



Statens vegvesen

Erosjonssikring av bruer i Telemark

Stavså, Tanså, Ruså og Vinje

Statens vegvesens rapporter

Nr. 70



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Geoteknikk og skred
Mars 2012

Tittel

Erosjonssikring av bruer i Telemark

Undertittel

Stavså, Tanså, Ruså og Vinje

Forfatter

Arvid Olaus Strømnes, Multiconsult

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

601995

Rapportnummer

Nr. 70

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Godkjent av**Emneord**

Klima og transport, erosjonssikring, bru, flom, robust fundamentering

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet "Klima og transport", etatsprosjekt 2007-2010.

Denne rapporten er en del av delprosjekt 3 "Flom og erosjon", hvor erosjonsskader for brufundamenter i og ved strømmende vann er en sentral arbeidsoppgave. Rapporten ser på erosjonsskader, flom og vannhastighet ved fire bruer i øvre Telemark. Oftest har problemene vært knyttet til erosjonsømfintlige masser som sand og silt, men gjennom pilotprosjektene i Klima og transport har vi også sett at alvorlige skader kan oppstå i grunnforhold som i utgangspunktet anses som gode. Antall skadetilfeller er stort nok til at det er grunn til å et sterkere fokus på erosjonssikring og valg av robust fundamentering for bruer i strømmende vann.

Antall sider 75

Dato Mars 2012

Title

Erosion control of bridges in Telemark

Subtitle

Stavså, Tanså, Ruså og Vinje

Author

Arvid Olaus Strømnes, Multiconsult

Department

Traffic Safety, Environment and Technology

Section

Geotechnical Section

Project number

601995

Report number

No. 70

Project manager

Gordana Petkovic

Approved by**Key words**

Climate and Transport, erosion control, bridge, flood, robust foundation

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D programme "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Roads Administration 2007-2010. The work presented in this report is a part of project no. 3 "Flood and Erosion Prevention", where bridge scouring was a central working task. The report presents the results of a closer study of four bridges in Telemark regarding erosion damages, flood and water velocity.

Scouring problems have often been acquired to low resistant soils, such as clay or silt. The investigations of bridge projects done in "Climate and Transport" show, however, that serious damage can occur in soils generally considered as good. There is a need to have a stronger focus on erosion protection design and choice of robust foundation for bridges in flowing water.

Pages 75

Date March 2012

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for prosjektering, bygging og drifting av veg som svar på endrede klimaforhold.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport ”Virkninger av klimaendringer for transportsektoren”, laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport ”Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering”, av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- ”Klima i Norge 2100”, utarbeidet for NOU Klimatilpassing av meteorologisk institutt, Bjerknæssenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstituttet og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Mer informasjon om prosjektet: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Delprosjekt 3, som denne rapporten hører til, studerer prosjekterings- og vedlikeholdstiltak og deres tilpasning til klimabildet, både gjennom dimensjonering (av veggen eller tiltak) og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Leder for delprosjektet er Frode Oset, Vegdirektoratet. For mer informasjon om delprosjekt 3, se Vedlegg 1.

Denne rapporten er skrevet av Arvid Olaus Strømnes, Multiconsult og ser på erosjonsskader, flom og vannhastighet ved 4 bruer i øvre Telemark. Erfaringer fra pilotprosjekter viser at antall skadetilfeller er stort nok til at det er grunn til å sette et sterkere fokus på valg av robust fundamentering for bruer i strømmende vann.

For oversikt over andre prosjektrapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg 2.

Rapport

Oppdrag: **Stavså bru. Fv.H-037, Vinje**

Emne: **Erosjonssikring**

Rapport: **Beskrivelse**

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen Region Sør**

Dato: **10. februar 2011**

Oppdrag- /
Rapportnr. **812551-3 / 2**

Tilgjengelighet Begrenset

Utarbeidet av: **Arvid Olaus Straumsnes**

Fag/Fagområde: **Geoteknikk og hydrologi**

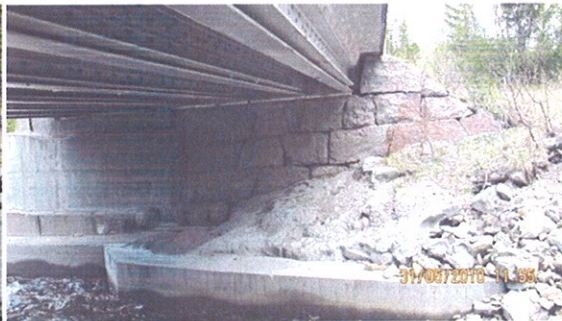
Kontrollert av: **Jan Finstad**

Ansvarlig enhet: **1217 Skien**

Godkjent av: **Ole K. Kristoffersen**

Emneord: **Erosjonssikring**

Sammendrag:



(bilder v/Bjørn Dolva)

Rapporten beskriver erosjonssikring ved Stavså bru i Vinje kommune.

Orienterende flomberegninger er utført og basert på et relativt usikkert grunnlag. Mer pålitelige beregninger krever oppmåling av terrengforholdene som ikke har kunnet gjennomføres nå vinterstid.

Beregning og vurdering av nødvendig steinstørrelse er basert på de orienterende flomberegningene, flyfotos og bilder av brustedet fra august 2010.

Anbefalt sikring bygges opp av to lag samfengt stein med $D = 0.30$ m. Stedlige masser er ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Arbeidene skal utføres ved lav vannstad på Totak.

1	10.02.2011		11	aos	jaf <i>olek</i>
Utg.	Dato	Tekst	Ant.sider	Utarb.av	Kontr.av Godkj.av

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	3
2.	Eksisterende situasjon	3
3.	Hydrauliske beregninger	3
4.	Erosjonssikring	3
5.	Usikkerhet	4
6.	Konklusjon	4
7.	Referanser	4

Vedlegg

- Nr. 1 Stavså bru. Flyfoto
- Nr. 2 Stavså bru. Plan
- Nr. 3 Stavså bru. Profiler
- Notat datert 9.2.2011: Stavså bru, flom og vannhastighet

1. Innledning

Multiconsult AS er engasjert til å prosjektere erosjonssikring for Stavså bru som ligger på fylkesveg H-037, HP1, km 13.9 nord for Åmot sentrum i Vinje kommune. Oppdraget er utført i samsvar med "SVEIS-nr: 2010010150 Rammeavtale for anskaffelse av geotekniske tjenester i Region Sør 2010-2012".

2. Eksisterende situasjon

Brua er gård over elva Stavså som kommer fra Stavsvatn. Brua er bygget 1951 og er ei ett spenns bru med lysåpning 9.95 m – av armert betong i plate som ligger på 7 stk stålbjelker (NP40). Landkarene er av huggen stein som er direkte fundamentert på løsmasser av stedlig morene. Det vises til "Bru nr. 451" i bruregisteret BRUTUS.

Brua er utsatt for erosjonsskader som har pågått over lang tid, og det pågår fortsatt en omfattende elvebunns-senkning fra nedstrøms brustedet til opp forbi brua. Vi antar at dette i hovedsak skyldes at vårflommen kommer når Totak er nedtappet etter vintersesongen.

Det er utført sikringsarbeider foran begge landkarene i 3 omganger – i form av både steinsetting og betongpåstøp. Det kreves ytterligere tiltak for å sikre landkarene og for å stoppe videre elvebunnsenkning.

3. Hydrauliske beregninger

Det vises til eget notat "Stavså bru, flom og vannhastighet" dat. 9.2.2011.

Sitat fra Sammendrag: "Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Stavså bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart grunnlag er av begrenset omfang. En flom av 200 års gjentakintervall er estimert til 8 m³/s. Det er gjort enkle hydrauliske beregninger med estimert tverrprofil under brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen er av størrelsesorden 1.3 til 2.2 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden. Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmålinger av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua."

Beregningene gir verdier Froude tall $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ på 0.9-1 for antatt mest riktige fallforhold, noe som tilsier overkritisk strømhastighet dvs. "stryk". Dimensjonering av stabil steinstørrelse er basert på en karakteristisk vannhastighet $V_{kar} = 2.1$ m/s.

4. Erosjonssikring

Stabil steinstørrelse for overkritisk vannstrømming er beregnet etter formel 4.30 i *Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009, ref 2/*.

Vedlegg 1 viser flyfoto av bruområdet med lav vannstand i Totak der vi har markert strandlinjer og konturer som er grunnlag for kartskissen på vedlegg 2 der planlagte sikringstiltak er tegnet inn. Lengde- og tverrprofil er vist på vedlegg 3.

Beregningene gir stabil steinstørrelse $D_{50} = 0.30$ m. (Alternativ beregning etter overslagsformel 14-16 i Håndbok 016 gir tilsvarende $D_{60} > \sqrt{2g} = 0.23$ m.)

$D_{50} = 0.3$ m anbefales som dimensjonerende. Tykkelsen til sikringslaget skal være den største av $2xD_{50}$ og $D_{maks} = 0.7$ m som gir $t = 0.7$ m.

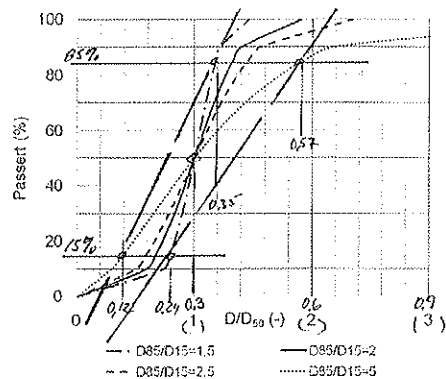
Sikringen bygges opp av to lag samfengt stein med $D_{50} = 0.3$ m. Stedlige masser vurderes ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Som vist i profilene på vedlegg 3, tas det sikte på at ferdig elvebunn kan bygge vel 50% av lagtykkelsen over dagens overflate eller inntil 0.5 m slik at ferdig elvebunn nesten flukter med o.k. på den tidligere utførte betongsikringen.

Sikringslaget i skråningene blir liggende med helning ikke brattere enn 1:2.

Sikringslaget bygges helt ned til dagens overflate i både opp- og nedstrøms endeavslutning.

$D_{50} = 0.3$ m tilsvarer en midlere diameter på seinblokkene.



Figur 47 Graderingskurver basert på D_u

Graderingskravet settes til $1.5 < D_{85}/D_{15} < 5$ (ref./2 side 67-68).

Beregninger gir:

$0.12 \text{ m} < D_{15} < 0.24 \text{ m}$ og $0.35 \text{ m} < D_{85} < 0.57 \text{ m}$ som vist på kurvedigrammet.

Enkelstein større enn 0.7 m kan tillates ved at det graves ekstra dypt lokalt slik at de ikke stikker mer enn 0.1 m opp over nabostein.

På en stekning fra 25 til 35 m nedstrøms for brua anbefales lagt ut ett lag erosjonssikring med gradering som beskrevet over for å hindre en ytterligere og pågående elvebunns-senkning i å forplante seg oppstrøms mot brua (ref /2 figur 82).

De viste arealene som anbefales sikret er:

- "Bunnsikring" dvs. arealer i antatt delvis vannfylt grop: $F_b = 120 \text{ m}^2$.
- "Skråningssikring" (<1:2) under antatt tilnærmet tørre forhold: $F_s = 120 \text{ m}^2$.
- Utgraving/sortering/tilbakelegging ordnet underlag for plastringslaget
 $F_{\text{tot}} = F_b + F_s = 240 \text{ m}^2$.
- Ett enkeltlag erosjonssikring 25-35 m nedstrøms brua: $F_e = 80 \text{ m}^2$.

5. Usikkerhet

Flomberegningene er knyttet opp mot flomestimater utført av NVE i 2009 for flere nøkkelstasjoner i området, deriblant Tansvatn målestasjon i forbindelse flomberegning for Midtdøla.

Den hydrauliske beregningen er usikker og kan kun ansees som et tilnærmet estimat. Bedre beregninger krever at det utføres oppmåling av terrengdata.

6. Konklusjon

Den anbefalte sikringen må utføres på lav vannstand i Totak. Det forutsettes kvalifisert oppfølging i anleggsfasen med muligheter for justeringer og tilpasninger underveis.

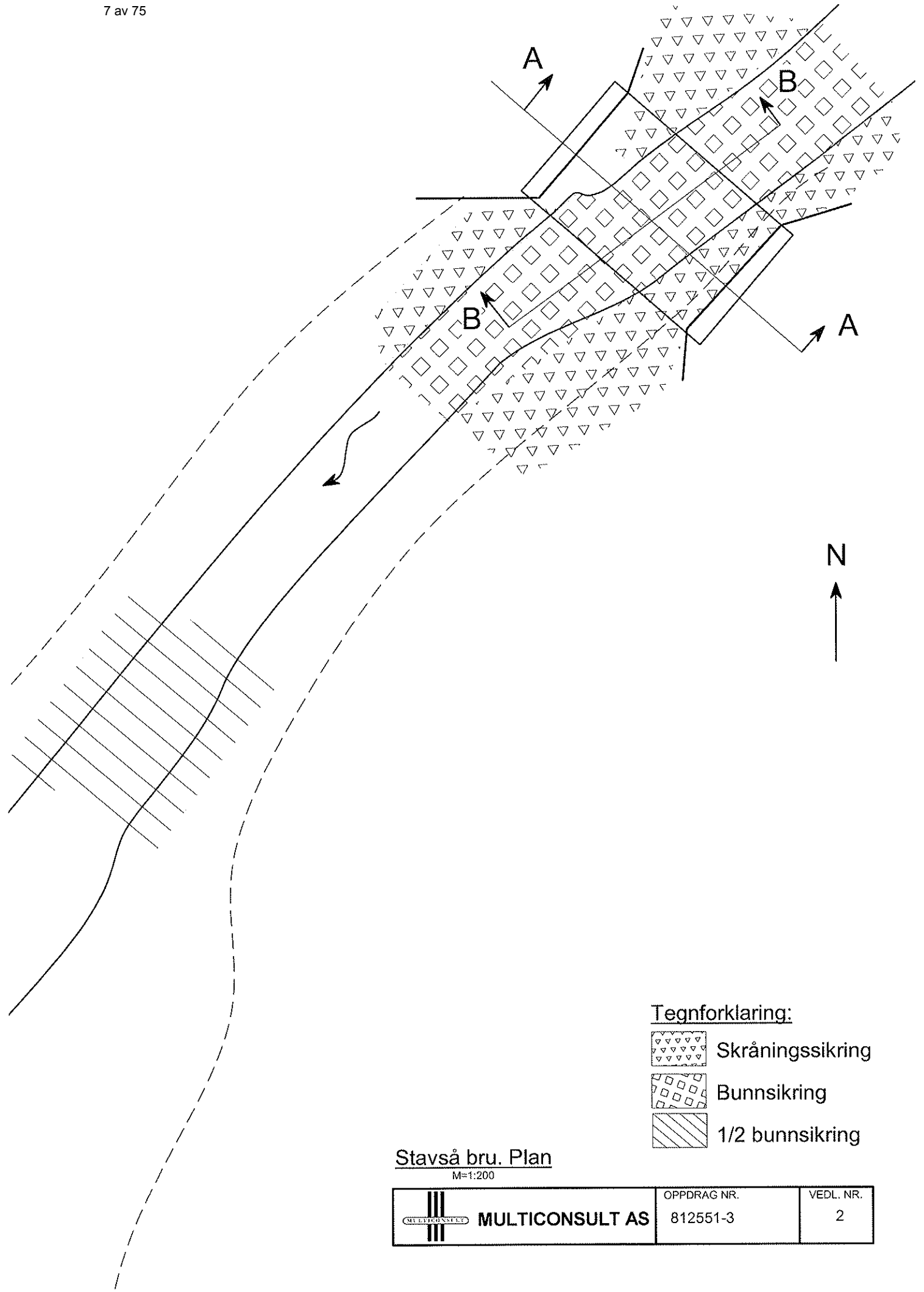
7. Referanser

- 1/ Stavså bru, flom og vannhastighet. Notat datert 9.02.2011. Multiconsult (vedlagt).
- 2/ Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009,






Stavså bru. M= ca. 1:500


	MULTICONSULT AS	OPPDRAG NR. 812551-3	VEDL. NR. 1
---	-----------------	-------------------------	----------------



Tegnforklaring:

