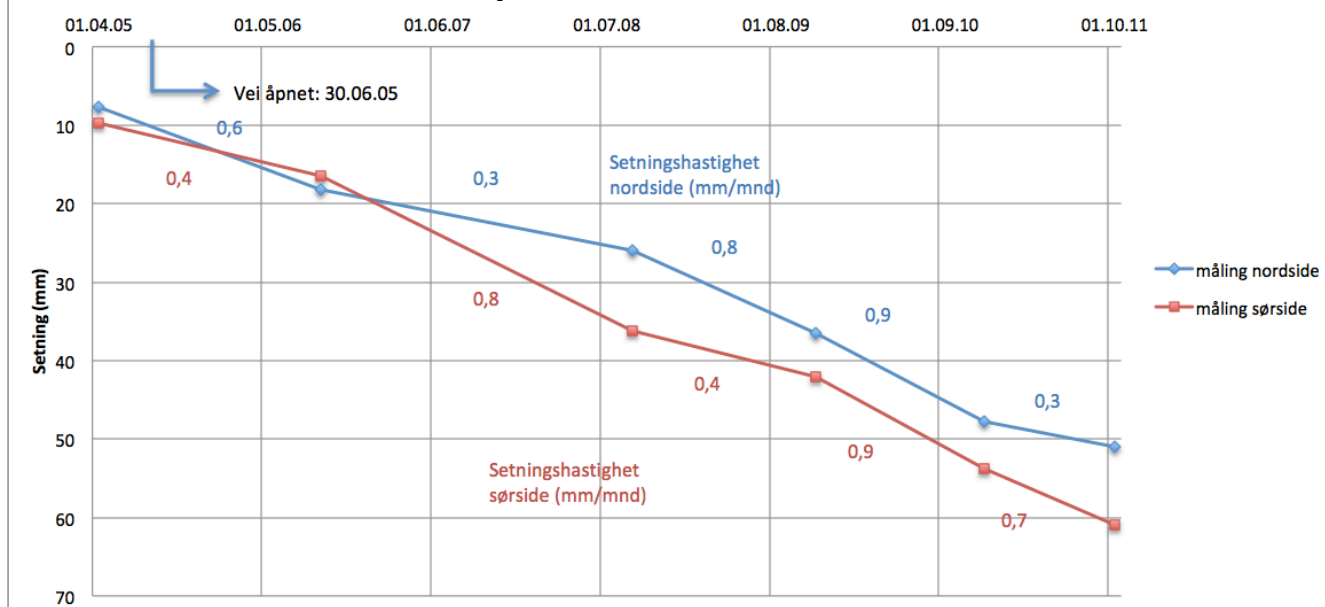
## Akkumulerte setninger tilløpsfylling sør og nord, 2003-2011



**Figur 6-19. Akkumulerte setninger tilløpsfylling**

Setningshastigheten for bolter på nord-og sørsiden av brua vises på Figur 6-20.

## Akkumulerte setninger Bolter på bru, 2005-2011



**Figur 6-20. Akkumulerte setninger bolter på bru**

Det er omtrent like stor bevegelse for begge sider av brua for hele perioden, men sørsiden endte opp med litt større setninger i oktober 2011. For begge sider har det pågått en svak jevn økning av setninger, og ingen negative setninger er målt. I slutten av juni 2005, da veien ble åpnet, er det positiv setningshastighet for begge sider av brua.



Setningshastigheten til både bru og fylling er størst i starten, og flater deretter ut. En sammenligning av setningshastighet for bru og fylling viste at fyllingen hadde betydelig størst setningshastighet de første årene. Dette betyr at brua i liten grad blir dratt med tilløpsfyllingen ned i starten. For brua er det i 2011 målt mye mindre forskjell i setningshastighet i forhold til for fyllingen. Brua har da begynt å sette seg sammen med fyllingen. Dette betyr at setningsbidrag fra dypereliggende lag etterhvert er blitt mer fremtredende.

## 6.6 Bruene samlet

Det er for alle bruene målt setningsforskjeller ved overgang fra fylling til bru. Dette gir setningsforskjeller og opphav til humper ved bruene. Det er forskjellig fra de ulike målingene hvor store setningsforskjeller som er målt. Størst målte differansesetninger for alle bruene i 2009 vises i Tabell 8. Dette er før reasfalteringer er utført. De største setningene som er målt på bruene i 2009 vises også på oversiktsbilde av bruene i vedlegg 16.

Bru	Størst målte setninger bolter bru, november 2009 [mm]	Størst målte setninger tilløpsfylling, november 2009 [mm]	
		øst:	vest:
Saltnesbrua	17	64	24
Overgangsbru Buvik*	16	-15	-15
Hammersbrua	14	-36	38
Rossvollbrua	10	34	40
Overgangsbru Børse*	52	117	47

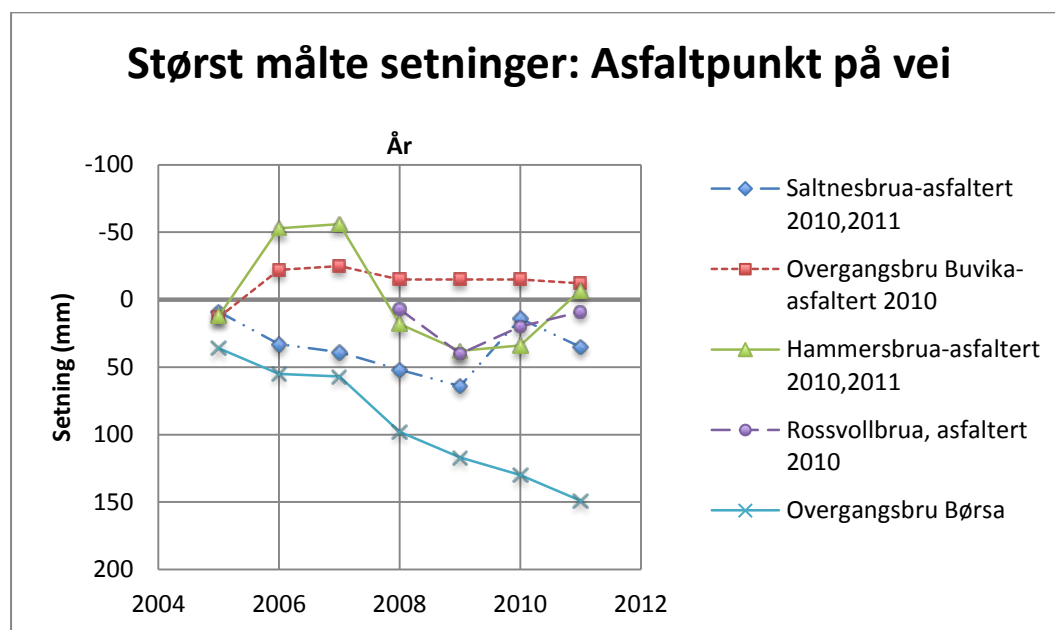
**Tabell 8. Målte differansesetninger for bruene i 2009**

\*Overgangsbruene går på tvers over E39 og retningen øst-vest tilsvarer retning sør-nord.

Det er generelt målt små setninger, dette tyder på riktig dimensjonering av setninger i utgangspunktet. De største verdiene ble målt for overgangsbrua i Børse. Disse viser henholdsvis 117 og 47 mm for tilløpsfyllingen på sørsiden og nordsiden. For Saltnesbrua og Overgangsbrua i Børse er det målt betydelig større setninger på henholdsvis østre og sørlige tilløpsfylling. For de andre bruene er det liten forskjell mellom setningene på tilløpsfyllingene.

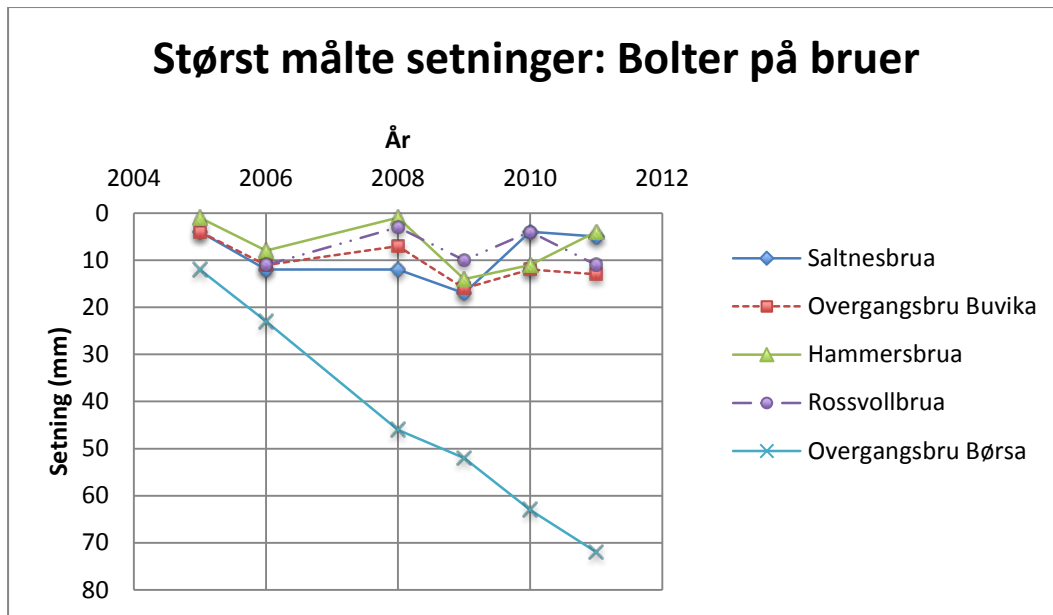
Størst målte setninger for de 5 bruene i perioden 2005 til 2011 vises på Figur 6-21 og Figur 6-22. Det er målepunkter på asfaltdekket og for bolter på bruene. Beliggenhet

av punktene med størst målte setninger er for alle bruene i relativ nær tilknytning til bruovergangen.



**Figur 6-21. Størst målte setninger asfaltpunkt**

Ut ifra målinger er det målt både mer og mindre setninger etter reasfaltering. Dette kan være tilfellet da asfalten utgjør en tilleggslast samtidig som det vil gi økt asfalthøyde og rette opp tidligere setninger. Etter asfaltering er det naturlig med noe heving av asfaltdekket og mindre målte setninger, dette vises både for Saltnesbrua, Hammersbrua og Rossvollbrua. Dette er naturlig da asfaltering er et tiltak for å minke setninger, se kap. 2.8.2. Det er målt negative setninger (heving av dekket), før reasfaltering for Overgangsbru i Buvika og Hammersbrua, se kap. 6.2 og 6.3. Det er målt opp mot -50 mm for Overgangsbrua i Buvika og -170 mm for Hammersbrua. Dette virker lite sannsynlig da landheving alene ikke kan gi opphav til dette. Dette kan være feilmålinger. Det er flere setningsmålinger med høye negative verdier. For Hammersbrua ble det asfaltert i 2010 og 2011, og det ble målt store negative setninger. For østsiden av brua er det i 2011 en setningsmåling for asfaltdekket på opp mot -200 mm, dette tilsier en heving på 20 cm som er urealistisk og trolig en feilmåling. Feilkilder kan være feil med fastmerkene og avlesningsfeil.



**Figur 6-22. Akkumulerte setninger bolter på bruer**

Overgangsbrua i Børsa har fått utviklet store setninger for boltene på brua. De andre bruene har ingen store endringer av bevegelsen til boltene. Overgangsbrua i Børsa er den eneste brua med tilnærmet lineær økning av setninger på brua. For de andre bruene er det mer variable verdier.

## 7. Sammenligning målte og prosjekterte setninger

Beregnet totalsetninger mot målte setninger vises i Tabell 9. Det er sett på målinger fra 2009, da dette er siste måleperiode før asfaltering. Etter 2009 fikk mange av bruene negative setninger og heving. Setningsberegningene som blir presentert er utført av NGI. Det presiseres at beregnede setninger kun angir omtrentlige verdier. Setningsmålingene er fra 2005-2006, så målingene frem til 2009 strekker seg kun over 3-4 år. Totalsetningene fra setningsberegningene ventes å komme i løpet av 20-90 år (NGI, 2003). Dette gjør en sammenligning mot målte verdier vanskelig. Det kan derimot si noe om utviklingen av setninger og sannsynligheten for at de beregnede setningene vil nås. Setningsberegning til NGI gir trolig et underestimat av setninger pga. at drenerende lag ikke er lagt inn, se kap. 3.7.

Bru	Beregnet totalsetninger tilløpsfylling (NGI, 2003) [mm]		Maks. målte setninger tilløpsfylling, 2009 [mm]	
	øst:	vest:	øst:	vest:
Saltnesbrua	ca. 150 nås etter ca. 50 år	200 nås etter ca. 50 år (150 etter 6 år)	64	24
Overgangsbru Buvik*	ca. 300, nås etter ca. 90 år, (30-50 % etter 1-2 år)	300-400, nås etter ca. 90 år, (30-50 % etter 1-2 år)	14	12
Hammersbrua	170, nås etter 20-30 år, (75 % etter 1 år)	120, nås etter 20-30 år, (65 % etter 1 år)	20	38
Rossvollbrua	150, nås etter ca. 20 år, (50 % etter 1 år)	125, nås etter ca. 20 år, (50 % etter 1 år)	34	40
Overgangsbru Børsea*	400-650, nås etter 35-50 år	400-650, nås etter 35-50 år	117	47

**Tabell 9. Beregnet og målte setninger**

\*Overgangsbruene går på tvers over E39 og retningen øst-vest tilsvarer retning sør-nord.

For Saltnesbrua var det beregnet totalsetninger på 200 mm som skal nås etter ca. 50. Det ble antatt noe mindre setninger på østsiden, se kap. 4.1.3. En valgt verdi på 150 mm er satt opp i tabellen. Det antas at setningene nås etter samme tid på begge sider. Setningsmålinger viser derimot større setninger for østsiden. Grunnen på begge sider av brua består av fast til middels fast leire, og for vestre dalside er det også kvikkleire. Fyllingen på østsiden er bygd opp av EPS, mens vestsiden består av lettklinker og

sprengstein. Det er sannsynlig at både østsiden og vestsiden av brua vil få de beregnede setningene om 50 år, da dette er langt frem i tid. Derimot har vestsiden ikke fått 150 mm setning etter 6 år som er antatt i prosjekteringen. Det er bare målt 24 mm setning i 2011, 6 år etter første setningsmåling.

For Overgangsbrua i Buvika er det målt små setninger i forhold til hva som er beregnet. Totalsetningene på 300-400 mm skal først nås etter 90 år på vestsiden, og større setninger kan ha blitt utviklet til da. Det var beregnet størst setninger på nordsiden av krysset, der fyllingshøyden er størst, se kap. 4.2.3. Det blir derfor antatt å komme noe mindre setninger på sørsiden. En valgt verdi på 300 mm er satt opp i tabellen. Det er målt små differansesetninger for begge sider av brua, men størst setninger er målt på sørsiden av krysset. Det er derimot relativt like verdier og dette kan bli utjevnet fremover. Grunnen består for det mest av middels fast og noe sensitiv leire, og for vestre del av brua er det et område med kvikkleire.

For Hammersbrua, Rossvollbrua og Overgangsbrua i Børsea er forholdet mellom målte og beregnede setninger mindre enn for Saltnesbrua og Overgangsbrua i Buvika. Det er realistisk at de beregnede totalsetningene i tilløpsfyllingene vil nås for disse tre bruene.

For Hammersbrua er det etter et år ikke nådd 65 % og 75 % av totalsetningene for vest- og østsiden av brua. Det var beregnet størst setninger på østsiden av krysset. Setningsmålinger viser større setninger for vestsiden, men dette kan utjevnes. Grunnforholdene på øst- og vestsiden består av middels fast og sensitiv leire. Det er registret kvikkleire øverst i østre dalsiden, og det er større dybder til berg på østsiden. Totalsetningene på 120 og 170 mm skal nås etter 20-30 år, og disse vil trolig bli nådd.

For Rossvollbrua er det ikke nådd 50 % av totalsetningene etter ett år som beregnet. Det var beregnet størst setninger på østsiden av krysset. Setningsmålinger viser ganske like setninger på øst- og vestsiden. Grunnen består for det meste av middels fast og lite sensitiv leire, det er kvikkleire bak landkarene på begge sider. Totalsetningene på 125 og 150 mm skal nås etter ca. 20 år, og disse vil trolig bli nådd.

For Overgangsbrua i Børsea ble setningsberegninger gjort for tilløpsfylling på nord-østsiden av overgangsbrua. Det antas samme setningsstørrelse på sørsiden av brua. Setningsmålinger viser størst setninger på sørsiden. Tilløpsfyllingen er høyest på denne siden. Det er bløt leire og kvikkleire i grunnen på begge sider av brua. For Overgangsbrua i Børsea anses de beregnede setningene som en øvre grense pga. en overkonsolideringseffekt, se kap. 3.7. Det kan være mindre setninger enn beregnet, og dette øker sannsynligheten for at de beregnede setningene vil nås. Totalsetningene på 400 og 650 mm skal nås etter ca. 35-50 år, og disse vil trolig bli nådd.

## 8. Vurdering av setningskrav

I prosjekteringsforutsetningene var kravet til differansesetninger ved bruovergangen mellom bru og fylling satt til 10 mm for årene 2030-2040, se kap. 3.6. Dette kravet påvirker utformingen av brukonstruksjonen. Kravet angir hvor mye fylling og bru kan sette seg før uakseptable setninger oppstår. Differansesetninger ved brufugen på maks. 10 mm tilsvarer en differansesetning på mindre enn 1 mm/år. Dette kravet er svært strengt, og vanskelig å tilfredsstille. Allerede i 2011 blir denne verdien overskredet for alle bruene, se beregning i vedlegg 18. Ved overtagelsen av veien til Statens vegvesen i 2030 er det derfor stor sannsynlighet for at det vil være mer enn 10 mm differansesetninger for alle bruene. Det er gjort en sammenligning mellom størst antatte setninger på bru og tilløpsfylling i 2030, se vedlegg 19. Dette er en prognose 25 år etter at veien ble åpnet, og blir en overslagsbetraktning. Setningsverdier i 2030 er avlest fra tid-setningsgrafer til NGI. Sammenligningen viser at alle bruene vil ha mer enn 10 mm differansesetninger i 2030.

Statens vegvesens Håndbok 018 setter krav til største tillatte differansesetninger langs vegbanen, se kap. 2.7.1. For å se på setningsforskjeller før reasfaltering, i 2009, er beregningsmetoden i Håndbok 018 brukt. Største tillatte setningsforskjeller,  $\Delta S$ , er beregnet ut ifra figur i Håndbok 018 (Statens vegvesen, 2011, s. 52). Disse verdiene er så sammenlignet med setningsforskjell fra målinger i 2009, siste måleperiode før asfaltering. Setningsforskjellen er betegnet  $\Delta H$ , og er største forskjell mellom to målte setningsverdier ved bruovergangen. For beregning av  $\Delta S$  i Håndbok 018 er det brukt samme lengde som i målinger der  $\Delta H$  kommer fra, se vedlegg 17. Der  $\Delta H$  er utregnet i regneark med lengdeprofil. Lengdeprofil for bruene med akkumulerte setninger fra målinger i 2009 vises i vedlegg 15. Resultatene fra analysen vises i Tabell 10.

Bru	Setningsforskjell fra måling 2009 [mm]		Største tillatte setningsforskjell (Statens vegvesen, 2011) [mm]		Krav oversteget	
	øst:	vest:	øst:	vest:	øst:	vest:
Saltnesbrua	40	28	95	105	Nei	Nei
Overgangsbru Buvik*	10	5	10	10	Ja	Nei
Hammersbrua	102	80	30	10	Ja	Ja
Rossvollbrua	12	42	25	30	Nei	Ja
Overgangsbru Børsa*	17	23	20	180	Nei	Nei

Tabell 10. Tillatte differansesetninger i 2009

\*Overgangsbruene går på tvers over E39 og retningen øst-vest tilsvarer retning sør-nord.

For Saltnesbrua blir kravet til størst tillatte differansesetninger ikke overskredet. For Overgangsbru i Buvika er det usikkert om kravet i realiteten blir overskredet da kravet til tillatt setningsdifferanse kun er på 10 mm. Dette kommer fra liten vertikal radius og lav hastighet på strekningen, som gir en lav verdi i utregningen av  $\Delta S$ . For Hammersbrua er også kravet til tillatt setningsdifferanse usannsynlig lavt på 10 mm. Dette gjør en sammenligning mot målte setninger mindre viktig. For Rossvollbrua er kravet kun overskredet på vestsiden av brua. Det er målt størst setninger på vestsiden av brua. For Overgangsbrua i Børse er det gjort en egen utregning av setningskrav fra målinger i perioden 2005 til 2011, se vedlegg 20. Dette er beregnet ut ifra lengdeprofil med akkumulerte setninger, se vedlegg 14. For 2005-2009 er setningskravet ikke overskredet. For 2010 er kravet overskredet for sørsiden, men ikke for nordsiden. Dette kommer nok av at størst setninger er målt på sørsiden. For 2011 er funksjonskravet på 10 mm ikke overskredet for noen av sidene. En svak hump er definert som å gå over 25 mm, se kap 2.8.2. Det er ikke målt setningsforskjeller større enn dette for brua, men det kan utvikles i fremtiden. Ved befarings på Overgangsbrua i Børse, i oktober 2013, var det en synlig hump ved bruovergangen. Det var tydelig oppsprekking av asfalten ved overgangen fra bru til fylling, se Figur 6-14. Dette tyder på at humpen er blitt utviklet etter 2011.

## 9. Sammenligning overgangsbruene

Begge overgangsbruene er spennarmerte betongplatebruer. Fundamentering for begge bruene er svevende betongpeler av type P270 MA, med betongkvalitet C55.

Grunnforholdene er også relativt like. For Buvika er det middels fast og noe sensitiv leire. For Børsa er det bløtere leire med lavere udrenert skjærstyrke. Det er et høyt vanninnhold på ca. 40 % for sørsiden av brua, der de største setningene har kommet. For Buvika er vanninnhold på ca. 25-30 %. Det er kvikkleire i grunnen på begge steder, og like ved Overgangsbrua i Buvika er det gått et kvikkleireras i 2003.

Vertikalradius for Overgangsbrua i Børsa er 1 640 m, mens i Buvika er den bare 650 m, se vedlegg 4. Overgangsbrua i Buvika er 5 m kortere enn brua i Børsa, og dette gjør at brua i Buvika er mer krum med en buet form. Overgangsbrua i Børsa har en mer avrettet og rektangulær form.

Overgangsbrua i Børsa har fått målt større setninger enn Overgangsbrua i Buvika. Beregninger fra NGI anga at det totalt vil komme 400-650 mm for tilløpsfylling ved brua i Børsa mot 300-400 mm for brua i Buvika. Målinger fra 2009 viser størst målte setninger på 117 mm for tilløpsfyllingen på brua i Børsa, mot -15 mm og heving av asfalten for brua i Buvika. For selve bruene er det målt størst setninger på 52 mm for brua i Børsa mot 16 mm for den i Buvika. Høyden på tilløpsfyllingene er opptil 8 m for begge bruene. Det er et høyere vanninnhold for brua i Børsa, et høyt vanninnhold gir mulighet for store langtidssetninger, se kap. 2.2. Dette er trolig årsaken til størst målte setninger for Overgangsbrua i Børsa.



## 10. Pelenes betydning for setningsdifferansene

Fundamenteringsmetode med spissbærende peler rammet til berg eller svevende peler får betydning for brukonstruksjonen. Samvirke mellom jord og konstruksjon vil bli påvirket av fundamenteringen. Hva dette har å si for setningsdifferansene har vært lite forsket på, men vil ha innvirkning. Det vil trolig bli ulik setningshastighet avhengig om det er svevende peler eller spissbærende peler. Ved fundamentering av brua på spissbærende peler kan det bli ulik setningshastighet mellom bru og fylling. Disse setningsforskjellene resulterer i overgangssetninger ved bruovergangen over tid.

En oversikt over fundamenteringsmetode og antatte setninger vises i Tabell 11. Alle landkar på bruene i oppgaven ble fundamentert på svevende peler. De tre lengste bruene Hammersbrua, Saltnesbrua og Rossvollbrua er alle fundamentert på stålrørspeler. De krysser alle elveløp, og det er gjort tiltak for å sikre mot erosjon for disse bruene. Kun en av bruene, Hammersbrua, er fundamentert med peler rammet ned til berg. Setningsdifferansen mellom landkar og fylling ble antatt å bli lik siden pelefundamentering i utgangspunktet ikke skal gi setninger (Statens vegvesen, 2001). Ramming til berg holder brua i ro, og denne brua har fått beskjedene totalsetninger. Peletypen for Hammersbrua er lukkede stålrørspeler. Dette er en massiv pel med pelespiss. Ved ramming til berg er det en fordel å ha pelespiss for overføring av krefter, se kap. 2.4. Ved ramming av massive peler kan det bli oppbygging av poretrykket, dette unngås med svevende peler.

<b>Bru</b>	<b>Fundamentering</b>	<b>Beregnet totalsetninger tilløpsfylling (NGI, 2003) [mm]</b>
Saltnesbrua	Svevende peler, åpne stålrørspeler	200
Overgangsbru Buvik	Svevende peler, betongpeler	300
Hammersbrua	Peler rammet til berg, lukkede stålrørspeler	øst: 170 vest: 120
Rossvollbrua	Svevende peler, åpne stålrørspeler	øst: 150 vest: 125
Overgangsbru Børsa	Svevende peler, betongpeler	400

**Tabell 11. Fundamentering og antatt setninger for bruene**

Svevende peler er generelt brukt ved fundamentering av høye og tunge tilløpsfyllinger. Svevende peler kan tåle større fyllinger enn spissbærende peler. Dette kommer av at lasten blir overført til jorda både ved spissmotstand og sidefriksjon langs pelen, se kap. 2.4. Det vil bli deformasjoner av jorda rundt pelen, og

pelematerialet vil få mer belastning i forhold til spissbærende peler. Svevende peler er mykere enn massive peler rammet til berg. Dette kan føre til at størst setninger kommer for bruene med ved denne peletypen. Lengden på pelene vil også gi innvirkning. For svevende peler vil lengre peler få økt påhengslaster fra setninger.

Overgangsbrua i Børsa har fundamentering med svevende betongpeler, og denne brua har fått størst setninger. Dette er en av de korteste bruene, og tilleggslasten fra fyllingen vil ha en mindre lengde og fordeles over. Ved valgt fundamentering med peler rammet til berg kunne det ha blitt større differansesetninger mellom bru og fylling. Brua ville da ha stått mer i ro, og setningsforskjellene ville ha blitt større.

Saltnesbrua og Rossvollbrua har svevende og åpne stålrørspeler. Det antas bergdybder på 60-125 m for bruene, og begge bruene krysser elveløp. Åpne stålrørspeler gir ikke poretrykks-oppbyggingen, og er godt egnet i vann, se kap. 2.4. Åpne stålrørspeler ble valgt pga. store dybder til berg og krav om minst mulig massefortregning under ramming. Dette var også gunstig for å sikre stabiliteten av elveskråningene på disse bruene (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Hammersbrua er rammet til berg med lukkede stålrørspeler. Det antas bergdybder på 14-60 m. Stålrørspeler har stor knekkstivhet, og tåler hard ramming, se kap. 2.4.

For å vise setningshastighet for en bru rammet på peler til berg ble bevegelsen til Hammersbrua funnet. For å vise forskjellen til en bru med svevende peler ble denne sammenlignet med bevegelsen til Overgangsbrua i Børsa. Setningshastigheten for bruene i perioden 2008 til 2011 vises i Tabell 12. Det er brukt samme metode for å regne setningshastighet som i kap. 6.5.7. For begge bruene er det regnet ut et snitt av bevegelsen på de to sidene av bruene. For Hammersbrua ble det reasfaltert i 2010 og 2011. Det ble målt store negative setninger etter asfaltering, se kap 6.6. Asfaltering vil gi heving av asfaltdekket, og dette viser de målte verdiene fra november 2009 til oktober 2011. Setningshastigheten bør øke etter asfaltering pga. tyngre last som kan påvirke setningene over tid. Dette vises ikke for Hammersbrua, men vil antagelig bli synlig over tid. For Hammersbrua synker setningshastigheten fra 2008 til 2009, og i forhold til Overgangsbrua i Børsa er det mindre bevegelse. Dette tyder på at peler til berg holder brua i ro.

<b>Tidsrom</b>	<b>Overgangsbru Børsa (mm/måned)</b>	<b>Hammersbrua (mm/måned)</b>
sep.08- nov.09	0,6	0,8
nov.09-nov.10	0,9	0
nov.10-okt.11	0,5	-0,4

**Tabell 12. Setningshastighet for bolter på bruene**

## 11. Setningsårsaker

Det er vanskelig å få oversikt over alle årsakene til setninger for bruene da disse vil være sammensatte. Årsakene kan bestå av dårlige grunnforhold, tunge tilleggslaster på grunnen og valgt fundamenteringsløsning. Følgende setningsårsaker kan nevnes for bruene i Buvika og Børsea:

**Grunnforhold med leire:** Det er store dybder med middels fast leire og kvikkleire i Buvika og Børsea, og dette kan være årsak til setninger. På forhånd ble det antydnet at leirlagets tykkelse vil gjøre at setningene ved bruene vil pågå i flere tiår (Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen, 2003). Overgangsbrua i Børsea har størst dybder med leire på østsiden, og på østsiden av brua er det også målt størst setninger, se kap. 6.5.4. For de andre bruene har det ikke blitt funnet forskjeller i de lokale grunnforholdene. De største overgangssetningene for bruene i prosjektet har kommet der det er store dybder med leire og kvikkleire.

**Høyt vanninnhold:** Overgangsbrua i Børsea har fått målt størst setninger på sørsiden, der er det et høyt vanninnhold, på ca. 40 %. Dette gir setningsømfintlig grunn og store langtidssetninger kan utvikles, se kap. 6.5.6.

**Tilleggslaster fra tung overbygning:** Tilløpsfyllinger bygd opp av tunge masser kan gi opphav til setninger ved landkarene. For Overgangsbrua i Børsea var det antatt at tung tilløpsfylling ville øke poretrykket og svekke stabiliteten (Statens vegvesen, 2001). Begge sider av Overgangsbrua i Børsea og østsiden av Hammersbrua fikk tilløpsfylling bestående av sprengstein. Tung tilløpsfylling kan være en grunn til overgangssetninger her.

**Påhengskrefter på pelene:** Setninger i jorda vil gi påhengskrefter på pelene og dra med seg brukonstruksjonen ned, se kap. 2.4. Det var antatt setninger fra påhengskrefter på pelene i landkarene for Rossvollbrua (Statens vegvesen, 1997). For Overgangsbrua i Børsea var det på forhånd anbefalt å pelefundamentere, og dimensjonere pelene i landkarene for påhengskrefter (Statens vegvesen, 2001). Det må tas hensyn til påhengskrefter på peler ved dimensjonering av setninger.

**Fundamentering med svevende peler:** Svevende peler har ofte store fyllinger og er mykere enn massive peler rammet til berg, se kap. 10. Dette kan være grunn til at større setninger er målt for denne peletypen i forhold til spissbærende peler rammet til berg.

**Fundamentering med lukkede stålrørspeler:** For Hammersbrua ble det på forhånd anbefalt og ikke bruke massefortrengende peler som bygger opp poretrykket (Statens vegvesen, 2001). Det ble likevel valgt å bruke lukkede stålrørspeler, som er en massiv pel. Det er viktig at poretrykket fra tilløpsfyllinger blir ferdig utdrenert før bygging, se kap. 2.4. Det var antagelig et bra resultat på poretrykkskontrollen som gjorde at dette valget ble tatt. De andre bruene i prosjektet har svevende betongpeler og åpne stålrørspeler.

## 12. Setningstiltak

Setningsproblematikken mellom bru og fylling ble lagt vekt på i prosjekteringen av bruene. Det var antatt at Overgangsbrua i Børsea ville få store setninger, og setningsreducerende tiltak ble anbefalt (Statens vegvesen, 1997). De ulike setningsreducerende tiltakene som ble brukt i prosjektet vises i Tabell 13. For Overgangsbrua i Børsea ble det utført både forbelastning, oppjekking og installering av vertikaldren. For de andre bruene ble det lagt lette masser og reasfaltert.

Bru	Forbelastning	Lette masser	Vertikaldren	Reasfaltert
Saltnesbrua	Nei	Ja, vestsiden: Lettklinker og sprengstein østsiden: EPS	Nei	Ja, utført i 2010 og 2011
Overgangsbru Buvik	Nei	Ja, vestsiden: EPS østsiden: EPS	Nei	Ja, utført i 2010
Hammersbrua	Nei	Ja, vestsiden: lettklinker	Nei	Ja, utført i 2010 og 2011
Rossvollbrua	Nei	Ja, vestsiden: lettklinker østsiden: lettklinker	Nei	Ja, utført i 2010
Overgangsbru Børsea	Ja	Nei	Ja	Nei

**Tabell 13. Utførte setningstiltak**

**Forbelastning:** Forbelastning ble gjort for Overgangsbrua i Børsea, og var delvis vellykket. Problemet var at overhøyden lå for kort pga. fremdriften i prosjektet.

**Lette masser:** På forhånd var det anbefalt lette masser bak landkaret for mange av bruene. Masseutskifting til lette masser i form av EPS og lettklinker blir valgt når det er strenge krav til setninger. Lasten på grunnen blir da redusert sammenlignet med sprengstein. For Saltnesbrua ble tilløpsfyllingen på østsiden lagt med EPS som også bedret stabiliteten. For Hammersbrua ble også stabiliteten av tilløpsfyllingen på vestsiden ivaretatt ved oppbygging med lette masser. For Overgangsbrua i Børsea ble det ikke lagt inn lette masser, og dette kan være en årsak til setninger her. Lette masser i fyllingene inntil brua ville ha bedret stabiliteten og jevnet ut setningspranget inn mot brua.

**Overgangsplate:** Alle bruene som er blitt sett på har overgangsplate, dette er et krav satt av Statens vegvesen, se kap. 2.7.4. Hvilken effekt dette gir er derimot vanskelig å vurdere.

