DOKUMENT

8 1998

Norges vassdrags- og energiverk

NVE

OPPDRAGSRAPPORT

Beate Sæther

Strømningsanalyse og vurdering av sikrings-tiltak ved RiT-brua, Nidelva (123.A 11)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

NVE

Region Midt-Norge
Trekanten

Vestre Rosten 81
7075 TILLER

Telefon: 72 89 50 00
Telefaks: 72 89 50 20
E-post: rm@nve.no
Internett: www.nve.no

Org.nr.:
NO 970 205 039 MVA
Bankkonto:
0827 10 14156

TITTEL Strømningsanalyse og vurdering av erosjonssikringstiltak ved RiT-brua	**RAPPORT**	
SAKSBEHANDLER Beate Sæther	DATO 01.11.98 RAPPORTEN ER Åpen	
OPPDRAGSGIVER Statens vegvesen Sør-Trøndelag	OPPLAG 10	

SAMMENDRAG

Etter oppdrag fra prosjektgruppa for RiT-vegen har vi utført strømnings- og erosjonsanalyse av området. Analysen omfatter utfyllingene i elva i anleggsperioden og for ferdig bru.

Området som ligger ca 4 km oppstrøms Nidelvas utløp i Trondheimsfjorden og er påvirket av tidevannet. Vassdraget er regulert.

Brua som skal bygges består av to ellipseformede pilarer rettet parallelt med strømmen. Under anleggsfasen er det nødvendig å legge to fyllinger ut i elva for adkomst til støping av pilarene. For å unngå å snevre inn elvetverrsnittet unødig, skal fyllingene ikke ligge samtidig.

Området er profilert i en lengde på ca 550 m. Dataprogrammet HEC-RAS er brukt til å beregne de hydrauliske endringene i elva under anleggsfasen og for den permanente tilstanden med bru.

Resultatet fra beregningene viser at det er behov for erosjonsplastring rundt brupilarer og fyllinger.

NVE anbefaler å legge et 19 m bredt belte av stein tvers over elva i traseen for ny bru. I tillegg anbefales en sidesikring på hver side av elva i en lengde på 40 m, fordelt på 20 m på hver side av senterlinja for ny bru.

Under anleggsperioden anbefales å sikre mot lokal erosjon rundt fyllingene.

Det anbefales å opprette kontakt med Trondheim Energiverk for daglig informasjon om vannføringsutviklingen. Kontollrutiner for registrering av strømnings- og erosjonsutvikling bør også gjennomføres.

EMNEORD Hydrologi, vannlinjeberegninger, erosjonssikring	ANSVARLIG UNDERSKRIFT Einar Sæteröi

INNHOLD

1 BAKGRUNN FOR RAPPORTEN 1

2 INNLEDNING 1

2.1 EROSJON RUNDT BRUKAR OG FYLLINGER 2
2.2 EROSJON RUNDT BRUPILARER 2
2.3 KRAV TIL NØDVENDIG STEINSTØRRELSE 4

3 VANNSTAND OG VANNFØRINGSFORHOLD 5

3.1 MÅLESTASJONER 5
3.2 DIMENSJONERENDE VANNFØRINGER 5
3.2.1 I anleggsfasen 5
3.2.2 I bruksfasen 5

4 TERRENG- OG GRUNNFORHOLD 7

5 HYDRAULISK MODELLERING AV BRUPROFILET 7

5.1 HEC-RAS 7
5.2 OPPMÅLING 7
5.3 MODELLERING AV BRUSTEDET 8

6 RESULTATER FRA DE HYDRAULISKE MODELLSIMULERINGENE 9

6.1 ANLEGGSFASEN 9
6.2 BRUKSFASEN 9

7 VURDERING OG PLANLEGGING AV NØDVENDIG PLASTRING 10

7.1 ANBEFALT PERMANENT PLASTRING 10
7.2 ANBEFALT EROSJONSSIKRING UNDER ANLEGGSPERIODEN 11
7.3 ANBEFALT REKKEFØLGE PÅ EROSJONSSIKRINGSARBEIDET 11

8 VURDERING AV NØDVENDIG FYLLINGSHØYDE PÅ ADKOMSTVEG TIL PILARER 11

9 VURDERING AV NØDVENDIGE BEREDSKAPSTILTAK UNDER UTFØRELSE 11

10 REFERANSELISTE 12

11 VEDLEGG 13

1 Bakgrunn for rapporten

Etter oppdrag fra Prosjektgruppa for RiT-veien har vi utført strømnings- og erosjonsanalyse av området. Analysen omfatter utfyllingene i elva i byggeperioden og for ferdig bru.

Brua som skal bygges består av to ellipseformede pilarer rettet parallelt med strømmen. Under anleggsfasen er det nødvendig å legge to fyllinger ut i elva for adkomst til støping av pilarene. For å unngå å snevre inn elvetverrsnittet unødig, skal fyllingene ikke ligge samtidig.

Målet med analysen av brua var å analysere og beregne nødvendig erosjonssikring av brustedet under anleggsarbeidet og for fremtidig sikkerhet av brua.

Laboratorieseksjonen i Statens vegvesen har utført grunnundersøkelser i området.

2 Innledning

Erosjon og sedimenttransport hører med til de vanskeligste problemene i strømningsteknikken. Vannet påvirker bunn og enkeltpartikler med både dragkraft (parallelt med strømningsretningen) og løftekraft (på tvers av strømmen). Bunnens evne til å motstå kreftene fra vannet avhenger av massens tyngde, interne friksjonskrefter, angrepsflate og evt. interne bindinger mellom steinpartiklene. Skjærspenningen mot elvebunnen blir en funksjon av vannhastigheten, bunnruheten og dybden.

Muligheter for skadelig lokalerosjon vil svært ofte være tilstede i forbindelse med hydrauliske konstruksjoner. Brufundamenter, brupilarer og utløp fra kulverter er typiske eksempler, men lokalerosjon vil kunne oppstå på ethvert sted med lokale "forstyrrelser" i strømningsbildet.

Intensitet og utstrekning av lokalerosjon er delvis bestemt av de geometriske forhold på hvert enkelt sted, noe som gjør problemstillingen dårlig egnet for generelle betraktninger.

Generelt vil lokalerosjon være forårsaket av en lokal økning av hastigheten eller virvler som fører til ujevn fordeling av skjærspenningen, slik at den ligger dels over og dels under kritisk skjærspenning for bunnmaterialet. Virvler oppstår gjerne i forbindelse med hastighetsreduksjoner forårsaket av fysiske hindringer, hvor det er overskudd av bevegelsesenergi. Den vanligste måten for å beskytte mot skadelig lokalerosjon er selvsagt å beskytte bunn og sider med et erosjonssikkert lag av stein. En mer ukonvensjonell måte er å tillate noe lokalerosjon for å dermed å la vannet utforme terrenget i en mer hydraulisk form. Det viser seg da at et jevnt lag med vesentlig mindre stein er tilstrekkelig for å hindre videre erosjon. Denne metoden er mest egnet ved sikring av utløp fra kulverter, og ikke aktuell der erosjon kan ha store negative konsekvenser.

2.1 Erosjon rundt brukar og fyllinger

Et type erosjonsforløp er representert ved kunstige innsnevringer i et elveløp, f. eks fyllinger og landkar. Innsnevringer gir tettere strømlinjer, dvs økende hastighet og skjærspenning.

Er elveløpet stabilt før innsnevringen blir gjort, vil den konsentrerte strømmen forbi innsnevringen forøke å utvide det gjenstående elvetverrsnittet til den tidligere skjærspenningstilstanden blir gjenopprettet. I praksis betyr det at det tidligere tverrsnittsarealet søkes tilnærmet gjenopprettet ved erosjon av ubeskyttede deler av bunn og elvebredder.

I dette prosjektet vil de tversgående fyllingene i forbindelse med støping av brufundamentene utgjøre en erosjonsfare. ***Se prosjekttegninger i vedlegg 1 og 2.*** Pga innsnevringen oppstår en generell hastighetsøkning i profilet. Forstyrrelsen av selve konstruksjonen vil kunne skape erosjonsfarlige turbulente tverrstrømmer. Disse virvlene har overskuddsenergi og vil kunne begynne å grave i bunn og sider dersom strømningskreftene er større enn grensebetingelsene for de eksisterende steinsubstrat. Lokalerosjon rundt brukar var tidligere årsak til skader på bruer. Det er nå mindre vanlig å snevre inn elveløp med brukar som stikker vesentlig ut i strømmen.

På både oppstrøms og nedstrøms side av fyllingen vil det også dannes virvler (bakevjer), da denne vannmassen ikke vil delta effektivt i strømningen. Utstrekningen på disse områdene er avhengig av forholdet mellom det opprinnelige tverrsnittet og graden av innsnevring. Se avsnitt 5.2. Det er viktig å kontrollere disse forholdene slik at det ikke oppstår skadelig erosjon. Det største faren er dersom fyllingen direkte forårsaker en generell endring av strømningsretningen. Det kan da oppstå varige og uoversiktlige erosjonsproblemer langs bunn og sider nedstrøms.

2.2 Erosjon rundt brupilarer

Et annet type lokalerosjon finner vi rundt brupilarer. ***Se prosjekttegninger i vedlegg 1 og 2.*** Som nevnt tidligere vil alle fysiske konstruksjoner som forstyrrer det opprinnelige strømningsbildet kunne gi lokal erosjon dersom strømningskreftene er større enn grensen for bevegelse for det eksisterende bunnsubstratet. Strømfeltet rundt pilarer vil være geometrisk bestemt ut i fra dimensjonen og utformingen av konstruksjonen. Dybden og utstrekningen av den endelige erosjonsgropa vil variere litt med kornstørrelsen, men vil først og fremst være en funksjon av geometri og vannhastighet.