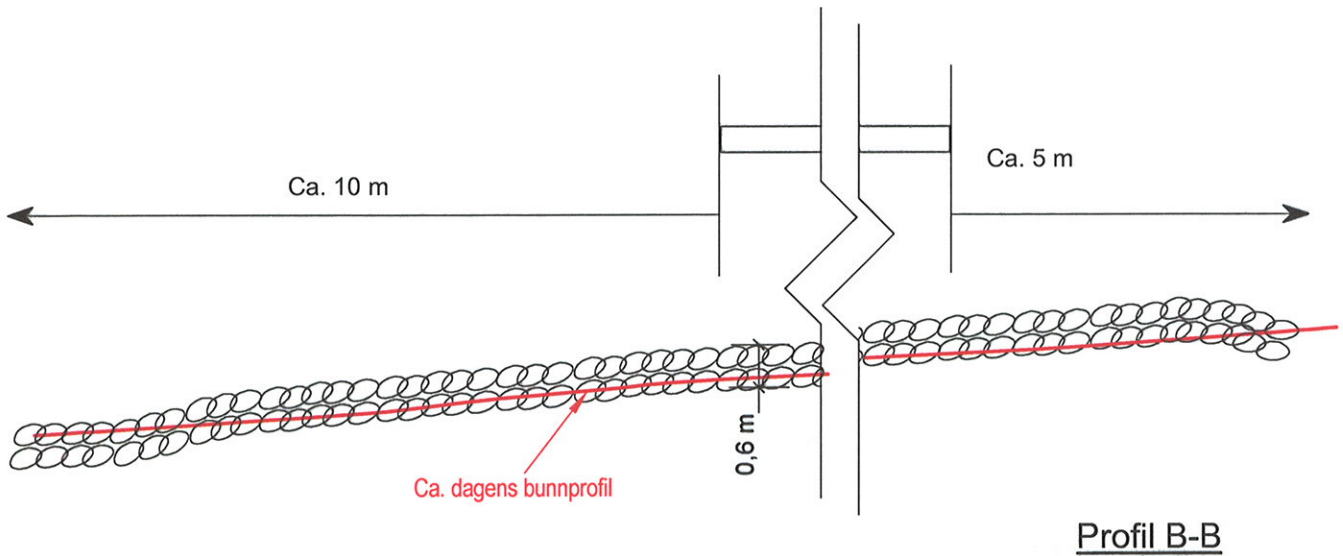
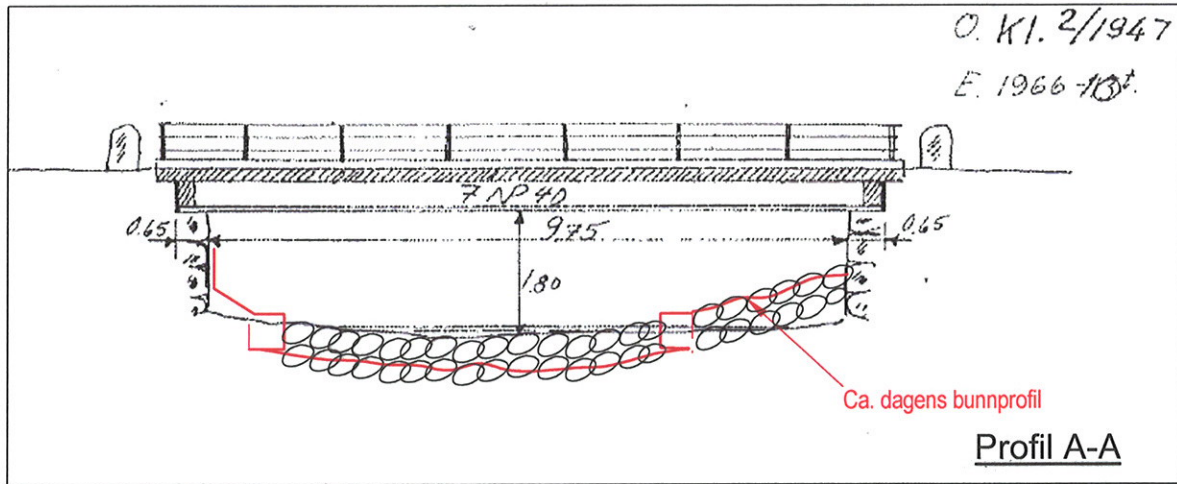
-  Skråningssikring
-  Bunnsikring
-  1/2 bunnsikring

Stavså bru. Plan
M=1:200

	OPPDRAG NR.	VEDL. NR.
	MULTICONSULT AS	812551-3



Fot v/Bj. Dolva



Stavså bru. Profiler

M=1:100

	MULTICONSULT AS	OPPDRAK NR.	VEDL. NR.
		812551-3	3



Notat

Oppdrag:	Erosjonssikring av fire bruer i Telemark	Dato:	9. februar 2011
Emne:	Stavså bru, flom og vannhastighet	Oppdr.nr.:	812551-3
Til:	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult Skien		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Leif-Egil Lørum	Sign.:	
Kontrollert av:	Jean Pierre Bramslev	Sign.:	
Godkjent av:	Pål Høberg	Sign.:	
Sammendrag:	<p>Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Stavså bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart grunnlag er av begrenset omfang. En flom av 200 års gjentakintervall er estimert til 8 m³/s. Det er gjort enkle hydrauliske beregninger med estimert tverrprofil under brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilet er av størrelsesorden 1.3 til 2.2 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden. Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmålinger av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua.</p>		

1. Hensikt

Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under brua når flom av en viss størrelse passerer.

2. Grunnlagsdata

Dokumentasjon:

Avrop.

Prosedyre for erosjonssikring av bruer, notat datert 2008 (Vegvesenet)

Befaringsnotat Øvre Telemark, mai 2010 (Vegvesenet)

Oppmålinger ved brua, datert 1968

Kart 1:500 , 1:1000 (Vinje kommune)

Flomrapport Middøla (Holmqvist, NVE 2009)

31.05.2010 kl 12	Vst Totak m.o.h	Vst Tansvatn, m.o.h	Vf Tanså m ³ /s
Målte data	683,61	697,19	4,76

Muntlig:

Totak: LRV 680, HRV 687.3, Naturlig vannstand 686.10

Beregnet:

NVE Database: Del av 016.BG11

Totalt nedbørfelt: 8,6 km² (Areal fra topografisk kart

Sjøprosent 4.5 %

Flomrapporten viser at 16.122 Grovåi ligger i rimelig nærhet at Stavså feltet. Den har imidlertid en lav sjøprosent (bare 0.2) , som kan være en av årsakene til at spesifikk middelflom (351 l/s*km²) er en del høyere enn for Vedsvik og Groset målestasjoner (h.h.v. 250 og 250 l/s*km²). Grovåi ligger i rimelig nærhet av Stavså og burde representere sammenliknbare nedbør og avsmelting i flomsituasjoner, men Stavså er et mye mindre felt.

3. Overordnet metodikk

Det er benyttet metodikk i to trinn

1. Det estimeres en flom av et visst gjentaksintervall i m³/s som passerer under brua
2. Det gjøres hydrauliske beregninger som viser de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen for vassføringer funnet under 1.

4. Flomberegning

I forbindelse med flomberegning i Middøla utført av Holmqvist NVE i 2009, er det gjort flomestimer for flere nøkkelstasjoner i regionen, deriblant Grovåi målestasjon. Stasjonen har en lang måleserie, og drenerer et felt i rimelig nærhet av Stavsåi. Den store forskjellen i nedbørfelt (en faktor på 10) gjør at Grovåi er ansett som lite representativ for flommer nede ved Stavså bru. I mangel av styringsparametre for overføring av flomstørrelser fra store til mindre felt, er flom ved brua estimert ved at flomstørrelsen skaleres opp ved å benytte en ca. 50 % større spesifikk flom i l/s.km² og nedbørfeltet ved brua. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

	Areal	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
Navn	km ²	l/s.km ²								
Grovåi	118,28	351	Q _T /Q _M	1.25	1.4	1.53	1.69	1.8	1.9	2.03
Stavså bru	8.6	500	m ³ /s	5.38	6.02	6.58	7.27	7.74	8.17	8.73

5. Hydraulisk beregning**5.1.1 Metodikk**

For dimensjonering av bruåpning eller erosjonssikring, trenger vi hydrauliske parametre som vanddybde, vannhastighet og skjærspenning. De finner vi vha. hydrauliske beregninger. Hydrauliske beregninger kan utføres som håndregning eller med ulike beregningsprogram. For Stavså er det utført både enkle, manuelle beregninger og beregning med programmet HEC-RAS.

Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av de ulike beregningene, og en sammenlikning av resultatene. 200-års flommen fra Holmqvists beregning brukes for å

sammenlikneberegningene; størrelsesorden $Q_{200} = 8 \text{ m}^3/\text{s}$. Omfattende simuleringer av strømningsbildet langs etter elva og under brua krever geometriske oppmålinger som ikke foreligger. Ideelt ville tverrsnitt måtte måles med tverrsnitt både ovenfor, under og nedenfor brua..

Eksisterende datagrunnlag består av standard fotos av elva på sommerstid samt endimensjonale kart, som ikke gir tilstrekkelig nøyaktighet for fastsettelse av elvas tverrsnitt geometri. Brua ble bygget i 1951, med elvens tverrsnitt under brua som vist på byggtegningen. Dette har åpenbart endret seg siden den gang, med bl.a. forebyggende erosjonsbeskyttelse, ref foto fra 2010.

Inntil det foreligger bedre grunnlag for estimering av elvegeometrien, har man derfor i stedet valgt en enklere hydraulisk metode, ved å simulere en stasjonær strømning gjennom ett profil som har geometri som tverrsnittet under brua etter erosjonsbeskyttelsen er plassert. (Se fig nedenfor)

Overflate helningen er ikke mulig å fastsette med tilfredsstillende nøyaktighet fra foreliggende materiale. Man har derfor valgt å simulere flere ulike helninger.

Beregningene tar ikke hensyn til en mulig oppstuvning og større vannspeil oppstrøms brua, idet det er vanskelig å vite om og hvor en eventuell overgang til overkritisk hastighet vil finne sted. Dybden, dvs. avstanden opp til vannspeilet under brua fra laveste punkt i profilet, kan derfor fortone seg som optimistisk lav. Man har derfor valgt også å opplyse om tillegget opp til et eventuelt stillestående vannspeil, beregnet som

$$\text{Tillegg} = v^2/2g$$

5.1.2 Diskusjon av resultatet

Ruhet er valgt fra tabell, og satt til 0.06.

Vassføring er satt til $8 \text{ m}^3/\text{s}$ (200 års flom).

Simulering av ulike helninger:

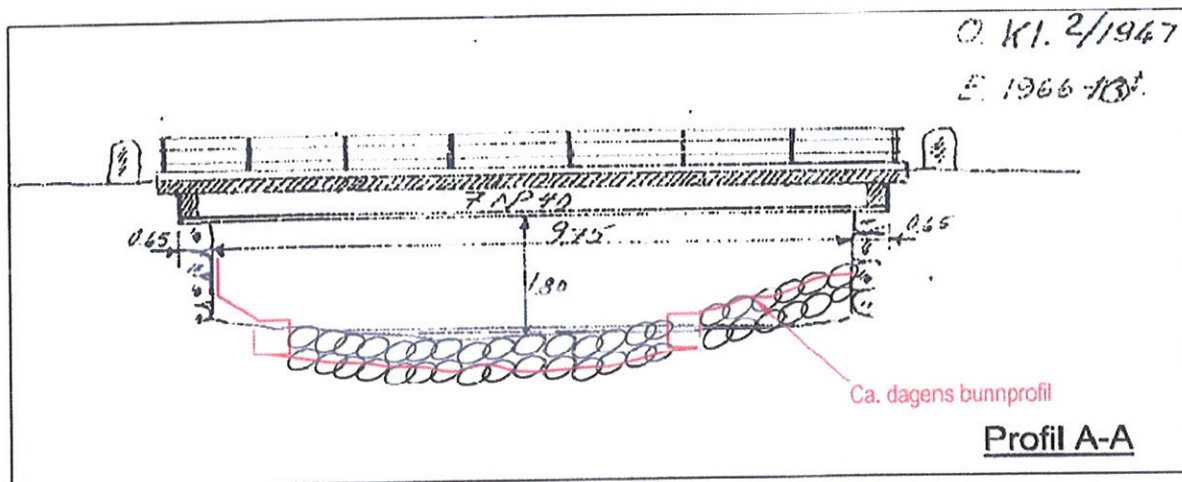
1	2	3	4	5	6	7	8
Strekning m	Fall m	Helning (2)/(1)	Hastighet m/s	Dybde m	Tillegg m	Froude tall	Vassføring m ³ /s
200	2	0.010	1,3	1.0	.1	0.48	8
200	5	0.025	1.7	0.8	.1	0.74	8
200	8	0.04	2.0	0.7	.2	0.92	8
200	10	0.05	2.2	0.7	.3	1.01	8

Beregningsmetoden er endimensjonal, dvs. at vannhastigheten uttrykker kun gjennomsnitt i tverrprofilen.

Froude tall under 1.0 indikerer underkritisk hastighet, dvs. ikke stryk. Derfor tyder tabellen på at fall på 10 m over en strekning på 200 m, ligger på kanten av å danne overkritisk hastighet, i praksis stryk. Dette er for så vidt ikke en unaturlig tilstand ved brua, hvis man bedømmer fra bildene i befaringsrapporten. Et fall på 10 meter over 100 meter er heller ikke usannsynlig.

Det er ikke å anbefale at de beregnede vannhastighetene benyttes direkte til detaljprosjektering. De gir riktignok et grovt bilde av størrelsesorden, men bør avrundes oppover.

Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmåling av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua.



Bilde 11. Stavså bru på Fv.H-037 – sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).

Rapport

Oppdrag: **Tanså bru. Fv.H-037, Vinje**

Emne: **Erosjonssikring**

Rapport: **Beskrivelse**

Oppdragsgiver: **Statens vegvesen Region Sør**

Dato: **10. februar 2011**

Oppdrag- / Rapportnr. **812551-3 / 1**

Tilgjengelighet **Begrenset**

Utarbeidet av: **Arvid Olaus Straumsnes** Fag/Fagområde: **Geoteknikk og hydrologi**

Kontrollert av: **Jan Finstad** Ansvarlig enhet: **1217 Skien**

Godkjent av: **Ole K. Kristoffersen** Emneord: **Erosjonssikring**

Sammendrag:



(bilder v/ Bjørn Dolva)

Rapporten beskriver erosjonssikring ved Tanså bru i Vinje kommune.

Orienterende flomberegninger er utført og basert på et relativt usikkert grunnlag. Mer pålitelige beregninger krever oppmåling av terrengforholdene som ikke har kunnet gjennomføres nå vinterstid.

Beregning og vurdering av nødvendig steinstørrelse er basert på de orienterende flomberegningene, flyfotos og bilder av brustedet fra august 2010.

Anbefalt sikring bygges opp av to lag ensgradert stein med $D = 0.75$ m. Stedlige masser er ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget. Arbeidene skal utføres ved lav vannstad på Totak.

Utg.	Dato	Tekst	Ant.sider	Utarb.av	Kontr.av	Godkj.av
1	10.02.2011		11	aos	jaf	<i>okk</i>

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	3
2.	Eksisterende situasjon	3
3.	Hydrauliske beregninger	3
4.	Erosjonssikring.....	3
5.	Usikkerhet	4
6.	Konklusjon	4
7.	Referanser	4

Vedlegg

- Nr. 1 Tanså bru. Flyfoto
- Nr. 2 Tanså bru. Plan
- Nr. 3 Tanså bru. Profiler
- Notat datert 9.2.2011: Tanså bru, flom og vannhastighet

1. Innledning

Multiconsult AS er engasjert til å prosjektere erosjonssikring for Tanså bru som ligger på fylkesveg H-037, HP1, km 14.1 nord for Åmot sentrum i Vinje kommune. Oppdraget er utført i samsvar med "SVEIS-nr: 2010010150 Rammeavtale for anskaffelse av geotekniske tjenester i Region Sør 2010-2012".

2. Eksisterende situasjon

Brua går over elva Tanså som kommer fra Tansvatn og Lognvikvatn. Brua er bygget 1948 og er ei ett spenns bru med lysåpning 15.66 m – av fritt opplagte betongbjelker som bærer ei armert betongplate. Landkarene er av villstein lagt i mørtel i øvre del og av huggen stein/tørrmur i nedre del.

Landkar nord er fundamentert direkte på bart fjell for 70-80% av frontmuren, mens vingemurene av huggen stein for en stor del står på løsmasser/morene. Landkar syd er fundamentert på 2 lag blokkstein over stedlig morene (ref. "Bru nr. 427" i bruregisteret BRUTUS.)

Vegfylling på NV-siden inn mot landkar nord er særlig utsatt for erosjon, noe som en gang på 70-tallet krevde et krisetiltak ved at det "i hui og hast ble kjørt inn masser i sekk".

Elveløpet under og nedstrøm brua er utsatt for erosjon som har medført noe elvebunns-senkning. Vi antar at dette i hovedsak skyldes at vårflommen kommer når Totak er nedtappet etter vintersesongen.

Det er behov for sikring rundt tilløpsfylling med vingemurer ved landkar syd, foran og rundt landkar nord, og i selve elveløpet fra ca. 10 m nedenfor brua til ca. 5 m ovenfor brua.

3. Hydrauliske beregninger

Det vises til eget notat "Tanså bru, flom og vannlinje" dat. 9.2.2011.

Sitat fra Sammendrag: "Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Tanså bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart grunnlag er av begrenset omfang. En flom av 200 års gjentakintervall er estimert til 48 m³/s. Det er gjort enkle hydrauliske beregninger med estimert tverrprofil under brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen er av størrelsesorden 2.2 til 3.6 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden. Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmålinger av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua."

Beregningene gir verdier på Froude tall $Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$ på 0.86-1.0 som tilsier overkritisk strømhastighet dvs. "stryk". Dimensjonering av stabil steinstørrelse baseres på en karakteristisk vannhastighet $V_{kar} = 3.3$ m/s.

4. Erosjonssikring

Stabil steinstørrelse for overkritisk vannstrømming er beregnet etter formel 4.30 i *Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009, ref 2/*.

Vedlegg 1 viser flyfoto av bruområdet med lav vannstand i Totak der vi har markert strandlinjer og konturer som er grunnlag for kartskissen på vedlegg 2 der planlagte sikringstiltak er tegnet inn. Lengde- og tverrprofil er vist på vedlegg 3.

Beregningene gir stabil steinstørrelse $D_{50} = 0.75$ m. Alternativ beregning etter overslagsformel 14-16 i Håndbok 016 gir tilsvarende $D_{60} > v^2/2g = 0.6$ m.

$D_{50} = 0.75$ m anbefales som dimensjonerende. Det er så stor stein at sikringen må utføres som en plastring.

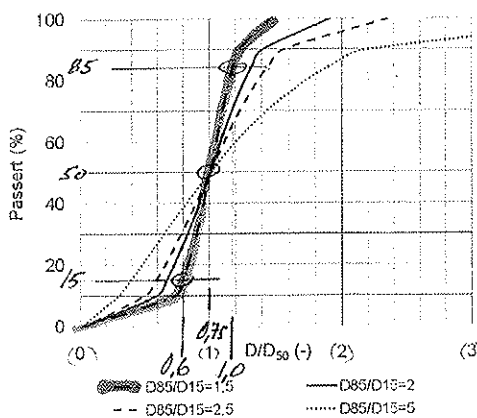
Tykkelsen t skal være den største av $2xD_{50}$ og D_{maks} . Med en ensgradert plastring blir det $t = 2D_{50} = 1.5$ m som blir dimensjonerende.

Sikringen bygges opp av to lag ensgradert stein med $D = 0.75$ m. Stedlige masser antas ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Som vist i profilene på vedlegg 3, tas det sikte på at ferdig elvebunn kan bygge ca. 50% av lagtykkelsen over gjennomsnittet til dagens overflate dvs. ca. 0.75 m slik at ferdig elvebunn kommer opp igjen til nivået slik det var ved oppmålingen vist i bruregisteret BRUTUS.