**Reasfaltering:** For alle bruene med unntak av Overgangsbrua i Børsea, har asfaltdekket blitt reasfaltert. For E39 mellom Børsea og Buvika ble siste planlagte slitelag lagt ut i 2010 og 2011. Det ble lagt 4 cm (100kg/m<sup>2</sup>) type SKA 11 PMB

slitelag. Ut ifra målinger er det målt både mer og mindre setninger etter reasfaltering. Asfaltering vil rette opp skader i veidekket, men vil samtidig utgjøre en tilleggslast på grunnen som kan gi økt setninger, se kap. 6.6.

**Vertikaldren:** Det ble installert vertikaldren i jorda for Overgangsbrua i Børsa for å få unna setningene. Dette er et effektivt tiltak som fikk ønsket resultat, se kap. 5.2.3 og 5.2.4.

**Oppjekking:** En 10 mm oppjekking ble gjort for hver landkarakse for Overgangsbrua i Børsa. Dette ble gjort for å sikre mot fremtidige setningsforskjeller mellom søyle og landkar, se kap. 5.2.3.

### 13. Konklusjon

I denne oppgaven har det blitt sett på overgangssetninger på 5 bruene på OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug. Det har blitt gjort en vurdering av konstruksjonstype, fundamentering og grunnforhold. Setningsmålinger er gjort for alle bruene etter åpning av veien i 2005. Det har blitt gjort en setningsanalyse av målingene for å undersøke hvordan bru, peler og tilløpsfyllinger har beveget seg. Krav og retningslinjer for setninger etter Statens vegvesen sine håndbøker er også blitt gjennomgått. Disse omhandler tiltak for å minske overgangssetninger, og setter krav til største tillatte differansesetninger på langs og tvers av vegbanen.

Setningsutviklingen på bruene i prosjektet har vist at Overgangsbrua i Børsla har fått klart størst setninger, de andre bruene har fått relativt beskjedne differansesetninger til tross for dårlig grunn med tykke sedimenter av bløt leire. Dette tyder på riktig dimensjonering av setninger, og trolig er de prosjekterte verdiene gode estimater på overgangssetningene som vil komme.

De fleste bruene har i 2009 ikke oversteget kravet til største tillatte setningsforskjeller etter Statens vegvesens håndbøker. Det presiseres at det for flere bruene er målt store negative setninger, som betyr en heving av asfaltdekket. Landheving alene kan ikke gi opphav til heving på opp mot 20 cm. Det er vanskelig å se andre årsaker til dette enn feil i måleresultatene. Enhver måling er beheftet med usikkerhet. Feilkilder kan være feil med fastmerkene og avlesningsfeil. Dette er en svakhet ved analysen av setningsmålingene.

Lengden på bruene er fra 35-212 m. Overgangsbruene er spennarmerte betongplatebruene og de andre bruene er bjelkebruene. Grunnforholdene for alle bruene er ganske like, med store dybder til berg, middels fast leire og noe kvikkleire. For Hammersbrua og Rossvollbrua er berg påvist på 60 m dybde, for de andre bruene er boringene stoppet uten at berg er påtruffet. De tre lengste bruene Hammersbrua, Saltnesbrua og Rossvollbrua er alle fundamentert på stålrørspeler. Hammersbrua har pelene rammet til berg, mens de to andre har svevende peler. Overgangsbruene i Buvika og Børsla er begge fundamentert på svevende betongpeler. For Hammersbrua er det mindre bevegelse i forhold til Overgangsbrua i Børsla, dette tyder på at peler til berg holder brua i ro.

Setningsårsakene for bruene i prosjektet er trolig: dårlige grunnforhold med store dybder av leire, kvikkleire og høyt vanninnhold, tilleggslaster fra tung overbygging, påhengskrefter på pelene, og fundamentering med svevende peler og lukkede stålrørspeler. For Overgangsbrua i Børsla gir fundamentering med svevende peler, tung tilløpsfylling, og grunnforhold med høyt vanninnhold og mye leire store setninger. For å ha fått mindre setninger her måtte det antagelig vært lagt EPS i tilløpsfyllingene.

Problemet med overgangssetninger er vanskelig å unngå helt, men omfanget kan reduseres ved setningsreduserende tiltak. Tiltakene må være kostnadsgunstige og kunne utføres for et vidt spekter av grunnforhold, konstruksjonstyper og fundamenteringstyper. Det er en lang rekke setningsårsaker som må håndteres, og setningsmekanismene er sammensatte.

## Referanseliste

- Bratlie, S. (2012). *Setninger inn mot brukonstruksjoner*. Trondheim: NTNU.
- Den norske pelekomite. (2005). *Peleveiledningen 2005*. Norsk geoteknisk forening.
- Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen. (2003). *Geoteknisk byggeplanrapport Bru over Børselva*. Trondheim.
- Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen. (2003). *Geoteknisk byggeplanrapport Fv.801/802*. Trondheim.
- Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen. (2003). *Prosjekteringsforutsetninger geoteknikk Dagsoner Buvika og Børse*. Trondheim.
- Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen. (2003). *Prosjekteringsforutsetninger geoteknikk Dagsoner Buvika og Børse*. Notat, Trondheim.
- Dupont, B. a. (2002). *Movements and settlements of highway bridge approaches*. University of Kentucky. Kentucky Transportation Center.
- Emdal, A. (2009). *Introduksjon til Geoteknikk*. Trondheim: NTNU.
- Google maps. (2010). Hentet November 3, 2013 fra <https://maps.google.no/?ll=63.32192596647,10.073021954543&cbll=63.32192596647,10.073021954543&z=18&t=m&cbp=12,0,,0,0&layer=c&output=svembed>
- Hagen, E. (2009). *E16 Franzefoss-Wøyen. Setningsmålinger over lang tid på strekningen Bærumsveien-Vøyenenga*. Statens vegvesen region øst. Statens vegvesen.
- Haavardsholm. (2005). *OPS-prosjektet E39, Klett-Bårdshaug, Sluttrapport Dagsoner Børse*. Trondheim: Skanska.
- Haavardsholm. (2005). *OPS-prosjektet E39, Klett-Bårdshaug, Sluttrapport Dagsoner Buvika*. Trondheim: Skanska.
- Hove, S. (2007). *Geoteknisk sluttrapport OPS-prosjektet*. Trondheim: Statens vegvesen.
- Janbu, N. (1970). *Grunnlag i geoteknikk*. Tapir forlag.
- Larsen, P. K. (2008). *Konstruksjonsteknikk, laster og bæresystemer* (2.utgave. utg.). Trondheim: Tapir akademisk forlag.
- Lindkvist, T. (2004). *Setning av instrumentert fylling på E39 i Børse*. Trondheim: NTNU.
- Multiconsult AS. (2010). *Notat RIG 125, Hesbykrysset rampe syd*. Tønsberg: Multiconsult AS.
- NGI. (2003). *Geotekniske beregninger profil 13600-14455*.
- NGI. (2003). *Geotekniske beregninger profil 7250-7350, Tilløpsfylling Vigda bru vest*.
- NGI. (2003). *Geotekniske beregninger profil 7380-7630, Toplanskryss i Buvika*.
- NGI. (2003). *Geotekniske beregninger profil 7400-8100, Tilløpsfyllinger Hammerdalen bru*.
- NGI. (2003). *Tilløpsfylling Børselva bru*.
- NGU. (2012, Februar 27). *Kart og data*. Hentet Oktober 26, 2013 fra NGU: <http://www.ngu.no/no/hm/Kart-og-data/>

NVE. (2012). *Skredatlas, Kvikkleire*. Hentet Oktober 28, 2013 fra Skrednett:  
<http://skredatlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=Skredatlas&MapType=Kvikkleire%20faregrad>

Olsson, N. (2009). *Praktisk rapportskrivning*. NTNU, Trondheim.

OPS-portalen Norge. (2004, November). *Oversikt sentrale OPS-prosjekter*. Hentet Desember 13, 2013 fra <http://ops-portalen.net>

Oset, F. (2011). *Byggherreskolen*. Vegdirektoratet.

Roadex Network. (2013). Hentet Oktober 14, 2012 fra Leksjon 1. Permanente deformasjoner:  
[http://www.roadex.org/uploads/images/elearning/permanent/3/34\\_3c\\_small.jpg](http://www.roadex.org/uploads/images/elearning/permanent/3/34_3c_small.jpg)

Rongved, J. (2004). *Aksialkapasitet over tid av friksjonsspelar i leire*. Trondheim: NTNU.

Seehusen, J. (2013, Oktober 10). OPS passer for Norge. *Teknisk Ukeblad*.

Sellevoid, J. O. (2011). *The Bump at the End of the Bridge*. Vegdirektoratet. Copenhagen: Statens vegvesen.

Skanska AS. (2005). *E39 Klett – Bårdshaug omfatter i alt 27 km veg*. Hentet Oktober 10, 2013 fra <http://www.skanska.no/global/Projects/Dokumenter/BrosjyreKlettBardshaug.pdf>  
<http://www.skanska.no/global/Projects/Dokumenter/BrosjyreKlettBardshaug.pdf>

Skanska AS. (2012). *Setningsmålinger E39 Buvika og Børsa*.

Skanska AS. (2002). *Supplerende grunnundersøkelser*. Datarapport.

Standard Norge. (1989). *Publikasjon 296 Veiledning til NS 3480 Geoteknisk prosjektering*.

Stark et al. (1995). *Differential Movement of the Embankment/Structure Interface- Mitigation and Rehabilitation*. Illinois Department of Transportation.

Statens vegvesen. (2010). *Håndbok 016- Geoteknikk i vegbygging*.

Statens vegvesen. (2000). *Børsa; Vurderingsrapport nr.4 Ud 547 B*. Trondheim: Vegteknisk seksjon.

Statens vegvesen. (2001). *Børsa; Vurderingsrapport nr.18 Ud 547 B*. Trondheim: Vegteknisk seksjon.

Statens vegvesen. (2001). *Børsa; Vurderingsrapport nr.19 Ud 547 B*. Trondheim: Vegteknisk seksjon.

Statens vegvesen. (1997). *Børsa; Vurderingsrapport nr.6 Ud 547 B*. Trondheim: Laborarieseksjonen.

Statens vegvesen. (1999). *Brekka; Vurderingsrapport nr.10 Ud 547 B*. Trondheim: Laborarieseksjonen.

Statens vegvesen. (1996). *Buvika og Børsa; Vurderingsrapport nr.2 Ud 547 B*. Trondheim: Laborarieseksjonen.

Statens vegvesen. (2001). *Buvika; Vurderingsrapport nr.17 Ud 547 B*. Trondheim: Vegteknisk seksjon.

Statens vegvesen. (1996). *Buvika; Vurderingsrapport nr.5 Ud 547 B*. Trondheim: Laborarieseksjonen.

Statens vegvesen. (1987). *Geotekniske og seismiske undersøkelser*. Trondheim.



Statens vegvesen. (2013). *Håndbok 017- Veg og gateutforming*. Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2011). *Håndbok 018- Vegbygging*. Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2009). *Håndbok 185-Bruprosjektering*. Oslo: Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2012). *Håndbok 274- Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger*. Oslo: Statens Vegvesen Vegdirektoratet.

Statens vegvesen. (2010, Desember 17). *OPS-prosjektet E39 Klett-Bårdshaug*. Hentet Oktober 10, 2013 fra <http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/Om+vegprosjekter/OPS-PPP/E39+Klett+Bardshaug>

Statens vegvesen. (2012, August 10). *PPP Project E39 Klett-Bårdshaug*. Hentet Oktober 10, 2013 fra <http://www.vegvesen.no/en/Roads/Financial/Private+Public+Partnership+PPP/Project+E39+Klett+Bardshaug>

Utah Department of Transportation. (2000). *Use of Geofoam for I-15 Reconstruction in Salt Lake City*. (G. R. Center, Produsent) Hentet October 2012 fra Geofoam Research Center: [http://geofoam.syr.edu/GRC\\_i15.asp](http://geofoam.syr.edu/GRC_i15.asp)

Vianova. (2002). *E39 Klett-Bårdshaug*. Hentet Oktober 10, 2013 fra <http://www.vianova.no/vnptpreref.nsf/0/984D3444DE200F7841256DFE003AD8A7?OpenDocument&NavigateTo=Prosjektoversikt>

Vianova. (2005, Oktober 20). *Prosjektgjennomføring og samspill sett fra konsulentenes ståsted*. Hentet Oktober 11, 2013 fra [http://geoforum.no/kurs-og-konferanser/publiserte-foredrag/pub\\_2005/den-kloke-tegning/Plenum\\_F-OPS-prosjektet%20E39\\_Klett-Bardshaug\\_Asbjorn\\_Hagen.pdf/at\\_download/file](http://geoforum.no/kurs-og-konferanser/publiserte-foredrag/pub_2005/den-kloke-tegning/Plenum_F-OPS-prosjektet%20E39_Klett-Bardshaug_Asbjorn_Hagen.pdf/at_download/file)

White, D. (2005). *Best Practices for Bridge Approaches*. Iowa State University.



## **Vedlegg 1**

Oversiktskart Buvika og Børse (Statens vegvesen, 2003)







## **Vedlegg 2**

Oversiktskart toplanskryss Børse (Statens vegvesen, 2003)



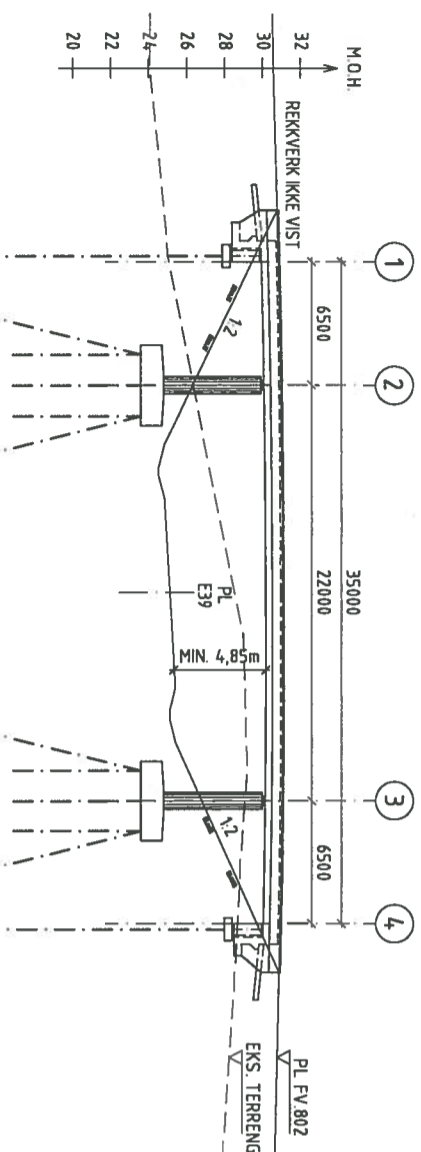


## **Vedlegg 3**

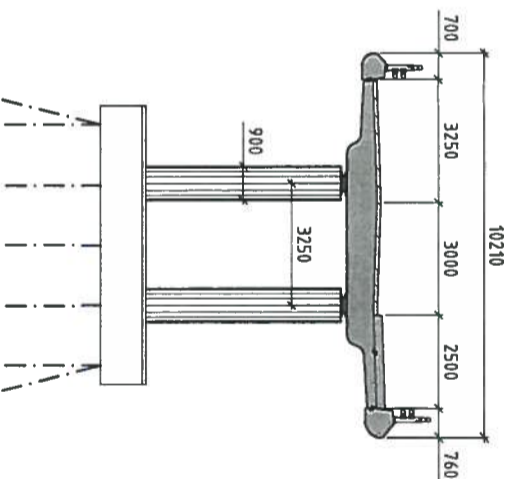
Konstruksjonstegninger av bruene (Statens vegvesen, 2003)



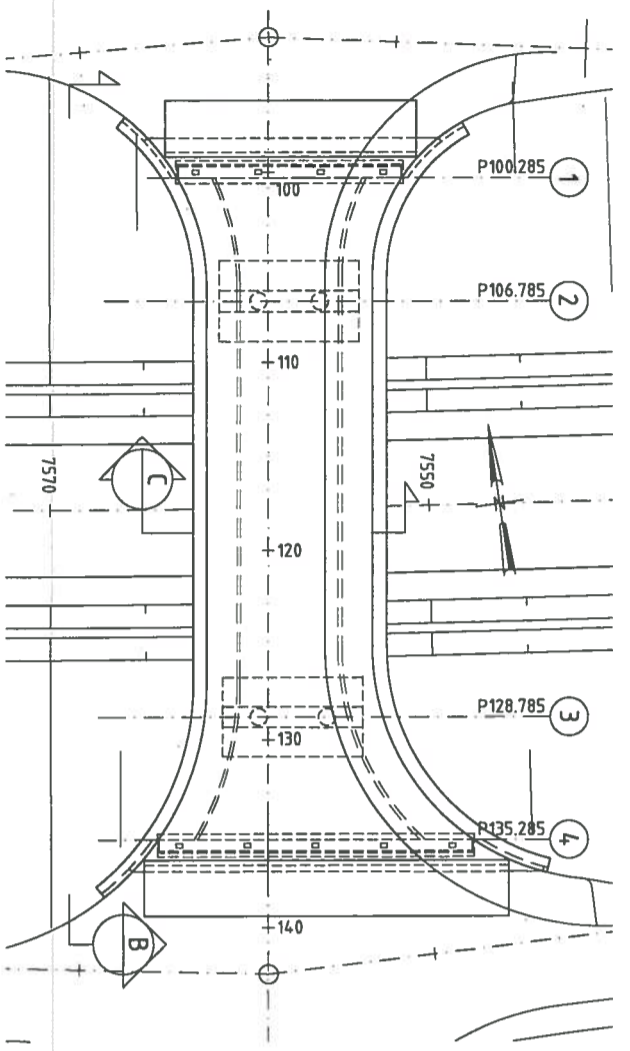
PROFILNUMMER	90	100	110	120	130	140
PROFILHØYDE	30 554	30 839	31 026	31 091	31 034	30 832
TERRENGHØYDE	24,06	25,00	27,00	29,00	28,98	28,43
VERTIKALKURVE	R = ∞	R = 28,64‰	R = ∞	R = 5,79‰	R = ∞	R = ∞
HORISONTALKURVE	R = 650 m		R = 650 m		R = ∞	



**B** OPPRISS  
1:200



**C** SNITT  
1:100



**A** PLAN  
1:200

- BEMERKNINGER:**
- DIMENSJONERINGSGRUNNLAG:  
- STATENS VEGVESEN HÅNDBOK 184 OG 185, MED RETTELSEER, ENDRINGER OG TILLEGG VERSJON 2001-1
  - KONSTRUKSJONSTYPE:  
- SPENNARMERT BETONGPLATEBRU
  - FUNDAMENTERING:  
- SVEVENDE BETONGPELER
  - LAGER:  
- FASTE LAGER AKSE 2 OG 3, ALLSIDIG BEVEGELIGE LAGER AKSE 1 OG 4.
  - SLITELAG:  
- KJØREBANE: 100 mm.
  - FORSKALING:  
- LIGGENDE BORDFORSKALING PÅ SYNLIGE FLATER.
  - UTSTÅENDE HJØRNER FASES 20 mm DER ANNET IKKE ER VIST.
  - REKKEVERK:  
- ØRSTÅ BRUREKKEVERK TYPE BR 3 MED BRØYTETETTE PANELER.

**HENVISNINGER**

- LANDKAR AKSE 1, FORM SE TEGN K120-03
- LANDKAR AKSE 4, FORM SE TEGN K120-04
- PILAR AKSE 2, FORM SE TEGN K120-05
- PILAR AKSE 3, FORM SE TEGN K120-06
- BRUDEKKE, FORM SE TEGN K120-07
- BRUDEKKE, FORM, DETALJER SE TEGN K120-08
- BRUDEKKE, SPENNARMERING SE TEGN K120-09
- LANDAR AKSE 1, ARMERING SE TEGN K120-10
- LANDKAR AKSE 4, ARMERING SE TEGN K120-11
- PILAR AKSE 2 OG 3, ARMERING SE TEGN K120-12
- BRUDEKKE, ARMERING SE TEGN K120-13
- BRUDEKKE, ARMERING, DETALJER DEL 1 SE TEGN K120-14
- BRUDEKKE, ARMERING, DETALJER DEL 2 SE TEGN K120-15
- REKKEVERK SE TEGN K120-16

Godkjent som arbeidstegning av Vegdirektorets brudddeling i brev av 06.01.04.  
Per Meas (prosjektansvarlig) 06.01.04 (dato)

**ANGITT MÅLESTOKK GJELDER A1-FORMAT**

04.01.05	C	Som bygget	B/S	RAM
15.01.04	B	Godkjent arbeidstegning	STB	B/S
24.11.03	A	Diverse korreksjoner	STB	RAM
Date	Rev	Endring	Sign	Kontr
TEKNISSSTATUS		Ferdig tegning	Arbeidstegning	
Oppdragsnavn:		Som bygget		
Prosjekt:		X		

Statens vegvesen  
Vegdirektoratet  
E39 Klett - Bårdshoug  
Date: 10.10.03  
Tegnet: STB  
Kontrollert: BJS

BRU NR. 16-1596  
OVERGANGSBRU P7555  
OVERSIKT  
Målestokk: 1:200, 100

**Orkdalsvegen AS**  
Prosjekt nr.:  
Rev. nr.:

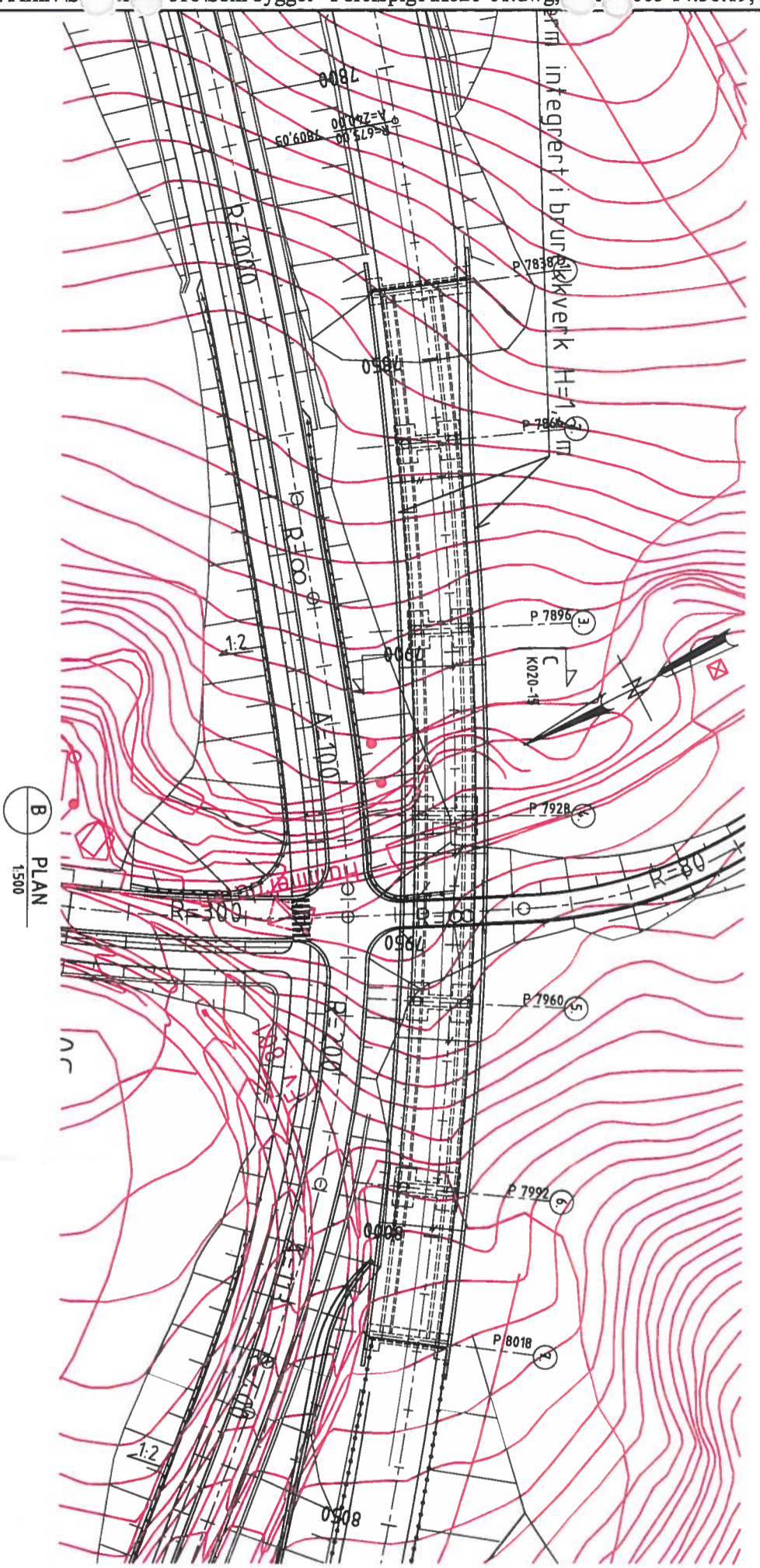
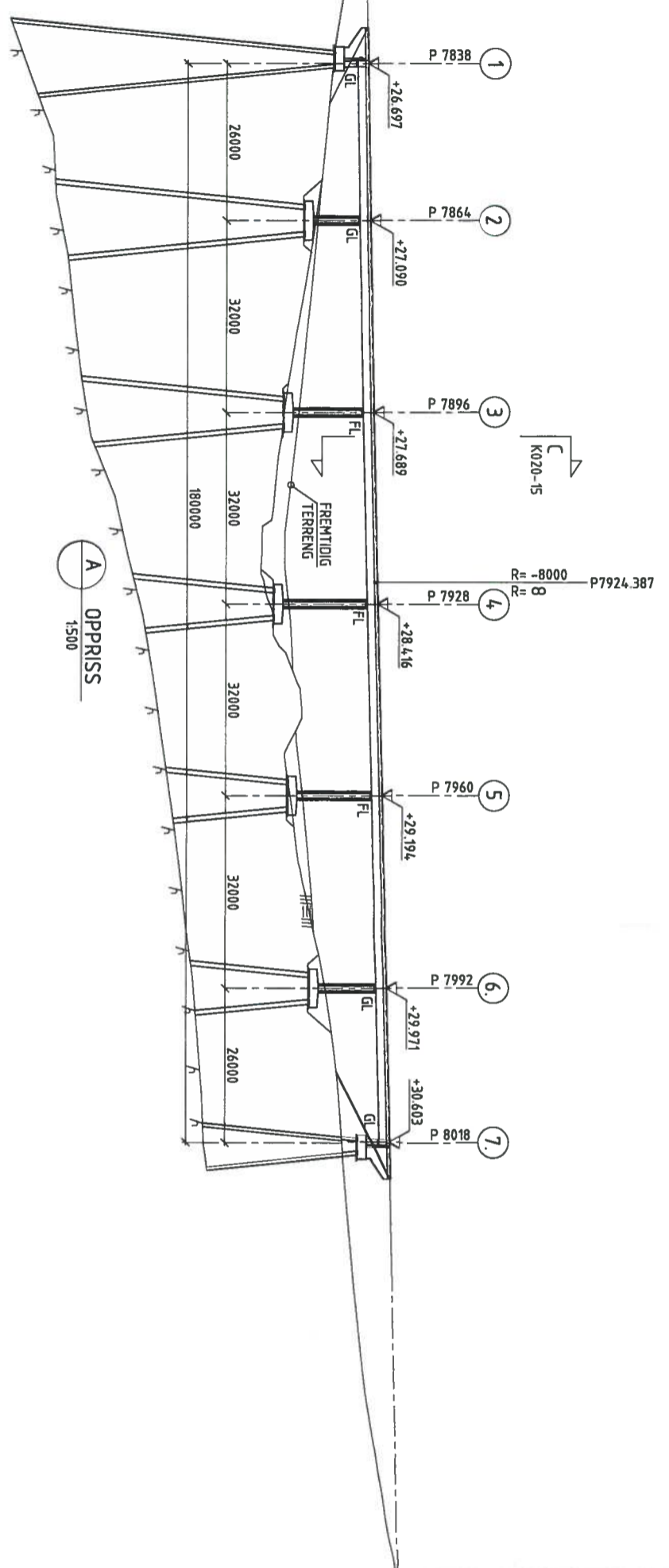
**SKANSKA**  
SVANSKA AS  
**AAS-JANSEN**  
TRONDHEIM  
**K120-01**  
C

Betong  
43 SY-140  
53 SY-140  
BRUOVERBYGNING OG PÅLÅN  
B500C

Nyttelast  
STATVEG  
HÅNDBOK 184  
UTVEG  
Målestokk  
1:200, 100

Active road line is: 1100

PROFILNUMMER	7820	7830	7840	7850	7860	7870	7880	7890	7900	7910	7920	7930	7940	7950	7960	7970	7980	7990	8000	8010	8020	8030	8040
PROFILHØYDE	26.474	26.593	26.724	26.868	27.024	27.192	27.373	27.567	27.773	27.992	28.223	28.465	28.708	28.951	29.194	29.437	29.679	29.922	30.165	30.408	30.651	30.894	31.137
TERRENGHØYDE	23.65	22.08	20.74	19.80	18.63	17.14	15.40	13.75	12.48	11.28	9.17	11.04	11.53	12.64	13.96	15.26	17.36	19.46	21.00	22.10	22.87	23.68	24.60
VERTIKALKURVE	R = 8000 m																						
HORISONTALKURVE	R = 675 m																						
	s = 0.024																						



**BEMERKNINGER:**

1. FELTVIS UTBYGGING FRA AKSE 1
2. FL = FASTLAGER AKSE 3 - 6  
GL = SIDESTYRTE GLEDELAGER I AKSE 2 OG 6  
1 STK. SIDESTYRT OG 1 STK. ALLSIDIG LAGER I AKSE 1 OG 7
3. REKKVERKSTYPE 1 m/STØYSKJERM H=12m BEGGE SIDER
4. BRUA ER DIMENSJONERT FOR 100mm SLITELAG.
5. FORSKALING:  
BRUOVERBYGNING: HORIZONTAL BORDFORSKALING  
SØYLER: VERTIKAL BORDFORSKALING  
MAKS. BORDBREDE 100mm.
6. OVERSKILT TYPISKE TVÆRSNITT SE TEGN. K020-15
7. BRUA SKAL BYGGES MED OVERHØYDE, SE TEGN. K020-16
8. BRUA FUNDAMENTERES PÅ STÅLRØRSPELER TIL FJELL.  
PELDMENSJON:  
AKSE 1-3 : Ø813/14,2  
AKSE 4-7 : Ø711/12,5
9. BRUA ER DIMENSJONERT IHT. HB 184 LASTFORSKRIFTER" VERSJON 2001-1 OG IHT. HB 185 "PROSJEKTERINGSREGLER" VERSJON 201-1.