Variabler som har innvirkning på dybde og utstrekning av lokalerosjon anvendt i formler for erosjon rundt brupilarer:

Betydning av konstruksjonens utforming:

- formen av pilaren (oval/langstrakt form er bedre enn sirkulær, avrundede hjørner er bedre enn skarpkantet),
- lengden l av pilaren,
- bredden a av pilaren,
- angrepsvinkelen α i det vertikale planet,
- angrepsvinkelen β i det horisontale planet (parallelt med strømmen er best);

Strømmens karakteristikk:

- oppstrøms dybde d_1 av strømmen,
- Froude tallet oppstrøms den hydrauliske konstruksjonen Fr_1;

Bunnsubstratets betydning:

- Gjennomsnittsstørrelsen på bunnsubstratet d_{50} og d_{90};

For å bestemme utbredelsen av lokalerosjon ved pilarer anbefales brukt ligningen til Colorado State University (også brukt i HEC-RAS):

$$y_s = 2.0\, K_1 K_2 K_3 K_4\, a^{0.65} y_1^{0.35}\, Fr_1^{0.43} \qquad \textit{(ligning 2.2.1)}$$

- *y_s er erosjonsdybden*
- *y_1 er vanndybden rett oppstrøms pilaren*
- *K_1 er korreksjonsfaktor for pilar form se tabell og fig* ***i vedlegg 4***
- *K_2 er korreksjonsfaktor for angrepsvinkelen på pilaren fra tabell*
- *K3 korreksjonsfaktor for bunnforholdene*
- *K4 korreksjonsfaktor for sammensetningen av bunnsubstratet*
- *a er pilarbredden*
- *Fr_1 er Froudetallet rett oppstrøms pilaren = $V_1/(gy_1)^{0.5}$*

Formelen gjelder for rent vann, dvs lite tilførsel av sedimenter ovenifra i vassdraget.

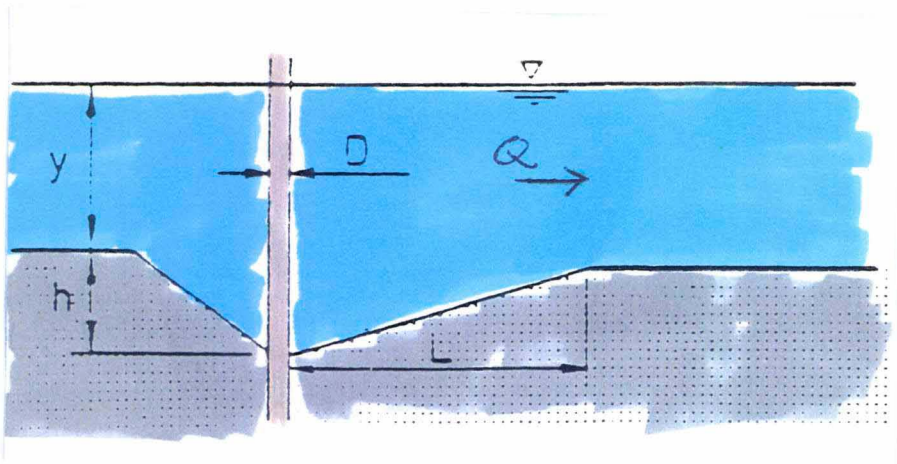
Maksimum erosjonsdybde for rundnesede pilarer rettet parallelt med strømretningen kan begrenses til følgende:

$y_s \leq 2.4$ ganger pilarbredden a for $Fr_1 \leq 0.8$
$y_s \leq 3.0$ ganger pilarbredden a for $Fr_1 > 0.8$

Estimering av lengden L av erosjonshullet nedstrøms pilaren kan i følge Shen[8] estimeres til en minimumslengde på :

$$L = 2.75 y_s \qquad \textit{(ligning 2.2.2)}$$

Oppstrøms lengde av erosjonsgropa kan anslås til 2/3 av L. Ved sikring av brupilarer er det viktig, i tillegg til omfattende erosjonssikring, å plassere fundamentet for konstruksjonen i en slik dybde at selv ikke den antatte dypeste erosjonsgropen vil påvirke stabiliteten av konstruksjonen.



Figur 2.2.1 Generell skisse av erosjon rundt brupilarer

2.3 Krav til nødvendig steinstørrelse

Shield's tall for kritisk bunntilstand

$$d_s = \tau_c / ((\rho_s - \rho_v)\, g\, C_s) \qquad \textit{(ligning 2.3.1)}$$

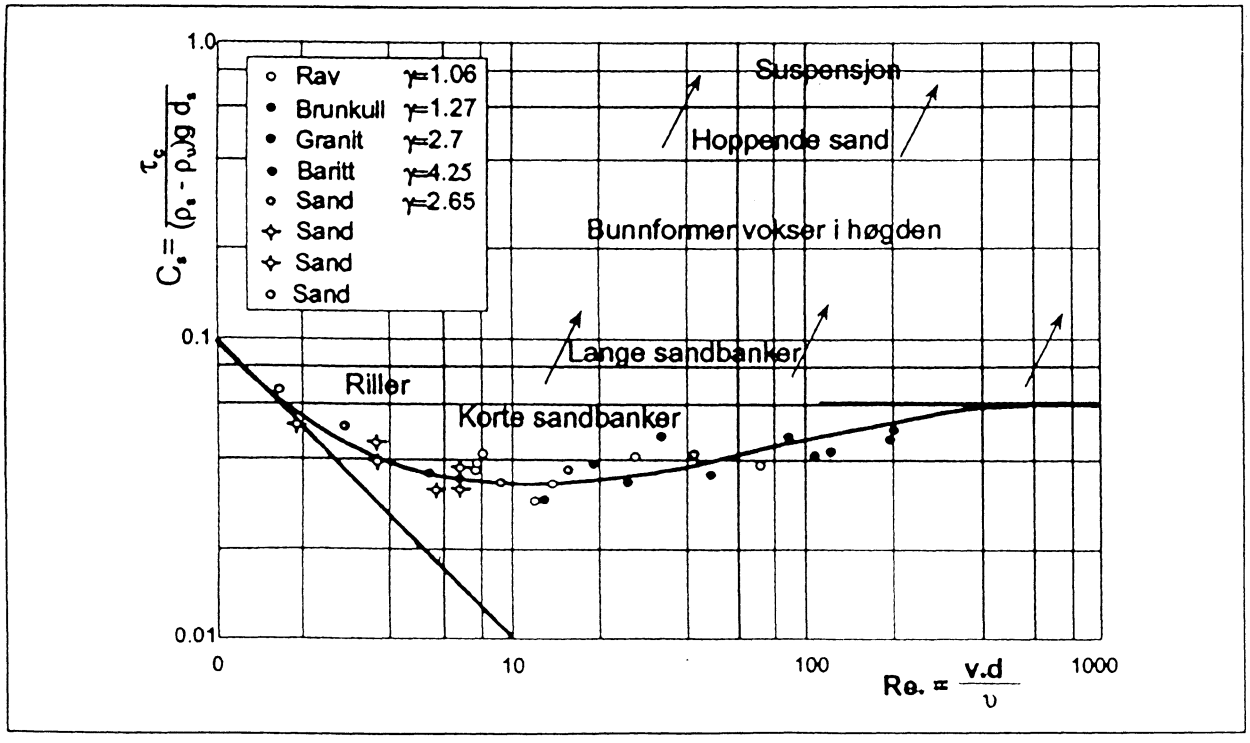
$d_{side} = d_s / 0.63$ ***ved sidehelning 1:1.5***

- ds partikklestørrelse (d_{50})
- ρ_v vannets tetthet (1000 kg/m^3)
- ρ_s steinpartiklenes tetthet (vanligvis 2650 kg/m^3)
- Cs Shield's konstant finnes fra ***figur 2.3.1.*** I praksis kan Cs = 0.05 brukes for vanlige strømtilfeller i vassdrag med grus eller grovere bunn.

Shield's formel bygger på forsøk med ensgraderte masser. Ved varierende kornstørrelser eller såkalt samfengt masse viser undersøkelser at d = d_{60} (dvs at 60 % av massen etter vekt er finere enn d_{60}) gir tilnærmet samsvar mellom ensgraderte og samfengte masser. Ofte bruker vi imidlertid middelverdien d_{50}, da dette gir en viss sikkerhetsmargin.

I forbindelse med lokalerosjon rundt pilarer og andre hydrauliske konstruksjoner oppstår det lokale økninger av hastigheten i profilet, men dertil økende skjærspenning mot elvebredden og elvebunnen. Eksperimentelt er det registrert at skjærspenningene mot bunnen ved en sylinder kan bli opptil 10 ganger urørt elvebunn. Dette har betydning for valg av erosjonssikring.

Dersom det ikke finnes målte verdier eller modellforsøk, anbefales det å sikre for åtte ganger beregnet skjærspenning på urørt elvebunn.



Figur 2.3.1 Shields's diagram for bevegelse av bunnpartikler

3 Vannstand og vannføringsforhold

3.1 Målestasjoner

Området ligger ca 4 km oppstrøms Nidelvas utløp i Trondheimsfjorden og er påvirket av tidevannet. Det er registrert en differanse på vannstanden i området ved flo/fjære på ca 1.2 m avhengig av årsvariasjoner i vannføring og tidevann.

Den aktuelle hydrometriske målestasjonen i vassdraget er 123.20 Rathe. Eier TEV. Kontaktperson i TEV: Erling Kylling. Observatør i TEV: Knut Skjesol. Kontaktperson i NVE: Arnt Bjøru. Stasjonens nedbørfelt er på 3061 km^2, og ligger like nedenfor Nedre Leirfoss.

Nidelva er regulert med hele 6 kraftverk. Totalt i hele feltet for Nea/ Nidelva er det 14 kraftverk. Det trange utløpet fra Selbusjøen sparer Trondheim by for de store flommene.

3.2 Dimensjonerende vannføringer

Det er i modellen vurdert ulike vannføringer ved både flo- og fjæresituasjoner. Ved fjæresituasjoner vil hastighetsgradienten være størst og vil derfor være dimensjonerende mtp erosjon. Flosituasjoner er interessante ved vurdering av oppstuving og nødvendig fyllingshøyde under anleggsperioden.