Sikringslaget i skråningene blir liggende med helning ikke brattere enn 1:2.

Sikringslaget bygges helt ned til dagens overflate i både opp- og nedstrøms endeavslutning. $D_{50} = 0.75$ m tilsvarende en midlere diameter på seinblokkene.



Figur 47 Graderingskurve basert på D_{50}

Graderingskravet settes til $D_{85}/D_{15} < 1.5$ (ref./2 side 67-68).

Det gir: $D_{15} = 0.6$ m og $D_{85} = 0.9$ m. Videre gir det $D_{maks} = 1.0$ m.

Dessuten settes krav til forholdet mellom steinens største lengde delt på minste tykkelse:

”Lengde/tykkelsesforholdet” skal være mindre enn 2.0, ” $LT = l/t < 2.0$ ” (ref./2 side 64).

Steinene legges tettest mulig tilpasset enkeltsteinenes form. Enkeltsteiner skal ikke stikke mer enn 0.15 m over nabosteiner.

Ved nedstrøms sikringsavslutning anbefales elveløpet utvidet i bredden som vist på vedlegg 2. De viste arealene som anbefales sikret er:

- ”Bunnsikring” dvs. arealer i antatt delvis vannfylt grop: $F_b = 120$ m².
- ”Skråningssikring” (<1:2) under antatt tilnærmet tørre forhold: $F_s = 150$ m².
- Utgraving/sortering/tilbakelegging ordnet underlag for plastringslaget
 $F_{tot} = F_b + F_s = 270$ m².
- Utgraving/åpning av elveutløpet i Totak: Antatt 250 m³ som graves opp og flyttes innenfor en avstand på maks. 50 m.

5. Usikkerhet

Flomberegningene er knyttet opp mot flomestimater utført av NVE i 2009 for flere nøkkelstasjoner i området, deriblant Tansvatn målestasjon i forbindelse flomberegning for Midtdøla.

Den hydrauliske beregningen er usikker og kan kun ansees som et tilnærmet estimat. Bedre beregninger krever at det utføres oppmåling av terrengdata.

6. Konklusjon


Den anbefalte sikringen må utføres på lav vannstand i Totak. Det forutsettes kvalifisert oppfølging i anleggsfasen med muligheter for justeringer og tilpasninger underveis.

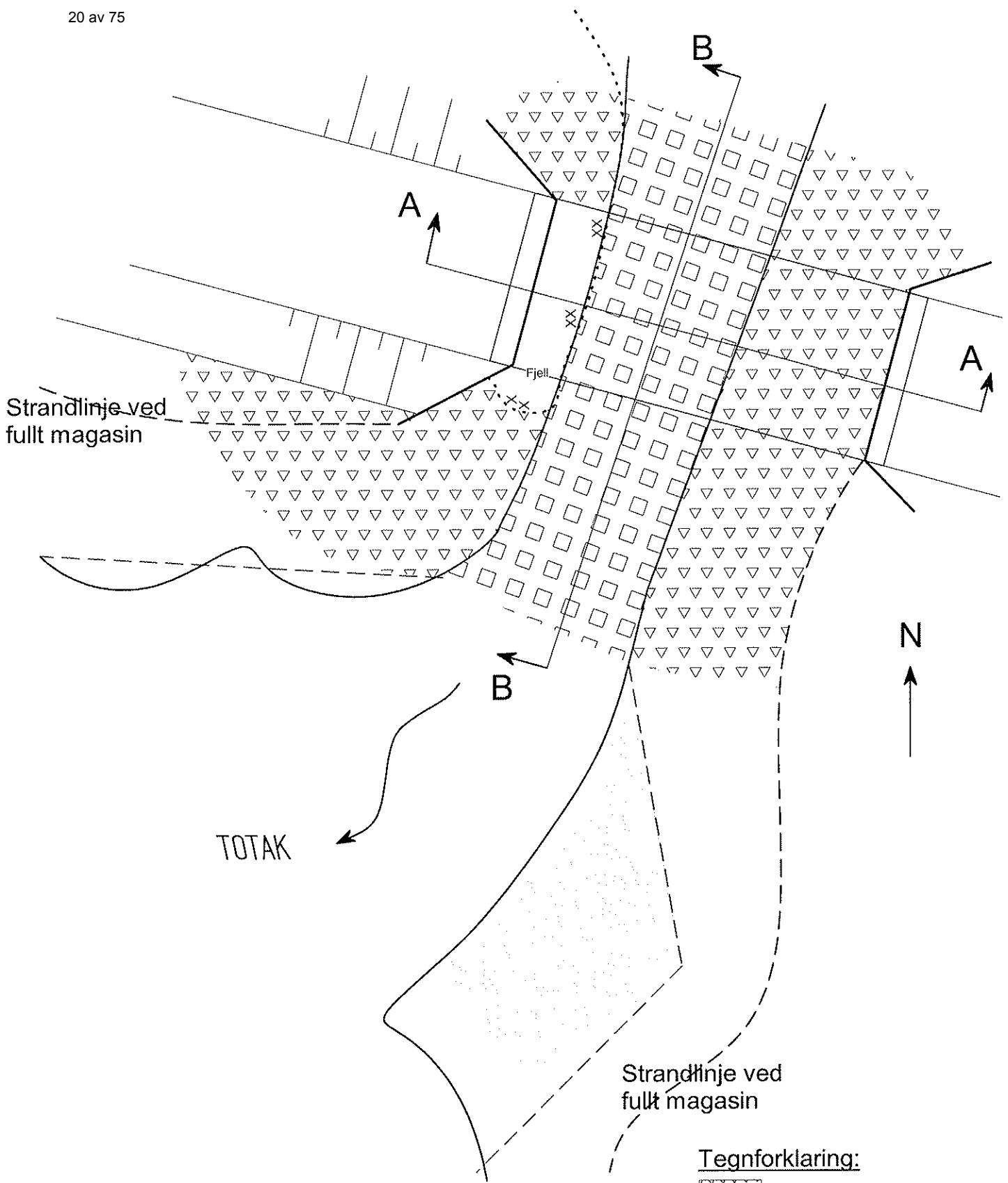
7. Referanser

- 1/ Tanså bru, flom og vannlinje Notat datert 9.02.2011. Multiconsult (vedlagt).
- 2/ Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009,






Tanså bru. M= ca. 1:500

 MULTICONSULT AS	OPPDAG NR. 812551-3	VEDL. NR. 1
---	------------------------	----------------




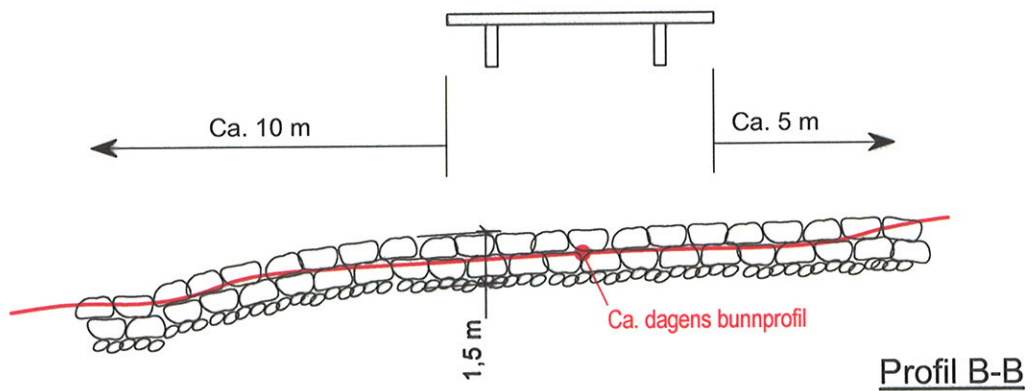
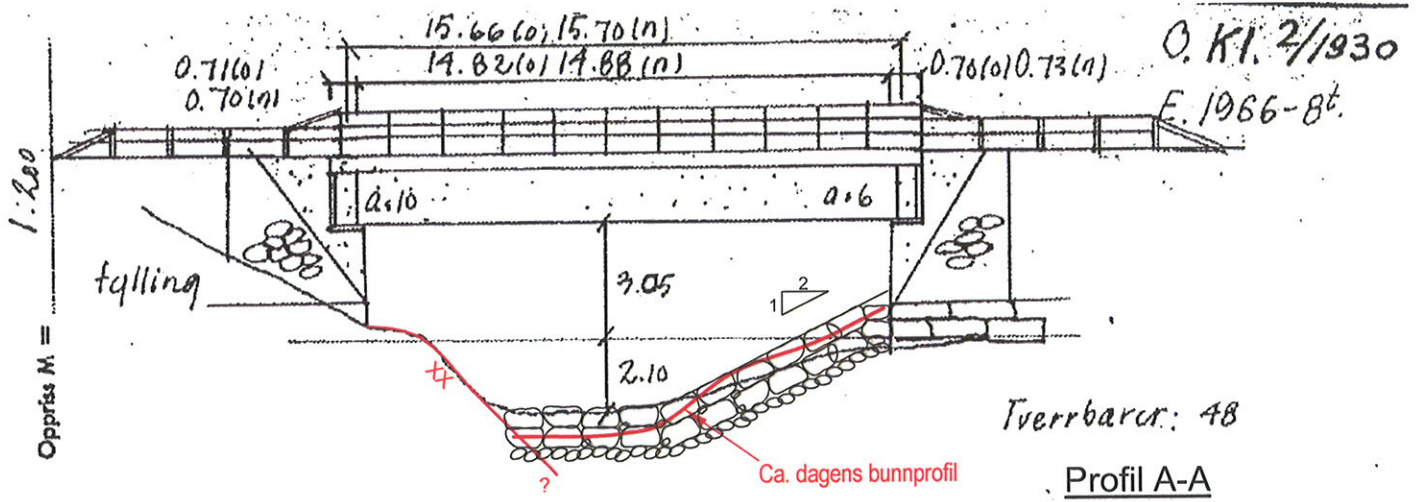
Tegnforklaring:

-  Skråningssikring
-  Bunnsikring
-  Utgraving

Tanså bru. Plan

M=1:200

	OPPDRAG NR.	VEDL. NR.
	MULTICONSULT AS	812551-3

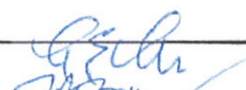

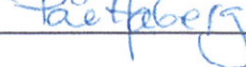


Tanså bru. Profiler

M=1:200

	MULTICONSULT AS	OPPDRAG NR.	VEDL. NR.
		812551-3	3

Notat

Oppdrag:	Erosjonssikring av fire bruer i Telemark	Dato:	9. februar 2011
Emne:	Tanså bru, flom og vannhastighet	Oppdr.nr.:	812551-3
Til:	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult Skien		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Leif Egil Lørum	Sign.:	
Kontrollert av:	Jean Pierre Bramslev	Sign.:	
Godkjent av:	Pål Høberg	Sign.:	
Sammendrag:	<p>Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Tanså bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart grunnlag er av begrenset omfang. En flom av 200 års gjentaksintervall er estimert til 48 m³/s. Det er gjort enkle hydrauliske beregninger med estimert tverrprofil under brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen er av størrelsesorden 2.2 til 3.6 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden. Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmålinger av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua.</p>		

1. Hensikt

Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under brua når flom av en viss størrelse passerer.

2. Grunnlagsdata

Dokumentasjon:

Avrop.

Prosedyre for erosjonssikring av bruer, notat datert 2008 (Vegvesenet)

Befaringsnotat Øvre Telemark, mai 2010 (Vegvesenet)

Oppmålinger ved brua, datert 1968

Kart 1:500, 1:1000 (Vinje kommune)

Flomrapport Middøla (Holmqvist, NVE 2009)

31.05.2010 kl 12	Vst Totak m.o.h	Vst Tansvatn, m.o.h	Vf Tanså m ³ /s
Målte data	683,61	697,19	4,76

Muntlig:

Totak: LRV 680, HRV 687.3, Naturlig vannstand 686.10 (Statkraft)

Beregnet:

Gjennomsnittsfall Tansvatn-Totak: $(697,19-686,1)/1200=0.0092$

NVE database: (016.BG11B1+2+3+4 + 016.BG11A)

Totalt nedbørfelt: $118,28 + 4,03 = 122,31 \text{ km}^2$

Totalt tilsig: $85,07 + 3,25 = 88,32 \text{ mill m}^3/\text{år}$

3. Overordnet metodikk

Det er benyttet metodikk i to trinn

1. Det estimeres en flom av et visst gjentaksintervall i m³/s som passerer under brua
2. Det gjøres hydrauliske beregninger som viser de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen for vassføringer funnet under punkt 1

4. Flomberegning

I forbindelse med flomberegning i Middøla utført av NVE i 2009, er det gjort flomestimerer for flere nøkkelstasjoner i regionen, deriblant Tansvatn målestasjon. Stasjonen har en lang måleserie, men ligger noe høyere oppe i vassdraget. Den er ansett som representativ for flommer nede ved Tanså bru. Flom ved brua estimeres ved at den beregnede middelflommen skaleres opp ved å benytte de beregnede skaleringsfaktorene for Tanså, og bruke samme spesifikke middelflom i l/s.km² multiplisert med nedbørfeltet ved brua. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

	Areal	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀
Navn	km ²	l/s.km ²								
Tansvatn	118,28	209	Q _T /Q _M	1,25	1,4	1,53	1,69	1,8	1,9	2,03
Tanså bru	122,31		m ³ /s	32,0	35,8	39,1	43,2	46,0	48,6	51,9

5. Hydraulisk beregning**5.1.1 Metodikk**

For dimensjonering av bruåpning eller erosjonssikring, trenger vi hydrauliske parametre som vanndybde, vannhastighet og skjærspenning. De finner vi vha. hydrauliske beregninger. Hydrauliske beregninger kan utføres som håndregning eller med ulike beregningsprogram. For Tanså er det utført både enkle, manuelle beregninger og beregning med programmet HEC-RAS.

Dette kapitlet gir en kort beskrivelse av de ulike beregningene, og en sammenlikning av resultatene. 200-års flommen fra Holmqvist's beregning brukes for å sammenlikne beregningene; Q₂₀₀ = 48 m³/s. Omfattende simuleringer av strømningsbildet langsseter elva og under brua krever geometriske oppmålinger som ikke foreligger. Ideelt ville tverrsnitt måtte måles oppstrøms, under og nedstrøms brua..

Eksisterende datagrunnlag består av standard fotos av elva på sommerstid samt endimensjonale kart, som ikke gir tilstrekkelig nøyaktighet for fastsettelse av elvas tverrsnittsgometri. Brua ble bygget i 1948, med elvens tverrsnitt under brua som vist på

byggtegningen. Dette har endret seg siden den gang, med blant annet forbyggende erosjonstiltak ved sydlig landkar, ref foto fra 2010.

Inntil det foreligger bedre grunnlag for estimering av elvegeometrien, har man derfor i stedet valgt en enklere hydraulisk metode, ved å simulere en stasjonær strømning gjennom ett profil som har geometri som tverrsnittet under brua etter erosjonsbeskyttelsen er plassert. (Se fig nedenfor)

Overflate helningen er ikke mulig å fastsette med tilfredsstillende nøyaktighet fra foreliggende materiale. Man har derfor valgt å simulere flere ulike helninger.

Beregningene tar ikke hensyn til en mulig oppstuvning og større vannspeil oppstrøms brua, idet det er vanskelig å vite om og hvor en eventuell overgang til overkritisk hastighet vil finne sted. Dybden, dvs. avstanden opp til vannspeilet under brua fra laveste punkt i profilet, kan derfor fortone seg som optimistisk lav. Man har derfor valgt også å opplyse om tillegget opp til et eventuelt stillestående vannspeil, beregnet som

$$\text{Tillegg} = v^2/2g$$

5.1.2 Diskusjon av resultatet

Ruhet er valgt fra tabell, og satt til 0.06.

Vassføring er satt til 48 m³/s (200 års flom).

Simulering av ulike helninger:

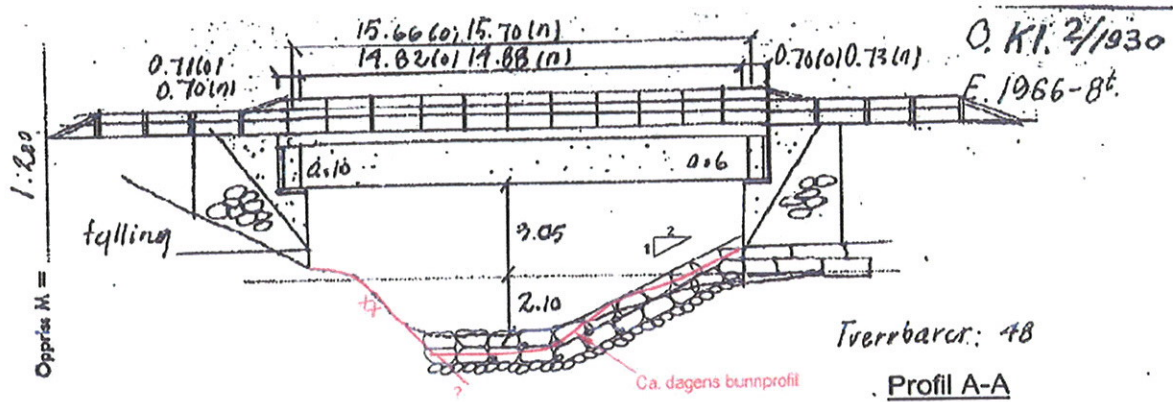
1	2	3	4	5	6	7	8
Strekning m	Fall m	Helning (2)/(1)	Hastighet v m/s	Dybde m	Tillegg m	Froude tall	Vassføring m ³ /s
200	2	0.010	2.2	2.6	.2	0.55	48
200	5	0.025	3.1	2.1	.5	0.86	48
200	6	0.030	3.6	2.0	.7	1.00	48

Beregningsmetoden er endimensjonal, dvs. at vannhastigheten uttrykker kun gjennomsnitt i tverrprofilet.