**HENVISNINGER:**

- STIKKINGSPLAN SE TEGN. K020-02
- PELEPLAN, DETALJER SE TEGN. K020-03
- LANDKAR AKSE 1 SE TEGN. K020-04, 05
- LANDKAR AKSE 7 SE TEGN. K020-06, 07
- PELEHODER OG SØYLER SE TEGN. K020-12
- BRUBELEKE FORH SE TEGN. K020-15, 16
- REKKVERK/STØYSKJERM SE TEGN. K000-01, K020-27
- STØTTEMUR AKSE 7 SE TEGN. K020-28, 29

Godkjent som arbeidstegning av Vegdirektoratets bruksvelling i brev av 12.11.03  
Per Mehus 12.11.03  
(se skilteversjon)

TEGNINGSSTATUS	Dato	Rev.	Endring	Forordligning	Arbeidstegning	Arbeidstegning	Arbeidstegning
01/02/2005	C	1	Som bygget				
12/12/2003	B	1	Arbeidstegning				
01/09/2003	A	1	Til kontroll				
	Rev.		Endring				

Oppdragsnavn: Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Oppdragsnr.: E39 Kiehl - Bærdstaug  
Dato: 01/09/2003  
Type: HP, Kristiansen  
Kontrollert: EA, Jordell  
Høyderegulering: 1500

Prosjekt: 7616  
Tegnr.: 7616  
Rev. nr.: 7616

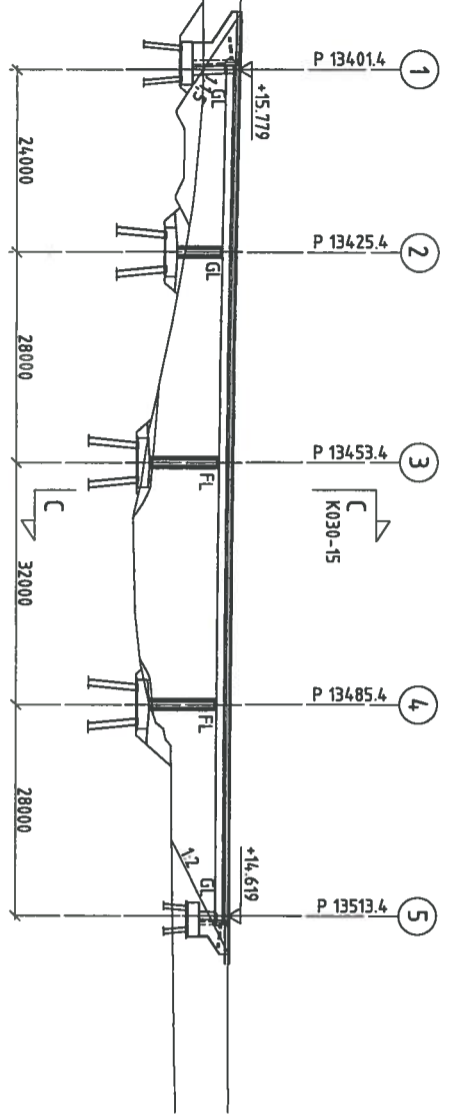
Orkdalsvegen AS  
Prosjektleder: [Name]

SKANSKA SVANSKA AS  
MGSJANDERSEN  
K020-01  
C

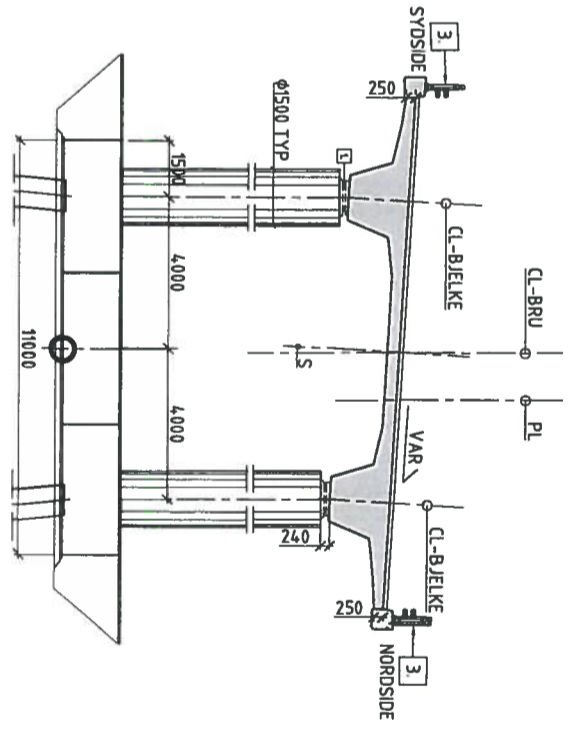
Skanska  
Svanska  
4-1-15  
Arbeidstegning  
18/05/07

Active road line is: 11500

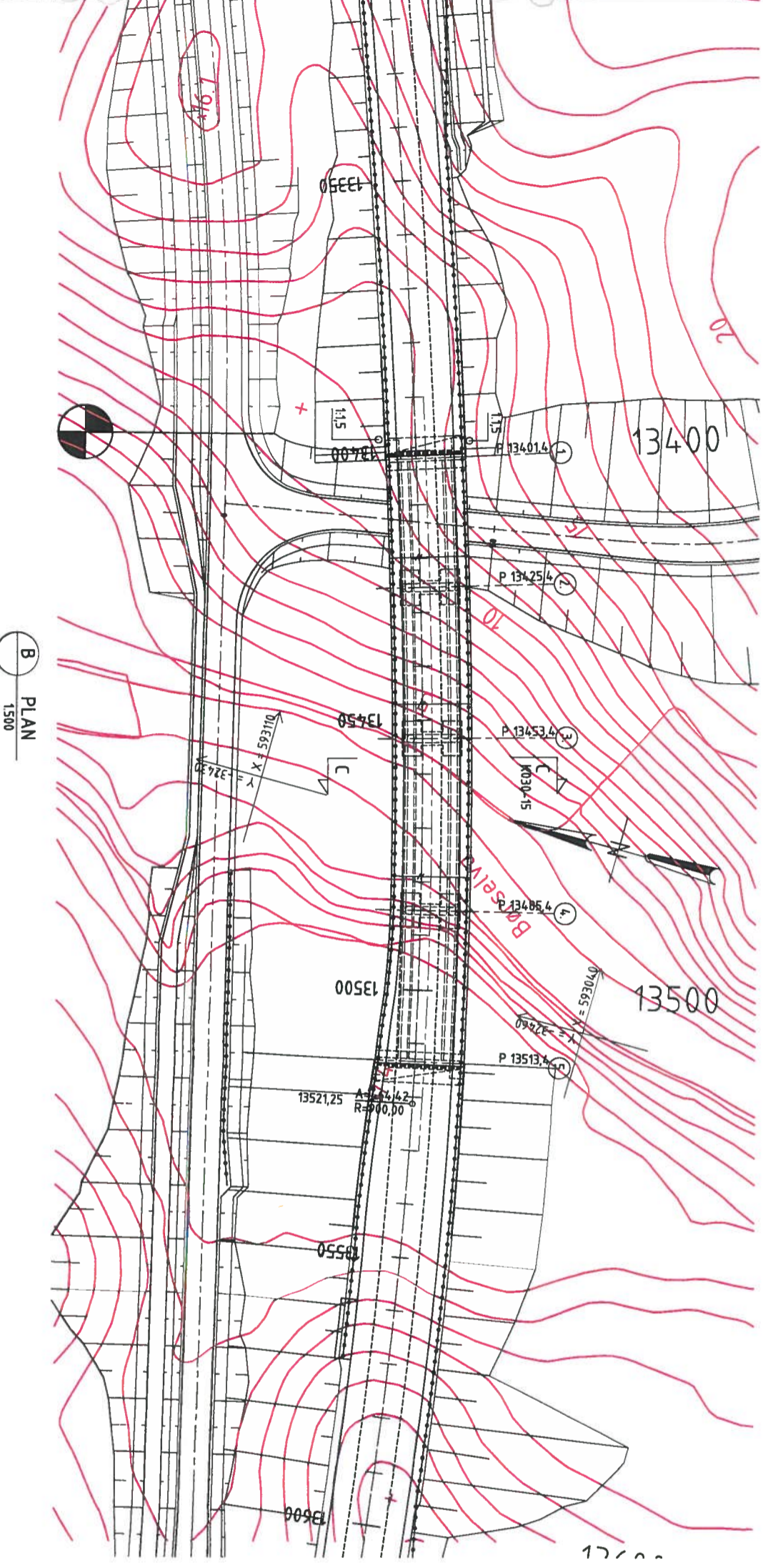
PROFILNUMMER	13290	13400	13410	13420	13430	13440	13450	13460	13470	13480	13490	13500	13510
PROFILHØYDE	16.037	15.809	15.601	15.412	15.244	15.096	14.967	14.859	14.771	14.702	14.654	14.626	14.618
TERRENGHØYDE	13.54	9.48	8.81	8.15	11.45	12.66	4.01	2.07	2.14	2.92	6.12	6.92	6.89
VERTIKALKURVE	R = 5000 m												
HORISONTALKURVE	A = 664,42												



A OPPERISS  
1:500



C SNITT  
1:100



B PLAN  
1:500

BEREKNINGER:

- FELT VIS UTBYGGING FRA AKSE 5
- FL = FASTLAGER AKSE 3 OG 4  
GL = SIDESTYRTE GLIDELAGER I AKSE 2  
1 STK. SIDESTYRT OG 1 STK. ALLSIDIG GLIDELAGER I AKSE 1 OG 5
- REKVERK SE TEGNING K030-27 SAMT EGNE REKVERKSTEGNINGER FRA ØRSTA STÅL.

- BRUA ER DIMENSJONERT FOR 100mm SLITELAG
- FORSKALING:
- BRUOVERBYGGNING: HORIZONTAL BORDFORSKALING
- SØYLER: VERTIKAL BORDFORSKALING  
MAKS. BORDBREDE 100mm
- OVERSIKT TYPISKE TVERSNITT SE TEGN. K030-15
- BRUA SKAL BYGGES MED OVERHØYDE SE TEGN. K030-16
- BRUA FUNDAMENTERES PÅ SVEVENDE STÅLRØRSPELER  
- AKSE 1 OG 2: STÅLRØRSPEL Ø 813/10.0  
- AKSE 3: STÅLRØRSPEL Ø 1060/10.0  
- AKSE 4: STÅLRØRSPEL Ø 813/12.5  
- AKSE 5: STÅLRØRSPEL Ø 813/14.2
- BRUA ER DIMENSJONERT IHT. HB 184. LASTFORSKRIFTER" VERSJON 2001-1 OG IHT. HB 185 "PROSJEKTERINGSREGLER" VERSJON 2001-1.

HENVISNINGER:

- STIKNINGSPLAN SE TEGN. K030-02
- PELEPLAN, DETALJER SE TEGN. K030-03
- LANDKAR AKSE 1 SE TEGN. K030-04, 05
- LANDKAR AKSE 5 SE TEGN. K030-06, 07
- PELEHODDER OG SØYLER SE TEGN. K030-12
- BRUBJELKE FORM SE TEGN. K030-15, 16
- REKVERKSTØYSKJERM SE TEGN. K030-27

Godkjent som arbeidetegn av Vegdirektoratets brukavdeling i brev av 16.12.2003  
Per Mehus 16.12.2003

Z204/2005	C	Som innlegg	HRK	PRK
16.12.2003	B	Arbeidetegn - kom. betegnelse Akse 1 + 5, kom. stillingsplaner	BRS	EAU
Z202/2003	A	TI innlegg	BRS	EAU
05/05/2005	Rev	Endring	EAU	Kontr.

Oppdragsnavn: Statens vegvesen Vegdirektoratet  
Oppdragsnr.: E39 Klett - Øststang  
Dato: 22.09.2003  
Tegn.: BRS  
Kontroller.: EAU

Oppdragsnr.: 150 - 1500  
Prosjekt nr.: 7616  
Tegn. nr.: 7616  
Rev. nr.: 7616



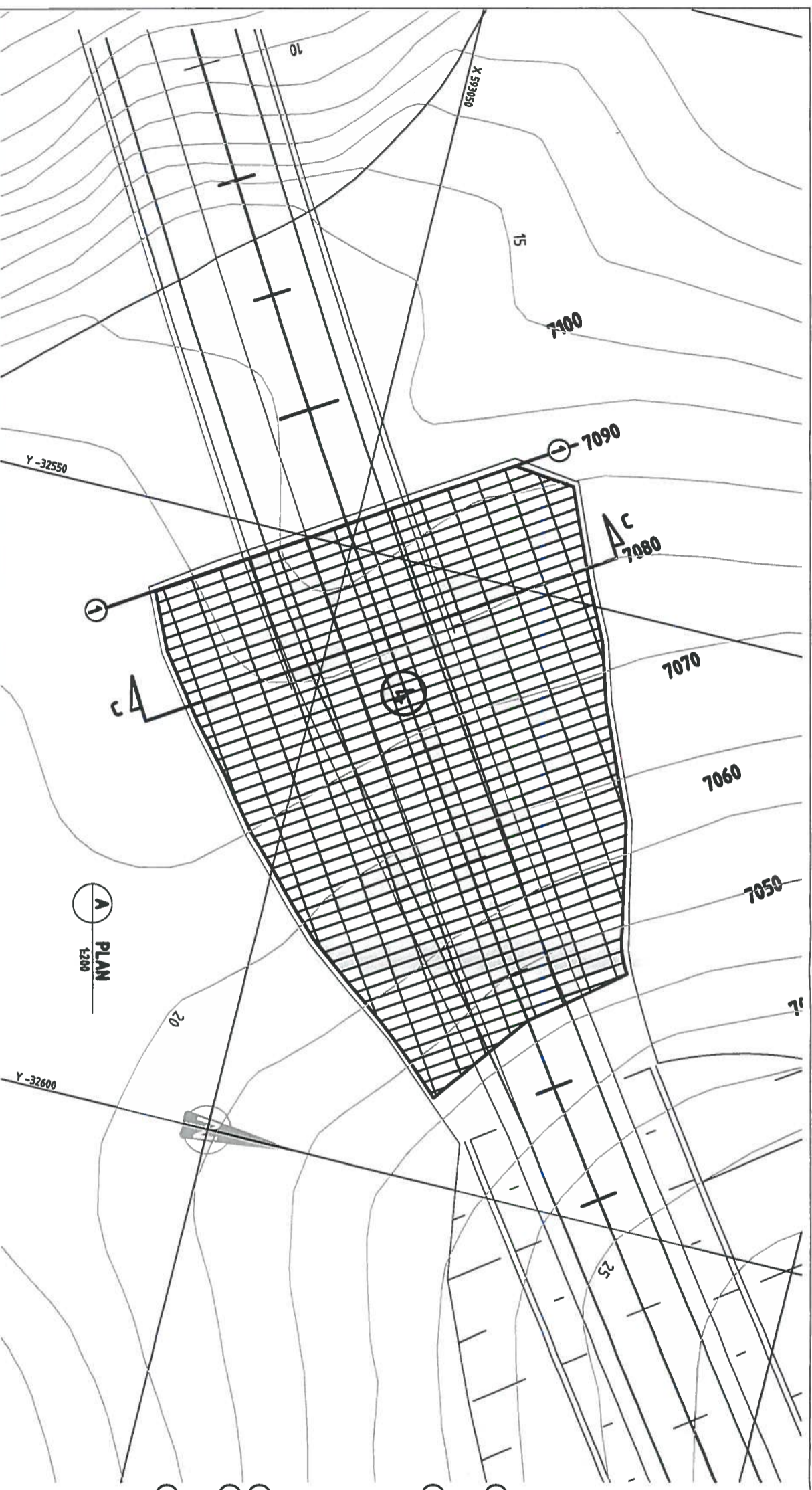
SKANSKA  
SKANSKA AS  
MAGNUSSEN  
K030-01  
C

Skanska  
4-4-1X  
45000  
NS3576

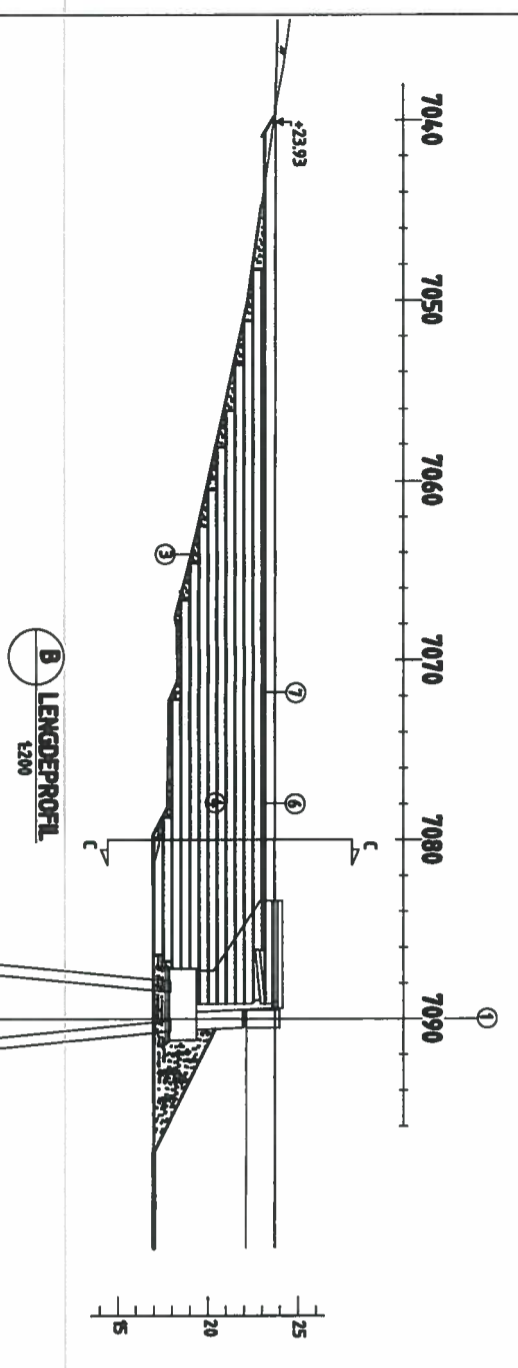


## **Vedlegg 4**

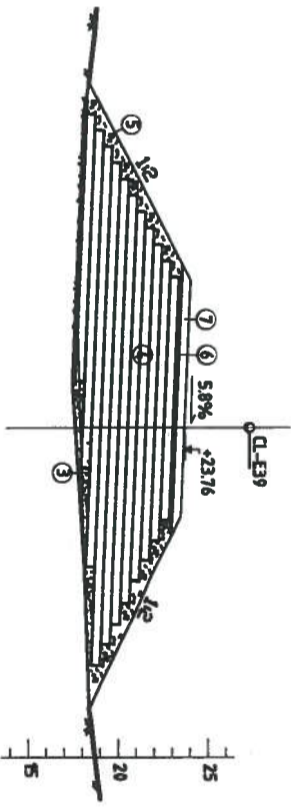
Tegninger av tilløpsfyllingene (Statens vegvesen, 2003)



**A PLAN**  
1:200



**B LENGDEPROFIL**  
1:200



**C PROFIL 7080**  
1:200

- BEMERKNINGER:**
- 1 Elvebunnen under brua skal være hevet til kote 2,3
  - 2 EPS-fyllingen bygges etter denne tegningen
  - 3 Lett fylling av EPS utføres i henhold til "Veg på bløt grunn", Håndbok 188, Statens Vegvesen. De enkelte lag i fyllingen skal være parallele med overbygningen, både i lengde- og tverretning. Avtrapping/utfylling av fyllingen utføres ved at underlaget avtrappes og avrettes.
  - 4 Avretting/avtrapping med sand, minimum  $t = 100$  mm. Toleranse høyde  $\pm 1-50$  mm. Jevnhet 10 mm eller bedre midt med 3 m rettholdt.
  - 5 Lett fylling av ekspandert polystyren (EPSI).
    - Blokker med sidekant 0,5 m x 2,5 x 1,0 m.
    - Dimensjonerende trykkstyrke minst 100 kN/m<sup>2</sup> (5% deformasjon).
    - Selvsukkende kvalitet (SLEI).
    - Blokkene legges i forband i begge retninger, uten gjennomgående sprekker.
    - Blokkene forankres innbyrdes med 95 mm Bulldog.
    - 2 punkter pr. blokk
    - Krav til jevnhet på topp fylling i henhold til Håndbok 018.
    - Kontroll og oppfølging i henhold til pkt. 4.2.6, Håndbok 188.
  - 6 Overdekning av sideskråningen, 0,5 m.
  - 7 Betongplate,  $t = 150$  mm. Betongkvalitet C25. Nettarmert, stangdiameter 5 mm, ruter 150 x 150 mm. Overlapp i henhold til NS 373.
  - 8 Overbygning,  $t = 1800$  mm.

**Henvisninger:**

- Plan og profil
  - Normalprofil fylling med EPS
  - Bru over Vigda. Oversikt
  - Bru over Vigda. Landkar akse 1. Form
  - Bru over Vigda. Landkar akse 1. Snitt og detaljer
  - Terrenghøytning
- Tegn. nr. C106  
Tegn. nr. F135  
Tegn. nr. K10-01  
Tegn. nr. K10-05  
Tegn. nr. K10-06  
Tegn. nr. 0501

TEGNINGSTITTEL		Arbeidstegning		Sjekk	
Rev.	Dato	Endring	Arbeidstegning	Sjekk	Komment.
1				TS	AE
2				TS	AE
3				BS	STH

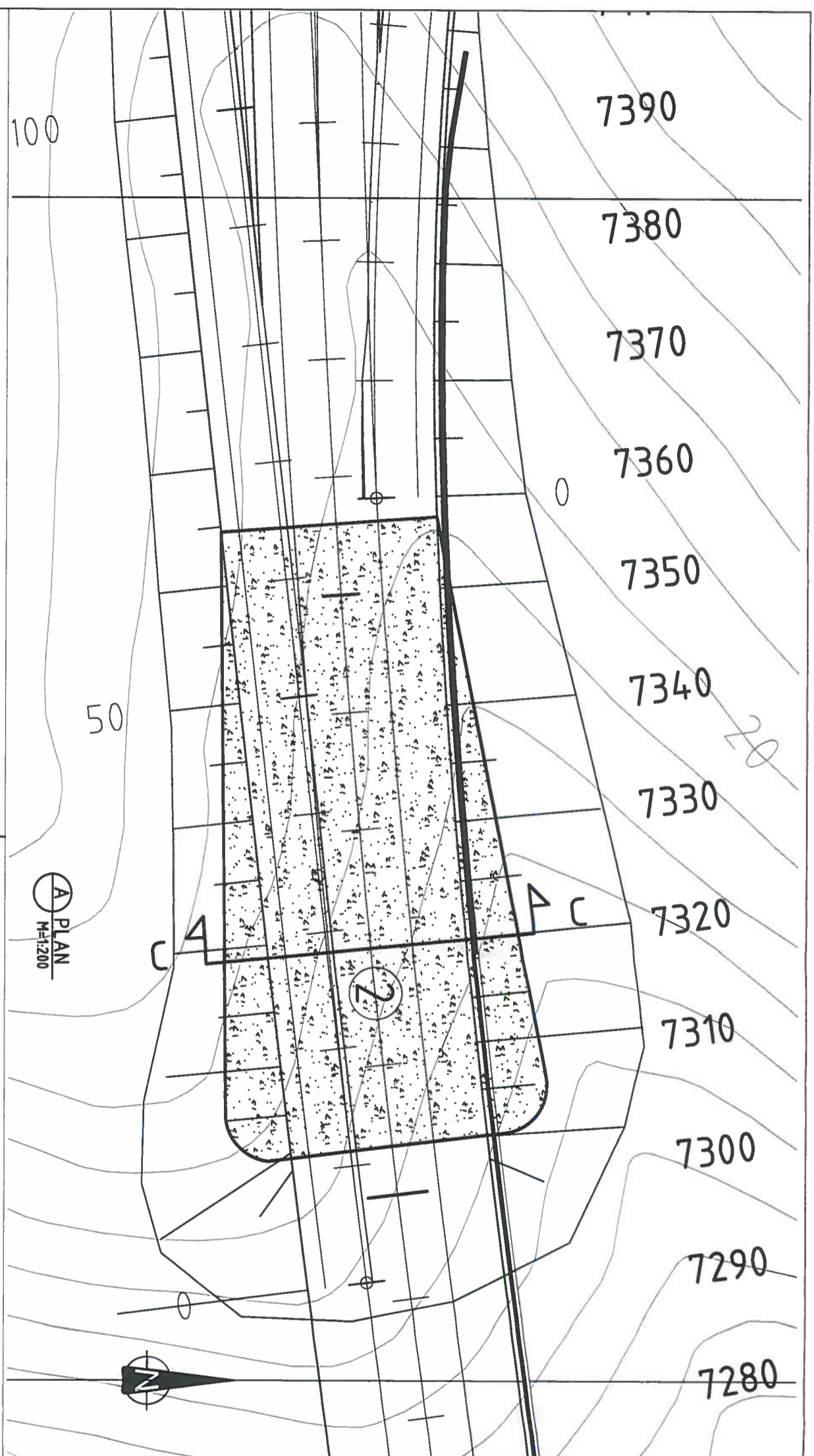
  

Oppdragsnavn:	Statens vegvesen Vegdirektoratet	Prosjekt:	OPS-Prosjekt E39 Klett - Bårdshøg
Tegn. tittel:	OPS-PROFIL 7044-7090 LETT FYLLING MED EPS	Dato:	04.09.03
Oppdragsnr.:	1200	Tegning:	BS
Prosjektleder:	1200	Kontrollert:	STH
Prosjektansvarlig:	1200	Målestokk:	1:200
Prosjektansvarlig:	1200	Arbeidstegning:	X

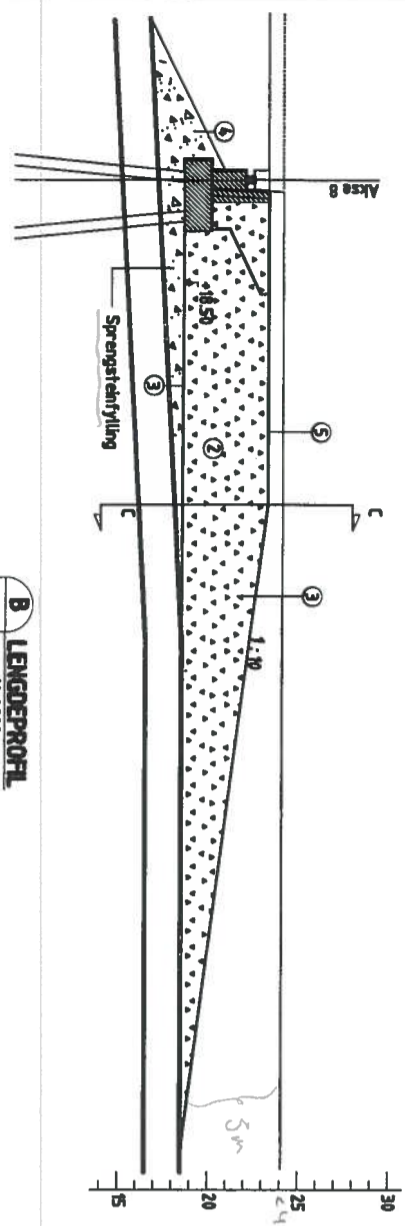
  

Tilstandstegning:	Prosjektleder:	Tegn. nr.:	Rev. nr.:
SKANSKA BRUNN AS	1200	V 118	C

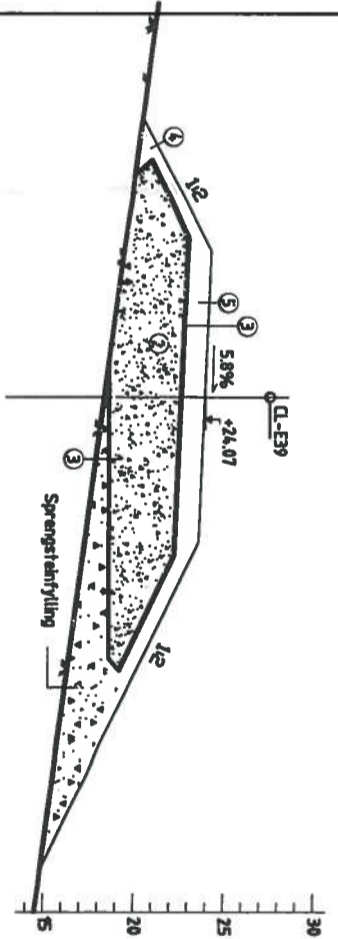




**A PLAN**  
M=1:200



**B LENGDEPROFIL**  
M=1:200



**C PROFIL 7320**  
M=1:200

**BEMERKNINGER:**

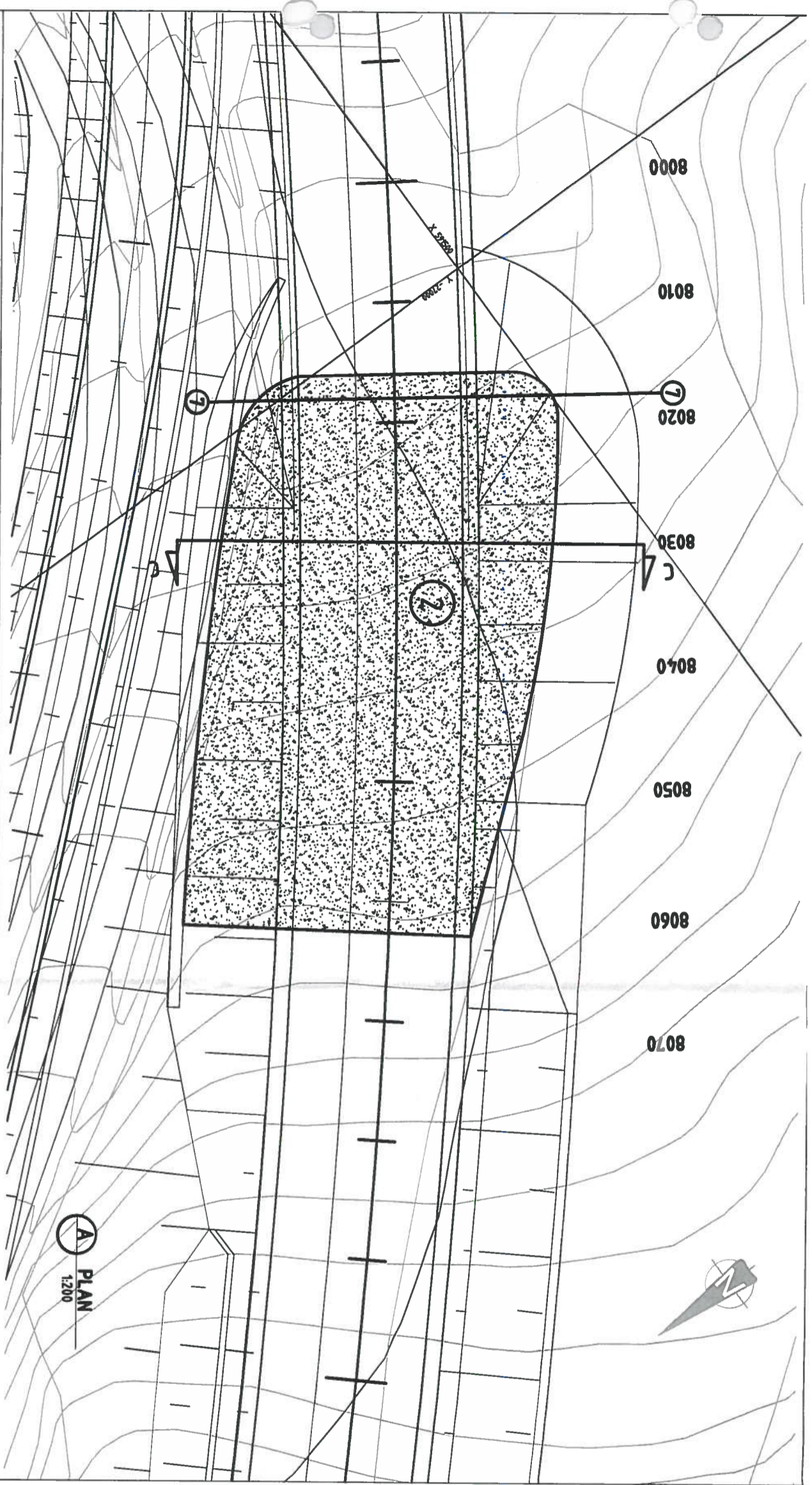
1. Lett fylling med lettklinker skal utføres i henhold til 'Veg på bløt grunn', Håndbok 188 fra Statens vegvesen.
2. Fylling av lettklinker 0-32mm, tørrdensitet mindre enn 400 kg/m<sup>3</sup>. Lettklinker fylling legges ut i maksimalt 1 m tykke lag og planeres med dozer med betetrykk på maksimalt 50kN/m<sup>2</sup>. Etter planering komprimeres med tre overfarter med dozer.
3. Lettklinker fylling og øvrige masser separeres med fiberduk kl III eller bedre.
4. Støttefylling, tykkelse 0,8m. Bygges opp suksessivt med Lett-klinker fylling slik at den ved komprimering er på høyde med fyllingens overflate.
5. Overbygning.

**Henvisninger:**

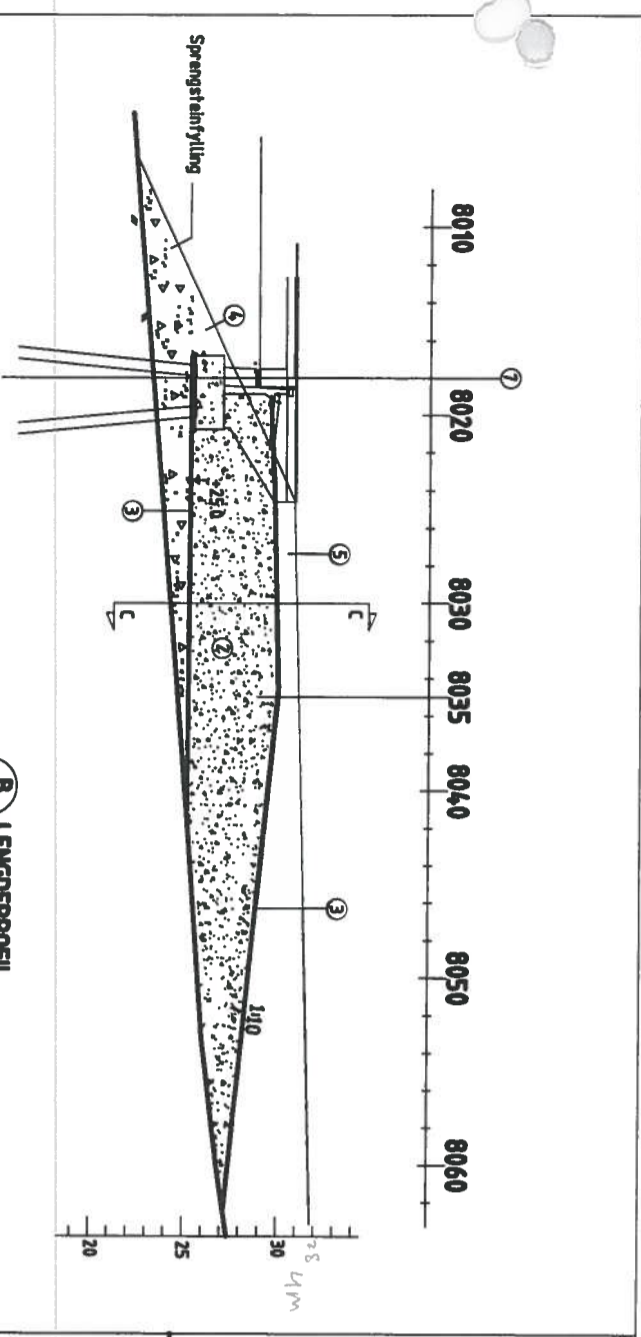
- Plan og profil
- Normalprofil fylling med lettklinker
- Bru over Vigda, Oversikt

Tegn. Nr. C107  
Tegn. Nr. F136  
Tegn. K010-01

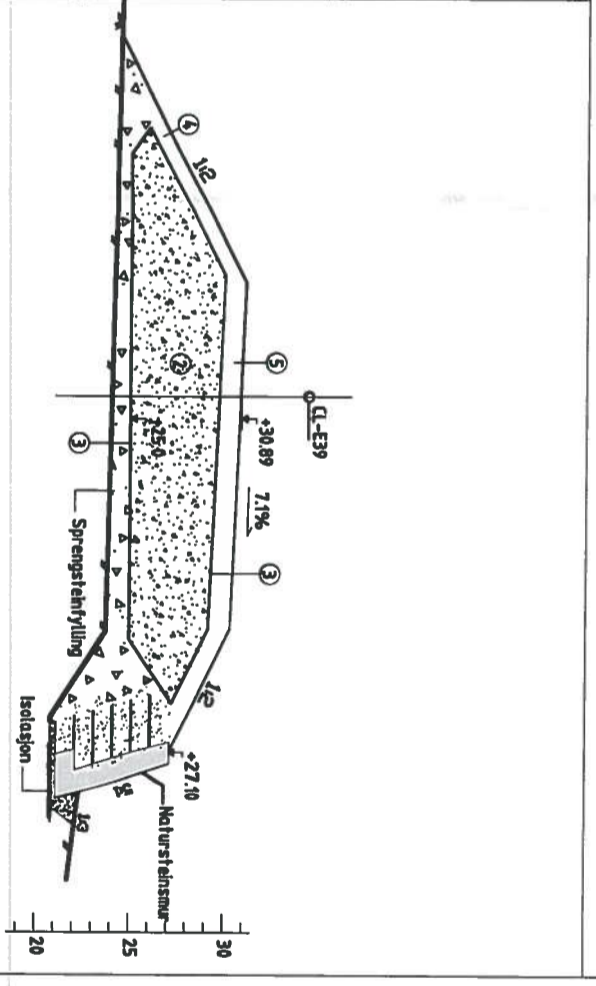
SR.ÅRS:	C	Som bygd	TS	AE
02.07.20	B	Leiddokument på lengdeprofil	TS	AE
29.09.03	A	Arbeidsdrøining	BS	AE
Date	Rev.	Endring	Sgn.	Kontl.
TEKNISSSTATUS		Ferdig/ i lagning		
Oppdragsnavn:		Arbeidsdrøining		
Stratens vegvesen		Som bygd		X
Vegdirektoratet		Prosjekt:		
Tegn. tittel:		Date:	29.09.03	
E9-PROFIL 7300-7355		Tegn.:	TS	
FYLLEMED LETTKLINKER		Kontrollert:	AE	
OPS Selskap		Risikokode:	1200	
Haldalsvegen AS		Prosjekt nr.:		
Tellelinjenummer:		Tegn. nr.:	V 126	
SKANSKA		Rev. nr.:	C	
CONCRETE AS				



**A** PLAN  
1:200



**B** LENGDEPROFIL  
1:200



**C** PROFIL 8030  
1:200

**BEMERKNINGER:**

1. Lett fylling med lettklinker skal utføres i henhold til 'Veg på bløt grunn', Håndbok 188 fra Statens vegvesen.
2. Fylling av lettklinker, 0-32mm, tørdensitet mindre enn 400 kg/m<sup>3</sup>. Lettklinker fylling legges ut i maksimalt 1 m tykke lag og planeres med dozer med beltefrykk på maksimalt 50kN/m<sup>2</sup>. Etter planering komprimeres med tre overfarer med dozer.
3. Lettklinker fylling og øvrige masser separeres med fiberduk K1 III eller bedre.
4. Støttefylling, tykkelse 0,8m. Bygges opp suksessivt med lettlinker fylling slik at den ved komprimering er på høyde med fyllingens overflate.
5. Overbygning.