Den hydrologiske måleserien kan deles inn i to deler: før og etter Bratsberg kraftverk som ble satt i drift i 1978. Gjennom driften av Bratsberg kraftverk (i tillegg til de 5 fra før) tappes Selbusjøen jevnere og mer enn før, med det resultat at overløpssituasjoner i Selbusjøen er blitt mer sjelden. Vannføringen i Nidelva gjennom byen har i gjennomsnitt økt, og forskjellen på flom lavvannføring er redusert. Flommer med lavt gjentaksintervall (< 50 år) har derfor lavere vannføring etter 1978.

3.2.1 I anleggsfasen

Som dimensjonerende vannføring under anleggsperioden settes største opptredende vannføring fra perioden 1.nov til 30 april fra 1978-1996. Største vannføring opptrådte i 31/1-92 og er på 212 m^3/s. Dette tilsvarer et gjentaksintervall på ca 20 år for vinterperioden. I tillegg legges til en ekstravannføring på 50 m^3/s som representerer effekten fra tømming av flomagasinet oppstrøms bruområdet. ***Se tabell 3.2.1.***

For den samme vinterperioden sett under hele observasjonstiden representerer vannføringen på 212 m^3/s et gjentaksintervall på ca 5 år. Største observerte vannføring i hele observasjonsperioden fra 1902-1996 for månedene november tom april er på 389 m^3/s målt 27/11-42. ***Se tabell 3.2.2.***

Normal vintervannføring er relativt stabil og ligger på ca 110 m^3/s. som tilsvarer kote 1.2 + en flohøyde på ca 1.2 m i tillegg.

3.2.2 I bruksfasen

For den permanente situasjonen for brua er Q = 791 m^3/s med statistisk gjentaksintervall på 500 år, valgt som dimensjonerende vannføring for nødvendig erosjonsplastring. ***Se tabell 3.2.3.***

Tabell 3.2.1 Flomfrekvensanalyse av dataserien etter Bratsberg kraftverk i sesongen november til april for årene 1978-1996.

Flomkvantiler:

Gjentaks-intervall år	vannfør-inger (m3/s)	Relative vannfør-inger
5.	172.72	1.059
10.	198.16	1.215
20.	233.10	1.429
50.	301.05	1.845

Tabell 3.2.2 Flomfrekvensanalyse av dataserien i sesongen november til april for hele observasjonsperioden fra 1902-1996.

Flomkvantiler:

Gjentaks-intervall år	vannfør-inger (m3/s)	Relative vannfør-inger
5.	221.42	1.339
10.	269.22	1.629
20.	315.97	1.911
50.	377.84	2.286
100.	425.21	2.572
200.	473.30	2.863
500.	538.12	3.255
1000.	588.17	3.558

Tabell 3.2.3 Flomfrekvensanalyse av dataserien for helårssesongen for hele observasjonsperioden fra 1902-1996.

Flomkvantiler:

Gjentaks-intervall år	vannfør-inger (m3/s)	Relative vannfør-inger
5.	502.31	1.277
10.	567.17	1.442
20.	621.39	1.580
50.	681.54	1.733
100.	723.22	1.832
200.	754.84	1.918
500.	792.44	2.015
1000.	817.24	2.079

4 Terreng- og grunnforhold

Terreng- og grunnforholdene er beskrevet i rapport fra Statens vegvesens laboratorieseksjon av 03.06.98.

Sitat fra rapporten: Elveskråningene har en helning på 1:1.3 på det bratteste partiet. Den er omlag 14 m høy på RiT-siden og 11 m på Marienborgsiden. På RiT-siden er det leire i 0-7.5 m dybde, grus fra 7.5 til 10 m og silt fra 10 meters dybde og videre nedover. Det blir anbefalt at leirlaget skiftes ut med steinmasser i ca 8 m lengde og 30 m bredde. I tillegg må skråningen slakkes ned til 1:1.75 fra skråningsfot.

Eksisterende bunnsubstrat i dekklaget kan anslås til å oppfylle en kornfordeling på $d_{50} \sim 0.15$ m. Elva er ca 85-90 m bred i brutraseen. Djupålen endrer retning fra venstre til høyre i bruområdet. ***Se vedlegg 13, 14 og 15***. Strømmen i området er jevn, og innvirkningen av brupilarer kan føre til en forstyrrelse av den stabile strømningsbildet som vil peke i retning av nødvendigheten av økte steindimensjoner i området rundt bruaksen. *Grunnforholdene i elva består i de øverste 5-6 m av varierende masser fra sandig silt til siltig leir. Leira har til dels stor skjærfasthet. Det er registrert et tynt kvikkleirelag i skråningsfoten på RiT-siden på kote –4. Deretter er det et sandlag/finsandlag til 19 m under elvebunnen.*

5 Hydraulisk modellering av bruprofilet

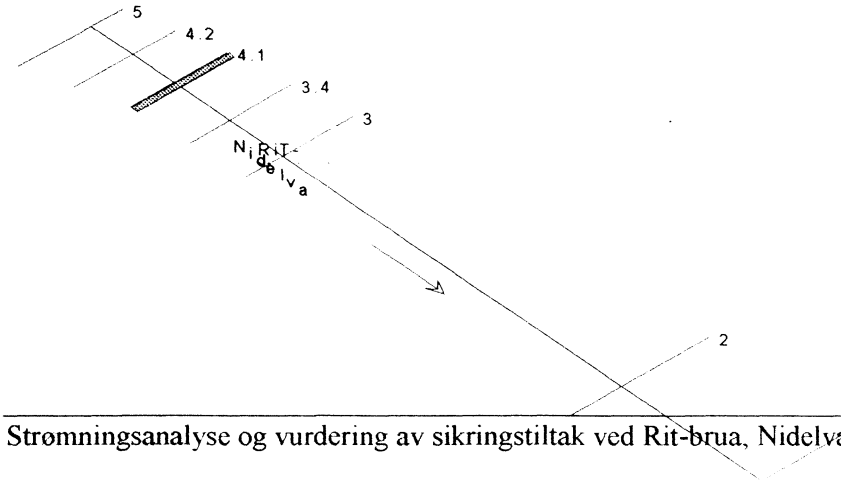
5.1 HEC-RAS

Dataprogrammet HEC-RAS er brukt å beregne de hydrauliske endringene i elva under anleggsfasen og for den permanente situasjonen med bru. Modellen er basert på en en-dimensjonal, stasjonær hydraulisk strømningsanalyse. Modellen kan beregne underkritisk, overkritisk og en kombinasjon av disse i en enkel kanal eller i et nettverk av kanaler. Den kan beregne frispeilstrømning og trykkstrømning gjennom bruer og for enkle eller sammensatte kulverter. Modellen er også i stand til å beregne kontraksjonserosjon, og erosjon rundt brupilarer og landkar.

5.2 Oppmåling

Det ble målt opp 4 profiler (se profil 1, 2, 3 og 5 på fig. 1 nedenfor) på den aktuelle elvestrekningen over en avstand på totalt ca 550 m. Det ble brukt geodimeter med høydereferanse i Trondheim kommunes høydesystem som har nullpunkt i middel lavvann. ***Se vedlegg 3 og 13-16.***

Til kalibrering av modellen ble det brukt tidligere oppmålte vannlinjer på både flo og fjære situasjoner utført av Trondheim Energiverk.



5.3 Modellering av brustedet

Til modellering av brustedet trenger modellen 4 profiler (*se figur 5.3.1*):

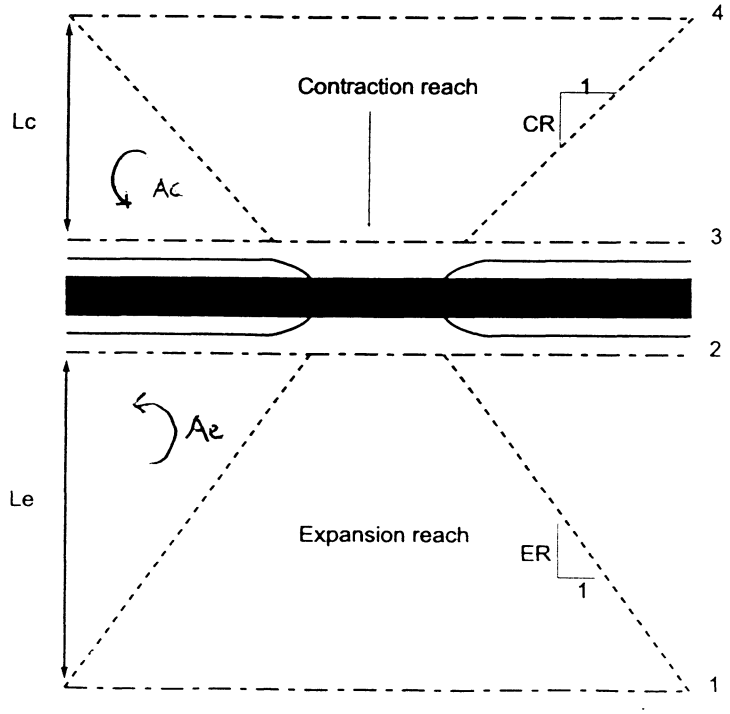
Profil 1 er plassert i enden av ekspansjonsområdet nedstrøms brua. Lengden Re ligger normalt innenfor en lengde på 1-2 ganger fyllingslengden.

Profil 2 er lokalisert rett nedstrøms brua og representerer det effektive strømningsarealet akkurat på utsiden av brua.

Profil 3 er plassert i kort avstand fra oppstrøms bruende, akkurat før den brå akselerasjonen fra strømmen starter.

Profil 4 er plassert på oppstrøms ende av brua hvor kontraksjonen starter. Kontraksjonslengden Lc er normalt kortere enn ekspansjonslengden Le. Normalt ligger lengden Lc på ca 1 ganger fyllingslengden.