Froude tall under 1.0 indikerer underkritisk hastighet, dvs. ikke stryk. Derfor tyder tabellen på at fall på 6 m over en strekning på 200 m, ligger på kanten av å danne overkritisk hastighet, i praksis stryk. Dette er for så vidt ikke en unaturlig tilstand ved brua, hvis man bedømmer fra bildene i befaringsrapporten. Et fall på 5 meter over 100 meter er heller ikke usannsynlig.

Det er ikke å anbefale at de beregnede vannhastighetene benyttes direkte til detaljprosjektering. De gir riktignok et grovt bilde av størrelsesorden, men bør avrundes oppover.

Nøyaktigheten kan bare forbedres ved faktiske oppmåling av dagen geometri, og ny simulering med flere målte tverrsnitt ovenfor og nedenfor brua.



Tanså bru, 31. mai 2010. Vassføring ca. 4.7 m³/s

Rapport

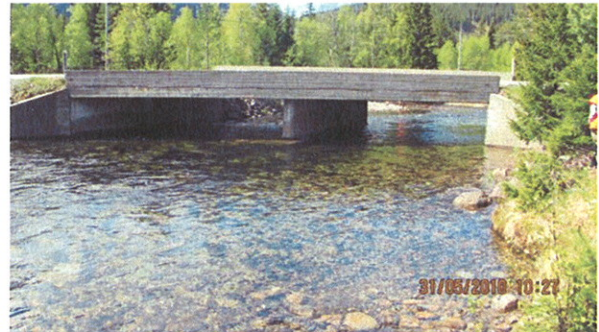
Oppdrag: **Ruså bru. E134, Vinje**
 Emne: **Erosjonssikring**
 Rapport: **Beskrivelse**
 Oppdragsgiver: **Statens vegvesen Region Sør**
 Dato: **15. desember 2011**
 Oppdrag- /
 Rapportnr. **812551-3 / 3**
 Tilgjengelighet Begrenset

Utarbeidet av: **Arvid Olaus Straumsnes** Fag/Fagområde: **Geoteknikk og hydrologi**
 Kontrollert av: **Jan Finstad** Ansvarlig enhet: **1217 Skien**
 Godkjent av: **Ole K. Kristoffersen** Emneord: **Erosjonssikring**

Sammendrag:



Oppstrøms



Nedstrøms

(bilder v/Bjørn Dolva)

Rapporten beskriver erosjonssikring av Ruså bru i Vinje kommune.

Anbefalt sikring rundt pilarfundamentet bygges opp av et 0.9 m tykt lag samfengt stein med $D_{50}=0.3$ m.

Ytterligere sikring inn mot landkar og ledemurer bygges opp av et 0.6 m tykt lag samfengt stein med $D_{50}=0.3$ m.

Stedlige masser vurderes tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Ny bunnprofil skal være tilnærmet eksisterende.

Arbeidene skal utføres ved lav vannføring.

Utg.	Dato	Tekst	Ant.sider	Utarb.av	Kontr.av	Godkj.av
1	15.12.2011		//	aos	jaf	okk

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	3
2.	Eksisterende situasjon	3
3.	Hydrauliske beregninger	3
4.	Erosjonssikring.....	3
6.	Konklusjon	4
7.	Referanser	4

Vedlegg:

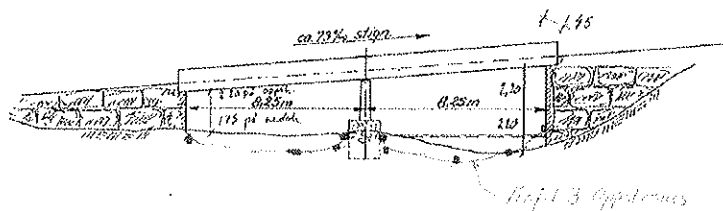
- Ruså bru. Plan og snitt av foreslått erosjonssikring
- Notat datert 10.12.2011: Ruså bru, flom og vannlinjer

1. Innledning

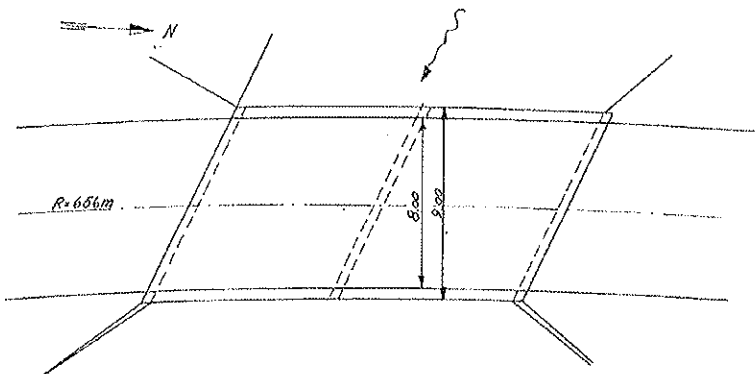
Multiconsult AS er engasjert til å prosjektere erosjonssikring for Ruså bru som ligger på E134, Hp 18, km 1,93 i Vinje kommune 15½ km vest for Åmot. Oppdraget er utført i samsvar med "SVEIS-nr: 2010010150 Rammeavtale for anskaffelse av geotekniske tjenester i Region Sør 2010-2012".

2. Eksisterende situasjon

Brua går over Klevjaråi som munner ut i Smørkleppåi ca. 100 m nedenfor brystedet. Brua er bygget i 1963 av armert betong og har 2 spenn à 8.25 m. Pilar og begge landkar er direkte fundamentert på løsmasser av stedlig morene. Fundamentaksen er skråstilt i forhold til veien, men er plassert om lag i strømrretningen til elva. Det vises til "Bru nr. 08-0625" i bruregisteret BRUTUS. Nedstrøms vingemurer er av betong, mens det på oppstrøms side er steinblokker.



Brustedet representerer en innsnevring av elveløpet, og det har oppstått erosjonsskader i tilløpsfyllingene på oppstrøms side. Utbedring med stablet stein ble utført for ca. 4 år siden, se bilde på forsiden.



Det er dessuten observert erosjon og senkning av elvebunnen særlig rundt pilarfundamentet. Nåværende bunnprofil basert på målinger i juli d.å. er tegnet med rødt på det viste lengdeprofilet.

Det kreves tiltak for å stoppe videre erosjon.

3. Hydrauliske beregninger

Det vises til eget notat "Ruså bru, flom og vannlinje" dat. 10.12.2011 (vedlagt).

Dimensjonerende 200-års flom er beregnet til 35 m³/s.

Vannlinjeberegninger viser gjennomsnittshastighet på 1.4-2.2 m/s, og et Froude tall på 0.5-0.7 som tilsier underkritisk strømhastighet.

4. Erosjonssikring

Stabil steinstørrelse rundt brupilaren er beregnet etter formel 4.27 i Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009, ref 2/.

I tillegg er det utført en tilsvarende beregning av sikring rundt landkar med utgangspunkt i formel 4.29 i veilederen.

Vedlagte tegning av brua med tilstøtende område er basert på tilgjengelige nettkart. Beregnede og anbefalte sikringstiltak er tegnet inn i plan og profil på tegningen.

Beregningene gir følgende:

Sikring type "A" rundt brupilaren.

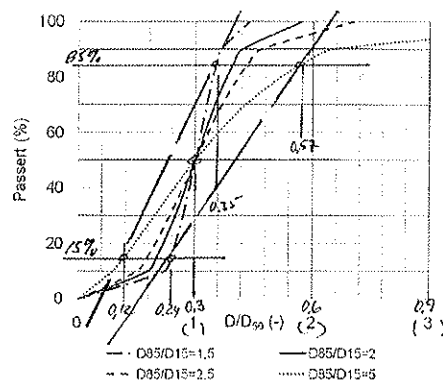
Stabil steinstørrelse $D_{50} = 0.3$ m. Tykkelsen på sikringslaget må være $t = 3 \times D_{50} = 0.9$ m.

Vi anbefaler en sikring bygget opp av et 0.9 m tykt lag samfengt stein med $D_{50} = 0.3$ m. Stedlige masser vurderes ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Som vist i profilene på vedlegg 3, tas det sikte på at ferdig elvebunn skal gi et utjevnet profil tilnærmet eksisterende bunn, og med et noe dypere parti midt i løpene.

Sikringslaget bygges helt ned til dagens overflate i både opp- og nedstrøms endeavslutning.

$D_{50} = 0.3$ m tilsier midlere diameter på seinblokkene.



Figur 47 Graderingskurver basert på D_{50}

Graderingskravet settes til $1.5 < D_{85}/D_{15} < 5$ (ref./2 side 67-68).

Beregninger gir:

$0.12 \text{ m} < D_{15} < 0.24 \text{ m}$ og $0.35 \text{ m} < D_{85} < 0.57 \text{ m}$ som vist på kurvedigrammet.

Enkeltsteiner større enn 0.9 m kan tillates ved at det graves ekstra dypt lokalt slik at de ikke stikker mer enn 0.1 m opp over nabostein.

Sikring type "B", ytterligere sikring inn mot landkar og ledemurer.

Stabil steinstørrelse $D_{50} = 0.30$ m. Tykkelsen på sikringslaget skal være $t = 2 \times D_{50} = 0.6$ m.

Vi anbefaler en sikring bygget opp av et 0.6 m tykt lag samfengt stein med $D_{50} = 0.3$ m. Stedlige masser vurderes ut fra bildene tilstrekkelige som underlag/filter. Vi antar dessuten at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Enkeltsteiner større enn 0.6 m kan tillates ved at det graves ekstra dypt lokalt slik at de ikke stikker mer enn 0.1 m opp over nabostein.

Mengder

De viste arealene som anbefales sikret er:

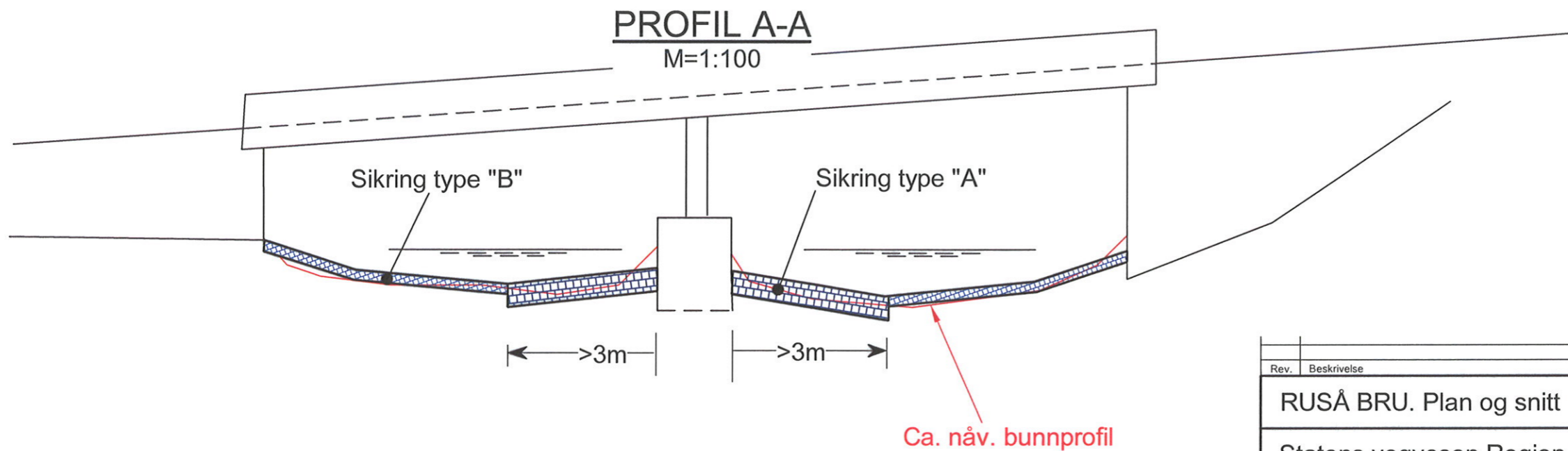
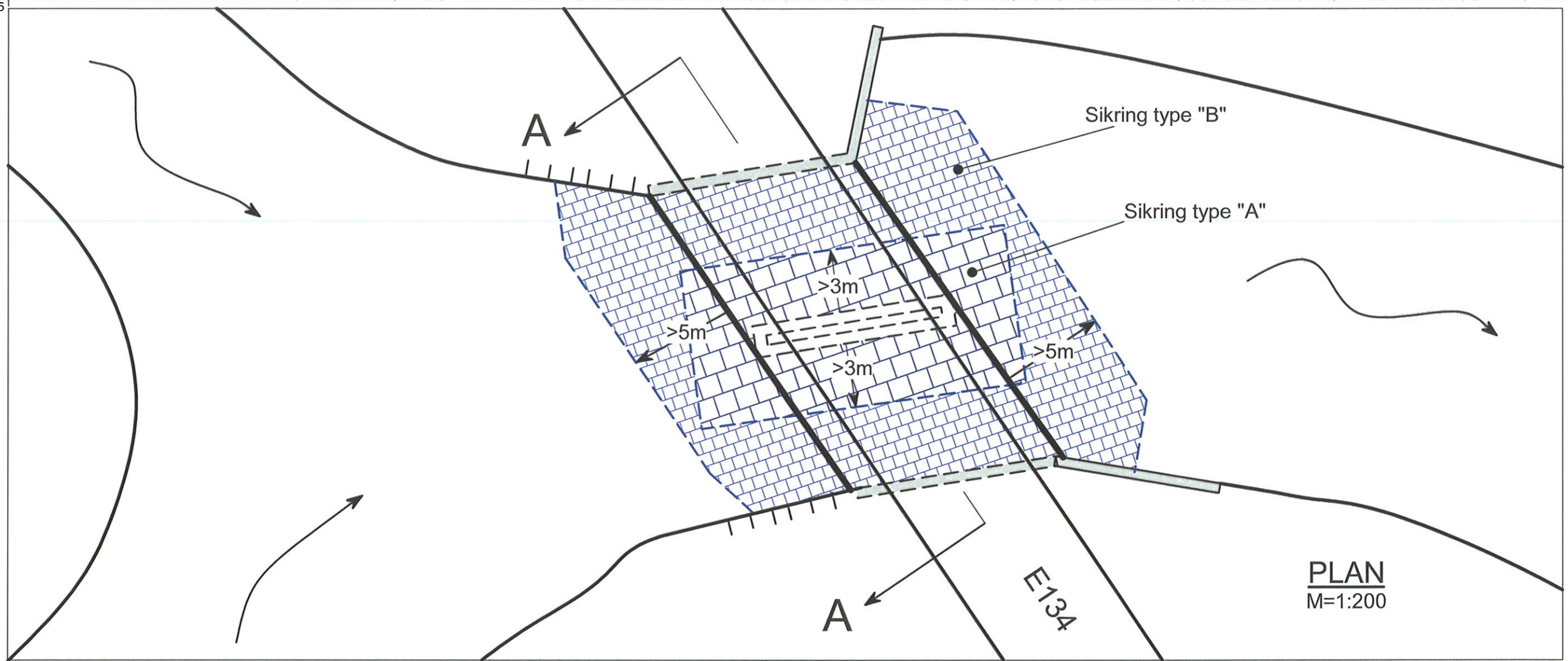
- Sikring rundt pilaren, type "A" dvs. et 0.9 m tykt lag $D_{50} = 0.3$ m: $F_A = 100 \text{ m}^2$.
- Sikring mot landkar, type "B" dvs. et 0.6 m tykt lag $D_{50} = 0.3$ m: $F_B = 220 \text{ m}^2$.
- Utgraving/sortering/tilbakelegging ordnet underlag for plastringslaget
 $F_{\text{tot}} = F_A + F_B = 320 \text{ m}^2$.
- Det tas sikte på at arbeidet utføres i en periode med liten vannføring og at det bygges fangdammer/ledevoller slik man oppnår tilnærmet tørr grop.

5. Konklusjon

Elveløpet anbefales sikret etter vedlagte planer. Det forutsettes kvalifisert oppfølging i anleggsfasen med muligheter for justeringer og tilpasninger underveis.

6. Referanser

- 1/ Ruså bru, flom og vannlinje Notat datert 10.12.2011. Multiconsult v/ L. E. Lørum.
- 2/ Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009.



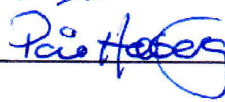


Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	RUSÅ BRU. Plan og snitt		Originalformat A3	Fag	
	Statens vegvesen Region Sør		Målestokk		
	Erosjonssikring bruer i Vinje		1:200		
			1:100		
	MULTICONSULT AS	Dato 15.12.2011	Konstr./tegnet aOS	Kontrollert	Godkjent
		Oppdragsnr. 812551-3	Tegningsnr. vedlegg 1 til rapport nr. 3		Rev.





Notat

Oppdrag:	Erosjonssikring av fire bruer i Telemark	Dato:	10. desember 2011
Emne:	Ruså bru, flom og vannhastighet	Oppdr.nr.:	812551-3
Til:	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult Skien		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Leif-Egil Lorum	Sign.:	
Kontrollert av:	Geir Helge Kiplesund og Jean Pierre Bramslev	Sign.:	
Godkjent av:	Pål Høberg	Sign.:	
Sammendrag:	<p>Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Ruså bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart-grunnlag er av begrenset omfang. Det er benyttet en flom av 200 års gjentakintervall på 35 m³/s. Det er gjort hydrauliske beregninger på grunnlag av oppmålte tverrprofil oppstrøms og nedstrøms brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilene like inntil brua er av størrelsesorden 1.3 til 2.2 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden.</p>		

1. Hensikt

Rusåi er et lite uregulert sidevassdrag til Smørkleppåi som går langs E134. Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Rusåi bru når flom av en viss størrelse passerer. Hastighetene blir dimensjonerende for å prosjektere forstrekninger ved brupilarer.