**Henvisninger:**

- Plan og profil
  - Normalprofil fylling med lettklinker
  - Bru over Hamnerdalen. Oversikt
  - Støttemur form
  - Støttemur snitt
- Tegn. Nr. C107  
Tegn. Nr. F136  
Tegn. K020-01  
Tegn. K020-28  
Tegn. K020-29

TEGNINGSSTATUS		Ferdigliggjøring		Arbeidstegning	
Dato	Rev.	Rev.	Endring	Spr.	Kentl.
22.06.05	D	Sam byggel			
27.10.03	C	Endret støttemur		TS	AE
26.09.03	B	Endret mengde lettklinker		BS	SK
04.09.03	A	Arbeidstegning		BS	AE
				BS	STH
				Spr.	Kentl.

Oppdragsgiver:  
**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

Oppdragsnavn:  
**OPS-Prosjekt**  
E39 Klett - Bårdshaug

Tegn. tittel:  
**E39-PROFIL 8030-0004**  
FYLING MED LETTKLINKER

Tegn. nr.:  
BS

Kontrollert:  
STH

Dato:  
04.09.03

Målestokk:  
1:200

Opps Selskap:  
**Ørkdalsvegen AS**

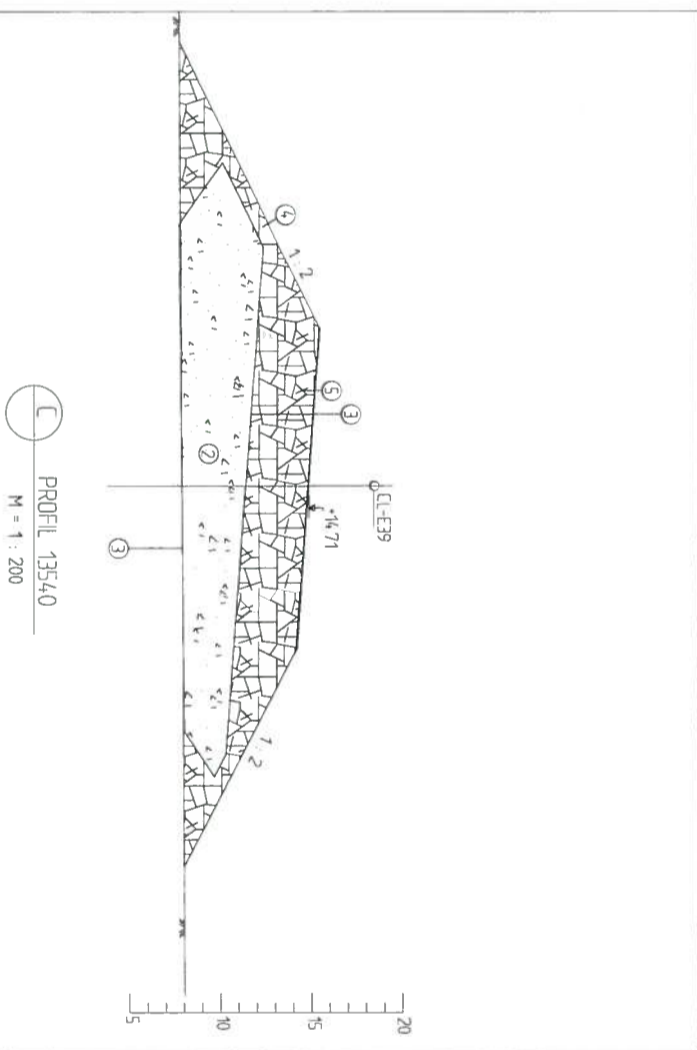
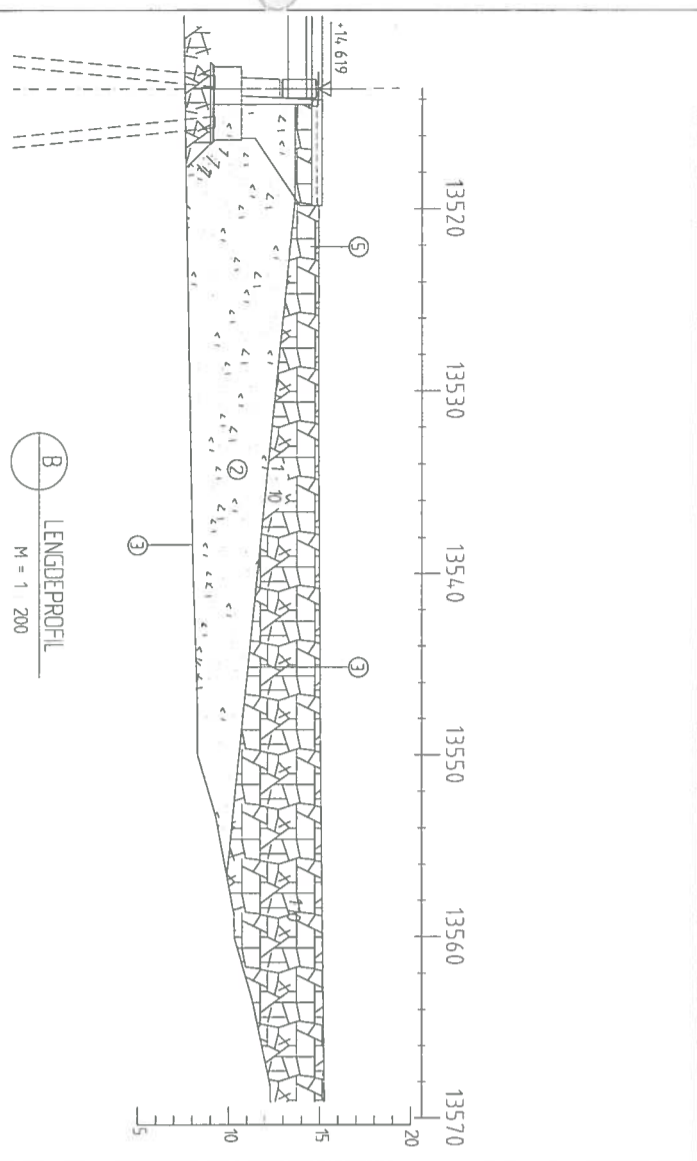
Prosjektleder:  
[Redacted]

Tegn. nr.:  
V 125

Arb.nr.:  
D

SKANSKA  
BRUKNA AS

Herreg. omkleddes arkitekt



**BEMERKNINGER:**

- 1 Lett fylling med lettklinker skal utføres i henhold til "veg på bløt grunn", Håndbok 188 fra Statens vegvesen
- 2 Fylling av lettklinker 0-32mm, tørrdensitet mindre enn 400kg/m<sup>3</sup>. Lettlinkertylling legges ut maksimalt i 1m tykke lag og planeres med dozer med ballerlykk på maksimalt 50kN/m<sup>2</sup> etter planering komprimeres med tre overfarter med dozer
- 3 Lettlinkertylling og øvrige masser separeres med fiberduk kl. III eller bedre
- 4 Støtetylling, tykkelse 0,8m. Bygges opp suksessivt med lettlinkertylling slik at den ved komprimering er på høyde med fyltingens overflate
- 5 Overbygning

*Børsevalna*

**HENVISNINGER:**

- Plan og profil
  - Normalprofil fylling med lettlinker
  - Bru over Børsevalna Oversikt
- Tegn nr. C75  
Tegn nr. F136  
Tegn nr. K030-1

Rev	Dato	Endring	Forordning	Arbeidsstatus	Arbeidsstatus	Sam bygget
C		Som dygget			TS	AE
B		Volum lettlinker endret			TS	AE
A		Arbeidsføring			TS	AE
					Sign	Kont.

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

Prosjekt: **OPS-Prosjekt**  
E39 Kjeft - Bårdshaug

Tegn tittel: **E39 PROFIL 13574 - 13567**  
**FYLING MED LETTLINKER**

Dato: 16.10.03  
Tegnet: TSA

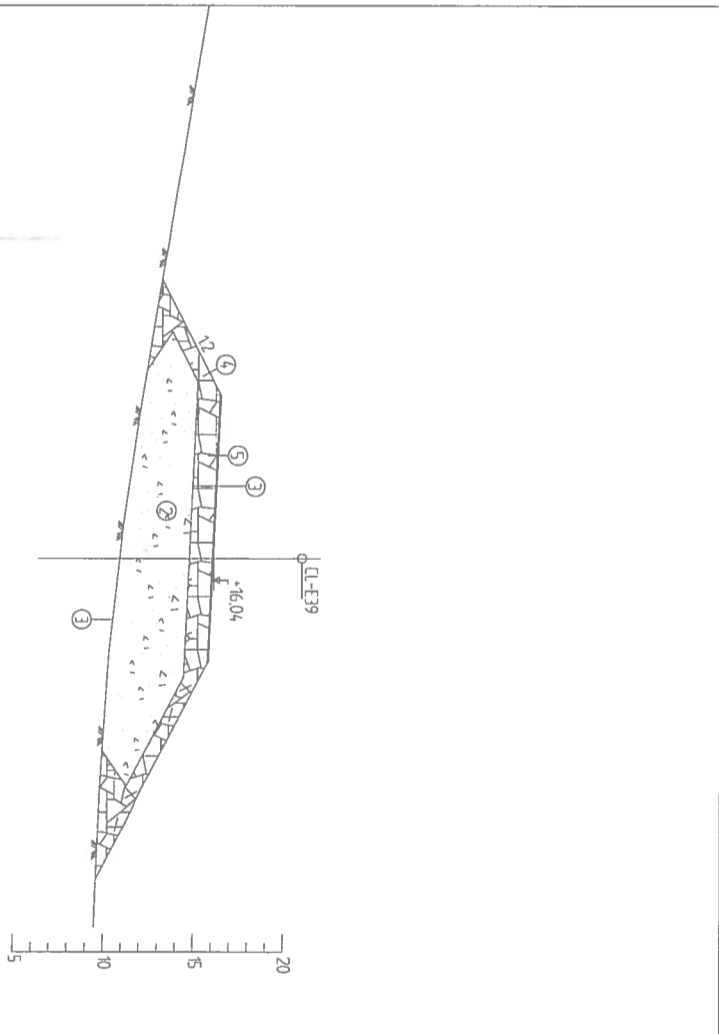
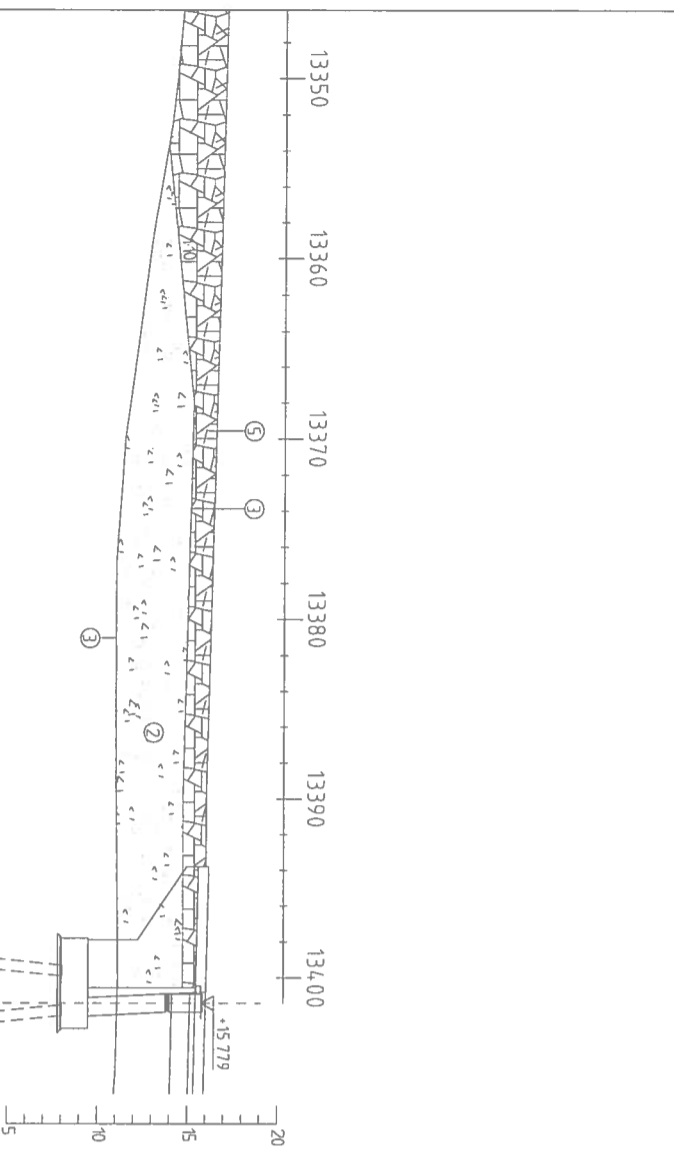
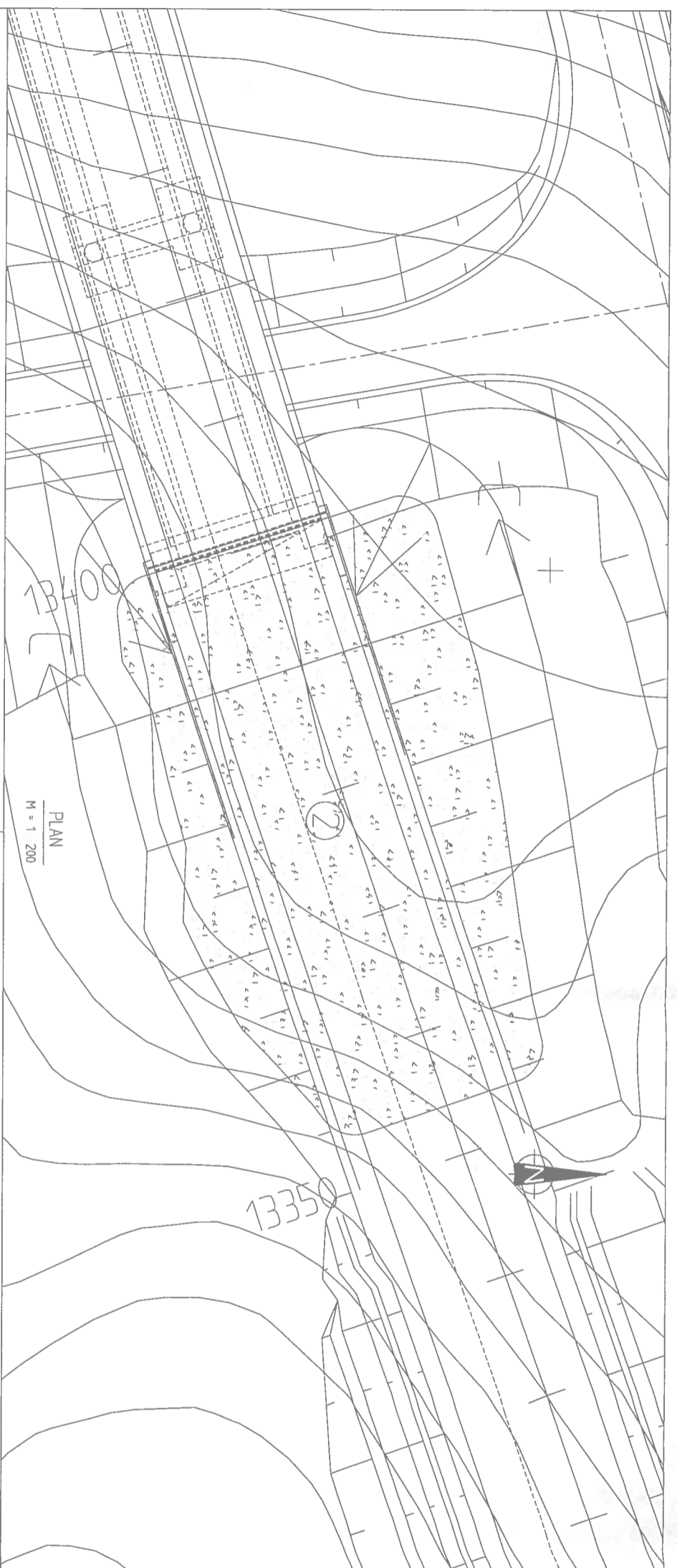
OPS Skissar  
Kontroller: AE  
Målestikk: 1:200

**Orkdalsvegen AS**

Tilbehør: **SKANSKA**  
SKANSKA AS

Prosjektleder: **AAS-JAKOBSEN**  
Bernt Carstensen Institutt

Tegn nr.: **V149**  
Rev nr.: **C**



**BEMERKNINGER:**

- 1 Leil fylling med leiriklinker skal utføres i henhold til "veg på bløt grunn", Håndbok 188 fra Statens vegvesen
- 2 Fylling av leiriklinker, 0-32mm, tørrendestil mindre enn 400kg/m<sup>3</sup>. Leiriklinkerfylling legges ut maksimalt i 1m tykke lag og planeres med dozer med bellerykk på maksimalt 50kN/m<sup>3</sup> eller planering komprimeres med tre overfarer med dozer.
- 3 Leiriklinkerfylling og øvrige masser separeres med fiberduk kl III eller bedre.
- 4 Støtrefylling, tykkelse 0,8m Bygges opp suksessivt med leiriklinkerfylling slik at den ved komprimering er på høyde med fyllingens overflate.
- 5 Overbygning

**HEMVISNINGER:**

- Plan og profil
  - Normalprofil fylling med leiriklinker
  - BCU over Børselva Overski
- Tegn. nr. C115  
Tegn. nr. F136  
Tegn. nr. K030-1

Utkast nr.	Beskrivelse	TS	AE
B	Som bygd	TS	AE
A	Arbeidsfylling	TS	AE
Rev	Forring	Sgn	Kontr

TEGNINGSSTATUS	Forleidd tegning	Arbeidsfylling	Som bygd
TEGNINGSSTATUS			X

**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

DPS-Prosjekt  
E39 Kjøll - Bårdshaug

Tegn. tittel: E39 PROFIL 13352 - 13401  
FYLING MED LEIKLINKER

Dato: 16.10.03  
Tegner: ISA  
Kontroller: AE

DPS Selskap

**Orkdalsvegen AS**

Prosjektleder: **ANF-JANDBERG**  
Sjefingeniør Geoteknikk Institutt

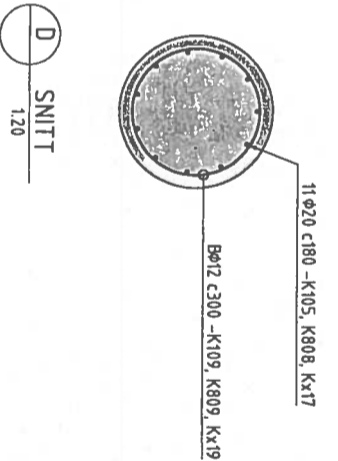
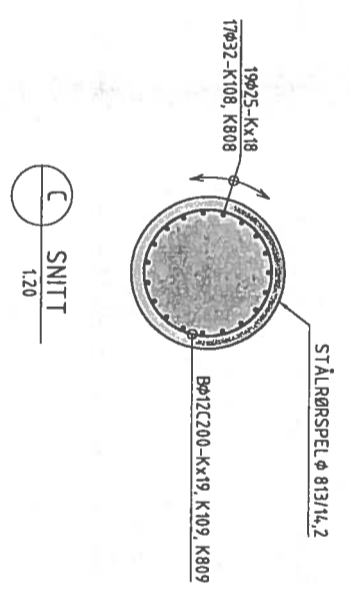
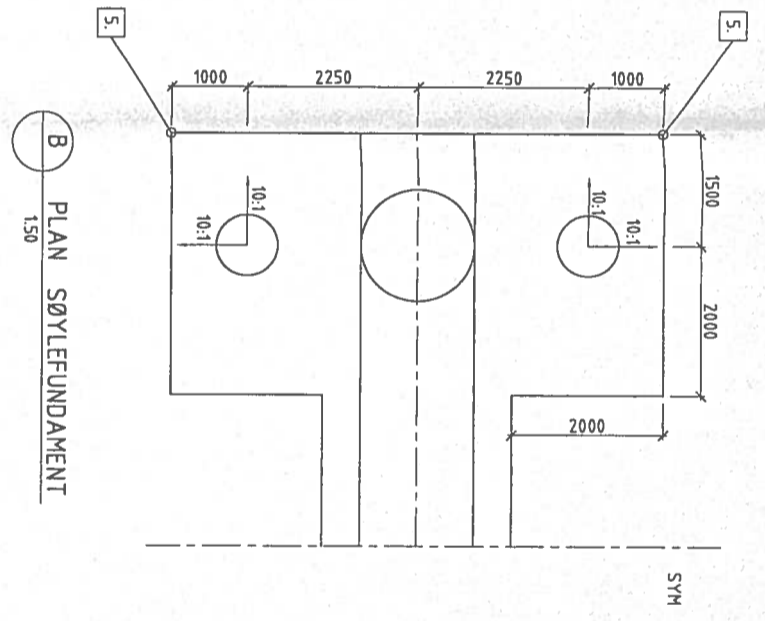
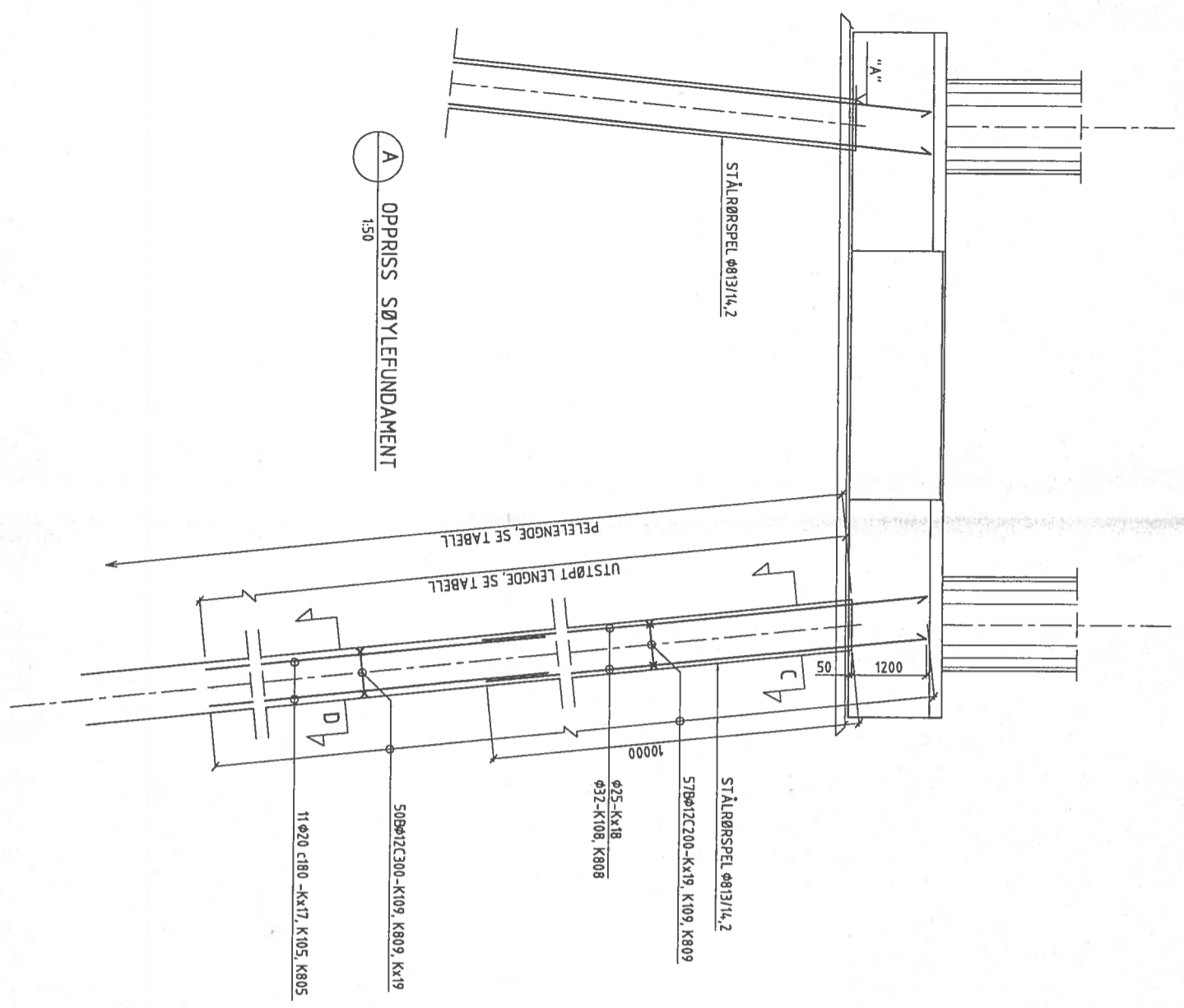
Tegn. nr.: V145  
Rev. nr.: B

SKANSKA  
SKANSKA AS

## **Vedlegg 5**

Peleplaner (Statens vegvesen, 2003)

PELETABELL	1	2	3	4	5	6	7	8
DIMENSJON	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2	Ø813/14,2
PELELENNGDE	90 m	85 m	90 m	81 m	90 m	90 m	85 m	90 m
UTSTØPT LENGDE	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m	25 m
OK STÅLRØR "A"	18.161	12.150	5.550	1.950	4.750	5.650	12.050	18.611



- BEMERKNINGER:**
- DET BENYTTES 4 STK. Ø 813/14,2 mm STÅLRØR SOM FRIKSJONSPÆLER I HVERT LANDKAR OG SØYLEFUNDAMENT. PELENE RAMMES ÅPNE, UTSTØPT LENGDE SOM ANGIT I TABELL.
  - STÅLKVALITET: S355
  - SVEISEARBEIDER SKAL UTFØRES ETTER KLASSE A SOM BESKRIVET I NS 3420.
  - TOLERANSER IHHT. PELEVEILEDNING OG PROSESS 83. MAKSIMALT TILLATT AVVIK FRA PROSJEKTERT Plassering I KAPPNIVA: 100 mm
  - KOORDINATER GITT PÅ TEGNING K010-02
  - PELEPLASSERING LANDKAR AKSE 1 SE TEGN. K010-04 PELEPLASSERING LANDKAR AKSE 8 SE TEGN. K010-06
  - OVERREKNING UTSTØPTE STÅLRØRSPÆLER: 75 mm ± 15 mm
  - BØYELSTE SIDE K10, Kx1, K80
  - FOR POSISJONSUNNØYERERENGEN PÅ TEGNINGEN GJELDER: K105, K108, K109 GJELDER AKSE 1  
x = 2 FOR AKSE 2  
x = 3 FOR AKSE 3  
x = 4 FOR AKSE 4  
x = 5 FOR AKSE 5  
x = 6 FOR AKSE 6  
x = 7 FOR AKSE 7  
K805, K808, K809 GJELDER FOR AKSE 8

- HENVISNINGER:**
- OVERSIKT SE TEGN. K010-01
  - STIKNINGSPLAN SE TEGN. K010-02
  - LANDKAR AKSE 1 SE TEGN. K010-04
  - LANDKAR AKSE 8 SE TEGN. K010-06
  - PELEHODER/SØYLER AKSE 2 - 7 SE TEGN. K010-12

Godkjent som arbeidstegning av Vegdirektorens bransjevedlegg 1 brev av 24.06.03  
Per Høegs 24.06.03

07.03.2005	0	Som bygget	HK	PK
07.09.2005	C	Pelelenge	HK	EAJ
24.06.2003	B	Arbeidstegning	HK	EAJ
05.05.2003	A	Til kontroll	HK	EAJ
Dato	Rev.	Endring	SKT.	Kom.

TEGNINGSSTATUS: Forordning tegning, Anvendelse, Som bygget, Prospekt

Oppdragsnavn: Stalens vegvesen Vegdirektoratelet

Oppdragsnr.: BRU NR. 16-595 BRU OVER VIGDA PELEPLAN

Tegn. tittel: PELEPLAN DETALJER

DPS Selskap

DPS-Prospekt E9 Kelt - Bårdstang

Dato: 15.05.2003

Tegnet: H. P. Kristiansen

Kontroller: E. A. Jordet

Høiretning: 150, 20

Prosjekt nr.: 7616

Tegn. nr.: 7616

Rev. nr.: 7616

Totaleffort: 150, 20

Prosjekt nr.: 7616

Tegn. nr.: 7616

Rev. nr.: 7616

SKANSKA SVENSKA AS

ANSVARSBERI

K010-03

D

Kontrollert av: S. E. S. 15.05.2003  
Tegnet av: H. P. Kristiansen  
Kontrolleret av: E. A. Jordet  
Dato: 15.05.2003

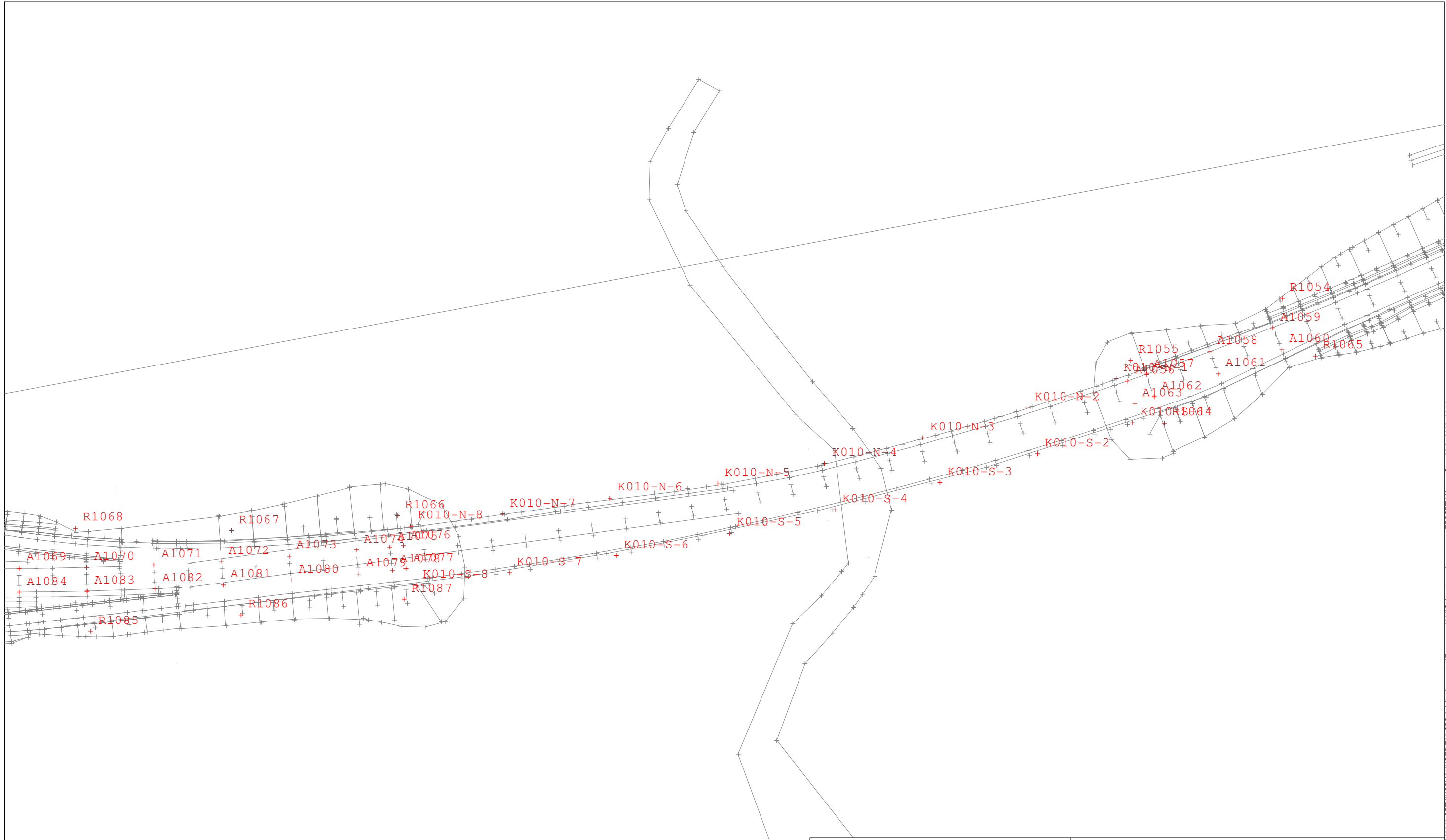






## **Vedlegg 6**

Setningsmålinger Buvika og Børse: Oversiktskart målinger på  
bruer (Skanska Norge AS, 2008)



**SKANSKA**

Skanska Norge AS  
 Skanska Survey Nord  
 Vestre Rosten 85  
 7075 Tiller

**Setningsmålinger OPS, E39 2008**

Øst og vest for Saltnesbrua i Buvik.  
 Bolter på bru.