I tillegg lager modellen to tverrprofil på innsiden av brukostruksjonen. Arealene Ae og Ac representerer områder som ikke aktivt deltar i hovedstrømningen, men som opptrer som lokale virvler (bakevjer) som kan forårsake lokal erosjon i bunn og sider.



Figur 5.3.1 Lokalisering av tverrprofil ved bruer

6 Resultater fra de hydrauliske modellsimuleringene

6.1 Anleggsfasen

Provisorisk anleggsfylling ved ny bru er kjørt med vannføringer opp mot 220 + 50 m^3/s (fjære) som for perioden november til april representerer en vannføring med statistisk gjentaksintervall på 20 år. Gjennomsnittlig normal vannføring ligger på ca 110 m^3/s for den samme perioden.

For situasjonen med den lengste fyllingen (ca 36 m), ble det med dimensjonerende vannføring på 270 m^3/s, beregnet en maksimal hastighetsøkning på ca 0.5 m/s (fra 1.5 m/s til 2.0 m/s). ***Se vedlegg 8 og 9.*** Denne hastighetsøkningen representerer i seg selv ingen direkte erosjonsfare. Størst fare under anleggsperioden vil derfor være lokale og generelle hastighetsendringer og økninger pga geometriske forstyrrelser av strømningsbildet. Dette gjelder lokalerosjon rundt fyllingståa, samt omkringliggende bunn og sider.

Det ble også vurdert å legge inn rør i fylligen for om mulig redusere effekten av de inneffektive strømningsareal på oppstrøms- og nedstrømsside av vegfyllingene. En slik løsning ble vurdert til å kunne gi større erosjonsproblem ved rørutløpet, slik at dette alternativet derfor ansees uaktuelt.

Nødvendig steinstørrelse ved plastring mot lokalerosjon får etter ligning 2.3.2 en d_{50} = ***0.25 m.*** I dette tallet er det antatt en økning i den totale skjærspenningen på 8 ganger normaltilstand, i tillegg til en sikkerhetsfaktor på 25 %.

Antatt gjennomsnittlig normal vannføring på 110 m^3/s (flo/fjære), for perioden november til april, er simulert for å se på normale vannstandssituasjoner under brubyggingen.

Vannstandene under bygging vil ved 110 m^3/s ligge på kote 1.2 m + ca 1.2 m ved flo, totalt varierende fra kote 1.2 til 2.4. ***Se vedlegg 10.***

6.2 Bruksfasen

Det er gjort beregninger for å sammenligne dagens situasjon med fremtidig situasjon med bru. Som dimensjonerende vannføring med ny bru er det valgt en vannføring med statistisk gjentaksintervall på ca 500 år. Dette tilsvarer en vannføring på 791 m^3/s.

Med ny bru ble det beregnet en maksimal hastighetsøkning på ca 0.5 m/s, fra 2.5 – 3.0 m/s. ***Se vedlegg 5 og 6.*** Ingen endring i strømningsbildet, hele tiden underkritisk strømning og dermed heller ingen oppstuvende effekt av pilarene. Maksimal erosjonsdybde rundt pilarene ble beregnet til ***2.75 m*** etter ligning 2.2.1. ***Se vedlegg 7.*** Minimum erosjonslengde nedstrøms er beregnet til ***L= 7.5 m*** etter ligning 2.2.2.

Nødvendig steinstørrelse ved plastring mot lokalerosjon rundt pilarer får etter ligning 2.3.1 en d_{50} = ***0.5 m.*** I dette tallet er det antatt en økning i den totale skjærspenningen på 8 ganger normaltilstand, i tillegg til en sikkerhetsfaktor på 25 %.

Middelflomvannføring Q = 393 m^3/s er simulert for å vurdere nødvendig høyde på aktuell sidesikring.

Ved middelflom vil vannstanden ligge på kote 2.5 + varierende floeffekt. ***Se vedlegg 11.***

7 Vurdering og planlegging av nødvendig plastring

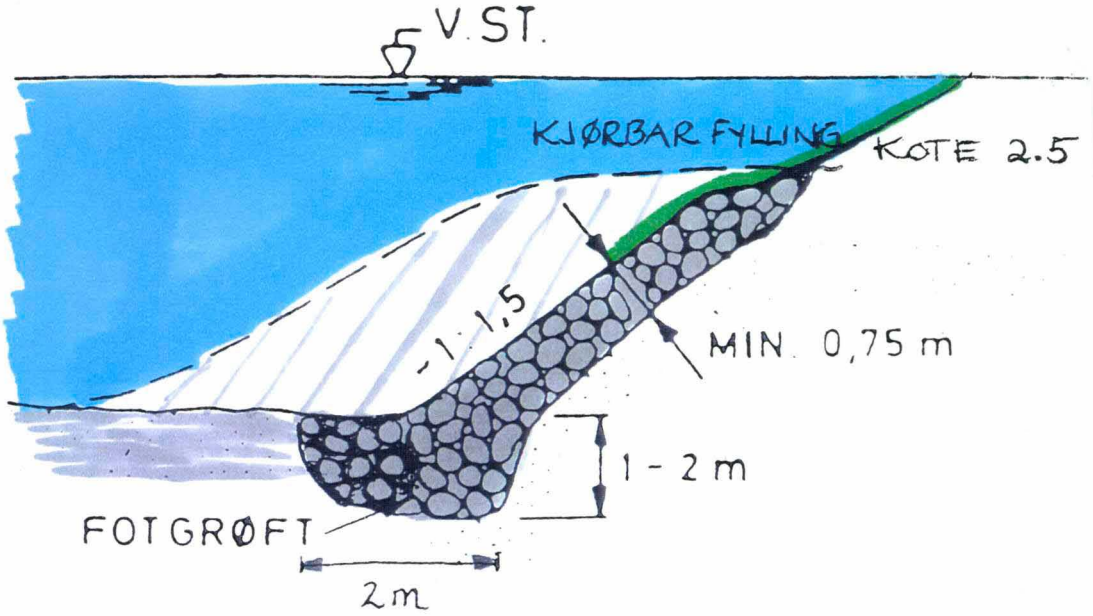
7.1 Anbefalt permanent plastring

Det anbefales ut fra ovenstående beregninger å legge et steinbelte på tvers av hele bruaksen for å sikre et stabilt bruprofil. Anbefalt bredde er vurdert til min 19 m, fordelt på 9 m nedstrøms pilaren og 6 m oppstrøms, i tillegg til pilarbredden på ca 4 m. Anbefalt steinstørrelse er $d_{50} = 0.5$ m. Steinbeltet bør bygges opp av samfengt sprengt stein gradert med steinstørrelser fra 0 – 0.8 m. Ved bruk av ensgraderte masser, må filterlag legges mot underlagsmassene. Steinbeltet bør ha en tykkelse på min 1 m og må legges under eksisterende bunn. Eksisterende dekklag skal tilbakeføres over sikringslaget for å redusere uheldige virkninger pga endret bunnsubstrat.

Overgangen mellom ny og gammel bunn må gjøres så jevn som mulig for å unngå erosjon nedstrøms sikringslaget. Steinbeltet fundamenteres i en fotgrøft nedstrøms, jf. sidesikringen.

I tillegg bør tilgrensende sideskråninger sikres mot erosjon og undergraving i en lengde på minimum 20 m oppstrøms og 20 m nedstrøms senterlinjen for ny bru. Sikringslaget kjøres ut i foten av skråningen som kjørbar fylling, med tilrettelegging av steinene i etterkant. Tilretteleggingen av steinen bør foregå ***mot*** strømmen. De største steinene plasseres i foten av forbygningen, med avtagende størrelser mot toppen. Anbefalt sikringsnivå kote 2.5 (middelflom). Øverste del av plastringen påføres et min 0.25 m tykt lag med tilgroingsmasser og beplantes eller tilsåes. ***Se figur 7.1.1.***

Samme type steinmasse som for bunnsikringen kan brukes i sideskråningene, men filterkravene ved overgang fra fine grunnmasser til grovere må følges opp. Nødvendig steinstørrelse for sideskråningene ligger på $d_{50} = 0.25$ m.



Figur 7.1.1 Prinsippskisse erosjonssikring

7.2 Anbefalt erosjonssikring under anleggsperioden

Fyllingene brukt til anleggsvei i elva bør bygges opp av masser med samme steinstørrelse som anbefales brukt til erosjonssikringen. På den måten kan massene fra anleggsveien benyttes i den permanente bunn- og sidesikringen.

Støpekassen til pilarene må gis en mer avrundet form for å redusere turbulens og lokalerosjon. Dette kan gjøres med en steinplastring rundt kassen. Videre bør bunnen rundt veifyllingene erosjonssikres med et steinlag i ca 6 m horisontal lengde og med minimum 0.7 m tykkelse. Dette sikringslaget er bare nødvendig dersom det tversgående steinbeltet ikke er lagt på forhånd. Selve fyllingen bør bygges vinkelrett på strømmen og med konstant bredde. Dette for å hindre at retningen på hovedstrømmen endres for mye.

7.3 Anbefalt rekkefølge på erosjonssikringsarbeidet

1. Sidesikringen på begges sider av elva bygges først. Under anleggstiden kan fyllingene ligge kjørbar, slik at området er lett tilgjengelig ved behov for ytterligere erosjonstiltak.

2. Det tversgående steinbeltet legges før anleggsfyllingene, dersom det er praktisk mulig.

3. Anleggsveien med evt. tilhørende erosjonssikring.

8 Vurdering av nødvendig fyllingshøyde på adkomstveg til pilarer

Anleggsveien er vurdert å ha tilstrekkelig høyde mtp på overtopping. I normale tilfeller vil fyllingen ligge tørr på toppen, ved ekstreme flotilfeller kan deler av fyllingen bli satt under vann. Støpekassen forblir tørr. Overtopping ved flo utgjør imidlertid ingen økte erosjonsproblem eller fare for selve konstruksjonen.