2. Grunnlagsdata

Avrop

Prosedyre for erosjonssikring av bruer, notat datert 2008 (Vegvesenet)

Befaringsnotat Øvre Telemark, mai 2010 (Vegvesenet)

Oppmålinger av tverrsnitt ved brua, datert 04.08.2011

Kart 1:2500 (Vinje kommune)

Flomrapport Middøla (NVE 2009)

Vannføringsstasjoner på Østlandet og Sørlandet, NVE2007

Regine: Satt sammen av av feltene 016.BEBA0-BEBAA-BEBAB-BEBB-BEBC

Totalt nedbørfelt: 57,4 km² Areal fra REGINE

Middel høyde : Ca. 850 (Fra Google earth)

Sjøprosent: Ca. 1 %

Brua er bygd i armert betong – både i konstruksjon og i dekke. Den har 2 spenn (8,25 m + 8,25 m) og er fundamentert direkte på såle. Fundamentaksene står på skrå ift veg, men er plassert om lag i strømningsretningen for elva, ref foto fra 2010.

3. Overordnet metodikk

Det er benyttet metodikk i to trinn

1. Det estimeres en flom av et visst gjentaksintervall i m^3/s som passerer forbi brua
2. Det gjøres hydrauliske beregninger som viser de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilen ved brua

Mulige uregulerte målestasjoner for flomberegning er:

Stasjon	Navn	km ²	Periode	Midlere flom l/s.km ²	Normalavløp l/s km ²	Midlere høyde	Eff. Sjøprosent
16.75	Tannsvatn	117	1955-dd	209	23	890	Ca. 5
16.122	Grovåi	42,7	1973-dd	351	19 (26)	910	0,2
16.189	Bjørntjønn	34,7	1991-dd	236	23	730	1,46

Flomrapporten viser at 16.122 Grovåi ligger i rimelig nærhet av Ruså feltet. Den har imidlertid en lav sjøprosent (bare 0.2), som kan være en av årsakene til at spesifikk flom ($351 l/s \cdot km^2$) er en del høyere enn for Tannsvatn og Bjørntjønn målestasjoner (h.h.v. 209 og 236 $l/s \cdot km^2$). Grovåi ligger i rimelig nærhet av Ruså og burde representere sammenliknbare middelhøyde, nedbør og avsmelting i flomsituasjoner, selvom Ruså er et noe mindre felt.

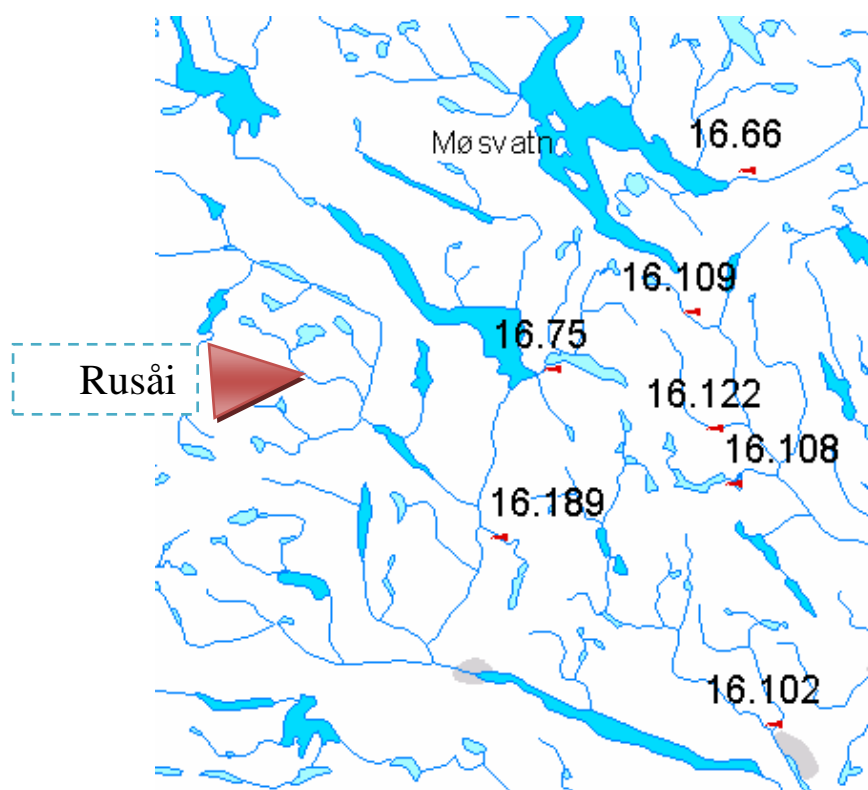


Fig 1: Målestasjoner for vannføring i områdene Øvre Telemark.

4. Flomberegning

I forbindelse med flomberegning i Middøla utført av Holmquist NVE i 2009, er det gjort flomestimer for flere nøkkelstasjoner i regionen, deriblant Grovåi målestasjon. Stasjonen har en lang måleserie, og drenerer et felt i samme region som Rusåi. Forskjellen i nedbørfelt (en faktor på 2) gjør at Govåi er ansett som noenlunde representativ for flommer nede ved Stavså bru. I mangel av styringsparametre for overføring av flomstørrelser fra store til mindre felt, er flom ved brua estimert ved at spesifikk flomstørrelse skaleres noe ned, p.g.a. større sjøprosent, ved å benytte en ca. 10 % mindre spesifikk flom i l/s.km² og nedbørfeltet ved brua. Effekten av forskjell i sjøprosent er ansett viktigere enn en forskjell i nedbørfelt. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

	Areal	QM		Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Navn	km ²	l/s.km ²								
Grovåi	42.7	345	Qi/QM	1.25	1.4	1.53	1.69	1.8	1.9	2.03
Ruså bru	57.4	320	m ³ /s	22.98	25.73	28.12	31.06	33.09	34.92	37.31

5. Hydraulisk beregning

5.1.1 Metodikk

For dimensjonering av bruåpning eller erosjonssikring, trenger vi hydrauliske parametre som vanndybde, vannhastighet og Froude tall. De finner vi vha. hydrauliske beregninger.

Hydrauliske beregninger kan utføres som håndregning eller med ulike beregningsprogram.

For Rusåi er det utført beregning med programmet HEC-RAS versjon 4.1.0..

Omfattende simuleringer av strømningsbildet langsetter elva og under brua krever geometriske oppmålinger som ble gjennomført i august 2011, med tverrsnitt både ovenfor, kloss inntil og nedenfor brua. Se vedlagte kartutsnitt

5.1.2 HEC RAS geometri og parametre

Vassføring er satt til 35 m³/s (200 års flom), som estimert ovenfor.

Oppmålte tverrsnitt er lagt inn og horisontale avstander er projisert vinkelrett på strømmen.

Brupilarer er lagt inn med halvsirkulært flate oppstrøms og nedstrøms.

Ruhet er valgt fra tabell, og satt til 0.035.

Nedstrøms grensebetingelse (helning) er beregnet som en fortsettelse av helningen mellom øverste og nederste tverrsnitt, 0.008. Helning er variert noe for å beregne følsomhet og innvirkning på oppstrøms vannstander.

Tverrsnitt like oppstrøms og like nedstrøms brua er brukt i simuleringen, uten justering mot planlagt profil etter forsterking av pilarer.

5.1.3 Diskusjon av resultatet

Resultatet er presentert som hydrauliske beregninger i profilene målt like inntil brua oppstrøms og nedstrøms.

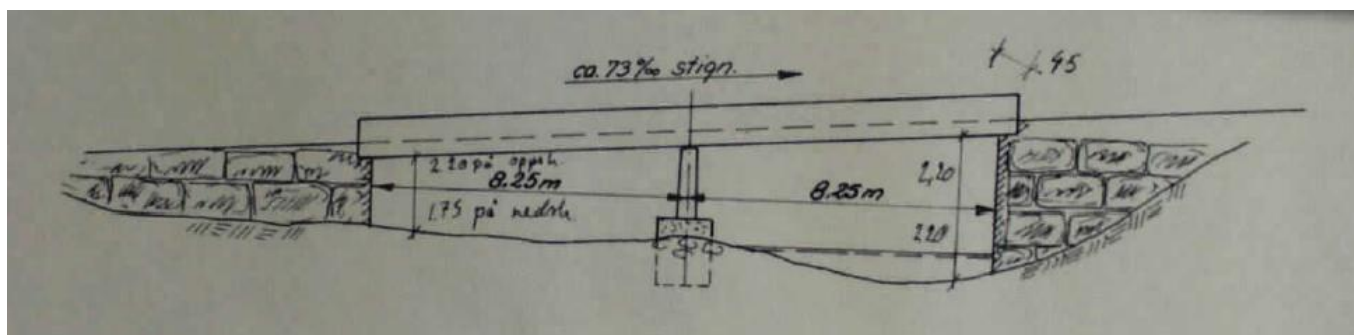
Hastigheten er gjennomsnittlig vannhastighet gjennom profilet.

Simulering gjennom oppmålt profil 3 (like oppstrøms brua)				
Helning nedstrøms	Hastighet m/s	Overflate m.o.h.	Froude tall	Vassføring m ³ /s
0.001	1,36	498.72	0.33	35
0.008	1.74	498.33	0.47	35
0.01	1.75	498.32	0.48	35
Simulering gjennom oppmålt profil 4 (like nedstrøms brua)				
Helning	Hastighet m/s	Overflate m.o.h.	Froude tall	Vassføring m ³ /s
0.001	1.51	498.67	0.38	35
0.008	2.16	498.18	0.64	35
0.01	2.18	498.16	0.66	35

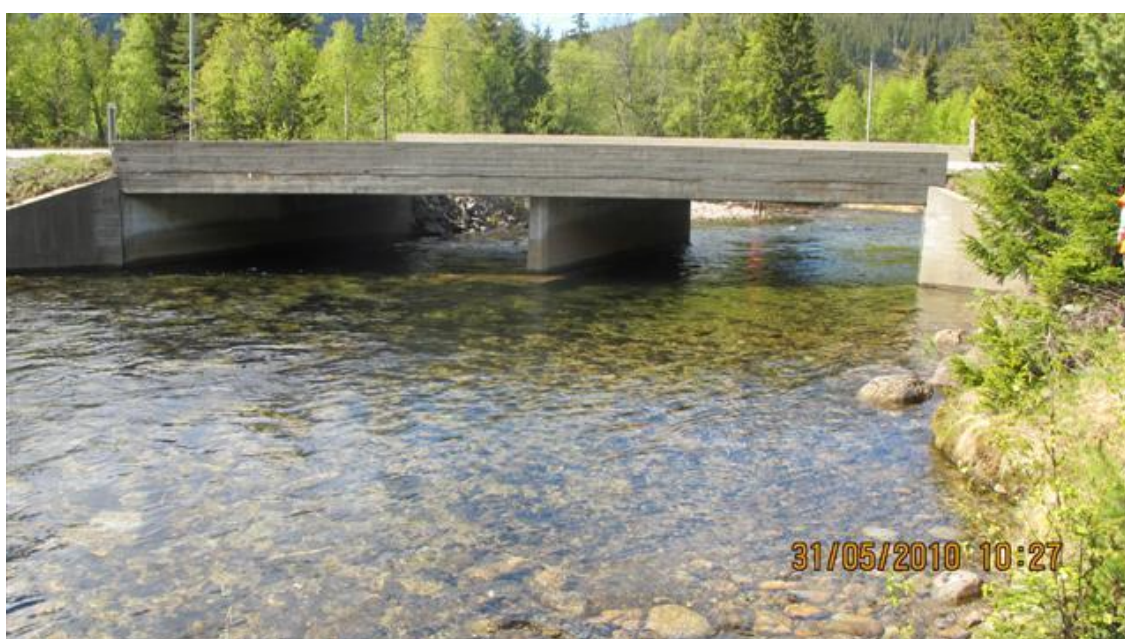
Beregningene viser at vannhastigheter og overflaten ved brua varierer h.h.v. mellom 1.4 - 2.2 m/s og 498.16 – 498.72 m.o.h.

Froude tallene er alle godt under 1.0, dvs. at strømmingen er underkritisk.

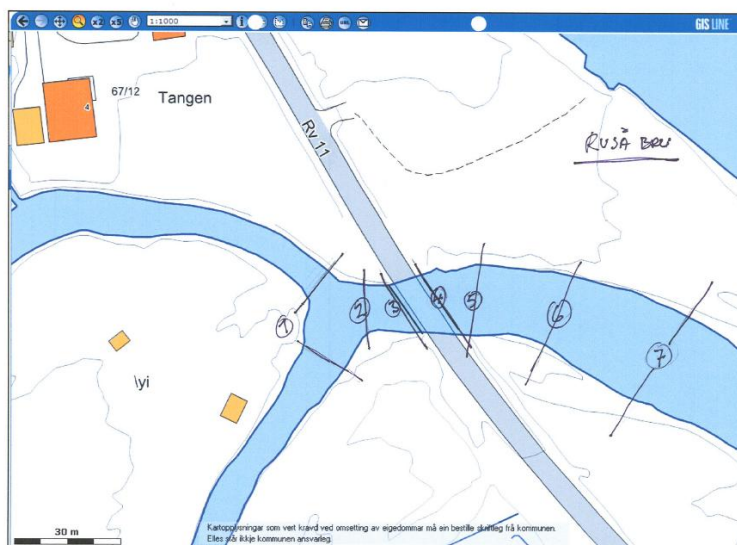
Det er ikke å anbefale at de beregnede resultatene benyttes direkte til detaljprosjektering. De gir riktignok et grovt bilde av størrelsesorden, men bør avrundes oppover.



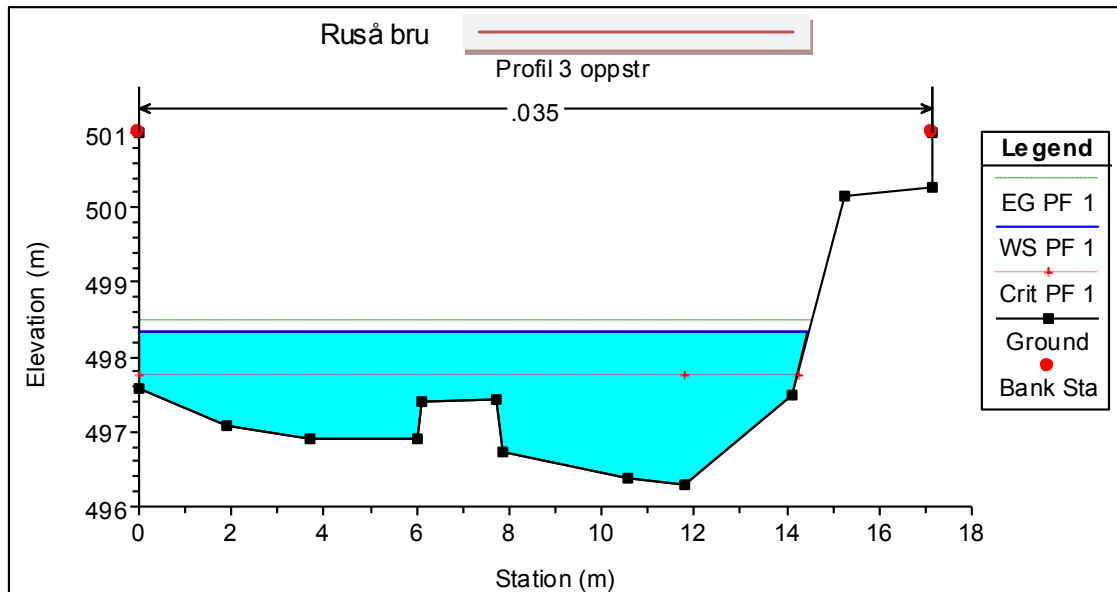
Bilde 1: Ruså bru på E134 – byggetegning, sett fra nedstrøms side



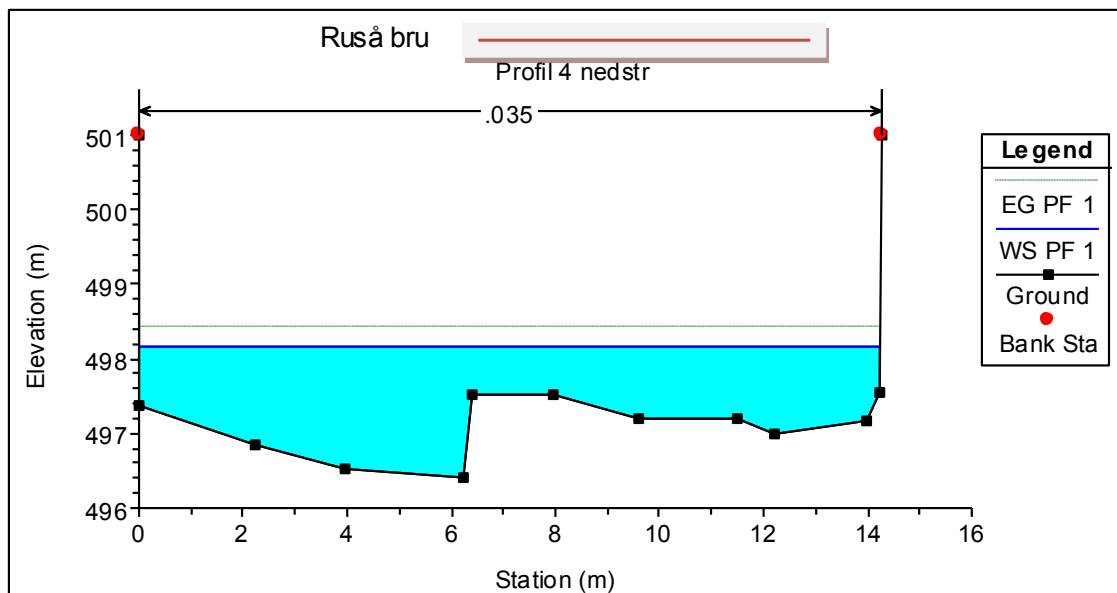
Bilde 2. Ruså bru på E134 – sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 3. Profiler til oppmåling



Bilde 4. 35 m³/s simulert med HEC RAS like oppstrøms brua



Bilde 5. 35 m³/s simulert med HEC RAS like nedstrøms brua

Rapport

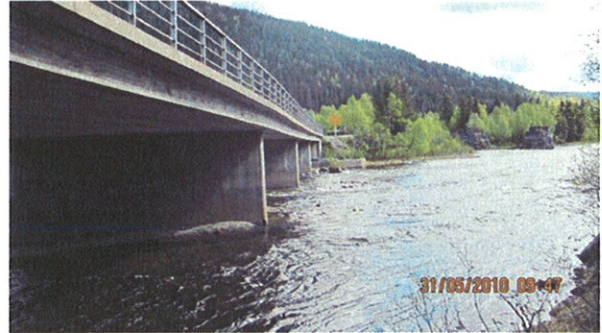
Oppdrag: **Vinje bru. E134, Vinje**
 Emne: **Erosjonssikring**
 Rapport: **Beskrivelse**
 Oppdragsgiver: **Statens vegvesen Region Sør**
 Dato: **15. desember 2011**
 Oppdrag- / Rapportnr. **812551-3 / 4**
 Tilgjengelighet Begrenset

Utarbeidet av:	Arvid Olaus Straumsnes	Fag/Fagområde:	Geoteknikk og hydrologi
Kontrollert av:	Jan Finstad	Ansvarlig enhet:	1217 Skien
Godkjent av:	Ole K. Kristoffersen	Emneord:	Erosjonssikring

Sammendrag:



Oppstrøms



Nedstrøms

(bilder v/Bjørn Dolva)

Rapporten beskriver erosjonssikring av Vinje bru i Vinje kommune.