Tegnet av <b>JAF</b> 17.11.2008	Prosjektnr. <b>380043</b>	Målestokk <b>1:1100</b>	Vertikalmålestokk	Format	Tegningsnummer	Rev.
---------------------------------------	------------------------------	----------------------------	-------------------	--------	----------------	------



**SKANSKA**

Skanska Norge AS  
 Skanska Survey Nord  
 Vestre Rosten 85  
 7075 Tiller

**Setningsmålinger OPS, E39 2008**  
 Overgangsbru Buvik

Tegnet av  
**JAF**  
 17.11.2008

Projektnr.  
**380043**

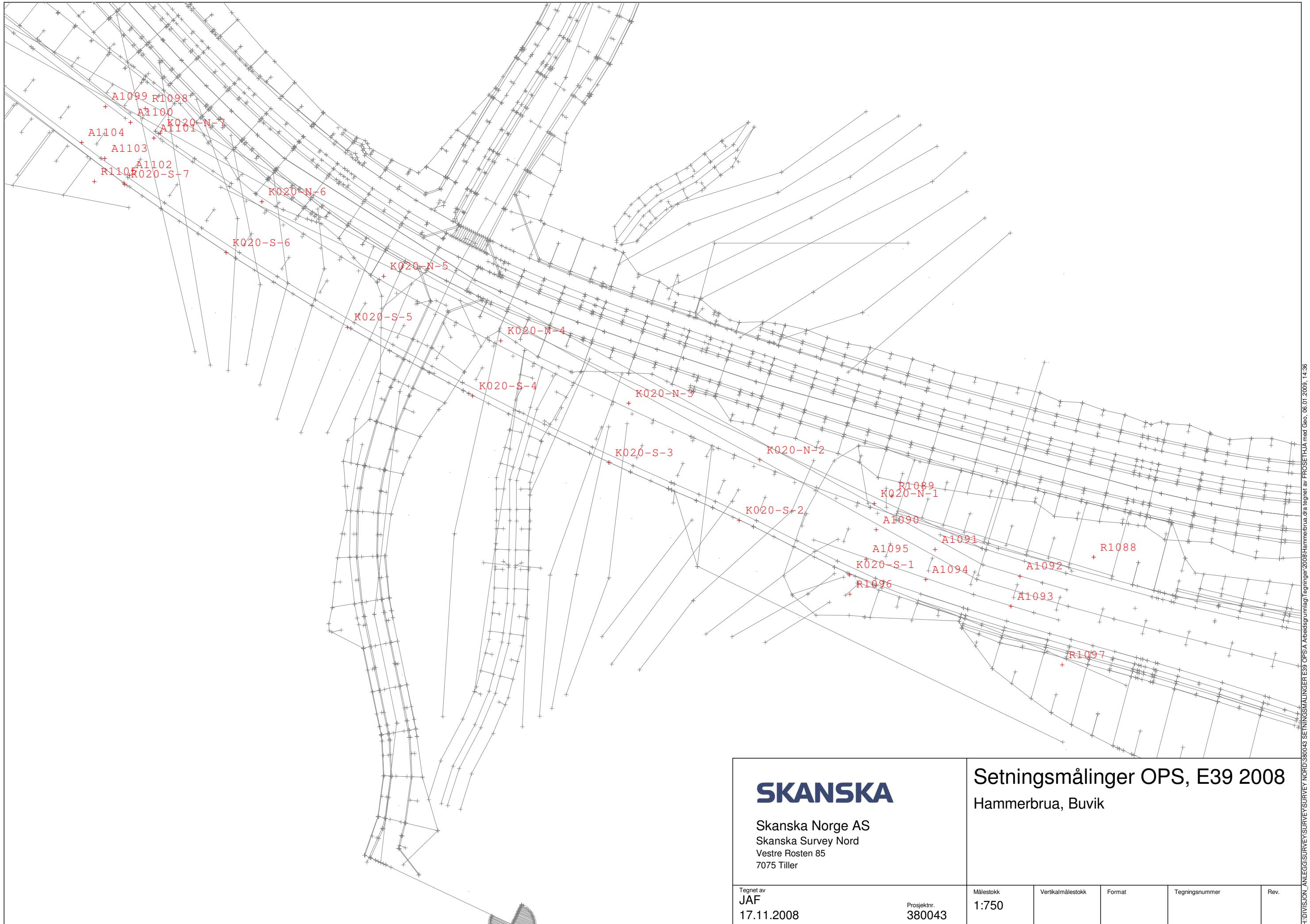
Målestokk  
**1:1000**

Vertikalmålestokk

Format

Tegningsnummer

Rev.



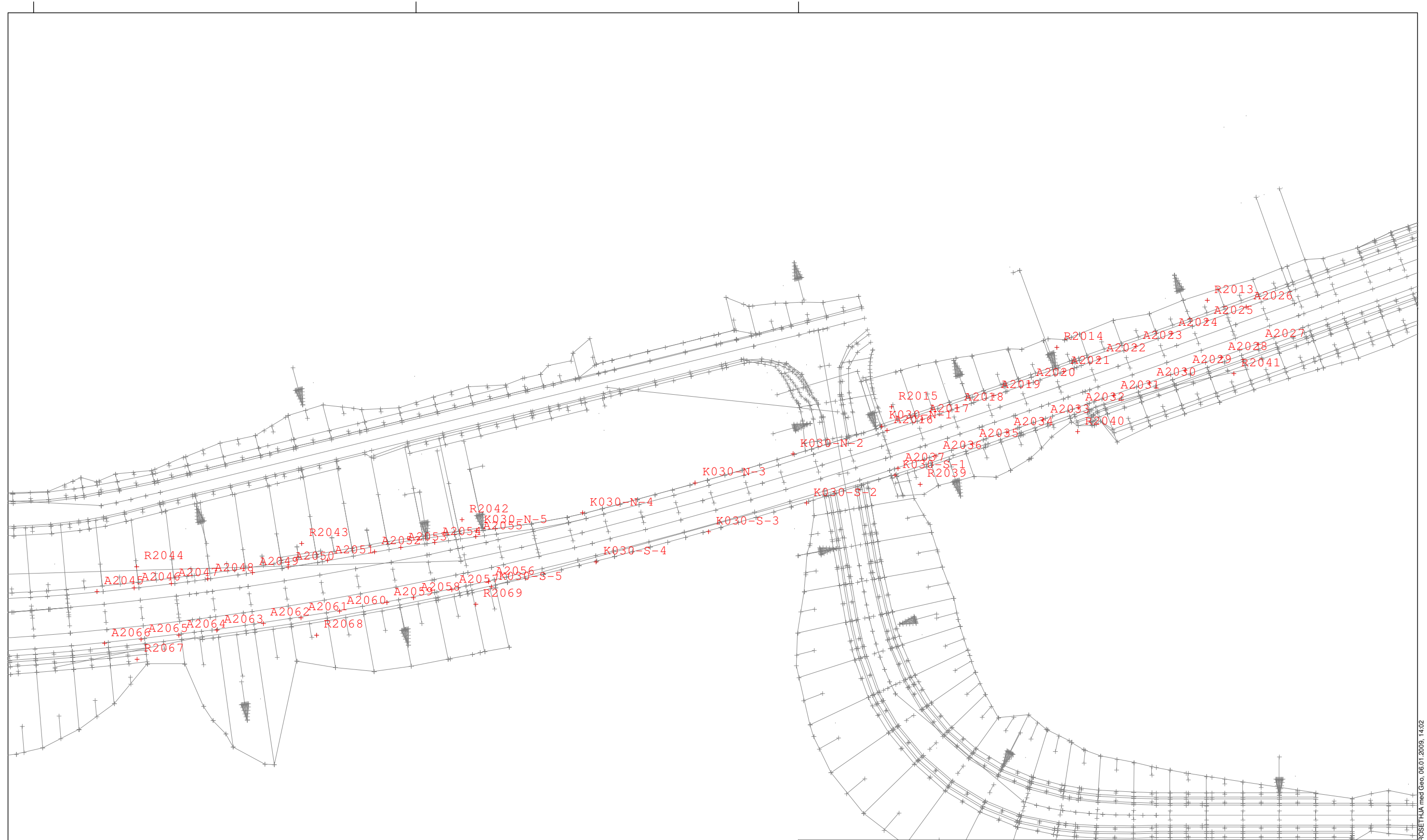
**SKANSKA**

Skanska Norge AS  
 Skanska Survey Nord  
 Vestre Rosten 85  
 7075 Tiller

**Setningsmålinger OPS, E39 2008**  
 Hammerbrua, Buvik

Tegnet av <b>JAF</b> 17.11.2008	Prosjektnr. <b>380043</b>	Målestokk <b>1:750</b>	Vertikalmålestokk	Format	Tegningsnummer	Rev.
---------------------------------------	------------------------------	---------------------------	-------------------	--------	----------------	------

H:\DIVISION ANLEGG\SURVEYSURVEY\NORD\380043 SETNINGSMÅLINGER E39 OPS\A Arbeidsgrunnlag\Tegninger\2008\Hammerbrua dra tegnet av FROSETHJA med Geo, 06.01.2009, 14.36



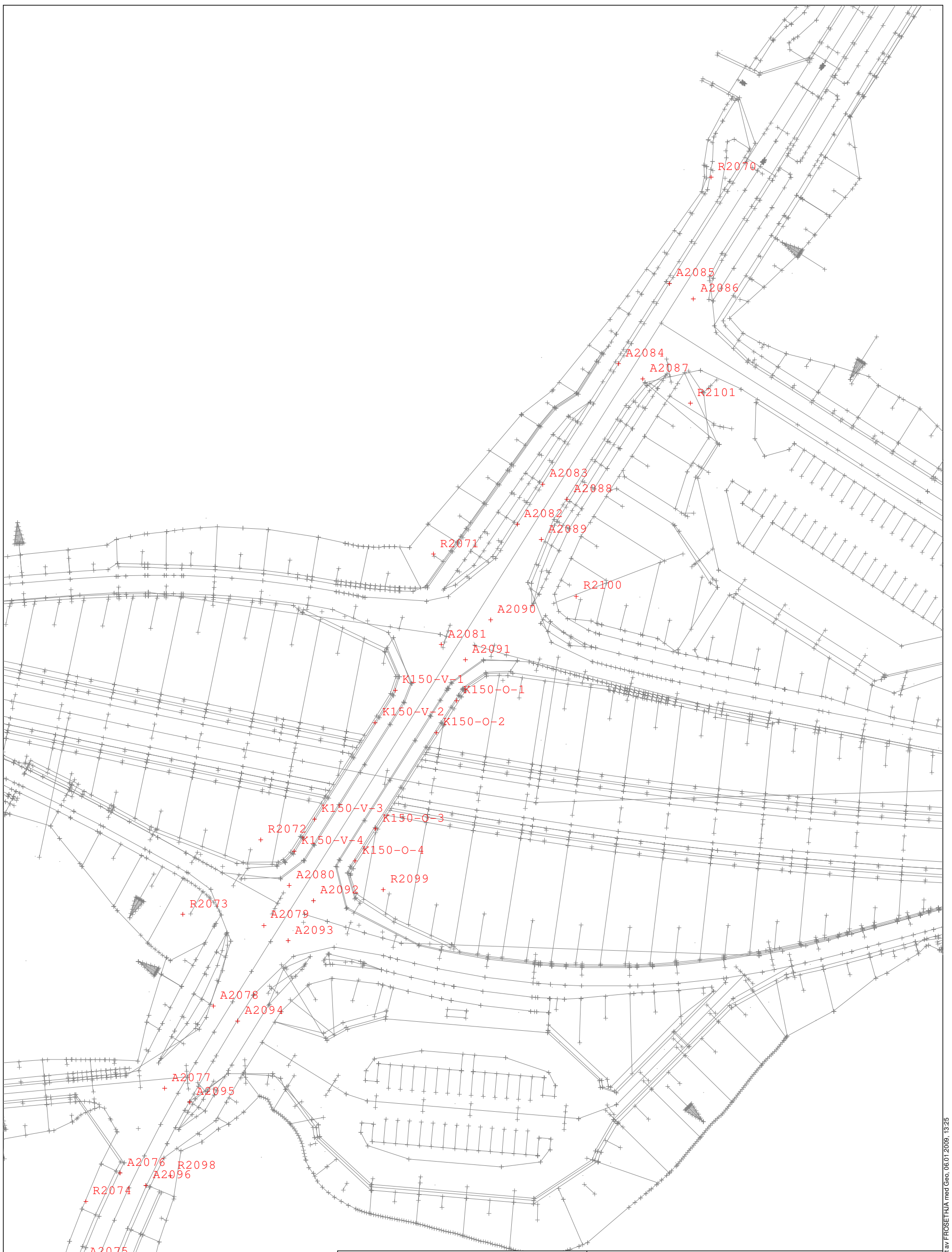
**SKANSKA**

Skanska Norge AS  
 Skanska Survey Nord  
 Vestre Rosten 85  
 7075 Tiller

**Setningsmålinger OPS, E39 2008**

Øst og Vest for Rossvoll bru i Børsa.  
 Bolter på Rossvoll bru.

Tegnet av <b>JAF</b> 17.11.2008	Prosjektnr. <b>380043</b>	Målestokk <b>1:1000</b>	Vertikalmålestokk	Format	Tegningsnummer	Rev.
---------------------------------------	------------------------------	----------------------------	-------------------	--------	----------------	------



**SKANSKA**

Skanska Norge AS  
 Skanska Survey Nord  
 Vestre Rosten 85  
 7075 Tiller

Tegnet av  
**JAF**  
 17.11.2008

Prosjektnr.  
**380043**

<b>Setningsmålinger OPS, E39 2008</b>		Overgangsbru Børsa				
Målestokk	Vertikalmålestokk	Format	Tegningsnummer	Rev.		
1:750						

## **Vedlegg 7**

Setningsmålinger Buvika og Børse: Måledata 2004-2011 (Skanska Norge AS, 2012)

**Setningsmålinger Buvik**

Referansepunkt FM01 H = 27,583

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

Asfaltert strekning 2010

Asfaltert strekning 2011

Punkt	Type punkt	Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		
		November 2004	Januar 2005	April 2005	Aug/Sept 2006	Oktober 2007	September 2008	November 2009	November 2010	Oktober 2011	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	
R1001	Rør									27,964		27,950	0,014	27,965	-0,001	27,961	0,003	
R1002	Rør									26,800		26,781	0,019	26,800	0,000	26,798	0,002	
R1003	Rør									27,085		27,076	0,009	27,095	-0,010	27,090	-0,005	
R1004	Rør									26,809		26,801	0,008	26,816	-0,007	26,807	0,002	
R1005	Rør									26,476		26,471	0,005	26,492	-0,016	26,473	0,003	
R1006	Rør									26,873		26,875	-0,002	26,885	-0,012	26,870	0,003	
R1007	Rør									28,755		28,761	-0,006	28,774	-0,019	28,768	-0,013	
R1008	Rør									28,173		28,184	-0,011	28,179	-0,006	28,171	0,002	
A1009	Asfalt	25,837	25,833	0,004	25,833	0,004	25,831	0,006	25,829	0,008	25,807	0,030	25,814	0,023	25,871	-0,034	25,853	-0,016
A1010	Asfalt	25,985	25,981	0,004	25,975	0,010	25,963	0,022	25,960	0,025	25,949	0,036	25,938	0,047	26,008	-0,023	25,982	0,003
A1011	Asfalt	26,127	26,120	0,007	26,110	0,017	26,090	0,037	26,087	0,040	26,085	0,042	26,073	0,054	26,141	-0,014	26,111	0,016
A1012	Asfalt	26,333	26,330	0,003	26,327	0,006	26,325	0,008	26,324	0,009	26,301	0,032	26,303	0,030	26,371	-0,038	26,354	-0,021
A1013	Asfalt	26,525	26,521	0,004	26,520	0,005	26,522	0,003	26,521	0,004	26,495	0,030	26,507	0,018	26,562	-0,037	26,551	-0,026
A1014	Asfalt	26,715	26,714	0,001	26,711	0,004	26,709	0,006	26,707	0,008	26,686	0,029	26,691	0,024	26,765	-0,050	26,747	-0,032
A1015	Asfalt	26,945	26,944	0,001	26,943	0,002	26,943	0,002	26,940	0,005	26,917	0,028	26,928	0,017	26,998	-0,053	26,975	-0,030
A1016	Asfalt	27,159	27,160	-0,001	27,157	0,002	27,157	0,002	27,156	0,003	27,132	0,027	27,144	0,015	27,213	-0,054	27,192	-0,033
A1017	Asfalt	27,380	27,380	0,000	27,379	0,001	27,368	0,012	27,367	0,013	27,353	0,027	27,361	0,019	27,424	-0,044	27,407	-0,027
A1018	Asfalt	27,600	27,595	0,005	27,586	0,014	27,586	0,014	27,584	0,016	27,561	0,039	27,560	0,040	27,628	-0,028	27,609	-0,009
A1019	Asfalt	27,816	27,815	0,001	27,807	0,009	27,809	0,007	27,810	0,006	27,782	0,034	27,792	0,024	27,848	-0,032	27,827	-0,011
A1020	Asfalt	28,012	28,011	0,001	28,005	0,007	28,006	0,006	28,005	0,007	27,980	0,032	27,979	0,033	28,040	-0,028	28,025	-0,013
A1021	Asfalt	28,231	28,233	-0,002	28,226	0,005	28,227	0,004	28,225	0,006	28,201	0,030	28,201	0,030	28,260	-0,029	28,246	-0,015
A1022	Asfalt	28,483	28,483	0,000	28,480	0,003	28,480	0,003	28,480	0,003	28,454	0,029	28,455	0,028	28,512	-0,029	28,501	-0,018
A1023	Asfalt	28,681	28,680	0,001	28,678	0,003	28,679	0,002	28,677	0,004	28,652	0,029	28,651	0,030	28,719	-0,038	28,703	-0,022
A1024	Asfalt	28,898	28,896	0,002	28,892	0,006	28,896	0,002	28,891	0,007	28,867	0,031	28,872	0,026	28,932	-0,034	28,924	-0,026
A1025	Asfalt	29,080	29,072	0,008	29,070	0,010	29,076	0,004	29,071	0,009	29,045	0,035	29,051	0,029	29,119	-0,039	29,107	-0,027
A1026	Asfalt	29,237	29,231	0,006	29,227	0,010	29,235	0,002	29,232	0,005	29,202	0,035	29,211	0,026	29,276	-0,039	29,265	-0,028
A1027	Asfalt	29,314	29,308	0,006	29,322	-0,008	29,313	0,001	29,313	0,001	29,278	0,036	29,288	0,026	29,352	-0,038	29,344	-0,030
A1028	Asfalt	29,607	29,595	0,012	29,592	0,015	29,603	0,004	29,605	0,002	29,567	0,040	29,580	0,027	29,640	-0,033	29,625	-0,018
A1029	Asfalt	29,424	29,415	0,009	29,414	0,010	29,420	0,004	29,420	0,004	29,388	0,036	29,397	0,027	29,455	-0,031	29,447	-0,023
A1127	Asfalt	29,218	29,211	0,007	29,208	0,010	29,214	0,004	29,211	0,007	29,182	0,036	29,188	0,030	29,249	-0,031	29,233	-0,015
A1030	Asfalt	28,936	28,932	0,004	28,930	0,006	28,927	0,009	28,926	0,010	28,905	0,031	28,903	0,033	28,969	-0,033	28,954	-0,018
A1031	Asfalt	28,673	28,671	0,002	28,670	0,003	28,665	0,008	28,664	0,009	28,644	0,029	28,636	0,037	28,716	-0,043	28,700	-0,027
A1032	Asfalt	28,427	28,426	0,001	28,422	0,005	28,415	0,012	28,414	0,013	28,396	0,031	28,384	0,043	28,458	-0,031	28,448	-0,021
A1033	Asfalt	28,224	28,227	-0,003	28,221	0,003	28,215	0,009	28,214	0,010	28,196	0,028	28,194	0,030	28,258	-0,034	28,244	-0,020
A1034	Asfalt	28,005	28,004	0,001	27,998	0,007	27,996	0,009	27,993	0,012	27,972	0,033	27,967	0,038	28,039	-0,034	28,025	-0,020
A1035	Asfalt	27,807	27,806	0,001	27,799	0,008	27,797	0,010	27,796	0,011	27,774	0,033	27,771	0,036	27,846	-0,039	27,828	-0,021
A1036	Asfalt	27,589	27,583	0,006	27,576	0,013	27,575	0,014	27,574	0,015	27,550	0,039	27,550	0,039	27,628	-0,039	27,606	-0,017
A1037	Asfalt	27,366	27,365	0,001	27,363	0,003	27,360	0,006	27,359	0,007	27,338	0,028	27,339	0,027	27,411	-0,045	27,390	-0,024
A1038	Asfalt	27,161	27,161	0,000	27,158	0,003	27,157	0,004	27,154	0,007	27,132	0,029	27,140	0,021	27,201	-0,040	27,188	-0,027
A1039	Asfalt	26,936	26,943	-0,007	26,932	0,004	26,933	0,003	26,931	0,005	26,907	0,029	26,907	0,029	26,988	-0,052	26,964	-0,028
A1040	Asfalt	26,721	26,721	0,000	26,718	0,003	26,714	0,007	26,713	0,008	26,693	0,028	26,698	0,023	26,765	-0,044	26,747	-0,026
A1041	Asfalt	26,514	26,511	0,003	26,510	0,004	26,513	0,001	26,511	0,003	26,484	0,030	26,490	0,024	26,584	-0,070	26,549	-0,035
A1042	Asfalt	26,340	26,334	0,006	26,332	0,008	26,331	0,009	26,331	0,009	26,306	0,034	26,304	0,036	26,390	-0,050	26,358	-0,018
A1043	Asfalt	26,131	26,119	0,012	26,113	0,018	26,093	0,038	26,091	0,040	26,088	0,043	26,061	0,070	26,129	0,002	26,113	0,018
A1044	Asfalt	26,016	26,007	0,009	26,003	0,013	25,992	0,024	25,988	0,028	25,978	0,038	25,967	0,049	26,050	-0,034	26,019	-0,003
A1045	Asfalt	25,955	25,949	0,006	25,946	0,009	25,948	0,007	25,947	0,008	25,920	0,035	25,926	0,029	25,992	-0,037	25,973	-0,018
R1046	Rør									28,407		28,401	0,006	28,408	-0,001	28,394	0,013	
R1047	Rør									28,176		28,171	0,005	28,183	-0,007	28,176	0,000	
R1048	Rør									26,764		26,757	0,007	26,777	-0,013	26,761	0,003	
R1049	Rør									25,875		25,857	0,018	25,883	-0,008	25,865	0,010	





Setningsmålinger Buvik

Referansepunkt FM01 H = 27,583

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

Punkt	Type punkt	Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		
		November 2004	Januar 2005	April 2005	Aug/Sept 2006	Oktober 2007	September 2008	November 2009	November 2010	Oktober 2011	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	
A1100	Asfalt							30,282		30,311	-0,029	30,303	-0,021	30,311	-0,029	30,343	-0,061	
A1101	Asfalt							30,195		30,199	-0,004	30,199	-0,004	30,196	-0,001	30,202	-0,007	
A1102	Asfalt							30,879		30,897	-0,018	30,894	-0,015	30,886	-0,007	30,908	-0,029	
A1103	Asfalt							30,968		31,030	-0,062	31,010	-0,042	31,012	-0,044	31,059	-0,091	
A1104	Asfalt							31,168		31,150	0,018	31,130	0,038	31,134	0,034	31,200	-0,032	
R1105	Rør									29,489		29,473	0,016	Ikke målt-10		29,485	0,004	
R1106	Rør									26,743		26,738	0,005	26,745	-0,002	26,741	0,002	
R1107	Rør									28,952		28,940	0,012	28,95	0,002	28,947	0,005	
R1108	Rør									29,888		29,877	0,011	29,879	0,009	29,882	0,006	
R1109	Rør									28,693		28,687	0,006	28,692	0,001	28,696	-0,003	
R1110	Rør									28,017		28,004	0,013	28,012	0,005	28,013	0,004	
R1111	Rør									29,380		29,366	0,014	29,371	0,009	29,372	0,008	
R1112	Rør									29,818		29,815	0,003	29,833	-0,015	29,840	-0,022	
R1113	Rør									28,336		28,325	0,011	28,343	-0,007	28,336	0,000	
A1114	Asfalt	28,308	28,310	-0,002	28,301	0,007	28,339	-0,031	28,341	-0,033	28,338	-0,030	28,328	-0,020	28,342	-0,034	28,335	-0,027
A1115	Asfalt	29,307	29,309	-0,002	29,299	0,008	29,339	-0,032	29,341	-0,034	29,340	-0,033	29,328	-0,021	29,341	-0,034	29,337	-0,030
A1116	Asfalt	30,140	30,141	-0,001	30,128	0,012	30,162	-0,022	30,158	-0,018	30,155	-0,015	30,156	-0,016	30,155	-0,015	30,152	-0,012
A1117	Asfalt	30,612	30,611	0,001	30,599	0,013	30,658	-0,046	30,660	-0,048	30,656	-0,044	30,643	-0,031	30,65	-0,038	30,649	-0,037
A1118	Asfalt	30,808	30,807	0,001	30,800	0,008	30,842	-0,034	30,840	-0,032	30,837	-0,029	30,825	-0,017	30,828	-0,020	30,830	-0,022
A1119	Asfalt	30,574	30,570	0,004	30,561	0,013	30,609	-0,035	30,612	-0,038	30,603	-0,029	30,592	-0,018	30,607	-0,033	30,597	-0,023
A1120	Asfalt	30,389	30,390	-0,001	30,381	0,008	30,429	-0,040	30,427	-0,038	30,426	-0,037	30,412	-0,023	30,424	-0,035	30,422	-0,033
A1121	Asfalt	30,367	30,371	-0,004	30,364	0,003	30,409	-0,042	30,407	-0,040	30,408	-0,041	30,400	-0,033	30,408	-0,041	30,406	-0,039
A1122	Asfalt	30,538	30,540	-0,002	30,529	0,009	30,578	-0,040	30,580	-0,042	30,576	-0,038	30,563	-0,025	30,571	-0,033	30,570	-0,032
A1123	Asfalt	30,795	30,797	-0,002	30,787	0,008	30,828	-0,033	30,830	-0,035	30,820	-0,025	30,810	-0,015	30,813	-0,018	30,816	-0,021
A1124	Asfalt	30,623	30,623	0,000	30,613	0,010	30,659	-0,036	30,657	-0,034	30,658	-0,035	30,644	-0,021	30,654	-0,031	30,651	-0,028
A1125	Asfalt	30,140	30,140	0,000	30,130	0,010	30,167	-0,027	30,169	-0,029	30,165	-0,025	30,158	-0,018	30,155	-0,015	30,157	-0,017
A1126	Asfalt	29,287	29,287	0,000	29,278	0,009	29,314	-0,027	29,312	-0,025	29,313	-0,026	29,302	-0,015	29,312	-0,025	29,308	-0,021

## Setningsmålinger bruer Buvik

Referansepunkt FM01 H = 27,583  
Innmålt topp bolt innfesting rekkverkstolper

Saltnesbrua

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

		Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	
		uke 3 2005	uke 15 2005		uke 15 2006		september 2008		november 2009		november 2010		Oktober 2011	
Punkt	Type punkt	Terreng H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H
K010-S-1	Bolt på bru	24,534	24,533	0,001	24,533	0,001	24,537	-0,003	24,528	0,006	24,539	-0,005	24,543	-0,009
K010-S-2	Bolt på bru	24,489	24,486	0,003	24,485	0,004	24,492	-0,003	24,484	0,005	24,492	-0,003	24,495	-0,006
K010-S-3	Bolt på bru	24,454	24,452	0,002	24,451	0,003	24,462	-0,008	24,448	0,006	24,455	-0,001	24,461	-0,007
K010-S-4	Bolt på bru	24,474	24,470	0,004	24,467	0,007	24,472	0,002	24,464	0,010	24,470	0,004	24,474	0,000
K010-S-5	Bolt på bru	24,490	24,489	0,001	24,484	0,006	24,493	-0,003	24,478	0,012	24,489	0,001	24,493	-0,003
K010-S-6	Bolt på bru	24,576	24,574	0,002	24,567	0,009	24,577	-0,001	24,571	0,005	24,575	0,001	24,575	0,001
K010-S-7	Bolt på bru	24,699	24,698	0,001	24,689	0,010	24,701	-0,002	24,690	0,009	24,706	-0,007	24,700	-0,001
K010-S-8	Bolt på bru	24,777	24,776	0,001	24,774	0,003	24,788	-0,011	24,772	0,005	24,790	-0,013	24,785	-0,008
K010-N-1	Bolt på bru	23,825	23,825	0,000	23,826	-0,001	23,829	-0,004	23,823	0,002	23,828	-0,003	23,835	-0,010
K010-N-2	Bolt på bru	23,699	23,697	0,002	23,696	0,003	23,702	-0,003	23,693	0,006	23,699	0,000	23,707	-0,008
K010-N-3	Bolt på bru	23,672	23,670	0,002	23,667	0,005	23,670	0,002	23,669	0,003	23,669	0,003	23,678	-0,006
K010-N-4	Bolt på bru	23,680	23,676	0,004	23,672	0,008	23,680	0,000	23,674	0,006	23,684	-0,004	23,683	-0,003
K010-N-5	Bolt på bru	23,617	23,615	0,002	23,609	0,008	23,613	0,004	23,606	0,011	23,626	-0,009	23,620	-0,003
K010-N-6	Bolt på bru	23,638	23,635	0,003	23,626	0,012	23,626	0,012	23,621	0,017	23,635	0,003	23,633	0,005
K010-N-7	Bolt på bru	23,713	23,711	0,002	23,701	0,012	23,708	0,005	23,714	-0,001	23,715	-0,002	23,711	0,002
K010-N-8	Bolt på bru	23,774	23,772	0,002	23,770	0,004	23,780	-0,006	23,771	0,003	23,786	-0,012	23,784	-0,010

Referansepunkt FM01 H = 27,583  
Innmålt topp bolt innfesting rekkverkstolper

Hammerbrua

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

		Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	
		uke 3 2005	uke 15 2005		uke 38 2006		september 2008		november 2009		november 2010		oktober 2011	
Punkt	Type punkt	Terreng H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H
K020-S-1	Bolt på bru	27,588	27,587	0,001	27,584	0,004	27,599	-0,011	27,583	0,005	27,582	0,006	27,587	0,001
K020-S-2	Bolt på bru		27,805		27,797	0,008	27,815	-0,010	27,793	0,012	27,795	0,010	27,801	0,004
K020-S-3	Bolt på bru		28,385		28,378	0,007	28,389	-0,004	28,376	0,009	28,378	0,007	28,382	0,003
K020-S-4	Bolt på bru		29,141		29,134	0,007	29,143	-0,002	29,127	0,014	29,144	-0,003	29,138	0,003
K020-S-5	Bolt på bru		29,916		29,908	0,008	29,920	-0,004	29,902	0,014	29,911	0,005	29,914	0,002
K020-S-6	Bolt på bru		30,688		30,681	0,007	30,692	-0,004	30,698	-0,010	30,688	0,000	30,684	0,004
K020-S-7	Bolt på bru		31,349		31,357	-0,008	31,356	-0,007	31,339	0,010	31,348	0,001	31,352	-0,003
K020-N-1	Bolt på bru	26,419	26,418	0,001	26,414	0,005	26,431	-0,012	26,416	0,003	26,410	0,009	26,418	0,001
K020-N-2	Bolt på bru		26,840		26,832	0,008	26,847	-0,007	26,837	0,003	26,829	0,011	26,839	0,001
K020-N-3	Bolt på bru		27,442		27,434	0,008	27,445	-0,003	27,438	0,004	27,431	0,011	27,442	0,000
K020-N-4	Bolt på bru		28,176		28,169	0,007	28,179	-0,003	28,176	0,000	28,170	0,006	28,175	0,001
K020-N-5	Bolt på bru		28,935		28,927	0,008	28,934	0,001	28,928	0,007	28,927	0,008	28,935	0,000
K020-N-6	Bolt på bru		29,717		29,710	0,007	29,719	-0,002	29,705	0,012	29,715	0,002	29,718	-0,001
K020-N-7	Bolt på bru		30,386		30,382	0,004	30,394	-0,008	30,385	0,001	30,388	-0,002	30,389	-0,003

## Setningsmålinger bruer Buvik

Referansepunkt FM01 H = 27,583  
Innmålt topp bolt innfesting rekkverkstolper

Overgangsbru Buvik

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

		Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	Målt dato:	
		uke 3 2005	uke 15 2005		uke 38 2006		september 2008		november 2009		desember2010		oktober 2011	
Punkt	Type punkt	Terreng H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H
K120-O-1	Bolt på bru	31,260	31,256	0,004	31,249	0,011	31,253	0,007	31,244	0,016	31,248	0,012	31,247	0,013
K120-O-2	Bolt på bru	31,416	31,415	0,001	31,408	0,008	31,412	0,004	31,403	0,013	31,409	0,007	31,406	0,010
K120-O-3	Bolt på bru	31,500	31,498	0,002	31,493	0,007	31,499	0,001	31,487	0,013	31,490	0,010	31,493	0,007
K120-O-4	Bolt på bru	31,388	31,385	0,003	31,378	0,010	31,383	0,005	31,373	0,015	31,381	0,007	31,377	0,011
K120-V-1	Bolt på bru	31,046	31,043	0,003	31,037	0,009	31,044	0,002	31,032	0,014	31,037	0,009	31,033	0,013
K120-V-2	Bolt på bru	31,209	31,208	0,001	31,202	0,007	31,208	0,001	31,197	0,012	31,198	0,011	31,202	0,007
K120-V-3	Bolt på bru	31,276	31,274	0,002	31,269	0,007	31,271	0,005	31,265	0,011	31,267	0,009	31,268	0,008
K120-V-4	Bolt på bru	31,173	31,170	0,003	31,165	0,008	31,174	-0,001	31,164	0,009	31,169	0,004	31,166	0,007