9 Vurdering av nødvendige beredskapstiltak under utførelse

Det bør før anleggsstart opprettes kontakt med Trondheim Energiverk for daglig informasjon om vannføringsutviklingen i elva. TEV mottar flomvarsling fra NVE. Et samarbeid med TEV kan også gi mulighet for redusert vannføring i perioder der dette er nødvendig for å sikre gjennomføring av ulike anleggsarbeid.

Området bør holdes under oppsikt i anleggsperioden for å kunne fange opp evt. uheldige endringer i strømningsbildet som kan føre til økt erosjonsfare. Et lokalt dybdekart av elvebunn og sider i plastringsområdet rundt brua bør lages på forhånd for å kunne dokumentere før og etter situasjoner dersom det skulle oppstå uventede problem. Sikkerhetsrutiner med dybdemåling etter belastede situasjoner bør gjennomføres. Ved usikkerhet omkring en evt. uheldig strømningsutvikling, bør fagfolk kontaktes.

10 Referanseliste

1. Sediment transport technology, water and sediment dynamics - Daryl B. Simons og Fuat Sentürk

2. Bruk av buner som erosjonsbeskyttelse i elver – SINTEF Rapport STF60 F89084

3. Open-channel hydraulics – Richard H. French

4. Vassdragshåndboka – NVE

5. HEC-RAS manualer

6. Assessing infrastructure vulnerability to majord floods – Lars Jenssen

7. Lokalerosjon – EEU kurs i hydromekanikk i praksis av Dagfinn K. Lysne

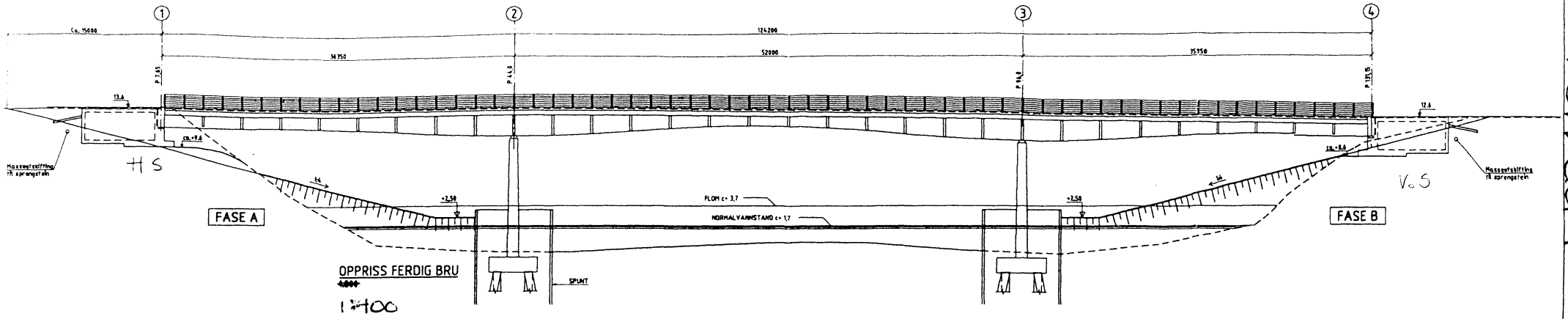
8. Scour near pipes – H.W. Shen

9. Grunnundersøkelser datarapport RiT-brua – Statens vegvesen Laboratorieseksjonen

11 Vedlegg

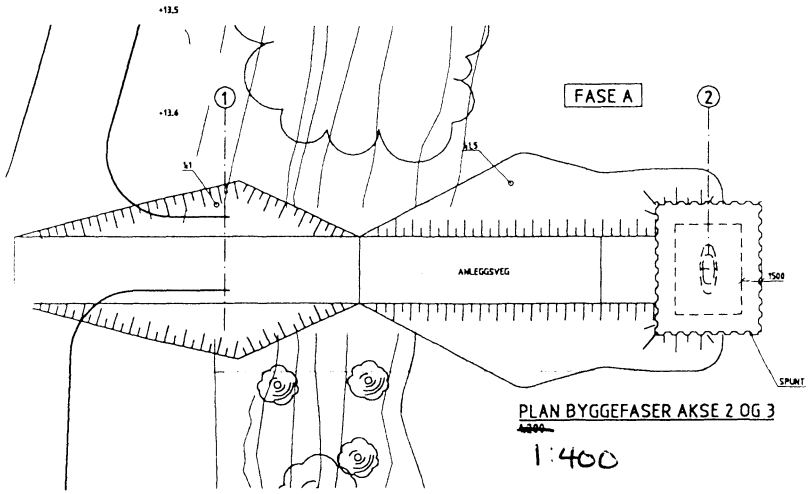
1. Prosjekttegninger
2. Prosjekttegninger
3. Tverrprofildata fra oppmåling med geodimeter
4. Tabell og figurer over korreksjonsfaktorer og angrepsvinkel mot strømmen
5. Tabell og figur av simulerte tverrprofil uten bru Q = 791 m^3/s
6. Tabell og figur av simulerte tverrprofil med bru Q = 791 m^3/s
7. Tabell over maksimal erosjon ved brupilarer Q = 791 m^3/s
8. Tabell og figur av simulerte tverrprofil uten fylling Q = 270 m^3/s
9. Tabell og figur av simulerte tverrprofil med fylling Q = 270 m^3/s
10. Figur av simulert tverrprofil med normal vintervannføring Q = 110 m^3/s
11. Figur av simulert tverrprofil med middelflomvannføring Q = 400 m^3/s
12. 3-dimensjonalt bilde av hele kanaltraseen med bru ved Q = 791 m^3/s
13. Kart med inntegnet tverrprofil
14. Tverrprofil 1 og 2
15. Tverrprofil 3 og 4
16. Tverrprofil 5

VEDLEGG 1



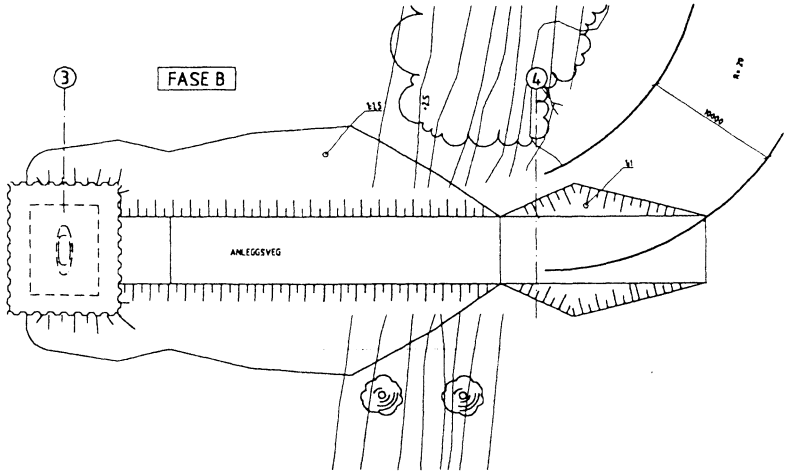
OPPRISS FERDIG BRU

1:400



PLAN BYGGEFASER AKSE 2 OG 3

1:400



ANMERKNINGER:

FASE A OG FASE B KAN IKKE UTFØRES SAMTIDIG.
PELE-, FUNDAMENT- OG SØYLEARBEIDER UTFØRES TØRT I SPUNTET BYGGEGROP

HENVISNINGER:

OVERSIKT SE TEGN. NR. 101

FORMINSKET 70%

REVISJON	REVISJONENS ART.	DATO	STEM.
01	FORPROSJEKT	26.06.98	

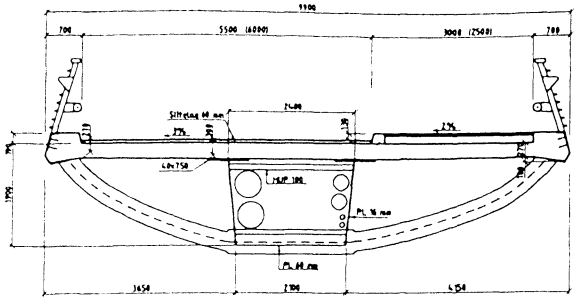
RIT BRUA
FASEPLANER

MÅLT: 1:200
TEGN.: 05.06.98
KONTR.:
PROSJ. NR.: TEGN. NR.:

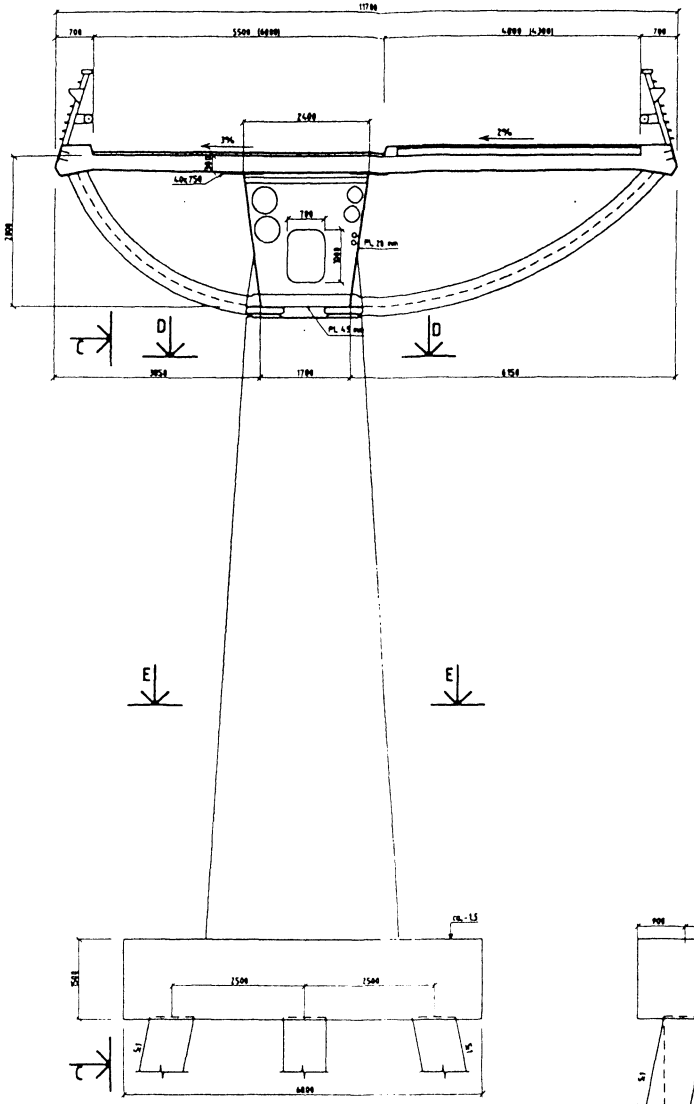
INSTANES I

3550 - 104-01

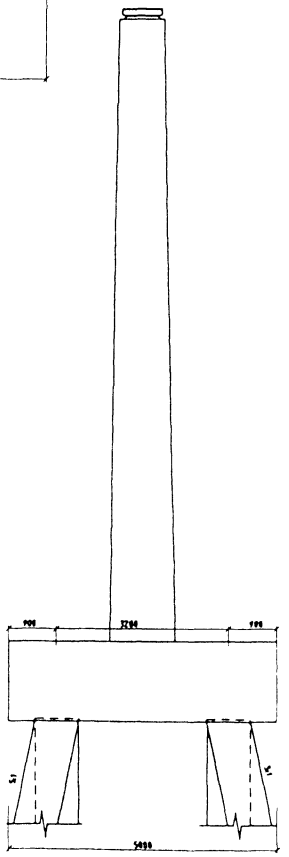
VEDLEGG 2



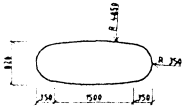
SNITT A-A
1:50
TALL I PARENTES
GJELDER BYGGEPERIODE RIT



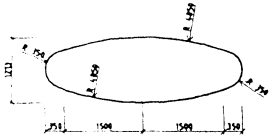
SNITT B-B
1:50
TALL I PARENTES
GJELDER BYGGEPERIODE RIT



SNITT C-C
1:50



SNITT D-D
1:50



SNITT E-E
1:50

ANMERKNINGER:

PELER: STÅLRØRSPELER ø800 TIL KOTE -35
BÆREEVNE 2800kN
UTSTØPES I ØVRE DEL

HENVISNINGER:

OVERSIKT SE TEGN. NR. 101

FORMINSKET 70%

REVISJON	REVISJONENS ART.	DATO	SIGN.
01	FORPROSJEKT	29.06.88	

RIT BRUA
TVERRSNITT

MÅL: 1:50
TEGN.:
KONTR.:
PROSJ. NR. TEGN. NR.

INSTANES I

3550 - 102-01

VEDLEGG 3 1/5

Ortogonal utsetting

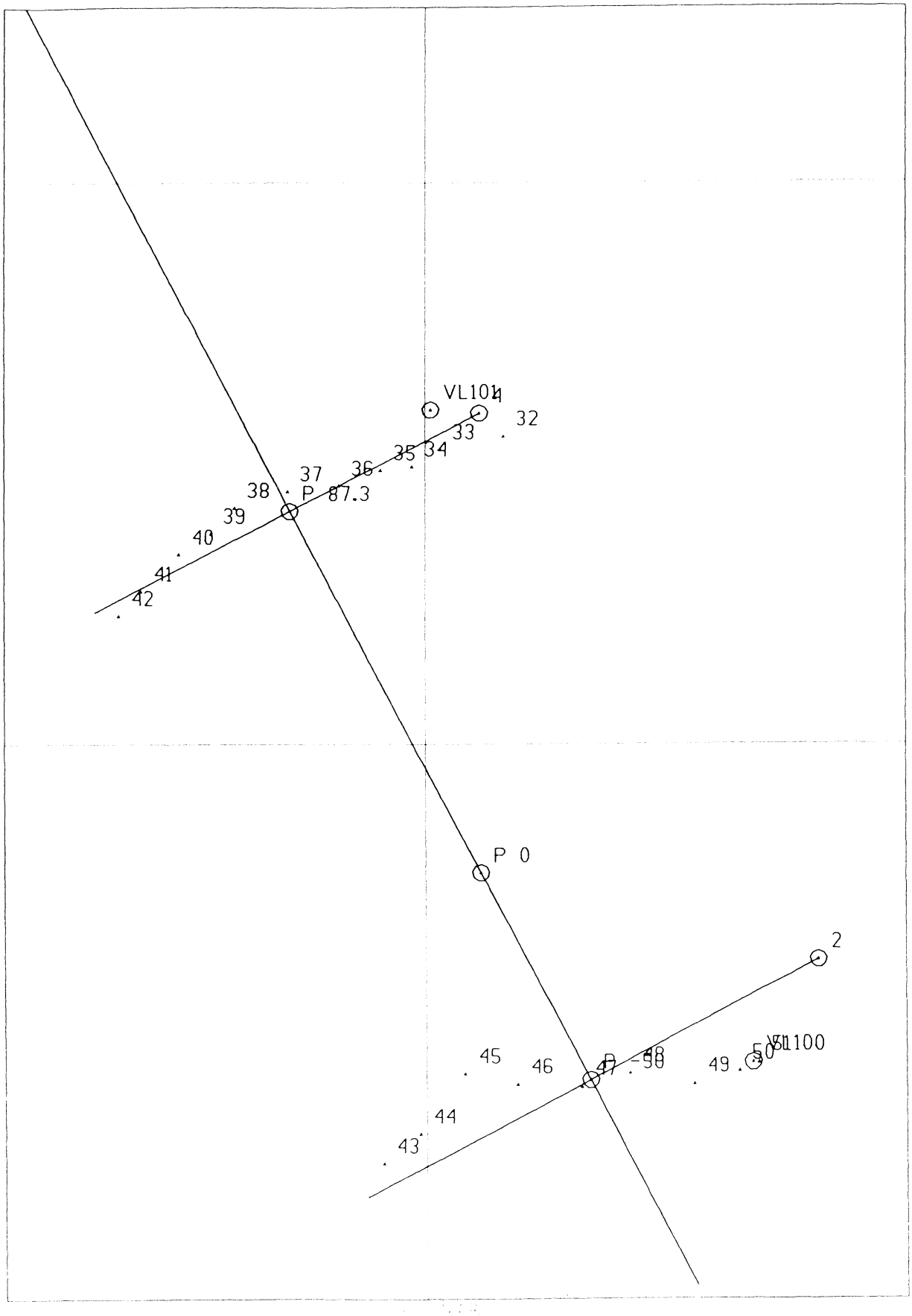
		X	Y	H
PEL	P 0	603812.250	-16668.229	
PEL	P 419.7	604184.125	-16862.725	

Punktnavn		Avstand	Utmål	X	Y	H
---	---	---	---	---	---	---
FM	3011	350.075	-107.735	604172.390	-16735.007	12.347
—	3010	448.879	-90.496	604251.953	-16796.074	10.018
HJELPEPKT	HP1	362.242	-100.188	604179.674	-16747.333	12.421
	HP2	377.433	-98.494	604192.350	-16755.875	11.643
	HP3	376.698	-69.262	604178.151	-16781.437	10.595
OPPST.	HP5	369.738	-47.007	604161.669	-16797.932	2.865
	1	419.706	-42.963	604204.073	-16824.674	1.773
	2	420.995	-27.027	604197.830	-16839.392	-1.137
	3	419.835	-19.349	604193.243	-16845.658	-0.433
	4	421.281	-12.344	604191.278	-16852.536	0.160
	5	422.056	-2.087	604187.211	-16861.984	0.847
	6	418.772	5.080	604180.979	-16866.813	0.841
PEL	7	419.934	9.867	604179.791	-16871.593	0.844
419,7	8	421.885	13.103	604180.020	-16875.365	0.671
	9	420.465	16.331	604177.266	-16877.567	0.784
	10	420.145	23.101	604173.844	-16883.418	1.591
	11	419.336	38.302	604166.082	-16896.513	1.627
	12	417.824	43.977	604162.112	-16900.841	1.299
	13	419.742	54.651	604158.865	-16911.188	1.064
	14	419.212	63.943	604154.089	-16919.176	1.038
	15	422.631	68.873	604154.834	-16925.130	1.060
	16	421.693	75.177	604151.081	-16930.281	1.139
	17	417.537	81.075	604144.665	-16933.582	1.209
	18	414.489	84.890	604140.196	-16935.549	2.201
	19	320.544	71.207	604063.291	-16879.885	1.924
	20	317.336	58.330	604066.416	-16866.988	0.678
	21	324.111	46.539	604077.884	-16859.680	1.202
	22	329.105	35.556	604087.399	-16852.261	1.202
	23	324.641	26.443	604087.667	-16842.118	1.380
	24	323.744	14.522	604092.397	-16831.138	1.622
P	25	326.190	7.911	604097.628	-16826.414	0.705
	26	323.102	-5.715	604101.207	-16812.908	-0.668
322,6	27	323.937	-17.953	604107.619	-16802.451	0.198
	28	320.553	-28.337	604109.433	-16791.681	0.248
	29	320.910	-39.264	604114.813	-16782.164	0.989
	30	320.350	-45.284	604117.107	-16776.570	1.143
	31	324.395	-53.227	604124.373	-16771.406	2.218
	32	80.563	-47.560	603905.681	-16663.422	0.807
	33	84.302	-34.369	603902.881	-16676.844	0.286
	34	83.840	-27.462	603899.270	-16682.750	0.008
P	35	86.156	-21.182	603898.412	-16689.389	-0.036
87,5	36	87.320	-11.705	603895.051	-16698.326	0.969
	37	91.333	-1.527	603893.890	-16709.205	0.678
	38	93.340	10.095	603890.282	-16720.433	0.751
	39	90.855	17.140	603884.815	-16725.524	0.512
	40	90.075	25.167	603880.404	-16732.276	0.774
	41	86.828	35.963	603872.523	-16740.338	0.851