Tidligere utført sikring rundt de to mest utsatte pilarfundamentene anbefales supplert med en forsterket kantsikring av stor stein. I tillegg anbefales en generell bunnsikring av hele elveløpet.

Stor stein $D > 0.65$ m legges i dobbel bredde langs den utførte betongsikringen ved pilar 2 og 3. Tilsvarende sikring utføres rundt pilar 4.

Den generelle bunnsikringen bygges opp av et ½ meter tykt lag samfengt stein med $D_{50} = 0.30$ m. Vi antar at en del stein i elveløpet kan inngå i det definerte sikringslaget.

Arbeidene skal utføres ved lav vannføring .

Utg.	Dato	Tekst	Ant.sider	Utarb.av	Kontr.av	Godkj.av
1	15.12.2011		13	aos	jaf	<i>Ole</i>

Innholdsfortegnelse

1.	Innledning	3
2.	Eksisterende situasjon	3
3.	Hydrauliske beregninger	4
4.	Erosjonssikring.....	4
6.	Konklusjon	5
7.	Referanser	5

Vedlegg

- Vinje bru. Plan og snitt av foreslått erosjonssikring
- Notat datert 10.12.2011: Vinje bru, flom og vannlinjer

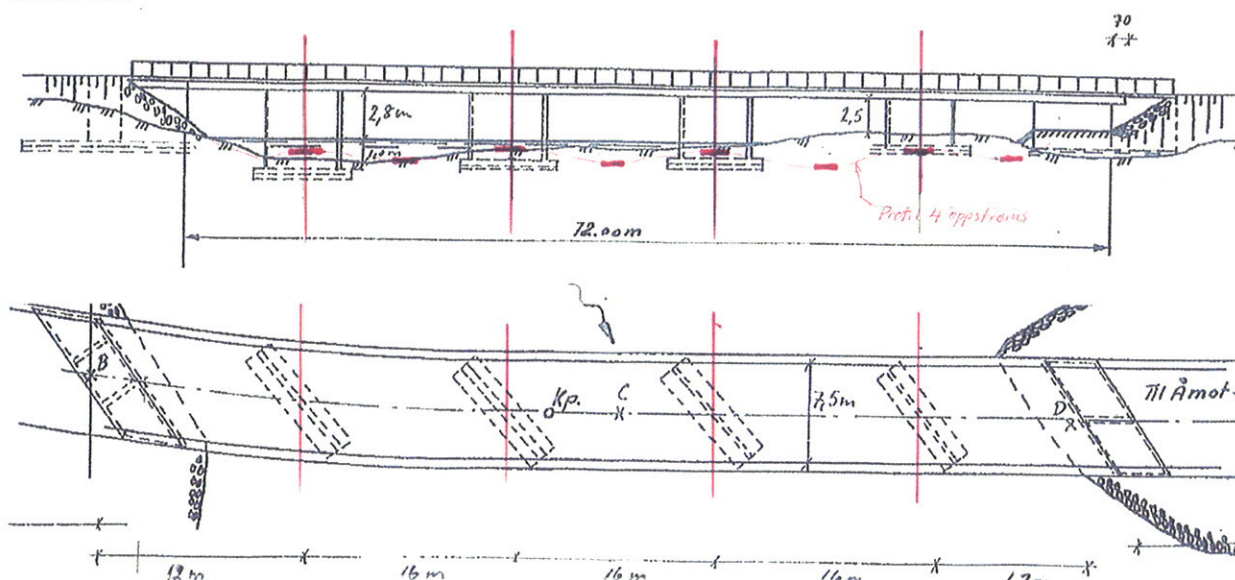
1. Innledning

Multiconsult AS er engasjert til å prosjektere erosjonssikring for Vinje bru som ligger på E134, Hp 17, km 13.0 i Vinje kommune ca. 13.4 km vest for Åmot. Oppdraget er utført i samsvar med "SVEIS-nr: 2010010150 Rammeavtale for anskaffelse av geotekniske tjenester i Region Sør 2010-2012".

2. Eksisterende situasjon

Brua går over Smørkleppåi som munner ut i Vinjevatn ca. 300 m nedstrøms.

Brua er bygget 1963 av armert betong. Den har 5 spenn (12+16+16+16+12m) og er fundamentert på løsmasser av stedlig morene. Fundamentaksene er skråstilt i forhold til veien, men de er plassert om lag i strømretningen til elva. Det vises til "Bru nr. 08-0646" i bruregisteret BRUTUS.



Brua har vært utsatt for betydelige erosjonsskader ved pilar 2 og 3. Det er foretatt utbedring i flere omganger, siste gang i november 2009 som omfattet etablering av fangdammer og lokal utgraving rundt pilarene. Tidligere betongutstøpninger ble frigravd og betong lagt ut sammen med armeringsnett i større omfang og tykkelse. Det ble støpt ut ca. 60 m³ fiberarmert betong (T-betong/UV betong) med en antatt tykkelse på 20-40 cm. Bildet viser situasjonen under utførelse og før siste utstøping ut mot en "voll" av tilkjørt stein.

Nåværende bunnprofil basert på målinger i juli d.å. er tegnet med rødt på det viste lengdeprofil. Profilet viser en tendens til bunnsenkning i feltene mellom pilarene.

Løsmassene i elveløpet inneholder generelt lite stein av noe størrelse.

Ytterligere bunnsenkning på grunn av erosjon kan føre til undergraving av den utførte betongsikringen. Det samme gjelder de 2 ytterpilarene og begge landkarene.

3. Hydrauliske beregninger

Det vises til eget notat "Vinje bru, flom og vannlinje" dat. 10.12.2011.

Dimensjonerende 200-års flom er beregnet til 300 m³/s.

Vannlinjeberegninger viser gjennomsnittshastighet på ca. 3.0 m/s, og et Froude tall på 0.59-0.65 som tilsier underkritisk strømhastighet.

4. Erosjonssikring

På vedlagte plan og profiltegning er fundamentene tegnet inn i vertikalplanet som vist på ferdigbrutegningen i BRUTUS. Videre har vi tegnet inn ca. nåværende bunnprofil, og antydning den utførte betongsikring rundt pilar "2" og "3". Hvis fundamentnivåene er riktig tegnet inn, er landkar vest og pilar 4 utsatt i tillegg til at det er risiko for en generell bunnsenkning som kan undergrave den allerede utførte betongsikringen.

Sikring type "A" rundt brupilarene.

Til sammenligning med den utførte betongsikringen rundt de to mest utsatte pilarene er stabil steinstørrelse beregnet etter formel 4.27 i Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009, ref 2/ .

Beregningene gir stabil steinstørrelse $D_{50} = 0.65$ m som i praksis kreves lagt ut som ett lag steinplastring i forbandt.

Tilsvarende beregning for de litt mindre utsatte sidepilarene gir $D_{50} = 0.45$ m.

Vi anbefaler at den utførte betongsikringen frigraves og kantsikres med stor stein $D > 0.65$ m i dobbel bredde langs 3 sider ved pilar 2 og 3 som vist på vedlagte tegning. Steinene legges i forbandt på utgravd og avrettet underlag og forkiles med mindre stein.

Eksisterende betongkant meisles ned der den er tynnere enn ca. 20 cm. Omfanget vurderes.

Tilsvarende sikringslag av stor stein legges rundt pilar nr. 4.

Sikring type "B", generell bunnsikring.

For sikring mot ytterligere senkning av elveløpet mellom pilarene er det utførte beregninger etter Maynords formel i kap. 4.6 i veilederen. Beregningene gir $D_{50} = 0.3$ m, lagtykkelse $t = 0.45$ m og $D_{maks} = 0.6$ m. $D_{50} = 0.3$ m tilsier midlere diameter på steinblokkene. Massene skal være relativt ensgradert med $D_{15} = 0.2$ m og $D_{85} = 0.4$ m

Enkeltsteiner større enn 0.6 m kan tillates ved at det graves ekstra dypt lokalt og slik at de ikke stikker mer enn 0.1 m opp over nabostein.

Vi anbefaler en generell sikring av elvebunnen som vist i plan og profil på vedlagte tegning. Sikringslaget bør bestå av et minst 1/2 meter tykt lag samfengt sprengstein med $D_{50} = 30$ cm og gradering som angitt foran.

Vi antar at det er relativt lite stein i elveløpet som kan inngå i det definerte sikringslaget.

Ferdig elvebunn bør ikke avvike vesentlig fra nåværende situasjon. Det innebærer graving og borttransport av finkornig elvemasse. Sikringslaget skal best mulig tilpasses inn mot eksisterende betongsikring. Betongkant tynnere enn ca. 20 cm meisles bort.

Sikringslaget bygges helt ned til dagens overflate i både opp- og nedstrøms endeavslutning.

"Skråningssikring" vest for brua.

På en 50-80 m lang strekning vist på kartet vil elva i en flomsituasjon støte med relativt stor kraft mot vegfyllinga som da kan være utsatt for utvasking. Etter en nærmere vurdering på stedet, anbefales tiltak ved at det tippes ut et lag storstein i skråningen. Størrelse og omfang er ikke vurdert.

Mengder

De viste arealene som anbefales sikret er:

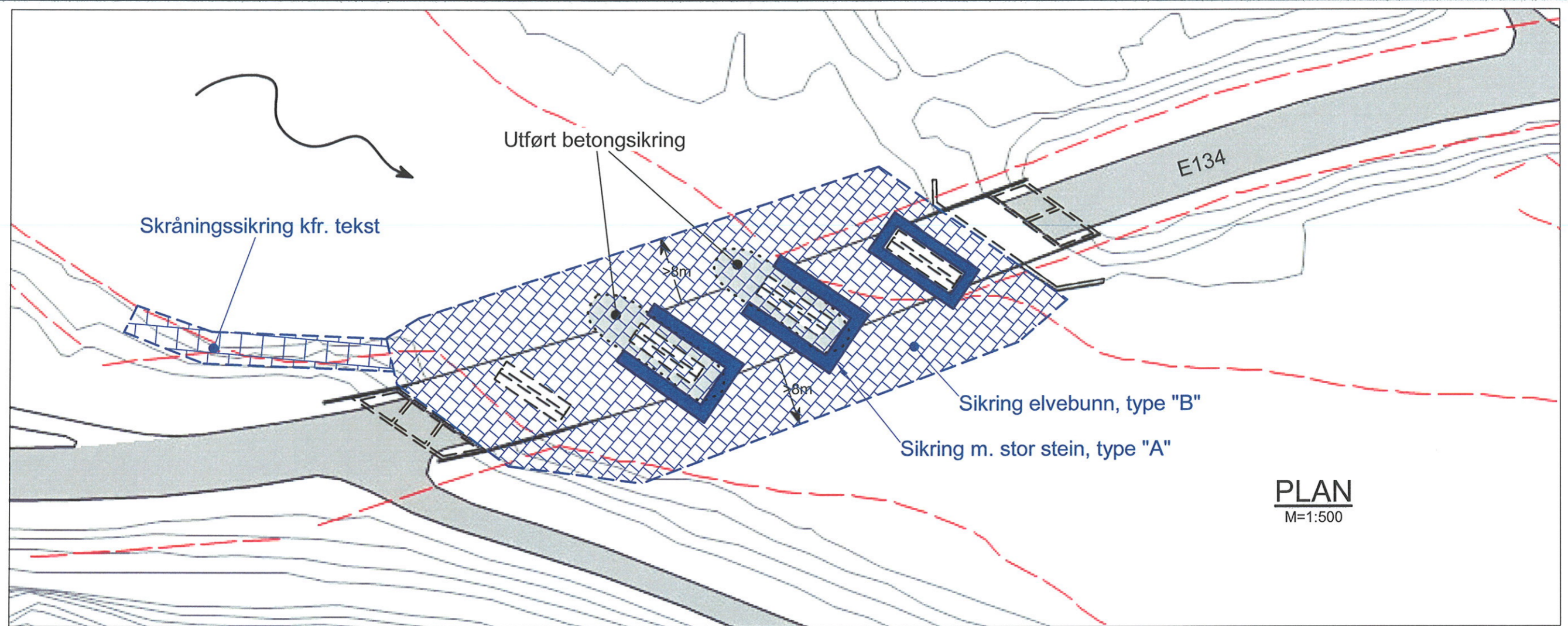
- Sikring type "A": $F_A = 120 \text{ m}^2$ utgraving/planering og steinplastring.
- Sikring type "B": $F_B = 1300 \text{ m}^2$ utgraving/planering og utlegging av sikringslag.
- "Skråningssikring" lokalt nordvest for vestre landkar: $F_S = \text{ca. } 200 \text{ m}^2$.
- Det tas sikte på at arbeidet utføres ved lav vannføring og bygging av fangdammer/ledevoller slik at man oppnår tilnærmet tørr grop.

5. Konklusjon

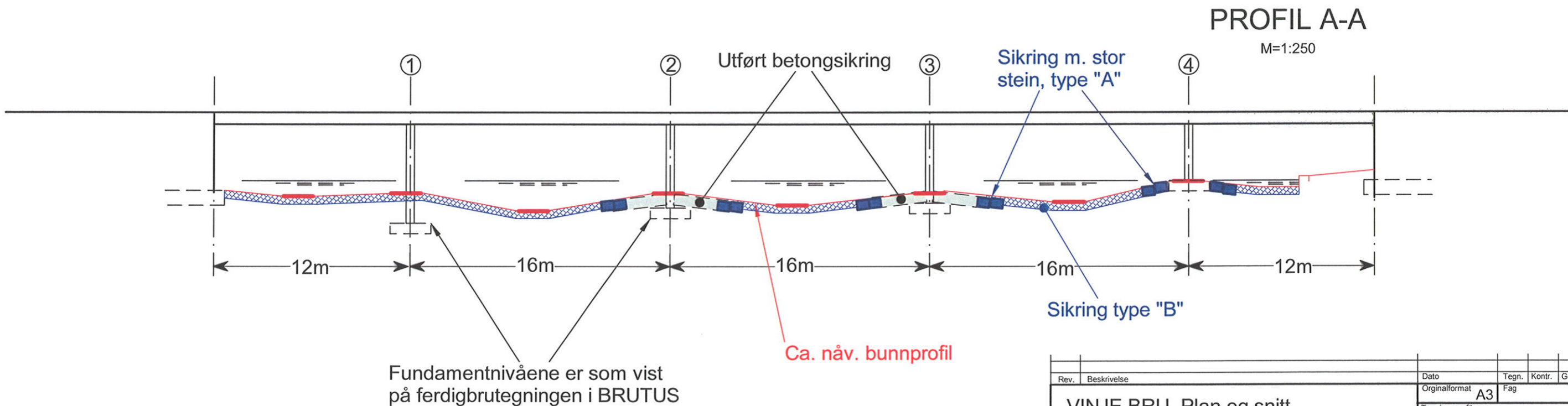
Elveløpet anbefales sikret etter vedlagte planer. Det forutsettes kvalifisert oppfølging i anleggsfasen med muligheter for justeringer og tilpasninger underveis.

6. Referanser

- 1/ Vinje bru, flom og vannlinje. Notat datert 10.12.2011. Multiconsult v/ L.E. Lørum.
- 2/ Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein, Veileder NVE 4-2009.



PLAN
M=1:500



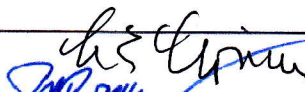

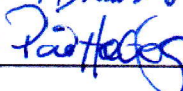
PROFIL A-A
M=1:250

Fundamentnivåene er som vist på ferdigbrutegningen i BRUTUS

Ca. nåv. bunnprofil

Rev.	Beskrivelse	Dato	Tegn.	Kontr.	Godkj.
	VINJE BRU. Plan og snitt				
	Statens vegvesen Region Sør				
	Erosjonssikring bruer i Vinje				
	Multiconsult AS				
	Dato 15.12.2011	Konstr. tegnet aos	Kontrollert	Godkjent	
	Oppdragsnr. 812551-3	Tegningsnr. vedlegg 1 til rapport nr. 4			

Notat

Oppdrag:	Erosjonssikring av fire bruer i Telemark	Dato:	10. desember 2011
Emne:	Vinje bru, flom og vannhastighet	Oppdr.nr.:	812551-3
Til:	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult Skien		
Kopi:			
Utarbeidet av:	Leif-Egil Lørum	Sign.:	
Kontrollert av:	Geir Helge Kiplesund og Jean Pierre Bramslev	Sign.:	
Godkjent av:	Pål Høberg	Sign.:	
Sammendrag:	<p>Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Vinje bru når flom av en viss størrelse passerer. Data og kart-grunnlag er av begrenset omfang. Det er benyttet en flom av 200 års gjentakintervall på 300 m³/s. Det er gjort hydrauliske beregninger på grunnlag av oppmålte tverrprofil oppstrøms og nedstrøms brua, som antyder at de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilene like inntil brua er av størrelsesorden 3 m/s som gjennomsnitt i tverrsnittet. Tallene gir bare et grovt bilde av størrelsesorden.</p>		

1. Hensikt

Vinje bru ligger nederst i det regulerte vassdraget Smørkleppåi som starter i fjellet syd på Hardangervidda, går langs E134 og renner ut i Vinjevatn. Man ønsker å estimere hvilke vannhastigheter som oppstår under Vinje bru når flom av en viss størrelse passerer. Hastighetene blir dimensjonerende for å prosjektere forsterkninger ved brupilarer.