Setningsmålinger Børse

Asfaltert strekning 2010

Referansepunkt FM02 H = 93,672

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

		Målt dato:	Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:	Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:		Målt dato:	
		Des 2004	Januar 2005		April 2005		Sept. 2006		Oktober 2007		Nov 2007	September 2008		November 2009		November 2010		Oktober 2011	
Punkt	Type punkt	Terreng H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H	Terreng H	Δ H
R2001	Rør										16,772		16,769	0,003	16,766	0,006	16,765	0,007	
R2002	Rør										16,541		16,532	0,009	16,523	0,018	16,512	0,029	
A2003	Asfalt	18,015	18,019	-0,004	18,011	0,004	18,047	-0,032	18,045	-0,030	18,000	0,015	18,043	-0,028	18,088	-0,073	18,084	-0,069	
A2004	Asfalt	17,754	17,759	-0,005	17,751	0,003	17,776	-0,022	17,778	-0,024	17,739	0,015	17,769	-0,015	17,814	-0,060	17,811	-0,057	
A2005	Asfalt	17,547	17,549	-0,002	17,544	0,003	17,565	-0,018	17,563	-0,016	17,533	0,014	17,556	-0,009	17,604	-0,057	17,602	-0,055	
A2006	Asfalt	17,459	17,461	-0,002	17,457	0,002	17,456	0,003	17,453	0,006	17,446	0,013	17,448	0,011	17,488	-0,029	17,484	-0,025	
A2007	Asfalt	17,032	17,033	-0,001	17,031	0,001	17,032	0,000	17,030	0,002	17,019	0,013	17,023	0,009	17,064	-0,032	17,056	-0,024	
A2008	Asfalt	17,144	17,146	-0,002	17,140	0,004	17,186	-0,042	17,184	-0,040	17,129	0,015	17,175	-0,031	17,226	-0,082	17,224	-0,080	
A2009	Asfalt	17,353	17,356	-0,003	17,350	0,003	17,390	-0,037	17,386	-0,033	17,338	0,015	17,383	-0,030	17,431	-0,078	17,422	-0,069	
A2010	Asfalt	17,644	17,648	-0,004	17,640	0,004	17,665	-0,021	17,663	-0,019	17,629	0,015	17,648	-0,004	17,708	-0,064	17,698	-0,054	
R2011	Rør										18,564		18,564	0,000	18,560	0,004	18,555	0,009	
R2012	Rør										18,491		18,488	0,003	18,489	0,002	18,483	0,008	
R2013	Rør										16,504		16,499	0,005	16,490	0,014	16,501	0,003	
R2014	Rør										15,023		15,018	0,005	15,000	0,023	15,011	0,012	
R2015	Rør										13,998		13,994	0,004	13,990	0,008	13,995	0,003	
A2016	Asfalt									15,682	15,692	-0,010	15,684	-0,002	15,678	0,004	15,691	-0,009	
A2017	Asfalt									15,888	15,936	-0,048	15,888	0,000	15,914	-0,026	15,921	-0,033	
A2018	Asfalt									16,132	16,192	-0,060	16,103	0,029	16,138	-0,006	16,149	-0,017	
A2019	Asfalt									16,414	16,464	-0,050	16,388	0,026	16,410	0,004	16,421	-0,007	
A2020	Asfalt									16,675	16,721	-0,046	16,644	0,031	16,668	0,007	16,675	0,000	
A2021	Asfalt									16,915	16,969	-0,054	16,888	0,027	16,917	-0,002	16,928	-0,013	
A2022	Asfalt									17,190	17,202	-0,012	17,163	0,027	17,182	0,008	17,196	-0,006	
A2023	Asfalt									17,442	17,435	0,007	17,414	0,028	17,443	-0,001	17,448	-0,006	
A2024	Asfalt									17,651	17,646	0,005	17,624	0,027	17,646	0,005	17,657	-0,006	
A2025	Asfalt									17,838	17,852	-0,014	17,809	0,029	17,835	0,003	17,848	-0,010	
A2026	Asfalt									18,033	18,065	-0,032	18,006	0,027	18,036	-0,003	18,047	-0,014	
A2027	Asfalt									17,998	18,036	-0,038	17,974	0,024	17,996	0,002	18,005	-0,007	
A2028	Asfalt									17,898	17,905	-0,007	17,864	0,034	17,889	0,009	17,895	0,003	
A2029	Asfalt									17,741	17,766	-0,025	17,715	0,026	17,738	0,003	17,747	-0,006	
A2030	Asfalt									17,604	17,620	-0,016	17,575	0,029	17,597	0,007	17,605	-0,001	
A2031	Asfalt									17,428	17,460	-0,032	17,400	0,028	17,427	0,001	17,437	-0,009	
A2032	Asfalt									17,254	17,294	-0,040	17,226	0,028	17,254	0,000	17,266	-0,012	
A2033	Asfalt									17,047	17,074	-0,027	17,018	0,029	17,045	0,002	17,051	-0,004	
A2034	Asfalt									16,773	16,830	-0,057	16,743	0,030	16,773	0,000	16,780	-0,007	
A2035	Asfalt									16,530	16,597	-0,067	16,501	0,029	16,528	0,002	16,537	-0,007	
A2036	Asfalt									16,255	16,350	-0,095	16,249	0,006	16,285	-0,030	16,293	-0,038	
A2037	Asfalt									16,100	16,112	-0,012	16,088	0,012	16,085	0,015	16,092	0,008	
A2038	Asfalt	Går ut																	
R2039	Rør										14,760		14,761	-0,001	14,756	0,004	14,763	-0,003	
R2040	Rør										17,428		17,427	0,001	17,409	0,019	17,420	0,008	
R2041	Rør										18,804		18,794	0,010	18,781	0,023	18,792	0,012	
R2042	Rør										12,719		12,713	0,006	12,708	0,011	12,705	0,014	
R2043	Rør										12,684		12,675	0,009	12,664	0,020	12,670	0,014	
R2044	Rør										13,424		13,421	0,003	13,402	0,022	13,415	0,009	
A2045	Asfalt									15,419	15,432	-0,013	15,399	0,020	15,444	-0,025	15,448	-0,029	
A2046	Asfalt									15,188	15,210	-0,022	15,175	0,013	15,213	-0,025	15,216	-0,028	
A2047	Asfalt									14,982	15,009	-0,027	14,967	0,015	15,002	-0,020	15,014	-0,032	
A2048	Asfalt									14,817	14,833	-0,016	14,797	0,020	14,836	-0,019	14,838	-0,021	
A2049	Asfalt									14,642	14,644	-0,002	14,625	0,017	14,663	-0,021	14,669	-0,027	
A2050	Asfalt									14,485	14,516	-0,031	14,470	0,015	14,506	-0,021	14,515	-0,030	

## Setningsmålinger Børse

Referansepunkt FM02 H = 93,672

Δ H er i forhold til første måling  
Positiv Δ H indikerer setning

Punkt	Type punkt	Målt dato:	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H	Målt dato:	Δ H
		Des 2004	Januar 2005		April 2005		Sept. 2006		Oktober 2007		Nov 2007	September 2008		Nov 2009		Oktober 2011			
		Terreng H	Terreng H		Terreng H		Terreng H		Terreng H		Terreng H	Terreng H		Terreng H		Terreng H		Terreng H	
A2051	Asfalt										14,344	14,397	-0,053	14,325	0,019	14,362	-0,018	14,373	-0,029
A2052	Asfalt										14,188	14,288	-0,100	14,172	0,016	14,207	-0,019	14,217	-0,029
A2053	Asfalt										14,149	14,250	-0,101	14,164	-0,015	14,201	-0,052	14,211	-0,062
A2054	Asfalt										14,139	14,237	-0,098	14,169	-0,030	14,198	-0,059	14,206	-0,067
A2055	Asfalt										14,264	14,268	-0,004	14,250	0,014	14,247	0,017	14,256	0,008
A2056	Asfalt										15,070	15,063	0,007	15,058	0,012	15,050	0,020	15,061	0,009
A2057	Asfalt										14,998	15,093	-0,095	15,021	-0,023	15,047	-0,049	15,049	-0,051
A2058	Asfalt										15,007	15,138	-0,131	15,022	-0,015	15,050	-0,043	15,055	-0,048
A2059	Asfalt										15,125	15,183	-0,058	15,085	0,040	15,107	0,018	15,116	0,009
A2060	Asfalt										15,232	15,289	-0,057	15,202	0,030	15,233	-0,001	15,242	-0,010
A2061	Asfalt										15,339	15,401	-0,062	15,314	0,025	15,344	-0,005	15,357	-0,018
A2062	Asfalt										15,505	15,534	-0,029	15,484	0,021	15,513	-0,008	15,522	-0,017
A2063	Asfalt										15,723	15,724	-0,001	15,705	0,018	15,731	-0,008	15,743	-0,020
A2064	Asfalt										15,901	15,903	-0,002	15,883	0,018	15,906	-0,005	15,915	-0,014
A2065	Asfalt										16,098	16,105	-0,007	16,082	0,016	16,107	-0,009	16,121	-0,023
A2066	Asfalt										16,300	16,320	-0,020	16,277	0,023	16,306	-0,006	16,323	-0,023
R2067	Rør											15,954		15,958	-0,004	15,940	0,014	15,957	-0,003
R2068	Rør											13,873		13,867	0,006	13,853	0,020	13,860	0,013
R2069	Rør											13,613		13,606	0,007	13,592	0,021	13,595	0,018
R2070	Rør											23,538		23,538	0,000	23,543	-0,005	23,523	0,015
R2071	Rør											27,182		27,159	0,023	27,148	0,034	27,141	0,041
R2072	Rør											27,955		27,940	0,015	27,922	0,033	27,905	0,050
R2073	Rør											28,523		28,514	0,009	28,504	0,019	28,497	0,026
R2074	Rør											27,624		27,621	0,003	27,621	0,003	27,615	0,009
A2075	Asfalt	27,497	27,509	-0,012	27,492	0,005	27,548	-0,051	27,546	-0,049		27,539	-0,042	27,541	-0,044	27,536	-0,039	27,525	-0,028
A2076	Asfalt	28,062	28,079	-0,017	28,064	-0,002	28,107	-0,045	28,105	-0,043		28,098	-0,036	28,095	-0,033	28,098	-0,036	28,085	-0,023
A2077	Asfalt	28,595	28,607	-0,012	28,591	0,004	28,623	-0,028	28,622	-0,027		28,616	-0,021	28,611	-0,016	28,596	-0,001	28,588	0,007
A2078	Asfalt	29,094	29,108	-0,014	29,078	0,016	29,080	0,014	29,076	0,018		29,053	0,041	29,042	0,052	29,029	0,065	29,015	0,079
A2079	Asfalt	29,417	29,417	0,000	29,386	0,031	29,384	0,033	29,381	0,036		29,349	0,068	29,331	0,086	29,311	0,106	29,304	0,113
A2080	Asfalt	29,570	29,571	-0,001	29,536	0,034	29,523	0,047	29,521	0,049		29,491	0,079	29,471	0,099	29,460	0,110	29,445	0,125
A2081	Asfalt	28,897	28,909	-0,012	28,874	0,023	28,896	0,001	28,894	0,003		28,874	0,023	28,851	0,046	28,837	0,060	28,827	0,070
A2082	Asfalt	27,774	27,786	-0,012	27,757	0,017	27,791	-0,017	27,790	-0,016		27,768	0,006	27,750	0,024	27,742	0,032	27,725	0,049
A2083	Asfalt	27,279	27,287	-0,008	27,268	0,011	27,317	-0,038	27,313	-0,034		27,300	-0,021	27,281	-0,002	27,269	0,010	27,259	0,020
A2084	Asfalt	25,729	25,744	-0,015	25,721	0,008	25,806	-0,077	25,802	-0,073		25,811	-0,082	25,793	-0,064	25,802	-0,073	25,785	-0,056
A2085	Asfalt	24,675	24,700	-0,025	24,666	0,009	24,774	-0,099	24,772	-0,097		24,781	-0,106	24,760	-0,085	24,770	-0,095	24,750	-0,075
A2086	Asfalt	24,737	24,755	-0,018	24,726	0,011	24,833	-0,096	24,831	-0,094		24,837	-0,100	24,828	-0,091	24,827	-0,090	24,812	-0,075
A2087	Asfalt	25,712	25,719	-0,007	25,701	0,011	25,794	-0,082	25,796	-0,084		25,804	-0,092	25,783	-0,071	25,784	-0,072	25,772	-0,060
A2088	Asfalt	27,264	27,271	-0,007	27,247	0,017	27,306	-0,042	27,309	-0,045		27,290	-0,026	27,268	-0,004	27,267	-0,003	27,247	0,017
A2089	Asfalt	27,765	27,774	-0,009	27,743	0,022	27,787	-0,022	27,784	-0,019		27,759	0,006	27,741	0,024	27,735	0,030	27,714	0,051
A2090	Asfalt	28,597	28,599	-0,002	28,571	0,026	28,604	-0,007	28,602	-0,005		28,576	0,021	28,551	0,046	28,533	0,064	28,525	0,072
A2091	Asfalt	28,937	28,945	-0,008	28,912	0,025	28,937	0,000	28,934	0,003		28,912	0,025	28,890	0,047	28,879	0,058	28,865	0,072
A2092	Asfalt	29,521	29,521	0,000	29,487	0,034	29,477	0,044	29,474	0,047		29,437	0,084	29,418	0,103	29,393	0,128	29,388	0,133
A2093	Asfalt	29,405	29,403	0,002	29,369	0,036	29,350	0,055	29,348	0,057		29,307	0,098	29,288	0,117	29,275	0,130	29,256	0,149
A2094	Asfalt	29,003	29,013	-0,010	28,980	0,023	28,967	0,036	28,965	0,038		28,935	0,068	28,922	0,081	28,905	0,098	28,897	0,106
A2095	Asfalt	28,406	28,421	-0,015	28,399	0,007	28,419	-0,013	28,414	-0,008		28,417	-0,011	28,408	-0,002	28,399	0,007	28,393	0,013
A2096	Asfalt	27,717	27,731	-0,014	27,709	0,008	27,749	-0,032	27,750	-0,033		27,752	-0,035	27,743	-0,026	27,746	-0,029	27,734	-0,017
A2097	Asfalt	27,040	27,064	-0,024	27,040	0,000	27,079	-0,039	27,077	-0,037		27,076	-0,036	27,073	-0,033	27,086	-0,046	27,064	-0,024
R2098	Rør											27,573		27,574	-0,001	27,564	0,009	27,564	0,009
R2099	Rør											28,311		28,291	0,020	28,270	0,041	28,264	0,047
R2100	Rør											27,668		27,644	0,024	Ikke målt		27,619	0,049
R2101	Rør											24,596		24,581	0,015	24,591	0,005	24,578	0,018







## **Vedlegg 8**

Setningsplater-Plankryss Børsa: Måldata 2003-2004 (Skanska Norge AS, 2004)

**Måling av setninger ved Hovedkryss i Børsa.**

Målepunkt	Nr.1	Setning	AVVIK/SET	Nr.2	Setning	AVVIK/SET	Nr.3	Setning	AVVIK/SET	Nr.4	Setning	AVVIK/SET	A1	Fyllingshøyde over ledning	A2	Fyllingshøyde over ledning
Dato																
30.09.2003	21,582			20,831			20,075			21,662						
02.10.2003	21,589	-0,007		20,837	-0,006		20,082	-0,007		21,663	-0,001		22,929	0,50 m	23,118	0,50 m
15.10.2003	21,573	0,016	0,016	20,826	0,011	0,011	20,071	0,011	0,011	21,652	0,011	0,011				
10.11.2003	21,565	0,008	0,024	20,825	0,001	0,012	20,062	0,009	0,020	21,641	0,011	0,022	22,924	0,50 m	23,274	1,50 m
28.11.2003	21,575	-0,010	0,014	20,833	-0,008	0,004	20,069	-0,007	0,013	21,639	0,002	0,034				
09.12.2003			0,014			0,004	20,034	0,035	0,049	21,611	0,028	0,062				
12.12.2003			0,014			0,004	20,010	0,024	0,072	21,573	0,038	0,090				
16.12.2003	21,552	0,023	0,037	20,795	0,038	0,042	19,979	0,031	0,103	21,551	0,022	0,112				
19.12.2003	21,534	0,018	0,066	20,793	0,002	0,044	19,955	0,024	0,127	21,543	0,008	0,120	22,820	3,00 m	25,342	5,50 m
07.01.2004	21,505	0,029	0,064	20,782	0,011	0,066	19,931	0,024	0,151	21,514	0,029	0,149	22,771	3,00 m	25,347	5,50 m
21.01.2004	21,421	0,084	0,166	20,730	0,052	0,107	19,913	0,018	0,169	21,493	0,021	0,170	22,761	3,00 m	* 22,495	5,50 m
26.01.2004	21,412	0,009	0,177	20,728	0,002	0,109	19,913	0,000	0,169	21,490	0,003	0,173				
06.02.2004	21,370	0,042	0,219	20,711	0,017	0,126	19,890	0,023	0,192	21,451	0,039	0,212				
16.02.2004	21,321	0,049	0,266	20,689	0,022	0,146	19,888	0,002	0,194	21,432	0,019	0,231				
19.02.2004	21,282	0,039	0,307	20,685	0,004	0,162	19,885	0,003	0,197	21,422	0,010	0,241				
26.02.2004	21,163	0,119	0,426	20,610	0,075	0,227	19,763	0,122	0,319	21,263	0,139	0,300				
09.03.2004	21,131	0,032	0,466	20,566	0,044	0,271	19,727	0,036	0,366	21,222	0,061	0,441				
15.03.2004	21,080	0,051	0,509	20,541	0,025	0,296	19,693	0,034	0,389	21,179	0,043	0,464				
30.03.2004	21,048	0,032	0,541	20,520	0,021	0,317	19,666	0,027	0,416	21,131	0,048	0,532				
13.04.2004	20,971	0,077	0,616	20,475	0,045	0,362	19,610	0,056	0,472	21,061	0,070	0,602				
28.04.2004	20,949	0,022	0,640	20,467	0,008	0,370	19,600	0,010	0,482	21,034	0,027	0,629				
12.05.2004	20,895	0,054	0,694	20,443	0,024	0,394	19,564	0,036	0,510	20,987	0,047	0,676				
27.05.2004	20,867	0,028	0,722	20,423	0,020	0,414	19,541	0,023	0,541	20,954	0,033	0,709				
09.06.2004	20,848	0,019	0,741	20,412	0,011	0,426	19,531	0,010	0,561	20,934	0,020	0,729				
19.06.2004	20,806	0,042	0,793	20,385	0,027	0,462	19,498	0,033	0,594	20,896	0,038	0,797				
24.06.2004	20,796	0,010	0,793	20,381	0,004	0,466	19,488	0,010	0,594	20,885	0,011	0,776				
03.07.2004	20,806	-0,010	0,793	20,389	-0,008	0,446	19,502	-0,014	0,600	20,889	-0,004	0,774				
15.08.2004	20,773	0,033	0,816	20,381	0,008	0,466	19,474	0,028	0,600	20,848	0,041	0,816				
06.09.2004	20,764	0,009	0,826	20,375	0,006	0,462	19,463	0,011	0,619	20,834	0,014	0,829				
27.09.2004	20,755	0,009	0,834	20,370	0,005	0,467	19,457	0,006	0,626	20,822	0,012	0,841				
<b>Total setning</b>		<b>0,834</b>			<b>0,467</b>			<b>0,625</b>			<b>0,841</b>					

**Fig 9.05**

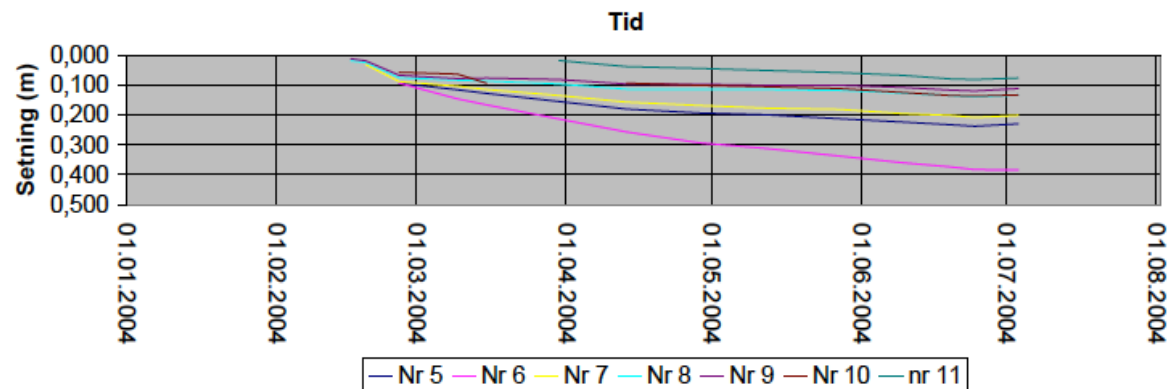
## **Vedlegg 9**

Setningsmåling på peler i toplanskryss Børse (Skanska Norge AS,  
2004)

Måling av setninger på peler for bru ved hovedkryss i Børsla.

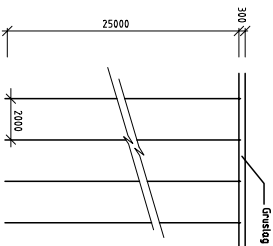
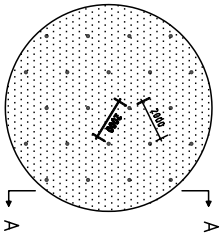
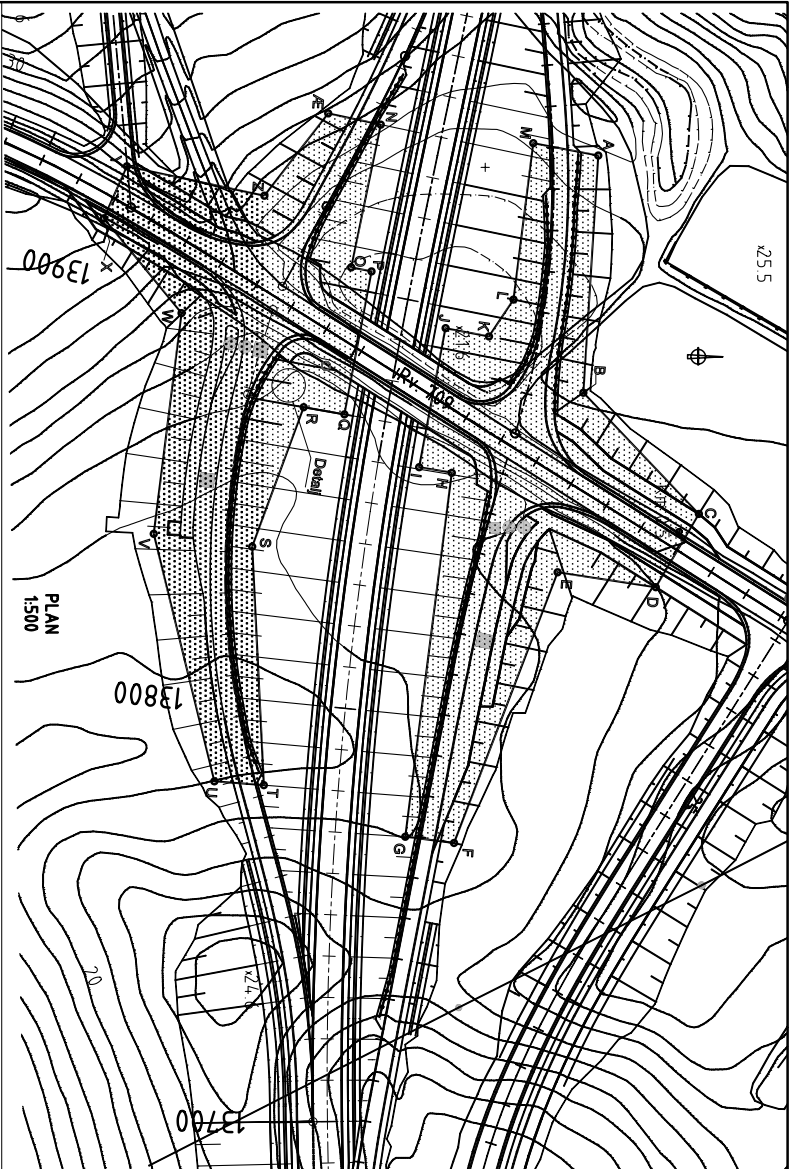
Målepunkt	Akse 4			Akse 4			Akse 4			Akse 3			Akse 3			Akse 1			Akse 1				
	Nr.5	Setning	Akkumulert	Nr.6	Setning	Akkumulert	Nr.7	Setning	Akkumulert	Nr.8	Setning	Akkumulert	Nr.9	Setning	Akkumulert	Nr.10	Setning	Akkumulert	Nr.11	Setning	Akkumulert		
Dato																							
26.07.2004										25,967			25,837										
16.02.2004							30,760			25,948	0,070	0,019	25,825	0,072	0,012								
19.02.2004	31,073			31,465			30,729	0,037	0,091	25,943	0,005	0,024	25,818	0,007	0,019	29,146							
26.02.2004	31,879	0,004	0,004	31,371	0,094	0,004	30,671	0,058	0,089	25,891	0,052	0,078	25,769	0,049	0,088	29,089	0,057	0,057					
09.03.2004	31,857	0,022	0,116	31,319	0,052	0,146	30,656	0,015	0,104	25,883	0,008	0,084	25,758	0,011	0,079	29,082	0,007	0,084					
15.03.2004	31,845	0,072	0,128	31,299	0,020	0,196	30,645	0,011	0,115	25,880	0,003	0,087	25,760	-0,002	0,077	29,052	0,030	0,094	31,155				
30.03.2004	31,818	0,027	0,155	31,251	0,048	0,214	30,625	0,020	0,135	25,870	0,010	0,097	25,755	0,005	0,082	31,758	Nytt høyere målepunkt		31,137	0,018	0,018	0,018	
13.04.2004	31,793	0,025	0,180	31,208	0,043	0,257	30,603	0,022	0,157	25,853	0,017	0,114	25,740	0,015	0,097	31,734		0,004	31,117	0,020	0,038	0,038	
28.04.2004	31,779	0,014	0,194	31,172	0,036	0,293	30,592	0,011	0,166	25,853	0,000	0,114	25,739	0,001	0,098	31,727	0,007	0,101	31,111	0,006	0,044	0,044	
12.05.2004	31,773	0,006	0,200	31,152	0,020	0,313	30,583	0,009	0,177	25,852	0,001	0,115	25,736	0,003	0,101	31,722	0,005	0,106	31,104	0,007	0,051	0,051	
27.05.2004	31,760	0,013	0,213	31,127	0,025	0,338	30,579	0,004	0,181	25,849	0,003	0,116	25,735	0,000	0,101	31,716	0,005	0,112	31,097	0,007	0,058	0,058	
09.06.2004	31,749	0,011	0,224	31,105	0,022	0,360	30,564	0,015	0,196	25,840	0,009	0,127	25,729	0,007	0,108	31,703	0,013	0,126	31,087	0,010	0,068	0,068	
19.06.2004	31,740	0,009	0,233	31,091	0,014	0,374	30,558	0,006	0,202	25,832	0,008	0,135	25,720	0,009	0,117	31,693	0,010	0,136	31,075	0,012	0,080	0,080	
24.06.2004	31,735	0,005	0,238	31,082	0,009	0,383	30,551	0,007	0,209	25,827	0,005	0,140	25,717	0,003	0,120	31,691	0,002	0,137	31,073	0,002	0,082	0,082	
03.07.2004	31,743	-0,008	0,230	31,081	0,001	0,384	30,558	-0,007	0,202	25,834	-0,007	0,133	25,725	-0,008	0,112	31,695	-0,004	0,133	31,078	-0,005	0,077	0,077	
Total setning		0,230			0,384			0,202			0,133			0,112			0,133			0,077			

Setninger på peler i toplanskryss i Børsla



## **Vedlegg 10**

Vertikaldrenering, Overgangsbru Børsa (Statens vegvesen, 2003)



- BEMERKNINGER**
1. VEGETATION OG VESTROD OG FÆRRES.
  2. TERRENGET ARBEJDES OG TERRÆSSES SLIK AT DET LOKALT KAN BLI BRUKT ENN I.T.O. PLANRISNINGSSERIE FÆRRES.
  3. UTLÆGGING AV FÆRROD MINIMUM KLASSE II OG 300mm ØRS (0-20mm).
  4. INSTALLERING AV VERTIKALISER I TRUKANTHØNSTER MED MINSTES AVSTAND 2000mm. VERTIKALISER INSTALLERES TIL 5cm ØDØRE OG KAPPE 150mm OVER BAKKEN.
  5. INSTALLERING AV ELEKTRISKE POLETRYKSKJALERE I PROFIL 1380 - 30mm ØRS OG FÆRRES PÅ 10m AVSTAND. I TILFELLE AV 1500mm ØRS OG FÆRRES OPP TIL AVLESINGSPUNKT LUTERER PÅLØSNINGEN.
  6. INSTALLERING AV SETNINGSPÅLER MED SKRÅBARE STØDNER I PROFIL 1380 - 30mm ØRS, 1380 - 35mm ØRS OG 1380 - 40mm ØRS. OPPILLES MED GROSPÅRK OG BESKATTES MED RØPPIKUNDER UNDER OPPFYLNING.

**STIKKINGSALTE**

PKT.	X-KOORD.	Y-KOORD.
A	593112,4641	-32891,7943
B	593108,8576	-32834,4818
C	593136,7890	-32805,1888
D	593126,3627	-32787,4802
E	593102,6339	-32791,0821
F	593102,6339	-32791,0821
G	593065,7912	-32727,1931
H	593077,0389	-32815,1660
I	593069,1480	-32816,4837
J	593078,4950	-32850,0972
K	593091,9600	-32856,9891
L	593096,7409	-32894,7810
M	593059,8611	-32899,2602
N	593052,7229	-32864,7647
O	593051,6275	-32863,7928
P	593051,6275	-32850,5742
R	593021,2227	-32850,5742
S	593028,7112	-32791,2911
T	593031,5920	-32739,6514
U	593019,6272	-32740,5704
V	593019,6272	-32740,5704
W	593011,6893	-32853,7070
X	592992,8863	-32876,6226
Y	592996,4711	-32889,1898
Z	593031,7239	-32882,0890
KE	593047,1494	-32901,5829

**TEKNIKKALING**

- ⊕ ELEKTRISKE POLETRYKSKJALERE.
- ⊙ SETNINGSPÅLER 500 x 500 x 12mm MED SKRÅBARE STØDNER.