VEDLEGG 3 2/5

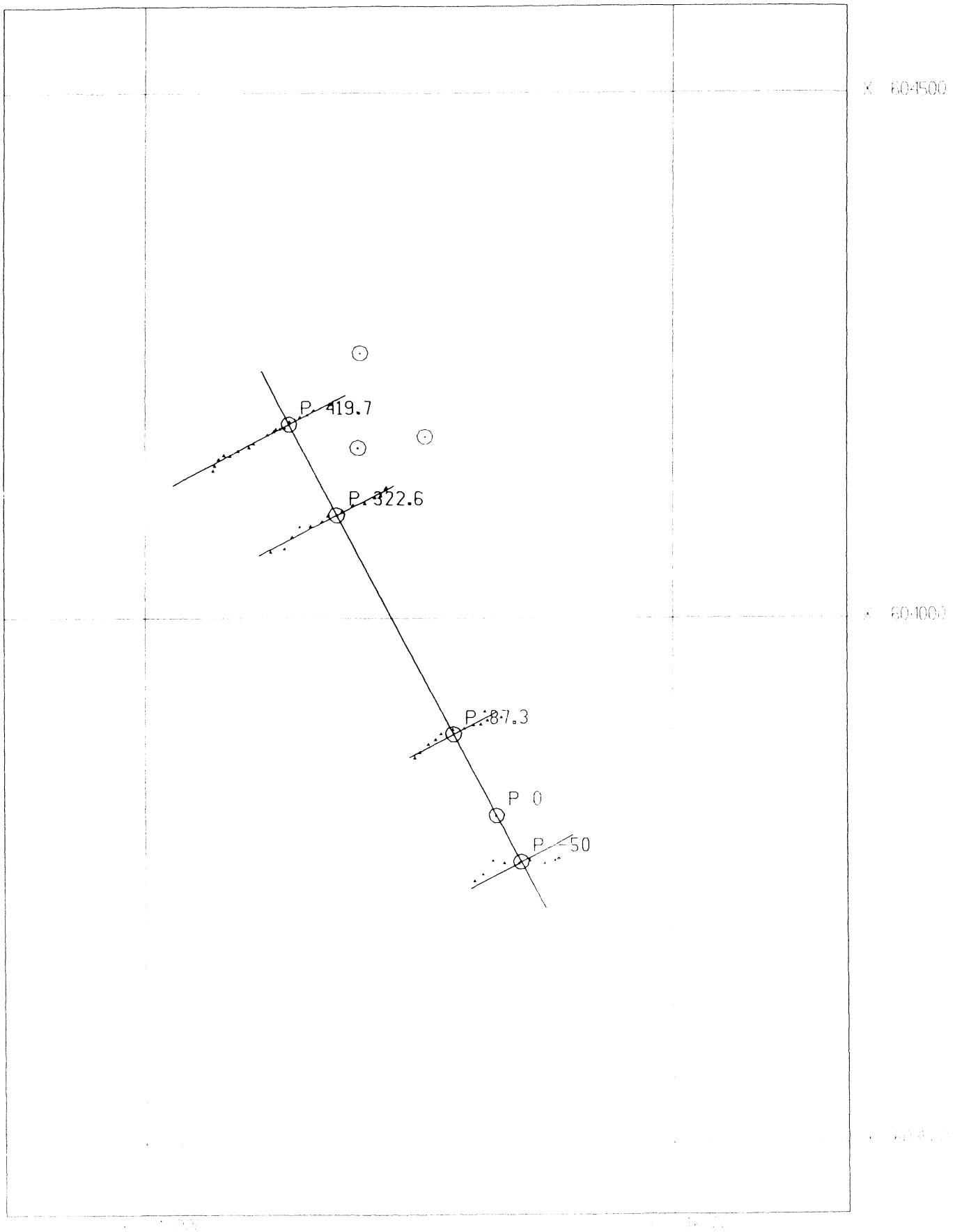
	42	84.355	42.550	603867.279	-16745.028	2.295
	43	-45.213	47.233	603750.295	-16689.129	0.851
	44	-43.233	37.397	603756.608	-16681.331	-0.686
PEL	45	-36.383	22.983	603769.358	-16671.733	0.386
	46	-43.518	14.232	603767.092	-16660.672	0.803
÷50	47	-50.288	2.287	603766.629	-16646.949	0.646
	48	-52.583	-8.115	603769.416	-16636.668	0.795
	49	-61.088	-19.418	603767.118	-16622.711	1.021
	50	-63.145	-29.211	603769.834	-16613.080	1.127
	51	-63.555	-33.668	603771.536	-16608.940	1.402
Usikr	VL100	-62.893	-32.661	603771.656	-16610.139	2.994
	VL101	92.701	-36.517	603911.319	-16678.833	2.958
	VL102	324.174	-52.212	604123.706	-16772.203	2.930
	VL103	418.182	-44.886	604203.614	-16822.263	2.925
PEL	P -50	-50.008	0.000	603767.938	-16645.051	
PEL	P 87.3	87.320	0.000	603889.625	-16708.701	
PEL	P 0	0.000	0.000	603812.250	-16668.229	
PEL	P 322.6	322.605	0.000	604098.125	-16817.729	
PEL	P 419.7	419.665	0.000	604184.125	-16862.725	

VEDLEGG 3 3/5



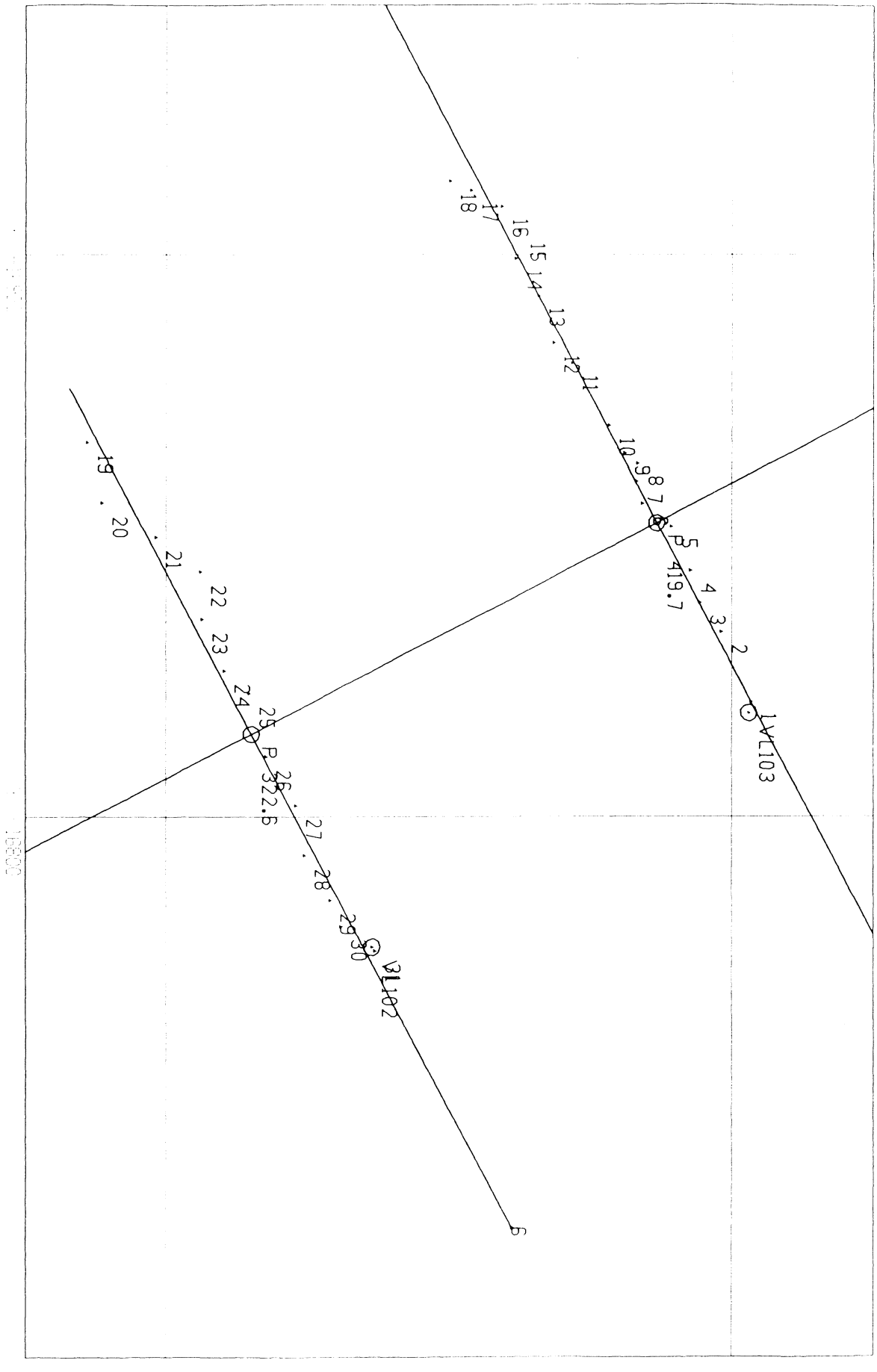
Oppm. Nidelva 140798
NVE VRM vop
1 : 1200

VEDLEGG 3 4/5



Oppm. Nidelva 140798
NVE VRM vop
1 : 5000

VEDLEGG 3 5/5



Oppm. Nidelva 140798
NVE VRM vop
1 : 1200

VEDLEGG 4

V_1 is the velocity upstream of pier, and

Y_1 is the depth upstream of pier.