2. Grunnlagsdata

Avrop

Prosedyre for erosjonssikring av bruer, notat datert 2008 (Vegvesenet)

Befaringsnotat Øvre Telemark, mai 2010 (Vegvesenet)

Oppmålinger av tverrsnitt ved brua, datert 04.08.2011

Kart 1:2500 (Vinje kommune)

Flomrapport Middøla (NVE 2009)

Vannføringsstasjoner på Østlandet og Sørlandet, NVE2007

Regine: Satt sammen av feltene 016.BEC1 og BEBZZ

Totalt nedbørfelt: 771 km² Areal fra REGINE

Middel høyde : Ca. 850 (Fra Google earth)

Sjøprosent: Ca. 5 %

Brua er bygd i armert betong – både i konstruksjon og i dekke. Den har 5 spenn (12 m + 3x16 m + 12 m) og er fundamentert direkte på såle. Fundamentaksene står på skrå ift veg, men er plassert om lag i strømningsretningen for elva, ref foto fra 2010.

3. Overordnet metodikk

Det er benyttet metodikk i to trinn

1. Det estimeres en flom av et visst gjentaksintervall i m³/s som passerer forbi brua
2. Det gjøres hydrauliske beregninger som viser de vannhastighetene som oppstår i tverrprofilet ved brua

Mulige uregulerte målestasjoner for flomberegning er:

Stasjon	Periode	Antall år	Areal (km ²)	Midlere flom (m ³ /s)	Midlere flom (l/s·km ²)
15.52 Smådøla	1966-81	16	98,4	20,3	206
15.53 Borgåi	1966-07	42	94,0	19,7	210
16.32 Hjartsjø	1919-58	40	215	60	277
16.66 Grosettjern	1950-07	58	6,48	1,52	235
16.75 Tannsvatn	1956-07	52	117	24	209
16.102 Nørstrud bru	1963-70	8	258	86	333
16.108 Gjevarvatn	1965-83	19	33,3	8,1	242
16.109 Veisvikvatn	1965-83	19	15,1	3,5	232
16.122 Grovåi	1973-07	33	42,7	15	351
16.127 Viertjern	1977-07	22	49,0	13	258
16.128 Austbygdåi	1976-07	27	344	77	224
16.132 Gjuvå	1981-07	23	33,1	8,3	251
16.156 Grunnåi	1987-92	6	54,1	26	481
16.189 Bjørntjønn	1991-dd	15	34,7	8,2	236

4. Flomberegning

I forbindelse med flomberegning i Middøla utført av Holmquist NVE i 2009, er det gjort flomestimer for flere nøkkelstasjoner i regionen, deriblant 16.127 Austbugdåi målestasjon. Stasjonen har en lang måleserie, og drenerer et felt i samme region som Smørkleppåi. Austbygdåi har relativt liten sjøprosent, 0.12%.

Størrelsesorden på nedbørfeltene (en forskjell med faktor på ca. 2) gjør at Austbygdåi er ansett som noenlunde representativ for flommer nede ved Vinje bru. I mangel av styringsparametre for overføring av flomstørrelser fra store til mindre felt, er flom ved brua estimert ved at flomstørrelsen skaleres noe ned, p.g.a. større sjøprosent, ved å benytte en ca. 10 % mindre spesifikk flom i l/s.km² og nedbørfeltet ved brua. Effekten av forskjell i sjøprosent er ansett viktigere enn en forskjell i nedbørfelt. Resultatet er vist i tabellen nedenfor.

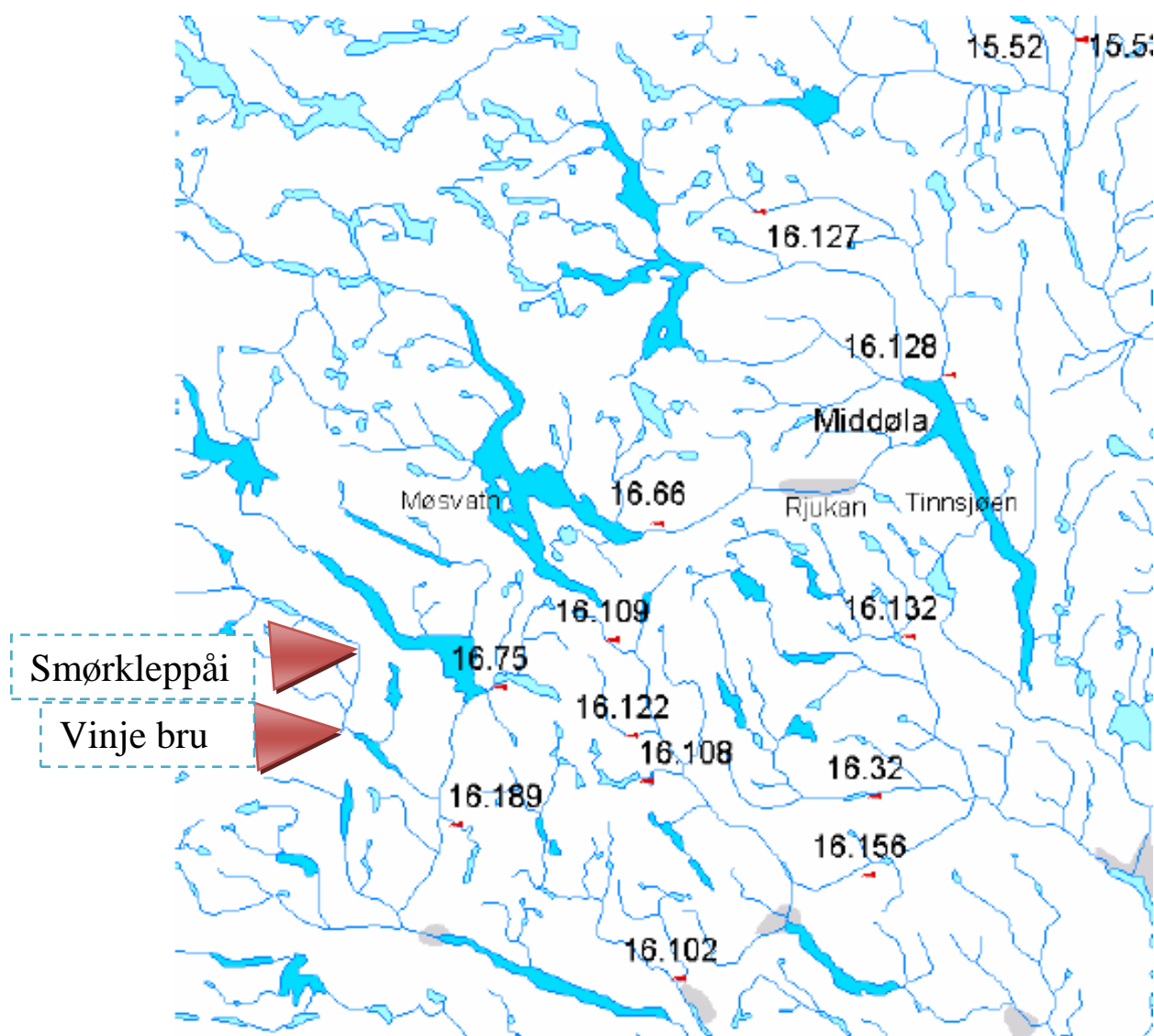


Fig 1: Målestasjoner for vannføring i områdene Øvre Telemark.

	Areal	QM		Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Navn	km2	l/s.km2								
Austbygdåi	344	224	Qi/QM	1.25	1.4	1.53	1.69	1.8	1.9	2.03
Vinje bru	770.84	200	m ³ /s	192.71	215.84	235.88	260.54	277.50	292.92	312.96

For Vinje bru i Smørkleppåi er det valgt en 200 års flom på 300 m³/s i den videre analysen.

5. Hydraulisk beregning

5.1.1 Metodikk

For dimensjonering av bruåpning eller erosjonssikring, trenger vi hydrauliske parametre som vanddybde, vannhastighet og Froude tall. De finner vi vha. hydrauliske beregninger.

Hydrauliske beregninger kan utføres som håndregning eller med ulike beregningsprogram.

For Vinje Bru er det utført beregning med programmet HEC-RAS versjon 4.1.0..

Omfattende simuleringer av strømningsbildet langs elva og under brua krever geometriske oppmålinger som ble gjennomført i august 2011, med tverrsnitt både ovenfor, kloss inntil og nedenfor brua. Se vedlagte kartutsnitt

5.1.2 HEC RAS geometri og parametre

Vassføring er satt til 300 m³/s (200 års flom), som estimert ovenfor.

Oppmålte tverrsnitt er lagt inn og horisontale avstander er projisert vinkelrett på strømmen.

Brupilarer er lagt inn med halvsirkulært flate oppstrøms og nedstrøms.

Ruhet er valgt fra tabell i HEC, og satt til 0.035.

Nedstrøms grensebetingelse (helning) er beregnet til 0.06, som er helningen mellom estimert vannflate i nederste målte tverrsnitt og HRV 465.5 m.o.h. i Vinjevatn, som ligger ca. 500 m nedstrøms.

Tverrsnitt like oppstrøms og like nedstrøms brua er brukt i simuleringen, uten justering mot planlagt profil etter forsterking av pilarer.

5.1.3 Diskusjon av resultatet

Resultatet er presentert som hydrauliske beregninger i profilene målt like inntil brua oppstrøms og nedstrøms.

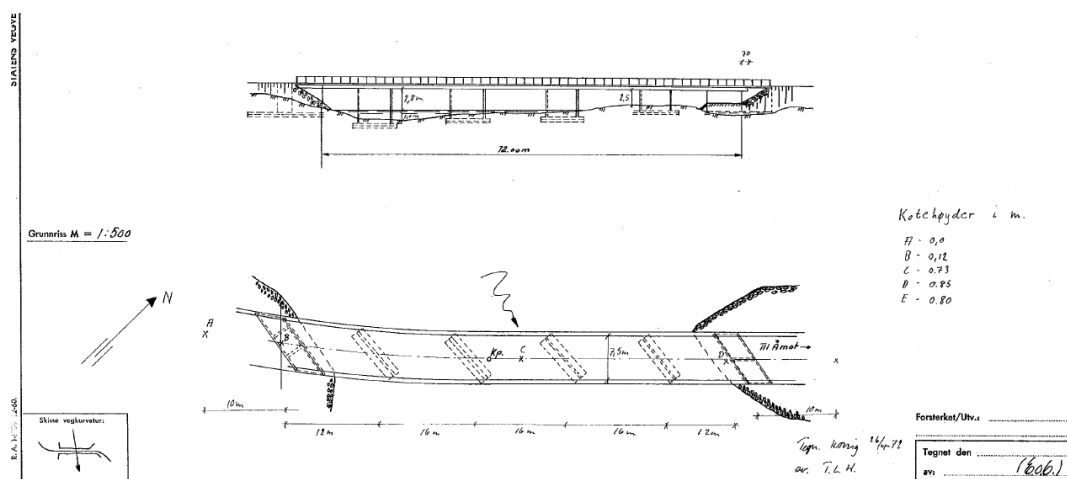
Hastigheten er gjennomsnittlig vannhastighet gjennom profilet.

Simulering gjennom oppmålt profil 4 (like oppstrøms brua)				
Helning nedstrøms	Hastighet m/s	Overflate m.o.h.	Froude tall	Vassføring m ³ /s
0.06	2.72	498.10	0.59	300

Simulering gjennom oppmålt profil 5 (like nedstrøms brua)				
Helning	Hastighet m/s	Overflate m.o.h.	Froude tall	Vassføring m ³ /s
0.06	2.94	497.95	0.65	300

Beregningene viser at vannhastigheter og overflaten opptrer i god underkritisk hastighet gjennom brua.

Det er ikke å anbefale at de beregnede resultatene benyttes direkte til detaljprosjektering. De gir riktignok et grovt bilde av størrelsesorden, men bør avrundes oppover.



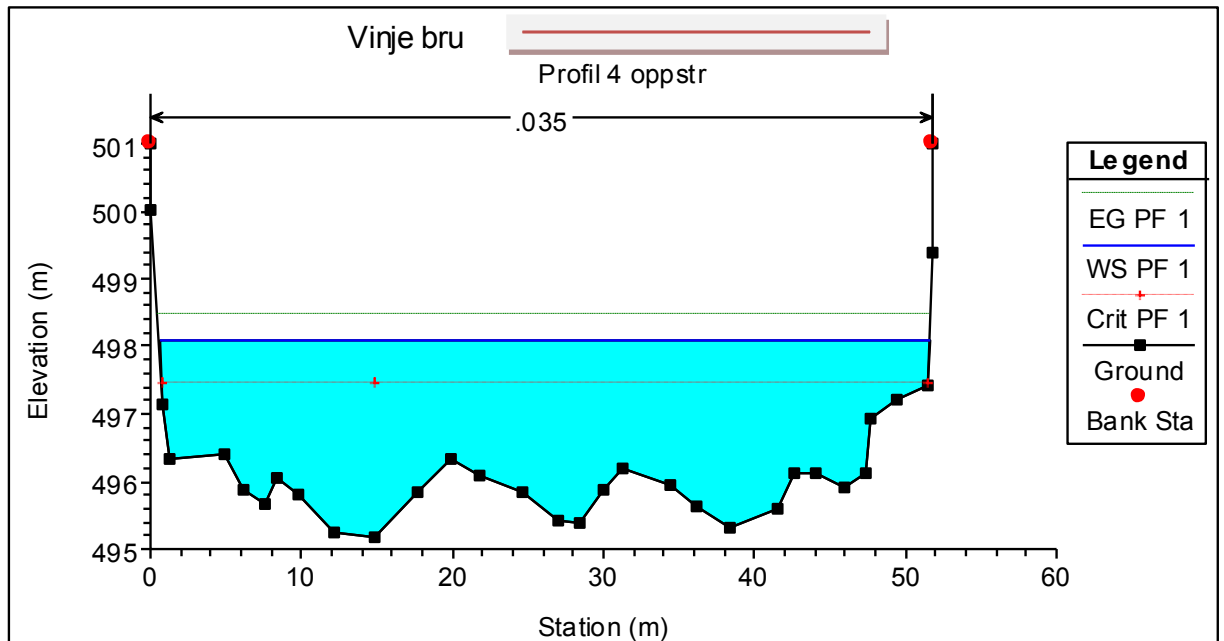
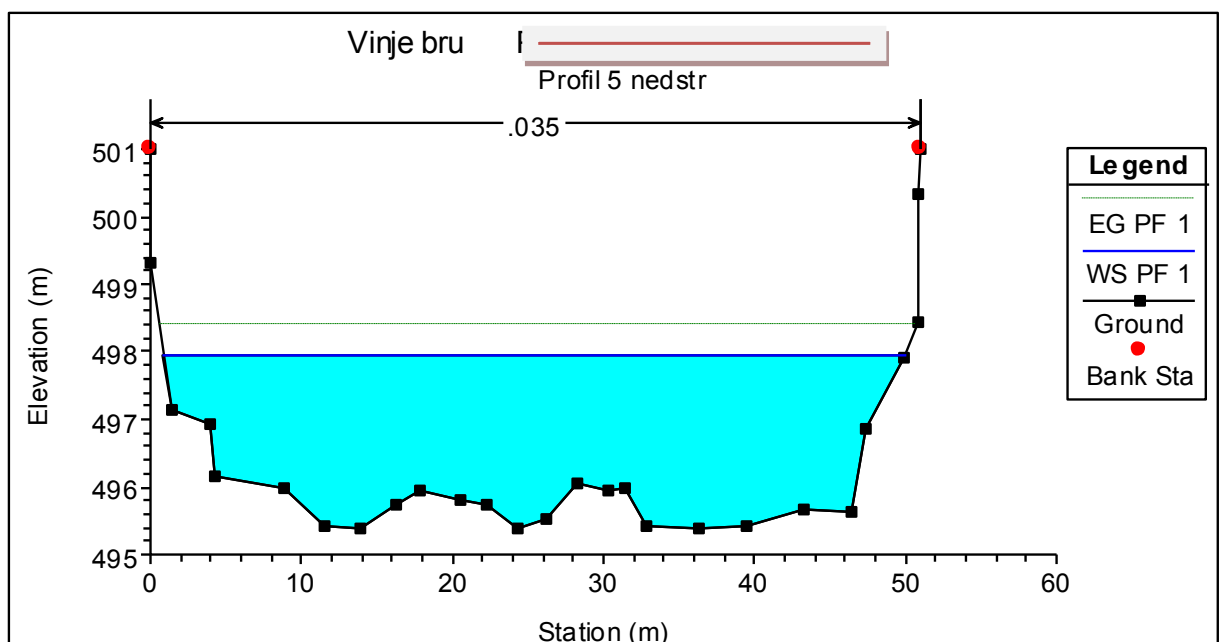
Bilde 1: Vinje bru på E134 – byggetegning, sett fra nedstrøms side



Bilde 2. Vinje bru på E134 – sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 3. Profiler til oppmåling

Bilde 4. 300 m³/s simulert med HEC RAS like oppstrøms bruaBilde 5. 300 m³/s simulert med HEC RAS like nedstrøms brua

Ajourført:

2010-06-22

Brubefaringer i øvre Telemark mandag 31. mai 2010

Deltakere:

Andreas Kåsa – bruvedlikeholdsansvarlig i Øvre Telemark

Olav Lahus - leder av bruseksjonen, Ressursavdelingen i Region sør

Hans Olav Hagen, bruseksjonen, Ressursavdelingen i Region sør

Bjørn K. Dolva, Vegteknisk seksjon, Ressursavdelingen i Region sør

Hans Olav og Bjørn har vært tilknyttet etatsprosjektet Klima & Transport, nærmere bestemt Delprosjekt 3, og aktiviteten DP3-2 Erosjon fra strømmende vann.