SKOLE	1	SIN TITTEL	TE
DRØY	1	ANNEKSTAVEN	TE
DRØY	2	DRØY	TE
DRØY	3	DRØY	TE
DRØY	4	DRØY	TE
DRØY	5	DRØY	TE
DRØY	6	DRØY	TE
DRØY	7	DRØY	TE
DRØY	8	DRØY	TE
DRØY	9	DRØY	TE
DRØY	10	DRØY	TE
DRØY	11	DRØY	TE
DRØY	12	DRØY	TE
DRØY	13	DRØY	TE
DRØY	14	DRØY	TE
DRØY	15	DRØY	TE
DRØY	16	DRØY	TE
DRØY	17	DRØY	TE
DRØY	18	DRØY	TE
DRØY	19	DRØY	TE
DRØY	20	DRØY	TE
DRØY	21	DRØY	TE
DRØY	22	DRØY	TE
DRØY	23	DRØY	TE
DRØY	24	DRØY	TE
DRØY	25	DRØY	TE
DRØY	26	DRØY	TE
DRØY	27	DRØY	TE
DRØY	28	DRØY	TE
DRØY	29	DRØY	TE
DRØY	30	DRØY	TE
DRØY	31	DRØY	TE
DRØY	32	DRØY	TE
DRØY	33	DRØY	TE
DRØY	34	DRØY	TE
DRØY	35	DRØY	TE
DRØY	36	DRØY	TE
DRØY	37	DRØY	TE
DRØY	38	DRØY	TE
DRØY	39	DRØY	TE
DRØY	40	DRØY	TE
DRØY	41	DRØY	TE
DRØY	42	DRØY	TE
DRØY	43	DRØY	TE
DRØY	44	DRØY	TE
DRØY	45	DRØY	TE
DRØY	46	DRØY	TE
DRØY	47	DRØY	TE
DRØY	48	DRØY	TE
DRØY	49	DRØY	TE
DRØY	50	DRØY	TE
DRØY	51	DRØY	TE
DRØY	52	DRØY	TE
DRØY	53	DRØY	TE
DRØY	54	DRØY	TE
DRØY	55	DRØY	TE
DRØY	56	DRØY	TE
DRØY	57	DRØY	TE
DRØY	58	DRØY	TE
DRØY	59	DRØY	TE
DRØY	60	DRØY	TE
DRØY	61	DRØY	TE
DRØY	62	DRØY	TE
DRØY	63	DRØY	TE
DRØY	64	DRØY	TE
DRØY	65	DRØY	TE
DRØY	66	DRØY	TE
DRØY	67	DRØY	TE
DRØY	68	DRØY	TE
DRØY	69	DRØY	TE
DRØY	70	DRØY	TE
DRØY	71	DRØY	TE
DRØY	72	DRØY	TE
DRØY	73	DRØY	TE
DRØY	74	DRØY	TE
DRØY	75	DRØY	TE
DRØY	76	DRØY	TE
DRØY	77	DRØY	TE
DRØY	78	DRØY	TE
DRØY	79	DRØY	TE
DRØY	80	DRØY	TE
DRØY	81	DRØY	TE
DRØY	82	DRØY	TE
DRØY	83	DRØY	TE
DRØY	84	DRØY	TE
DRØY	85	DRØY	TE
DRØY	86	DRØY	TE
DRØY	87	DRØY	TE
DRØY	88	DRØY	TE
DRØY	89	DRØY	TE
DRØY	90	DRØY	TE
DRØY	91	DRØY	TE
DRØY	92	DRØY	TE
DRØY	93	DRØY	TE
DRØY	94	DRØY	TE
DRØY	95	DRØY	TE
DRØY	96	DRØY	TE
DRØY	97	DRØY	TE
DRØY	98	DRØY	TE
DRØY	99	DRØY	TE
DRØY	100	DRØY	TE

**Orkdalregion AS**

Vertikal løsningsprofil 1380 - 1400  
PLAN OG DETALJER

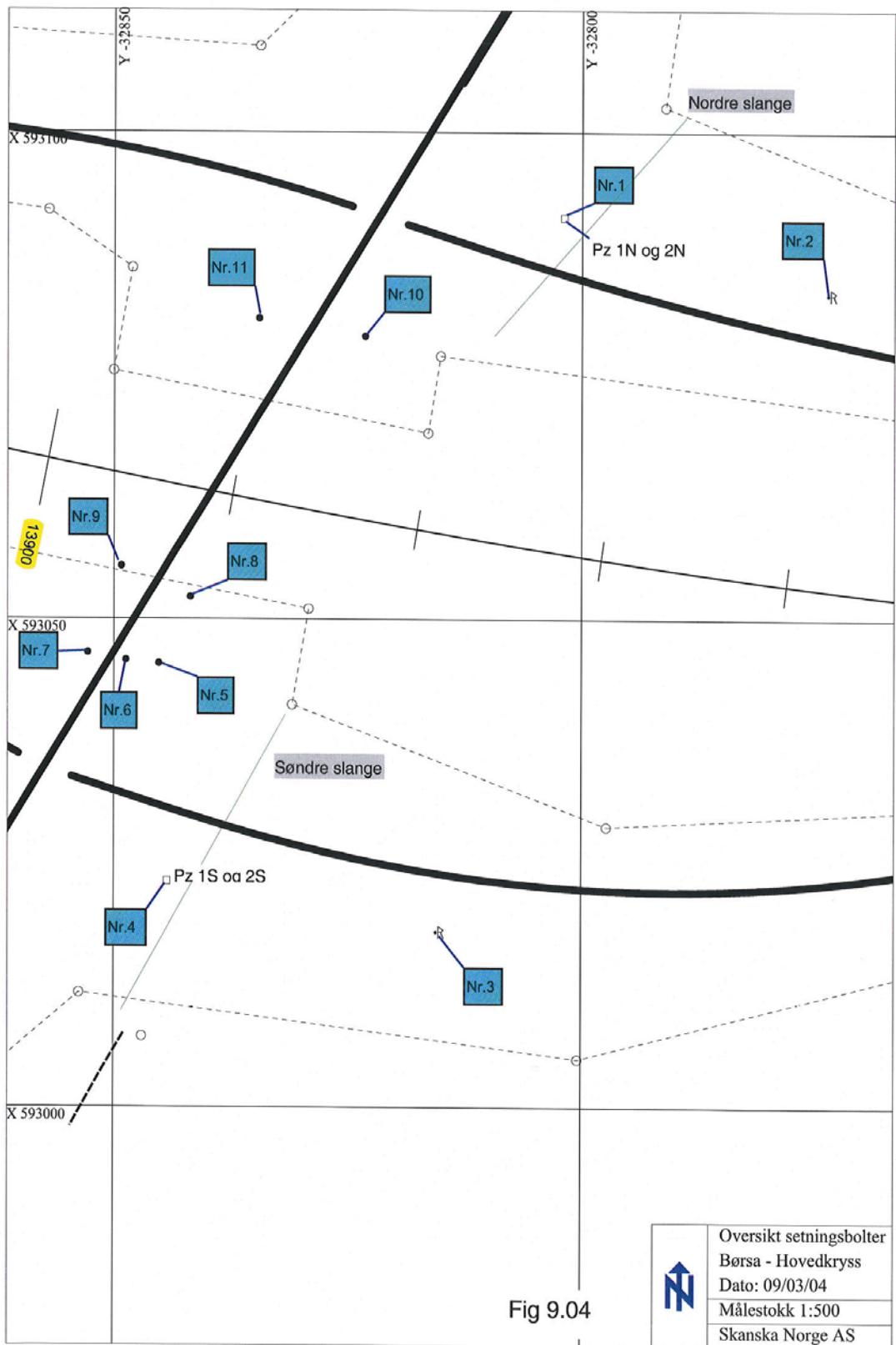
DRØY 1:100/1500

Prosjekt: V147

Arkiv: B

## **Vedlegg 11**

Oversiktskart setningsbolter og slanger, toplanskryss Børse  
(Skanska Norge AS, 2004)



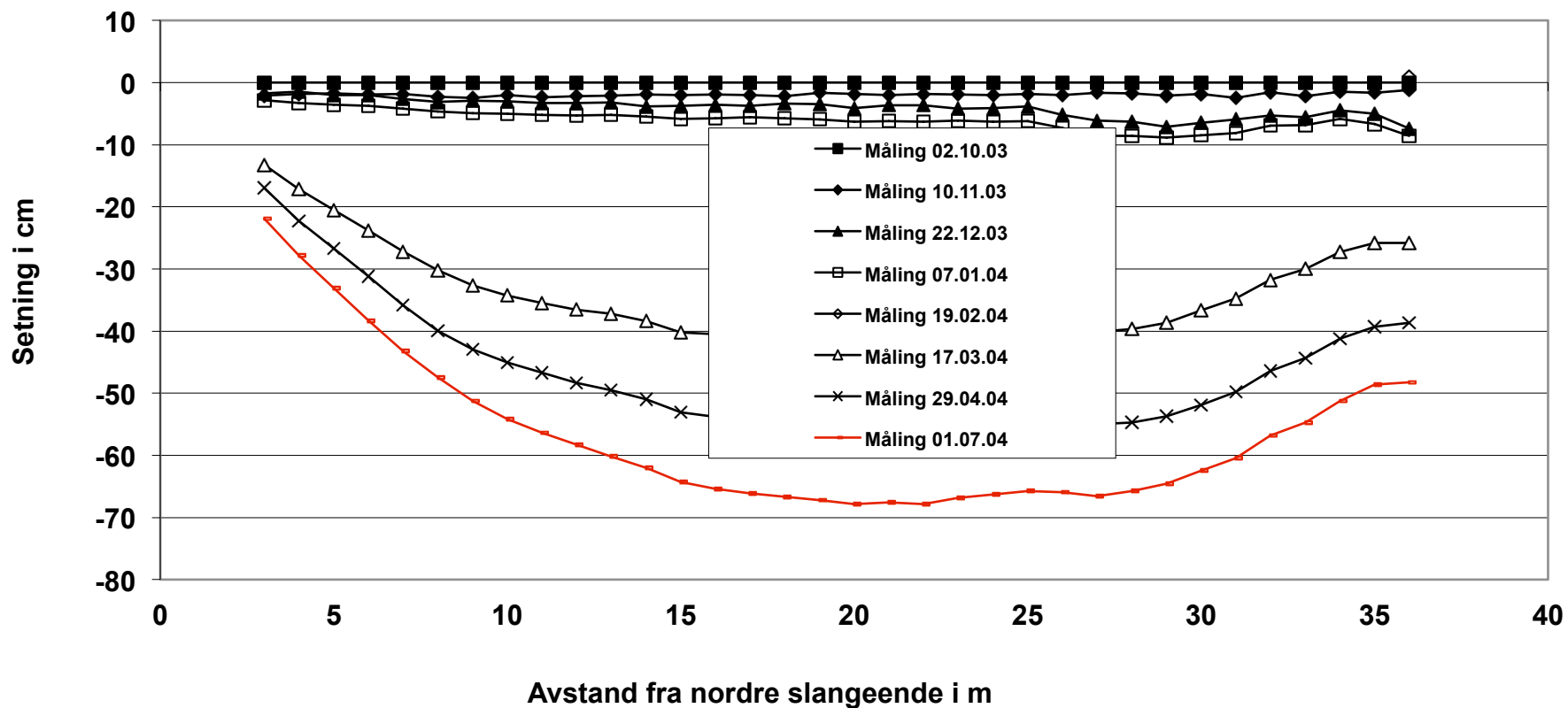


## **Vedlegg 12**

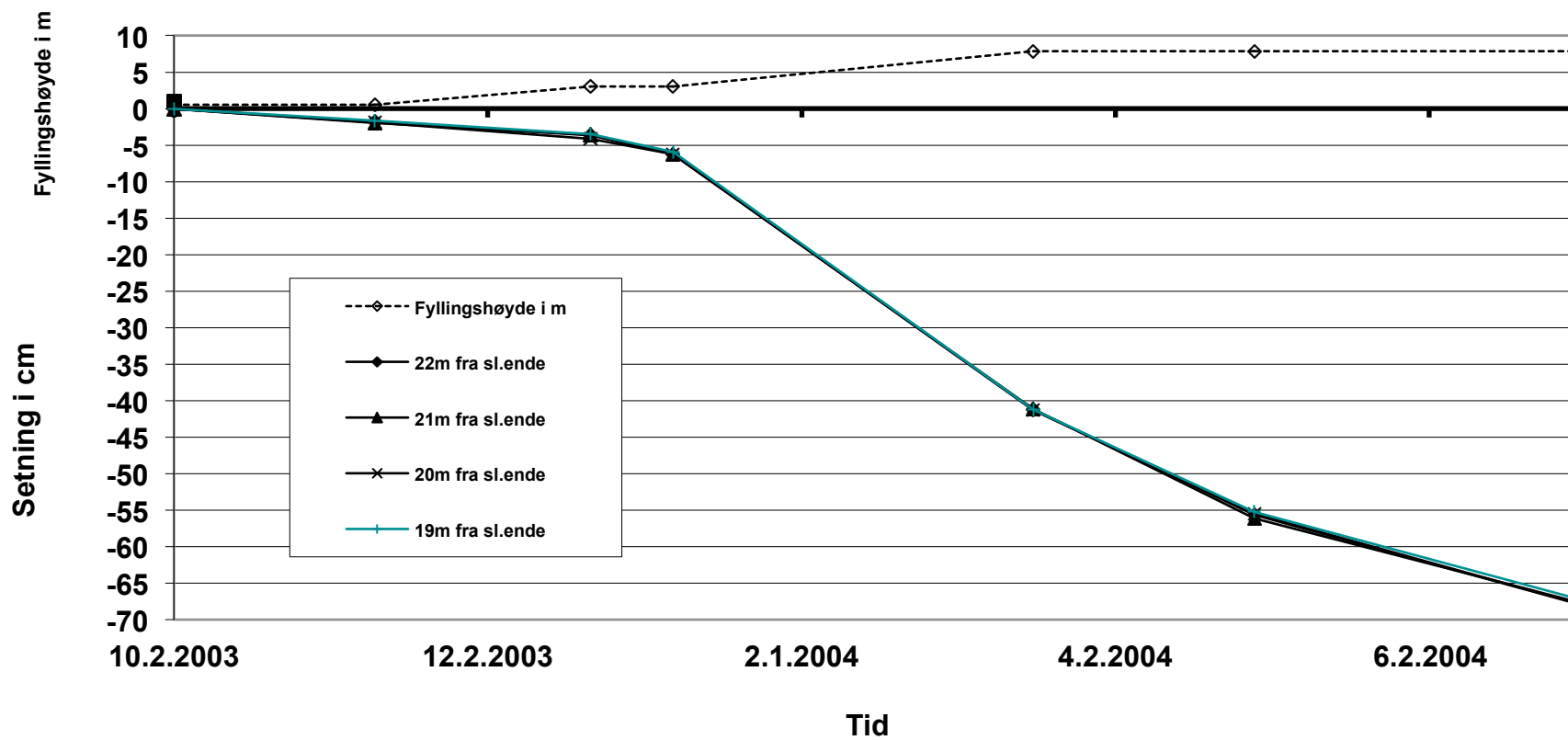
Grafer slangesetningsmålinger, Overgangsbru Børse (Skanska Norge AS, 2004)



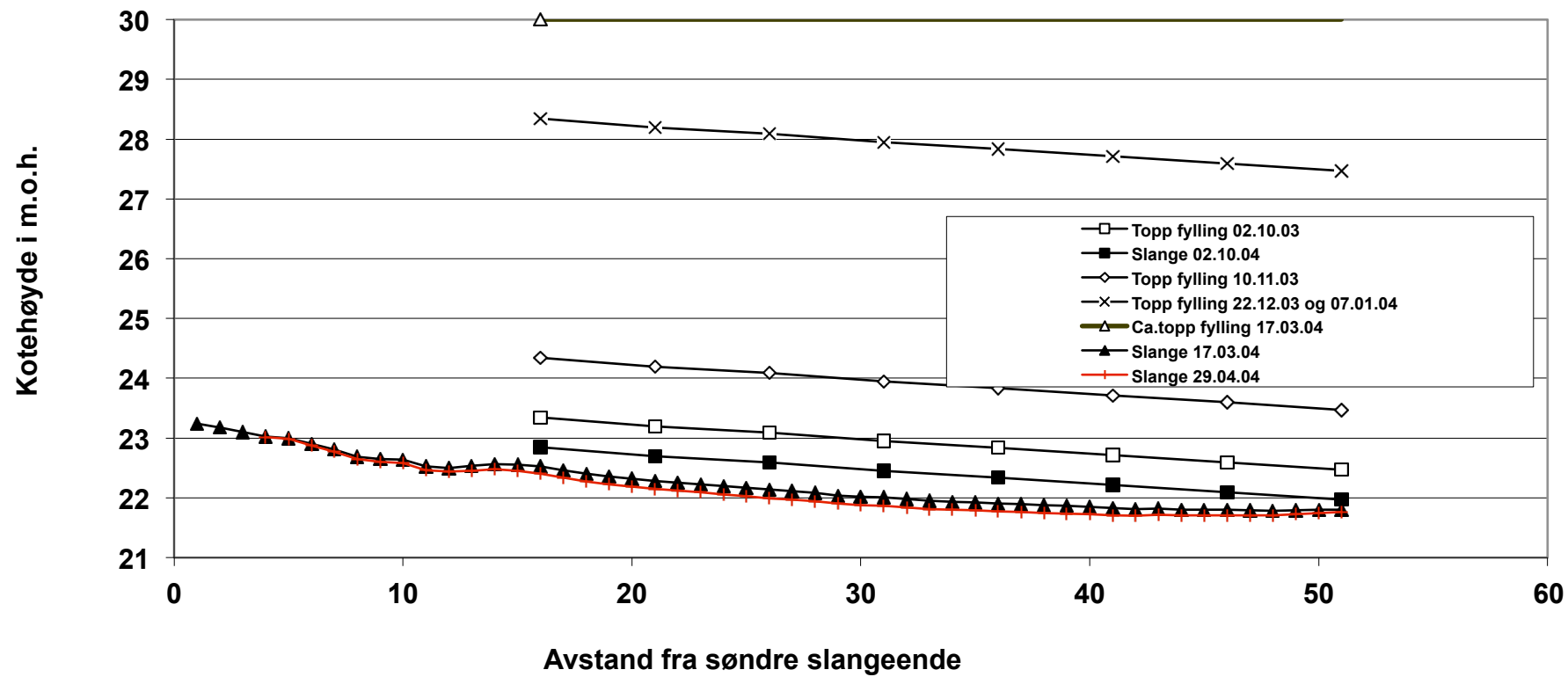
### E39 , Slangesetningsmålinger i toplankkryss v/ Børsa , Nordre slange



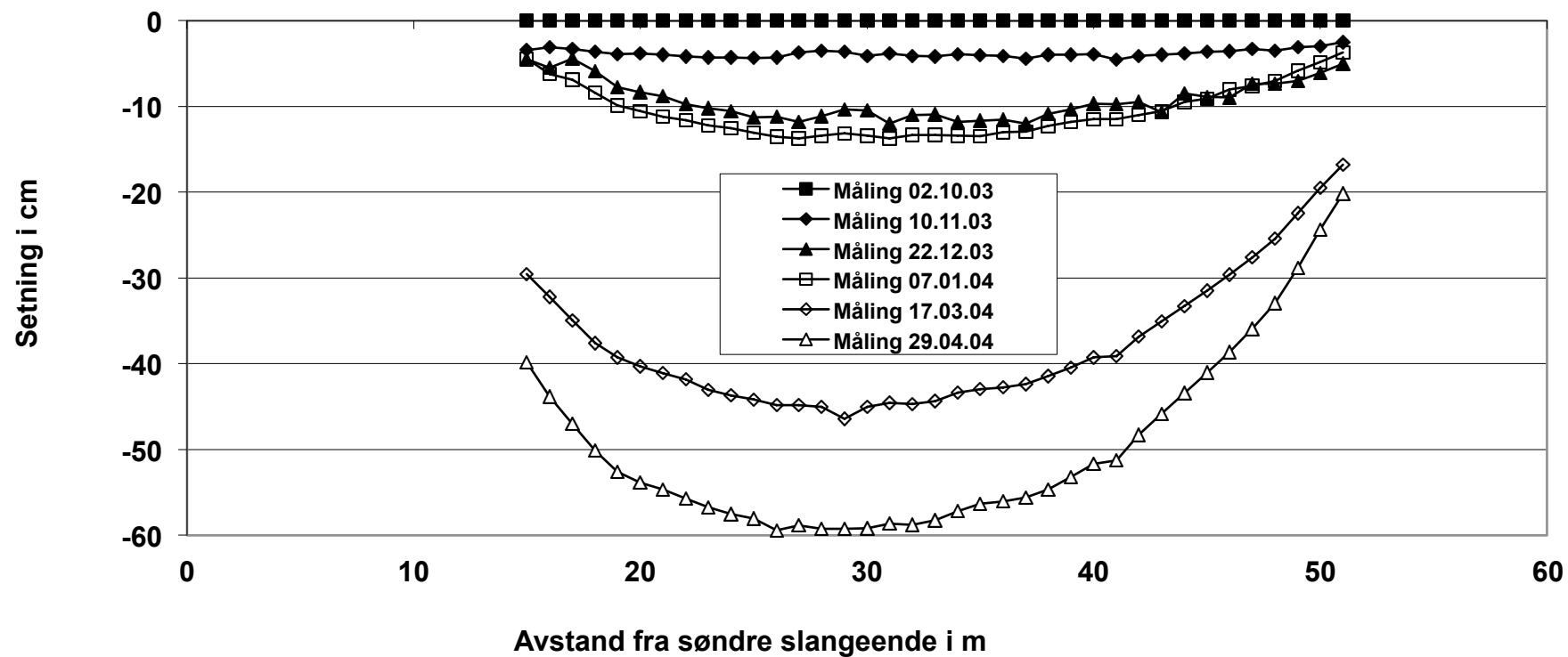
### E39 , Setningsutvikling i 4 pkt. med størst setning 01.07.04 , Slange nord



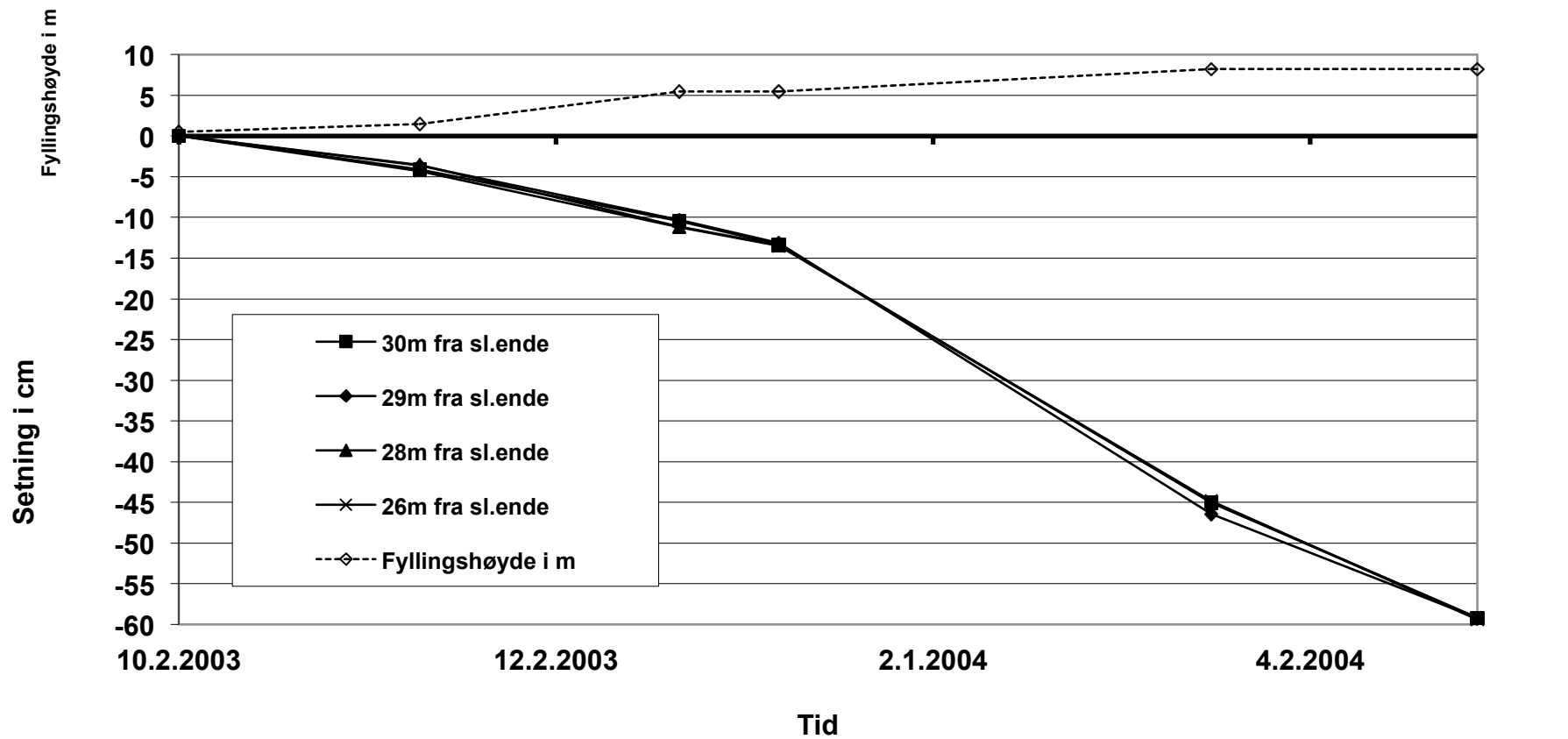
### E39 , Slangesetningsmålinger Børsea , Slange syd , Kotehøyder på slange og fylling



### E39 , Slangesetningsmålinger i toplankryss v/ Børsa , Søndre slange



# E39 , Setningsutvikling i 4 pkt. med størst setning 29.04.04 , Slange syd



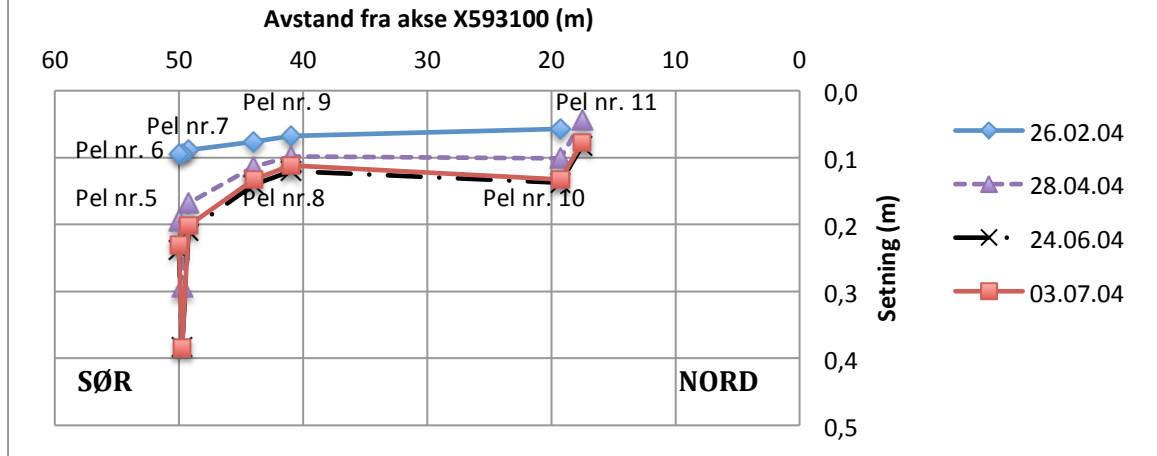




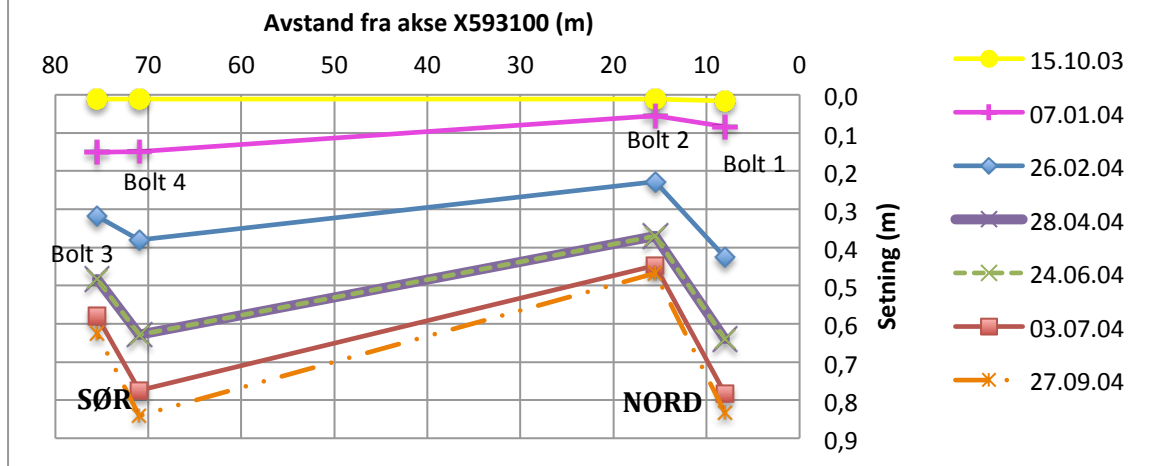
## **Vedlegg 13**

Lengdeprofil peler og fylling, Overgangsbru Børsa 2004

## Overgangsbru Børsa Lengdeprofil bolt på pel



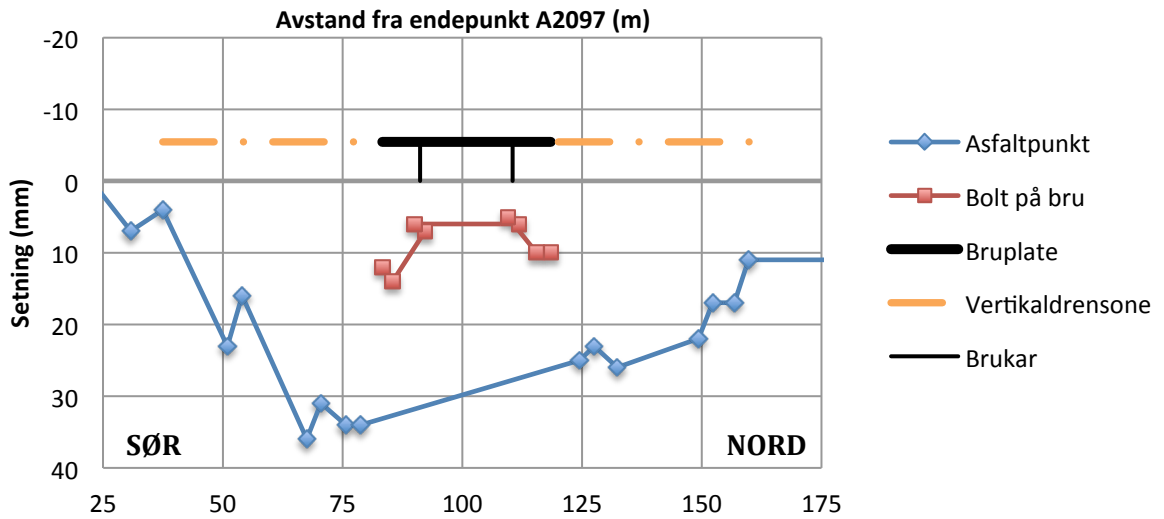
## Overgangsbru Børsa Lengdeprofil bolt på fylling



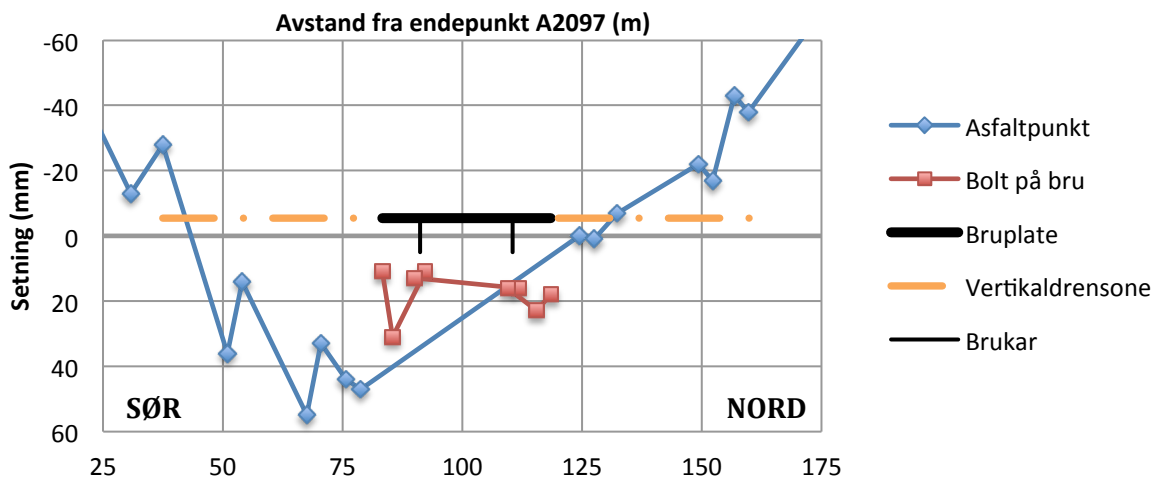
## **Vedlegg 14**

Lengdeprofil setninger 2005-2011, Overgangsbru Børse

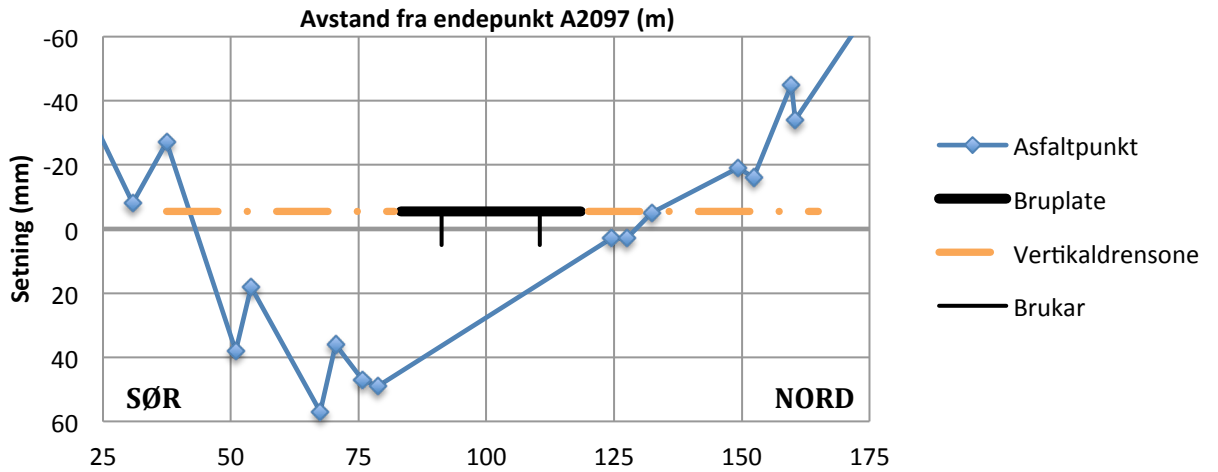
## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, april 2005



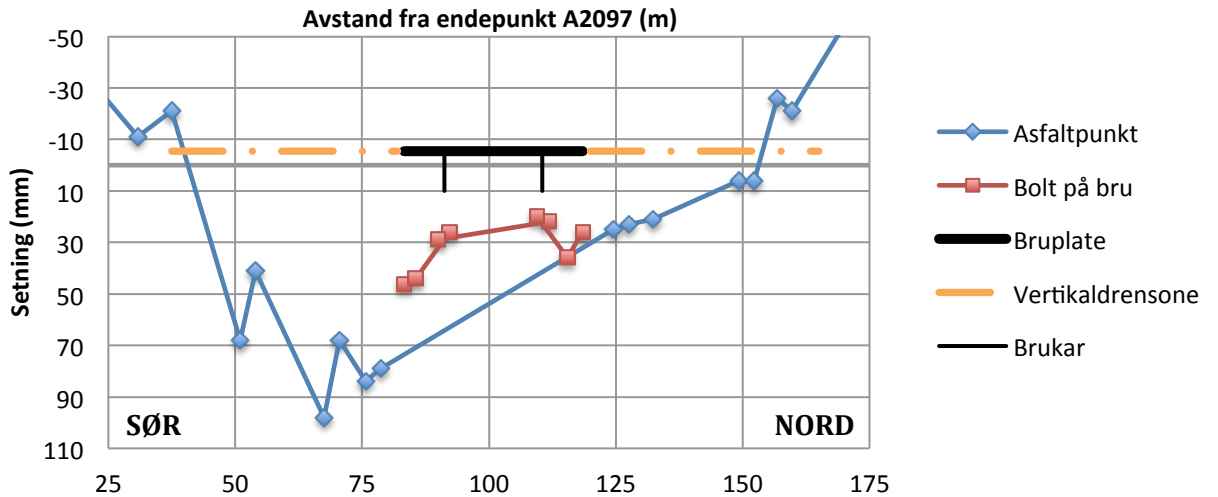
## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, september 2006



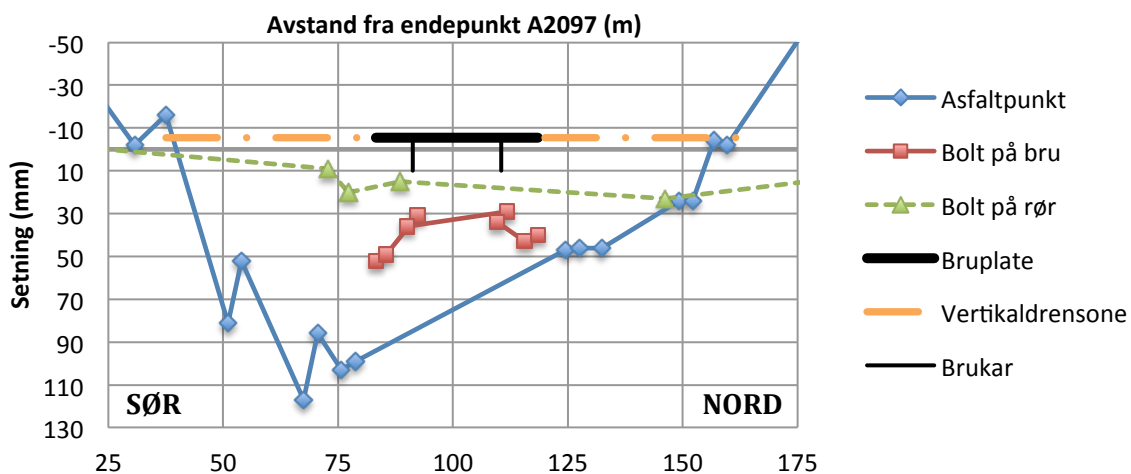
## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, oktober 2007



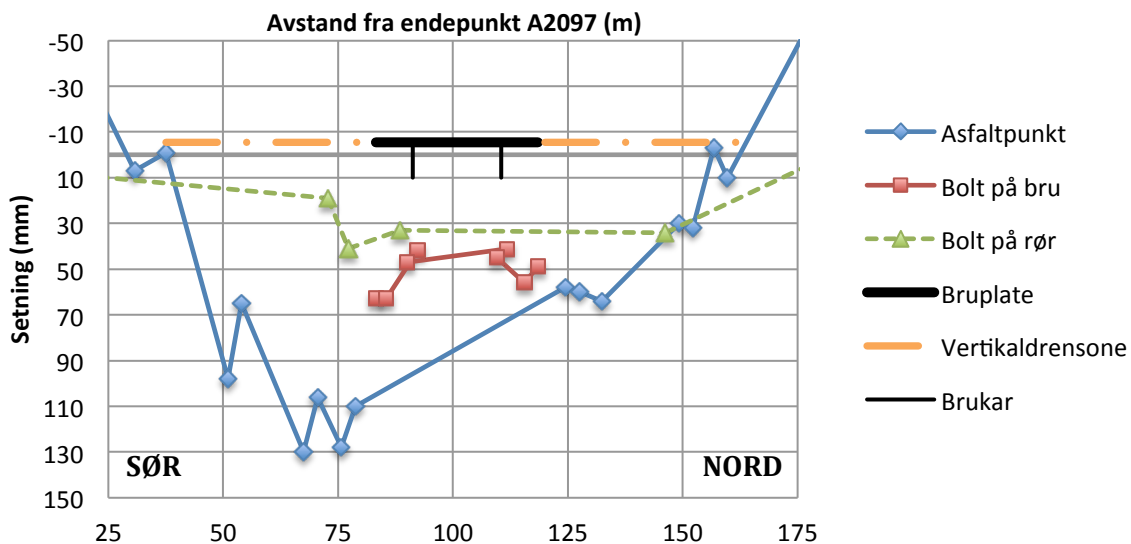
## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, september 2008



## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, november 2009

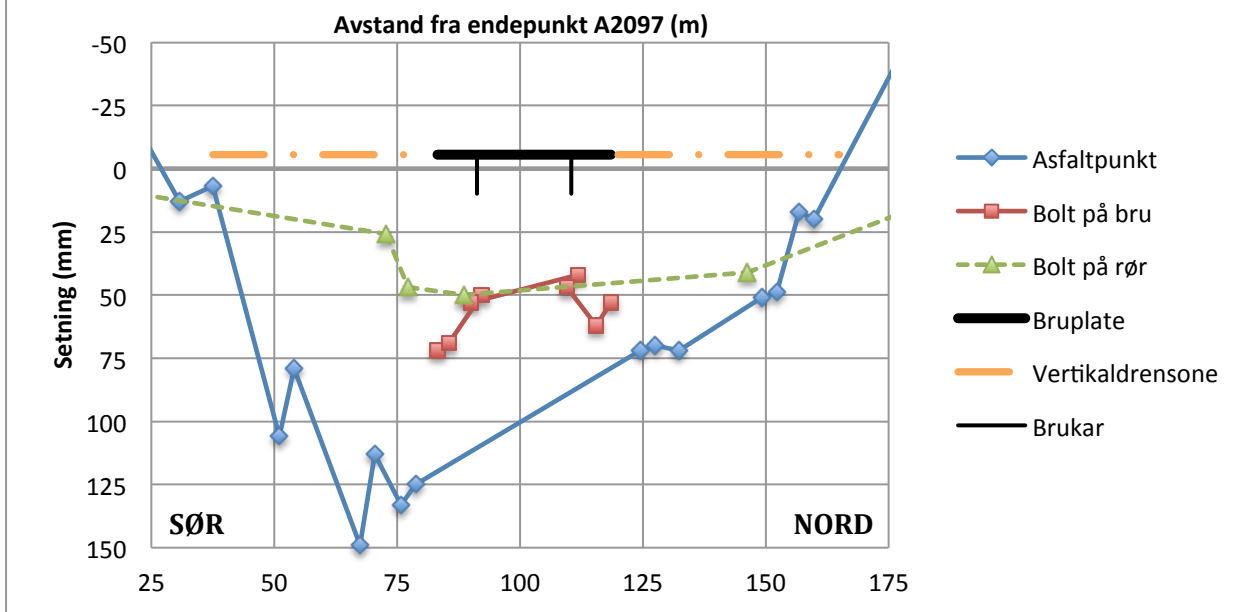


## Overgangsbru Børsa Akkumulerte setninger, november 2010



# Overgangsbru Børsa

## Akkumulerte setninger, oktober 2011



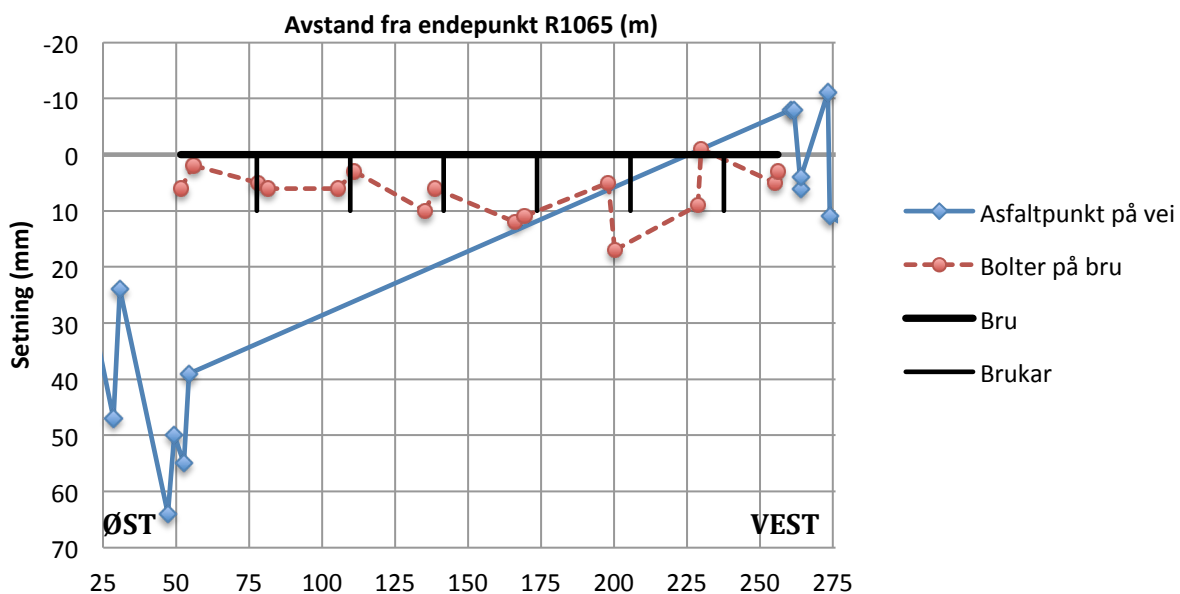




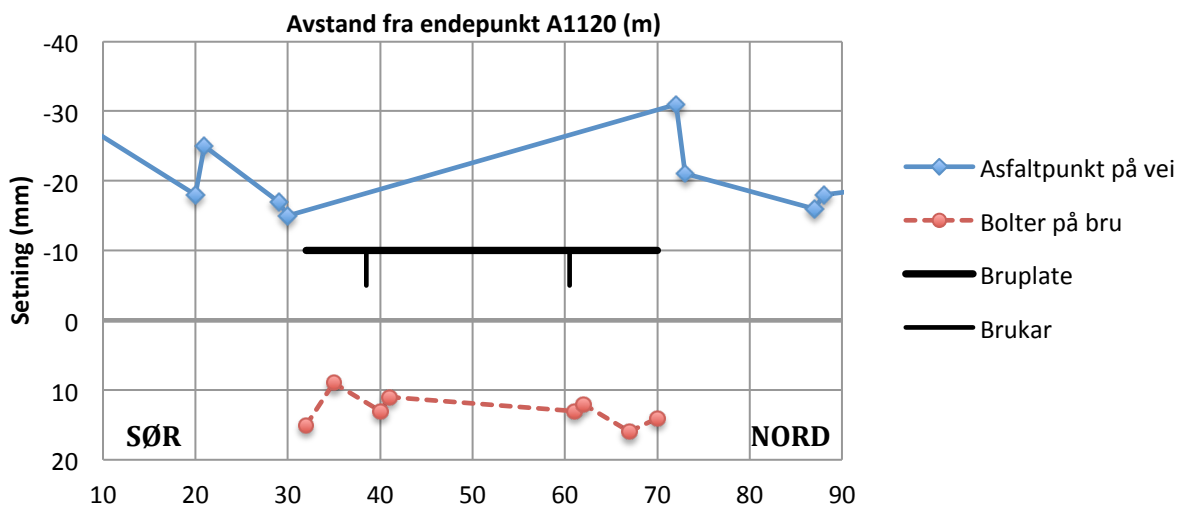
## **Vedlegg 15**

Lengdeprofil for alle bruene 2009

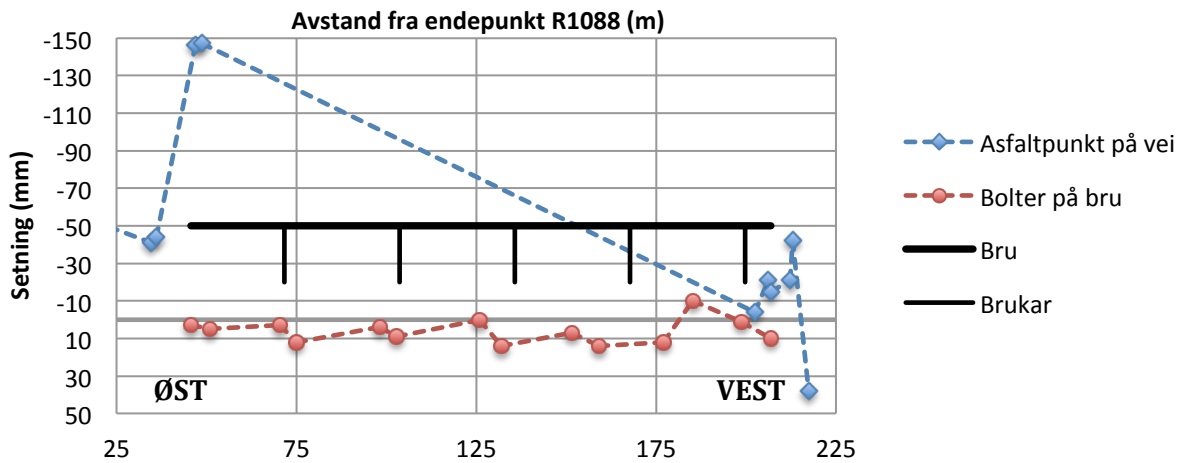
## Saltnesbrua Akkumulerte setninger, november 2009



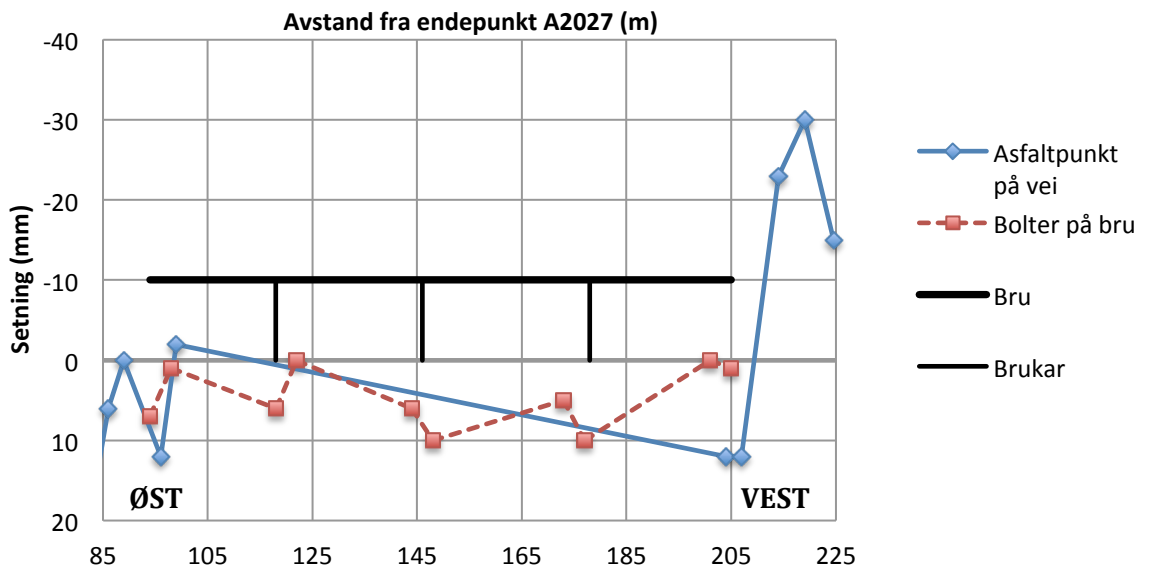
## Overgangsbru Buvika Akkumulerte setninger, november 2009



## Hammersbrua Akkumulerte setninger, november 2009

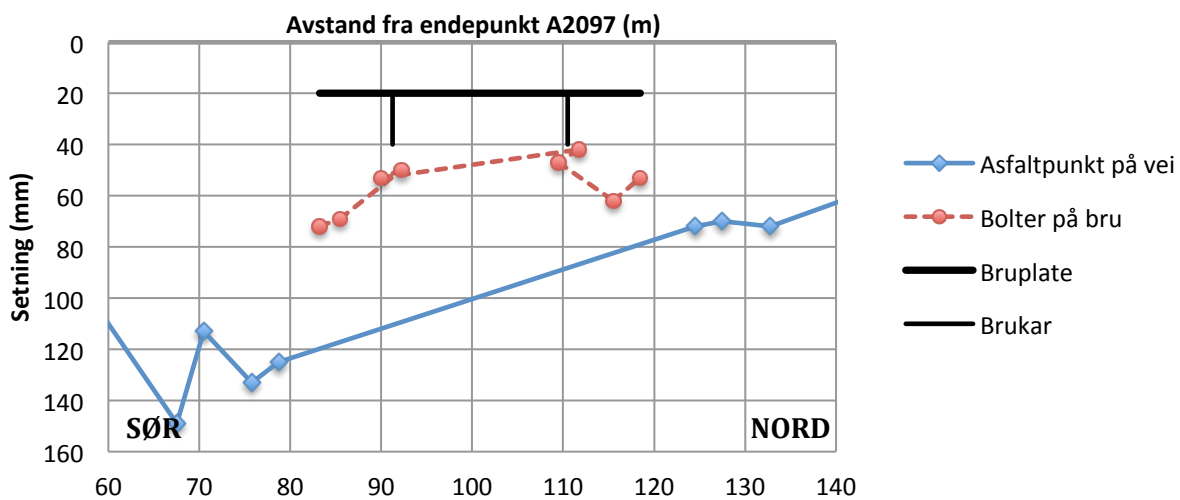


## Rossvollbrua Akkumulerte setninger, november 2009



# Overgangsbru Børsa

## Akkumulerte setninger, oktober 2011



## **Vedlegg 16**

Bruene med målte setninger i 2009 (Google maps, 2010)

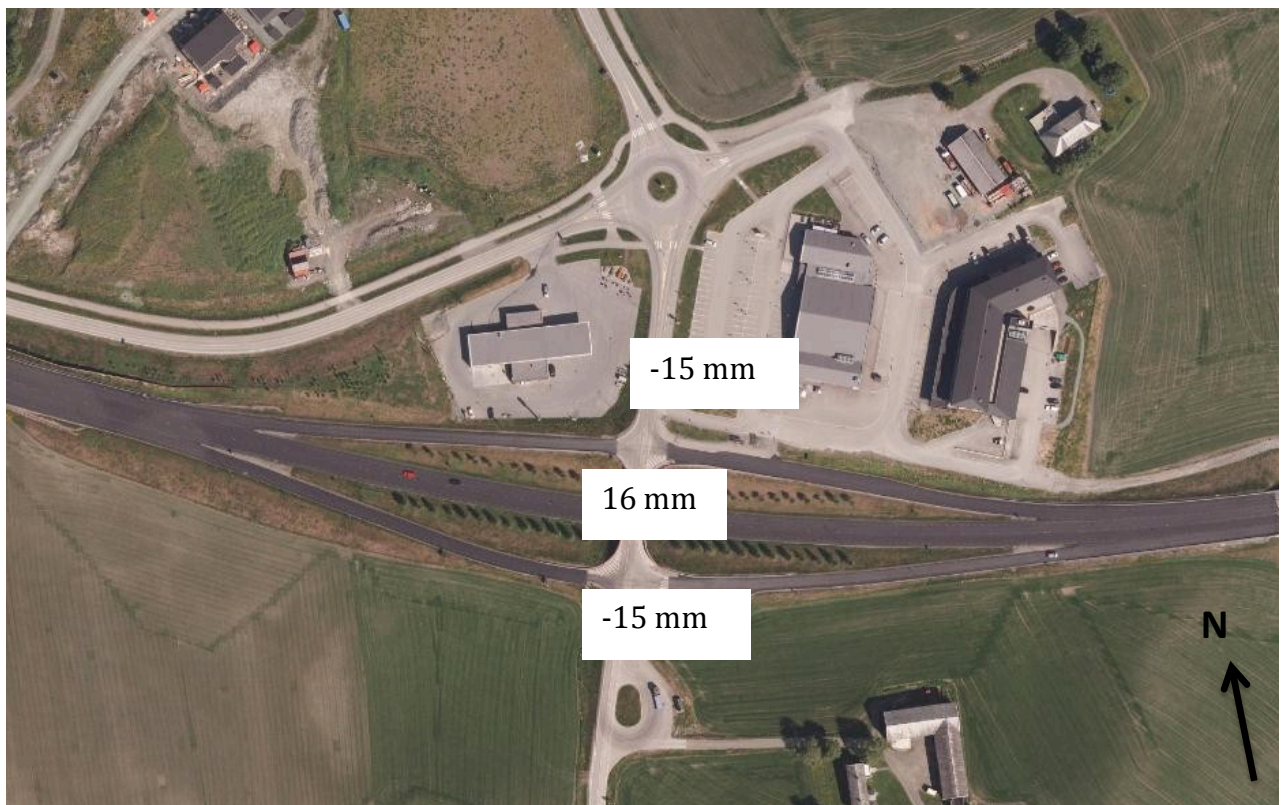
## Oversiktskart for bruene med største målte setninger

Størst målte setninger på bru og tilløpsfyllinger i 2009:

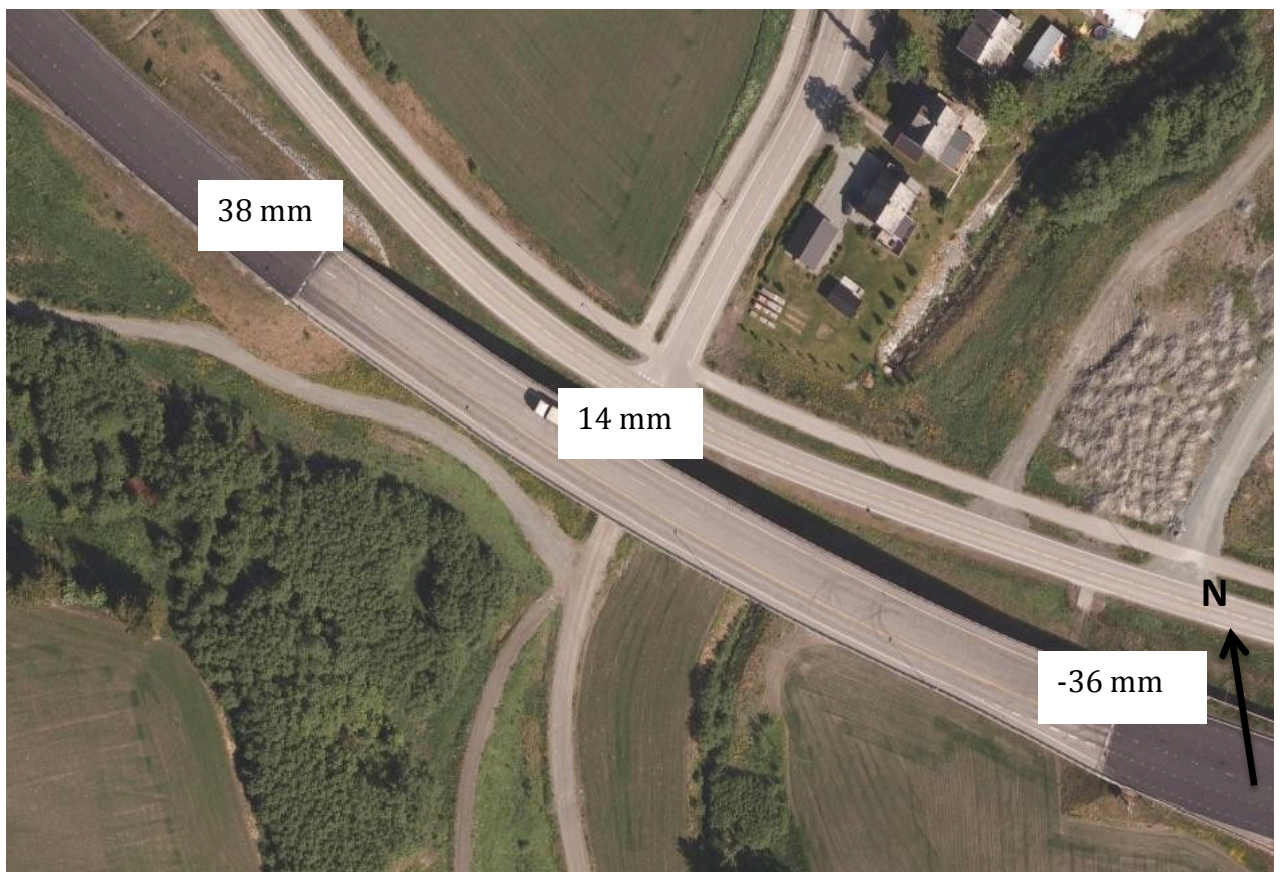
Saltnesbrua: november 2009



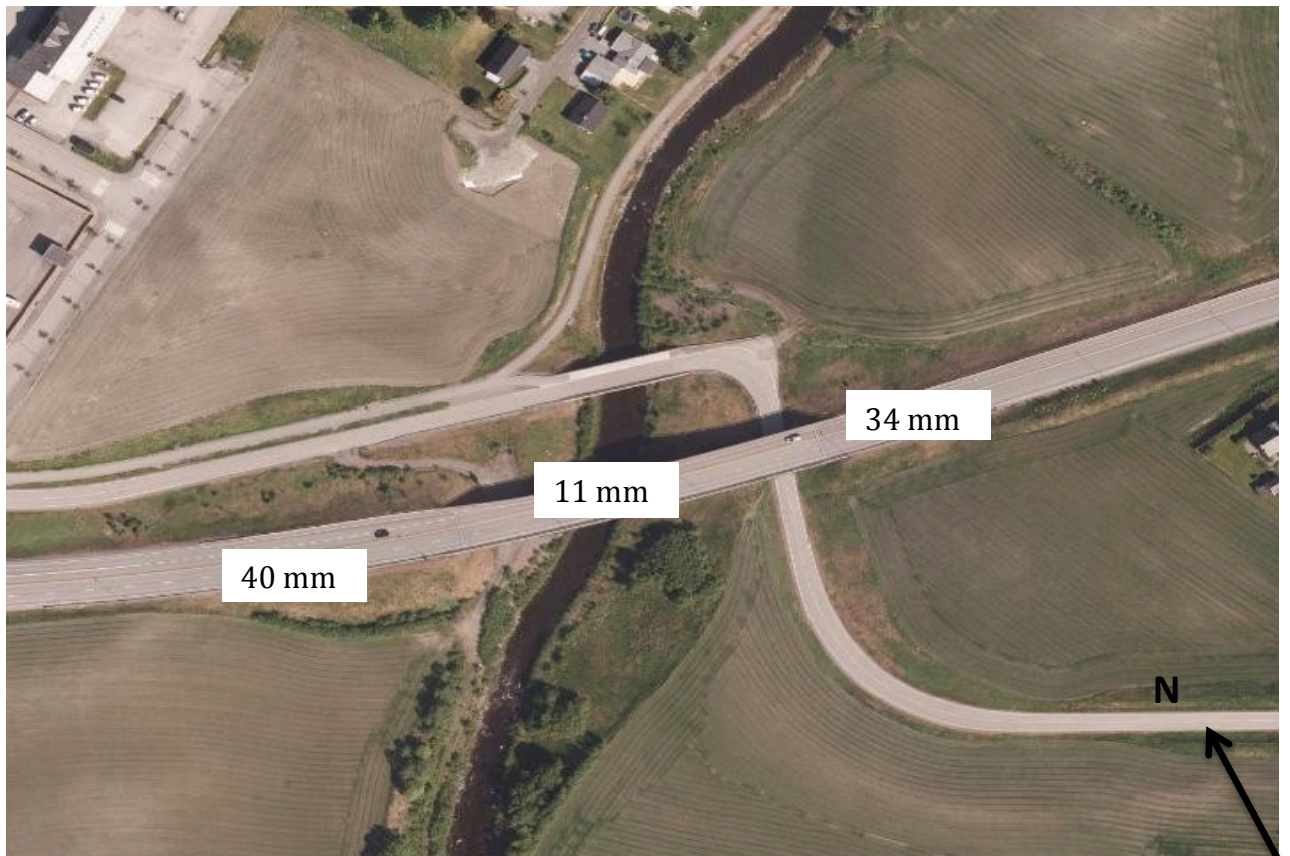
Overgangsbru Buvika: november 2009



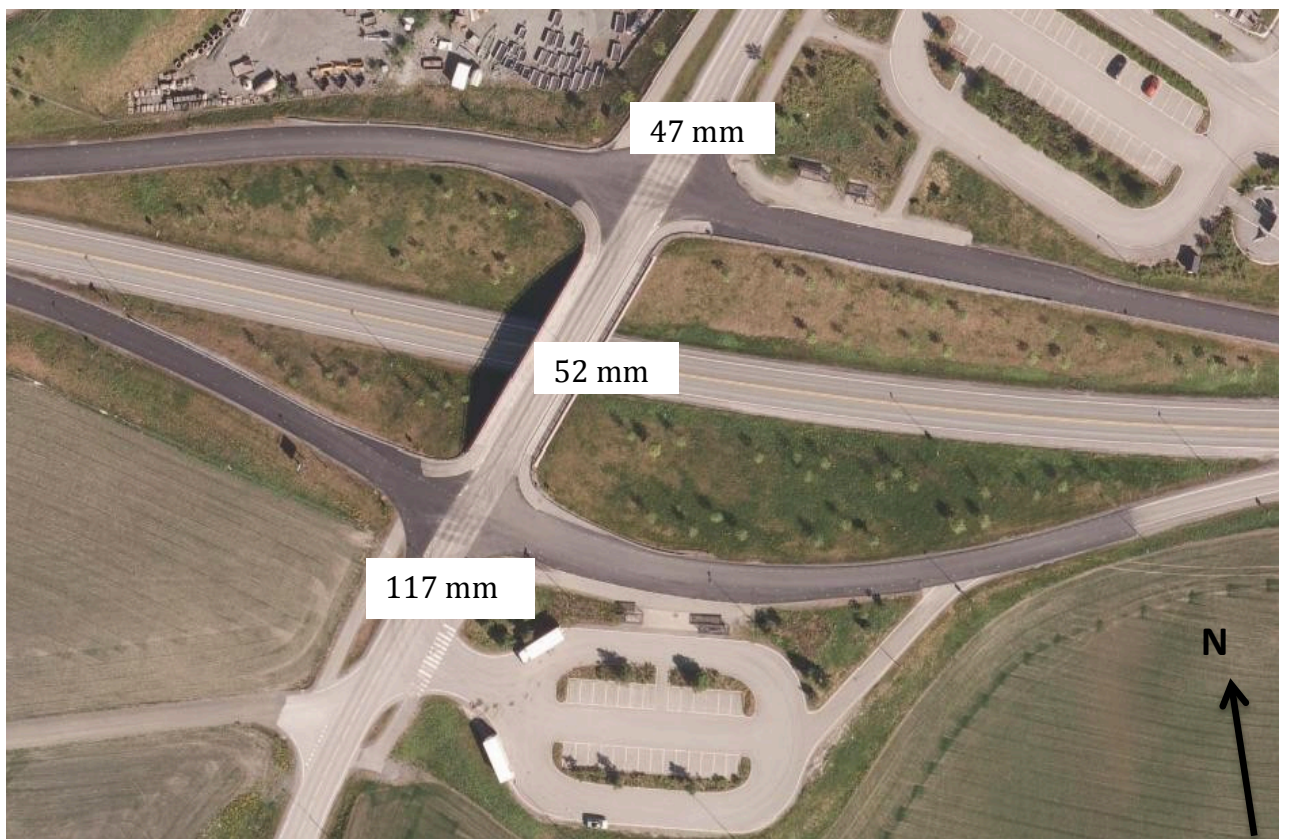
Hammersbrua: november 2009



Rossvollbrua: november 2009



Overgangsbru Børsa: oktober 2009





## **Vedlegg 17**

Beregning av delta S for bruene

**Beregning av største tillatte setningsforskjeller,  $\Delta_S$ , i 2009:**

$$\Delta_R = 0 \text{ for } R = \infty$$

$$\Delta_S = \Delta_{\text{tot}} - \Delta_R$$

**Saltnesbrua:****øst**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{\text{dim}}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{\text{tot}}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
16,5	80	25000	0,1	0,005	0,095

**vest**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{\text{dim}}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{\text{tot}}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
20,4	80	25000	0,11	0,005	0,105

**Overgangsbru Buvika:****sør**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{\text{dim}}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{\text{tot}}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
9	50	650	0,06	0,05	0,01

**nord**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{\text{dim}}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{\text{tot}}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
19	50	650	0,19	0,18	0,01

**Hammersbrua:**

vest

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
4,5	80	8000	0,015	0,005	0,01

øst

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
10,9	80	8000	0,035	0,005	0,03

**Rossvollbrua:**

vest

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
15	80	5000	0,04	0,01	0,03

øst

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
7	80	5000	0,03	0,005	0,025

**Beregning av største tillatte setningsforskjeller,  $\Delta_S$ ,  
for Overgangsbru Børsa i perioden 2005-2011:**

**Overgangsbru Børsa 2005:**

**sør**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
11,3	50	1640	0,07	0,02	0,05

**nord**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
3	50	1640	0,01	0	0,01

**Overgangsbru Børsa 2006:**

**sør**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
8,3	50	1640	0,05	0,02	0,03

**nord**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
7,9	50	1640	0,05	0,02	0,03

**Overgangsbru Børsa 2007:**

**sør**

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
8,3	50	1640	0,05	0,02	0,03

nord

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
7,9	50	1640	0,05	0,02	0,03

**Overgangsbru Børsa 2008:**

sør

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
5,3	50	1640	0,025	0,005	0,02

nord

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
7,9	50	1640	0,05	0,02	0,03

**Overgangsbru Børsa 2009:**

sør

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
5,3	50	1640	0,03	0,01	0,02

nord

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
24,8	50	1640	0,26	0,08	0,18

**Overgangsbru Børsa 2010:**

sør

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
3	50	1640	0,01	0	0,01

nord

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
7,9	50	1640	0,05	0,02	0,03

**Overgangsbru Børsa 2011:**

sør

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
3	50	1640	0,01	0	0,01

nord

Lengde, L [m]	Fartsgrense, $V_{dim}$ [km/t]	Vertikal radius, R [m]	$\Delta_{tot}$ [m]	$\Delta_R$ [m]	$\Delta_S$ [m]
4,9	50	1640	0,025	0,005	0,02

## **Vedlegg 18**

Beregning differansesetninger 2011

<b>Bru</b>	<b>Maks. målte setninger bolter bru, 2011 [mm]</b>	<b>Maks. målte setninger tilløpsfylling, 2011 [mm]</b>	<b>Funksjonskrav på 10 mm differansesetninger overskredet i 2011</b>
Saltnesbrua	5	øst: 35 vest:-21 <b>Asfaltert 2011</b> <b>Asfaltert 2010</b>	øst: Ja vest: Ja
Overgangsbru Buvika	13	sør: -21 nord:-12 <b>Asfaltert 2010</b>	sør: Ja nord: Ja
Hammersbrua	4	øst: -98 vest:-7 <b>Asfaltert 2011</b> <b>Asfaltert 2010</b>	øst: Ja vest: Ja
Rossvollbrua	11	øst: 8 vest: 9 <b>Asfaltert 2010</b>	øst: Ja vest: Ja
Overgangsbru Børse	72	sør: 149 nord: 72	sør: Ja nord: Ja



## **Vedlegg 19**

Beregning av differansesetninger 2030

<b>Bru</b>	<b>Maks. setninger bolt bru, 2030 [mm]</b>	<b>Beregnet totalsetninger tilløpsfylling 2030 (NGI, 2003) [mm]</b>	<b>Funksjonskrav på 10 mm differansesetninger overskredet i 2030</b>
Saltnesbrua	10	200	Ja
Overgangsbru Buvika	10	300	Ja
Hammersbrua	10	øst: 170 vest: 120	Ja
Rossvollbrua	10	øst: 150 vest: 125	Ja
Overgangsbru Børse	250-300	400	Ja

## **Vedlegg 20**

Beregning av setningskrav Overgangsbru Børsa, 2005-2011

År	Setningsforskjell fra måling [mm]		Største tillatte setningsforskjell (Statens vegvesen, 2011) [mm]		Krav oversteget	
	sør:	nord:	sør:	nord:	sør:	nord:
2005	3	4	50	10	Nei	Nei
2006	14	7	30	30	Nei	Nei
2007	13	8	30	30	Nei	Nei
2008	16	4	20	30	Nei	Nei
2009	17	23	20	180	Nei	Nei
2010	18	6	10	30	Ja	Nei
2011	8	2	10	20	Nei	Nei