Andreas har allerede bidratt med eksempler på erosjonsutsatte og – skadde konstruksjoner i Øvre Telemark. To bruer i området er allerede rapportert som pilotprosjekter i denne sammenheng – Rv.37 Middøla bru (Tinn) og Rv.362 Bitu bru (Vinje). Med bakgrunn i samtaler med Andreas, fant vi ut at en felles befaring ville være nyttig i forhold til å ta flere eksempler på erosjonsskader i nærmere øyesyn.

Vi møttes i Seljord mandag 31. mai, og dro ut på tur i felles bil – transportereren til Hans Olav.

08-0646 Vinje bru

Første stopp var på Vinje bru på E134, Hp 17, km 13,0. Den ligger i Vinje kommune ca. 13,4 km vest for Åmot, og krysser over elven Smørkleppåi.

Brua er bygd i 1963 av armert betong – både i konstruksjon og i dekke. Den har 5 spenn (12 m + 16 m + 16 m + 16 m + 12 m) og er fundamentert direkte på såle. Fundamentaksene står på skrå ift veg, men er plassert om lag i strømningsretningen for elva.



Bilde 1. Forberedende arbeider før utstøping i akse 2 Vinje bru på E134 (Foto: A. Kåsa 3/11-2009)

Det ble påvist store erosjonsskader ved pilar 2 og 3, og det ble injisert/pumpet inn ca. 60 m³ med betong i november 2009 for å utbedre disse skadene.



Bilde 2. Utstøping i akse 2 Vinje bru på E134 (Foto: A. Kåsa 3/11-2009)

08-0625 Ruså bru

Andre stopp var på Ruså bru på E134, Hp 18, km 1,93. Den ligger i Vinje kommune ca. xx,x km vest for Åmot, og krysser over elven Klevastøylåi. Denne elven munner videre ut Smørkleppåi mindre enn 110 m nedenfor brustedet.

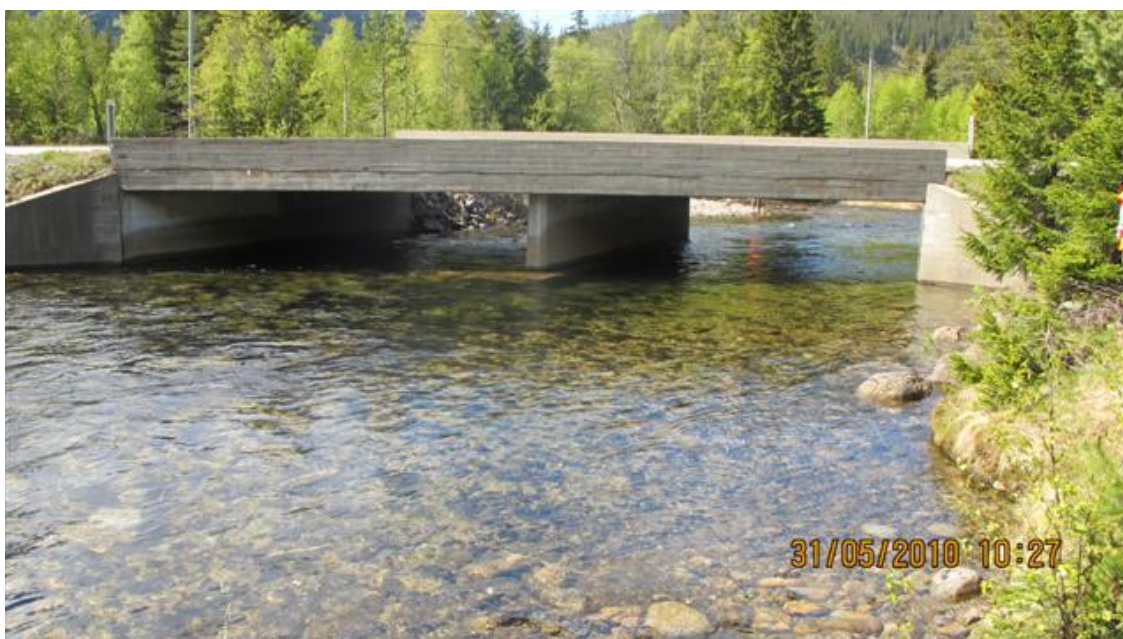
Brua er bygd i armert betong – både i konstruksjon og i dekke. Den har 2 spenn (8,25 m + 8,25 m) og er fundamentert direkte på såle. Fundamentaksene står på skrå ift veg, men er plassert om lag i strømningsretningen for elva.

Brustedet representerer en innsnevring av elveløpet, og det har vært erosjonsskader i tilløpsfyllingen på oppstrøms side (se bilde 3). Skadene er utbedret.

Det ble observert at dypålen i elva ligger rett foran søylefundamentet på oppstrøms side.



Bilde 3. Ruså bru på E134 – sett fra oppstrøms side (Foto: Dolva).



Bilde 4. Ruså bru på E134 – sett fra nedstrøms side (Foto: Dolva).

08-0676 Hylland bru

Tredje stopp var på Hylland bru på Rv.37, Hp 18, km 1,93. Den ligger i Vinje kommune ca. 2,0 km nord for Åmot i enden av vannet Hyllandshylen (560,5 m oh). Dette vannet igjen kommuniserer med innsjøen Totak (687-680 moh) via elven Tokke. På nedstrøms side finner vi Hyllandsfossen.

Brua er bygd i 1965 og er ei 3 spenns bru (6,5 m + 14,5 m + 6,5 m) av armert betong i plate og søyler. Både landkar og søyler er fundamentert på fjell.



Bilde 5. Hylland bru på Fv.H-037 – sett fra oppstrøms side (Foto: Dolva).



Bilde 6. Hylland bru på Fv.H-037 – Landkar på siden mot Åmot - sett fra nedstrøms side (Foto: Dolva).



Bilde 7. Hylland bru på Fv.H-037 – detalj fra landkar på siden mot Åmot. (Foto: O. Lahus 31/5-2010)



Bilde 8. Hylland bru på Fv. H-037 – detalj fra søylefundament sett fra oppstrøms siden i retning mot Åmot (Foto: O. Lahus 31/5-2010).

08-0451 Stavså bru på Fv.H-037

Fjerde stopp var på Stavså bru på Fv.H-037, Hp 1, km 13,9. Den ligger i Vinje kommune ca. 14,0 km nord for Åmot, og krysser over elven Stavsåi. Denne elven renner fra Stavsvatn (1051,5 moh) og munner ut i innsjøen Totak (687-680 moh). Elven Stavsåi er ca 5 km lang og renner fra SØ i retning mot brustedet. Denne munner ut i Totak 50 – 70 m på nedstrøms side av brustedet avhengig av den aktuelle reguleringshøyden.



Bilde 9. Stavså bru på Fv.H-037 – utsikt fra bru i nedstrøms retning mot elvemunningen ut i Totak (Foto: B. Dolva).

Brua er bygd i 1951 og er ei ett spenns bru - med lysåpning 9,95 m - av armert betong i plate som ligger på 7 stk stålbjelker (NP40). Landkarene er av huggen stein som er direktefundamentert på løsmassene i området.



Bilde 11. Stavså bru på Fv.H-037 – sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).

Det fremkommer av bildene er brua utsatt for erosjonsskader, og fundamentene har vært reparert/utbedret/påstøpt flere ganger. Erosjonen pågår fortsatt, og bru må utbedres i nær fremtid. Ut ifra våre observasjoner under befaringen ser det ut til at det er en omfattende og pågående elvebunnssenkning fra nedstrøms brustedet og opp forbi brua.



Bilde 12. Stavså bru på Fv.H-037 – detalj fra landkaret på nordsiden, med 3 generasjoner utbedringer (Foto: B. Dolva).



Bilde 13. Stavså bru på Fv.H-037 – detalj fra landkaret på sydsiden, med 2 generasjoner utbedringer (Foto: B. Dolva).



Bilde 14. Stavså bru på Fv.H-037 – detalj fra nordsiden av elvebredden på oppstrøms side som viser pågående erosjon (Foto: B. Dolva).

08-0427 Tanselv bru på Fv.H-037

Femte stopp var på Tanselv bru på Fv.H-037, Hp 1, km 14,1. Den ligger i Vinje kommune ca. 14,1 km nord for Åmot, og bare 2-300 m nord for Stavså bru.

Brua krysser over Tansåi rett før elven munner ut i Totak (687-680 moh). Tansåi er ca. 1 km lang, og renner fra Tansvatn (697 moh).



Bilde 15. Tanselv bru på Fv. H-037 – sett fra nedstrømsside ved utløpet i Totak (Foto: B. Dolva).



Bilde 16. Tanselv bru på Fv.H-037 – sett fra nedstrøms side som viser elven før utløpet i Totak (Foto: B. Dolva).

Brua er bygd i 1948 og er ei ett spenns bru (15,66 m) av fritt opplagte betongbjelker som bærer armet betongplate.

Landkar er villstein lagt i mørtel. Nedre deler av vingemurer er som tørrmur. Øvre deler er kjegler av villstein lagt i mørtel. Landkar i syd ser ut til å være fundamentert på fylling, og landkaret i nord står på fjell.



Bilde 17. Tanselv bru på Fv.H-037 – landkar nord sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 18. Tanselv bru på Fv.H-037 – landkar nord sett fra oppstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 19. Tanselv bru på Fv.H-037 – sett fra nedstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 20. Elveløpet på oppstrøms side av Tanselv bru på Fv.H-037 (Foto: B. Dolva).



Bilde 21. Deler av elveløpet og gammel (lede-)mur på oppstrøms side av Tanselv bru på Fv.H-037 (Foto: B. Dolva).

08-0427 Bitu bru på Fv.H-037

Sjette stopp var på Bitu bru på Fv.H-037 Hp. 01 Km 4,19 i Vinje kommune. Brua ligger i Raulandsgrend ca 750 m før Bituåi munnar ut i Totak. Elven har sitt utspring i det regulerte vannet Bitdalsvatn (974 – 939 moh), og renner ca 9,5 km fra Bitdalsdammen før det når brua.

Det er laget egen rapport om brua, med fokus på erosjonsskadene, vassdraget og hydrologien, utførte hydrauliske beregninger, og beskrevet forslag til erosjonssikring. Rapporten er laget av Ø. A. Høydal ved NGI (Rv.362 Bitu bru, Vinje kommune, Telemark. Pilotprosjekt datert 9. juni 2010) og oppdragsgiver var Statens vegvesen ved etatsprosjektet Klima og transport – DP3-2 erosjon fra strømmende vann.



Bilde 22. Bitu bru på Fv.H-362 fra oppstrøms side (Foto: B. Dolva).



Bilde 23. Bitu bru på Fv.H-362 – landkar i retning Raulandsgrend (mot vest) med deler av opprinnelig erosjonssikring intakt (Foto: O. Lahus 31/5-2010).



Bilde 24. Bitu bru på Fv.H-362 – landkar i retning Raulandsgrend (mot vest) sett fra nedstrøms side med deler av opprinnelig erosjonssikring intakt (Foto: B. Dolva).



Bilde 25. Bituåi på oppstrøms side av Bitu bru på Fv.H-362 (Foto: B. Dolva).



Bilde 26. Bituåi på nedstrøms side av Bitu bru på Fv.H-362 (Foto: B. Dolva).



Bilde 27. Landkaret (i retning mot Krossen (øst) med foreløpig utbedring (innpumpet betong) sett fra oppstrøms side av Bitu bru på Fv.H-362 (Foto: H. O. Hagen 31/5-2010).

08-0028 Kyrkjerud bru på Ev.134 Hp.08 Km 0,89

Syvende og siste brustopp var på Kyrkjerud bru som ligger nord i Flatdal (Nutheimbakkane) i Seljord kommune.

Brua var for så vidt ikke et eksempel på erosjonsskader, men betongskader og tidens tann kombinert med mye salting i forbindelse med vintervedlikeholdet i Nutheimbakkane.

Vedlegg 1



Delprosjekt 3 Sikring mot flom og erosjon

Delprosjektet omfatter utredning av behov og muligheter for tilpasning til endret klima, både gjennom dimensjonering av drenering, erosjonssikring eller vegen og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Målet er å formulere forslag til endringer i retningslinjer for prosjektering, tilstandsvurdering og vedlikehold. Et titalls pilotprosjekter brukes til utprøving og demonstrasjon.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 3-1 Drenering
- 3-2 Erosjonssikring mot strømmende vann
- 3-3 Sikring mot bølgeerosjon
- 3-4 Miljøeffekt av endret klima
- 3-5 Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp (2010)

Drenering ser på følgende tema:

- metoder og datagrunnlag for beregning av nødvendig dreneringskapasitet,
- for nye veger: bedre verktøy for prosjektering og valg av drensløsninger for vegkroppen og omgivelsene
- for drift/vedlikehold og eventuell oppgradering av eksisterende veger: tilstandsvurdering, tilstandsdata til bruk i kontrakter

Erosjonssikring mot strømmende vann ser på utfordringer knyttet til prosjektering og sikring av brufundamenter samt beskyttelse av vegens omgivelser og sikring av vegskråninger.

Sikring mot bølgeerosjon ser på utfordringer knyttet til veger, ferjekaier, tilløpsfyllinger for bruer og deres sikring mot bølgeerosjon og overskylling.

Miljøeffekt av endret klima har som mål å utvikle et bedre og klimatilpasset grunnlag for valg og prosjektering av renseløsninger for avrenningsvann fra veg.

Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp er en koordinerende aktivitet i 2010 som har som mål å utvikle grunnlag for en håndbok med vannhåndtering som tema.

Delprosjektleder: Frode Oset, Vegdirektoratet.

Fagsekretær for delprosjektet: Kristine Flesjø, Vegdirektoratet

Vedlegg 2



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lurfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E 136 Dombås - Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen og Than Ngan Nguyen, NTNU student
2573	Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071-2100	Thorkild Hvitved-Jacobsen, Jes Vollertsen og Svein Åstebøl, COWI
2582	Modellforsøk med flomskred mot bruer Virkning av bruåpning og ledevoller	Priska Heller og Lars Jenssen Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU
2586	Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge	Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen, Statens vegvesen
2560	Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak	Lars Jenssen, NTNU, Erik Holmqvist og Kari Svelle Reistad, NVE
2599	Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker – E136	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2600	Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda Samling av bakgrunnsmateriale	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
2609	RV362 Bitu bru, Vinje kommune, Telemark, Pilotprosjekt erosjonssikring	Øyvind Armand Høydal,NGI
2610	Veger og drivsnø Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave	Harald Norem og Espen Thøring, Statens vegvesen, Skuli Thordarson, Vegsýn
VD 4	Ny prioriteringsmodell for rassikringsplanene	Viggo Aronsen, Statens vegvesen m.fl.
VD 5	Skred og flom på veg Statistiske betraktninger	Heidi Bjordal og Tonje Eide Helle, Statens vegvesen
VD 17	Pilotprosjekt på stikkrenner Casestudier Bulken, Sagelva og Neveråa	Jon Erling Einarsen, ViaNova Plan og Trafikk AS, Lena Tøfte, SINTEF, Øyvind Simonsen og Eivind Hesselberg, COWI AS
VD 18	Pilotprosjekt på stikkrenner Kapasitetsberegning E136 Dombås - Ålesund	Espen Arntzen, Egil Andersen, Multiconsult AS
VD 19	Databehov ved trinnvis varsling av snøskredfare Erfaringer fra lokal og regional varsling i Møre og Romsdal mars 2010	Tore Humstad, Statens vegvesen

VD 20	NVDB som grunnlag for klimatilpasning Vurdering av datamodeller og data	Knut Jetlund, Statens vegvesen
VD 21	Samordning av vær- og klimadata Hvordan oppnå bedre utnyttelse av data fra statens værstasjoner?	Tore Humstad, Statens vegvesen m.fl.
VD 22	Kartportal FørVar Oppsummering ved prosjektets slutt	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 23	ROS-analyser av bruer mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Hans Olav Hagen, Statens vegvesen
VD 24	ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterte hendelser	Skuli Thordarson, Vegsýn, Steinar Myrabø, Jernbaneverket og Øystein Myhre, Statens vegvesen
VD 25	ROS-analyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser	Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS /Statens vegvesen
VD 26	Tilstandsutvikling på vegnettet Virkninger av endret klima på sporutvikling på veier med bituminøst dekke	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og trafikk AS
VD 27	Veier og snøskred Håndbok om sikring mot snøskred - Høringsutgaven	Harald Norem, Statens vegvesen
VD 28	Beredskapsplan for driftskontraktene Forslag til plan for uvær og naturfarer	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Statens vegvesen
VD 29	Risiko- og sårbarhetsanalyser mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Statens vegvesen Region midt
VD 30	Miljøeffekt av endret klima Oversikt over mulige problemstillinger	Ola Nordal, Asplan Viak AS
VD 32	Sikring av veier mot steinskred – Grunnlag for veiledning	Svein Helge Frækaland og Heidi Bjordal, Statens vegvesen, m.fl.
VD 49	Drenering, fordrøyning og vanngjennomløp	Sammenstilt av Tor Erik Frydenlund, Geo Con og Kristine Flesjø, Statens vegvesen
VD 55	Flomrisiko og konsekvensanalyse – Pilotprosjekt E18 ved Hoffsbekken	Linmei Nie, SINTEF Byggforsk
VD 56	Regional skredvarsling Resultater fra testvarsling i Romsdalen – Trollheimen (2010-2011)	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Knut Inge Orset, Statens vegvesen
SVV 69	Skredrisikomodel - videreutvikling	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
SVV 70	Erosjonssikring av bruer i Telemark - Ruså, Stavså, Tanså og Vinje	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult AS
SVV 71	Veier utsatte for stigende havnivå og stormflo	Arne Lothe, SINTEF, m.fl.
SVV 73	Flom- og sørpeskred – Forslag til håndbok	Harald Norem, Statens vegvesen
SVV 74	Vinterdrift i endret klima	Skuli Thordarson, Vegsýn, m.fl.



Statens vegvesen

Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162