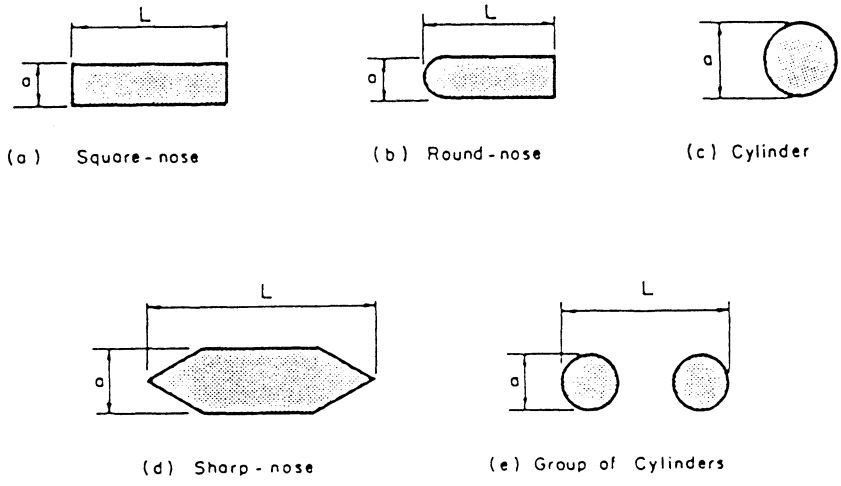


Fig. 10.16 Common pier shapes.

TABLE 10.4
K_1 FOR PIER TYPE, AND CORRECTION FACTOR K_2 FOR ANGLE OF ATTACK OF THE FLOW

K_1 for pier type			Correction factor, K_2			
	Type of pier	K_1	Angle	$L/a = 4$	$L/a = 8$	$L/a = 12$
(a)	Square nose	1.1	0	1.0	1.0	1.0
(b)	Round nose	1.0	15	1.5	2.0	2.5
(c)	Circular Cylinder	1.0	30	2.0	2.5	3.5
(d)	Sharp nose	0.9	45	2.3	3.3	4.3
(e)	Group of cylinders	1.0	90	2.5	3.9	5.0

where Angle is the skew angle of flow, and
L is the length of pier.

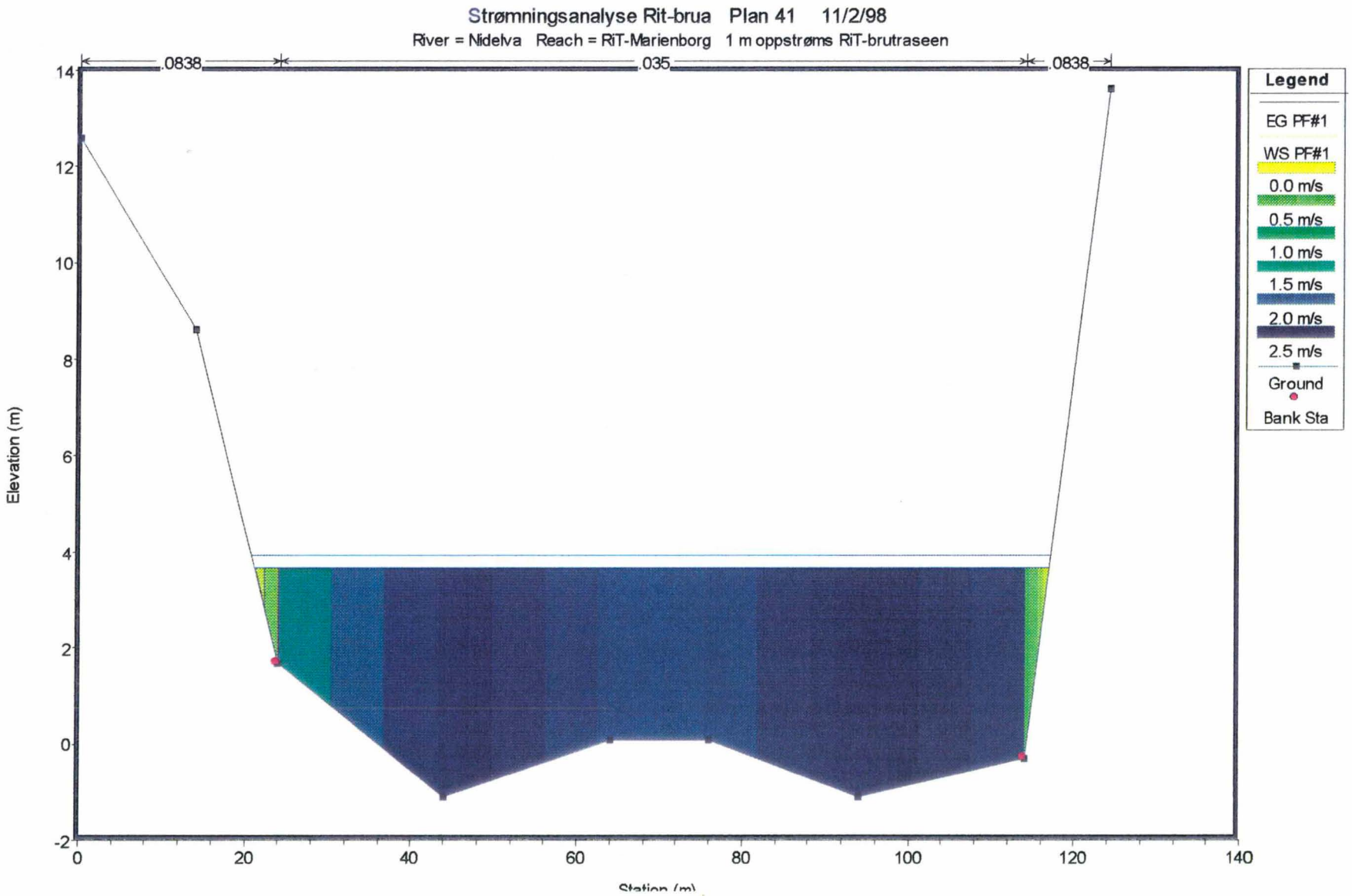
HEC-RAS Plan: Plan 41 River: Nidelva Reach: RiT-Marienborg

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
RiT-Marienborg	5	792.00	-1.56	3.73		4.00	0.001044	2.32	359.44	97.50	0.37	40.87	17.73	12.99
RiT-Marienborg	4.7*	792.00	-1.41	3.74		3.97	0.000816	2.14	383.64	96.56	0.33	34.03	11.44	10.52
RiT-Marienborg	4.4*	792.00	-1.25	3.73		3.95	0.000791	2.11	386.47	96.04	0.33	32.89	8.71	10.03
RiT-Marienborg	4.1	792.00	-1.10	3.69		3.93	0.000951	2.21	366.26	95.80	0.35	36.94	7.62	11.00
RiT-Marienborg	4	792.00	-1.10	3.68		3.93	0.000955	2.21	365.80	95.79	0.35	37.04	7.63	11.03
RiT-Marienborg	3.75*	792.00	-1.05	3.67		3.91	0.000948	2.20	368.18	97.26	0.35	36.70	8.04	11.45
RiT-Marienborg	3.5*	792.00	-1.01	3.65		3.89	0.000958	2.20	368.64	98.73	0.35	36.81	8.59	11.56
RiT-Marienborg	3.25*	792.00	-0.96	3.63		3.87	0.000986	2.21	367.04	100.20	0.36	37.39	9.29	11.47
RiT-Marienborg	3	792.00	-0.91	3.60		3.86	0.001035	2.23	363.45	101.72	0.37	38.47	10.18	11.24
RiT-Marienborg	2.91666*	792.00	-0.96	3.59		3.83	0.000992	2.18	372.55	104.84	0.36	36.60	9.85	10.24
RiT-Marienborg	2.83333*	792.00	-1.01	3.58		3.81	0.000955	2.12	381.41	107.97	0.35	34.92	9.57	9.35
RiT-Marienborg	2.75*	792.00	-1.07	3.57		3.79	0.000920	2.07	390.08	111.10	0.34	33.39	9.31	8.51
RiT-Marienborg	2.66666*	792.00	-1.12	3.56		3.77	0.000890	2.03	398.53	114.23	0.34	32.01	9.09	7.75
RiT-Marienborg	2.58333*	792.00	-1.17	3.55		3.75	0.000862	1.98	406.83	117.36	0.33	30.75	8.88	7.05
RiT-Marienborg	2.5*	792.00	-1.23	3.54		3.73	0.000837	1.94	414.86	120.49	0.33	29.60	8.70	6.40
RiT-Marienborg	2.41666*	792.00	-1.28	3.53		3.71	0.000815	1.91	422.81	123.63	0.32	28.54	8.55	5.80
RiT-Marienborg	2.33333*	792.00	-1.33	3.51		3.69	0.000794	1.87	430.47	126.76	0.32	27.57	8.40	5.23
RiT-Marienborg	2.25*	792.00	-1.38	3.50		3.67	0.000777	1.84	437.85	129.90	0.31	26.70	8.29	4.71
RiT-Marienborg	2.16666*	792.00	-1.44	3.49		3.66	0.000760	1.81	445.21	133.04	0.31	25.87	8.18	4.20
RiT-Marienborg	2.08333*	792.00	-1.49	3.48		3.64	0.000745	1.78	452.26	136.19	0.31	25.13	8.09	3.73
RiT-Marienborg	2	792.00	-1.54	3.47		3.63	0.000731	1.75	459.16	139.33	0.30	24.43	8.02	3.28
RiT-Marienborg	1.8*	792.00	-1.63	3.45		3.61	0.000747	1.76	453.86	138.13	0.30	24.79	5.69	3.68
RiT-Marienborg	1.6*	792.00	-1.73	3.44		3.60	0.000764	1.77	449.68	136.93	0.31	25.13	3.26	4.10
RiT-Marienborg	1.4*	792.00	-1.82	3.42		3.58	0.000783	1.78	446.58	135.74	0.31	25.48	0.72	4.55
RiT-Marienborg	1.2*	792.00	-1.92	3.40		3.57	0.000793	1.79	444.53	134.88	0.31	25.76		4.97
RiT-Marienborg	1	792.00	-2.01	3.39	1.55	3.55	0.000800	1.79	443.16	134.51	0.31	25.96		5.37

VEDLEGG 5 1/2

Vedlegg 5. 2/2

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet uten bru Q = 791 m^3/s.



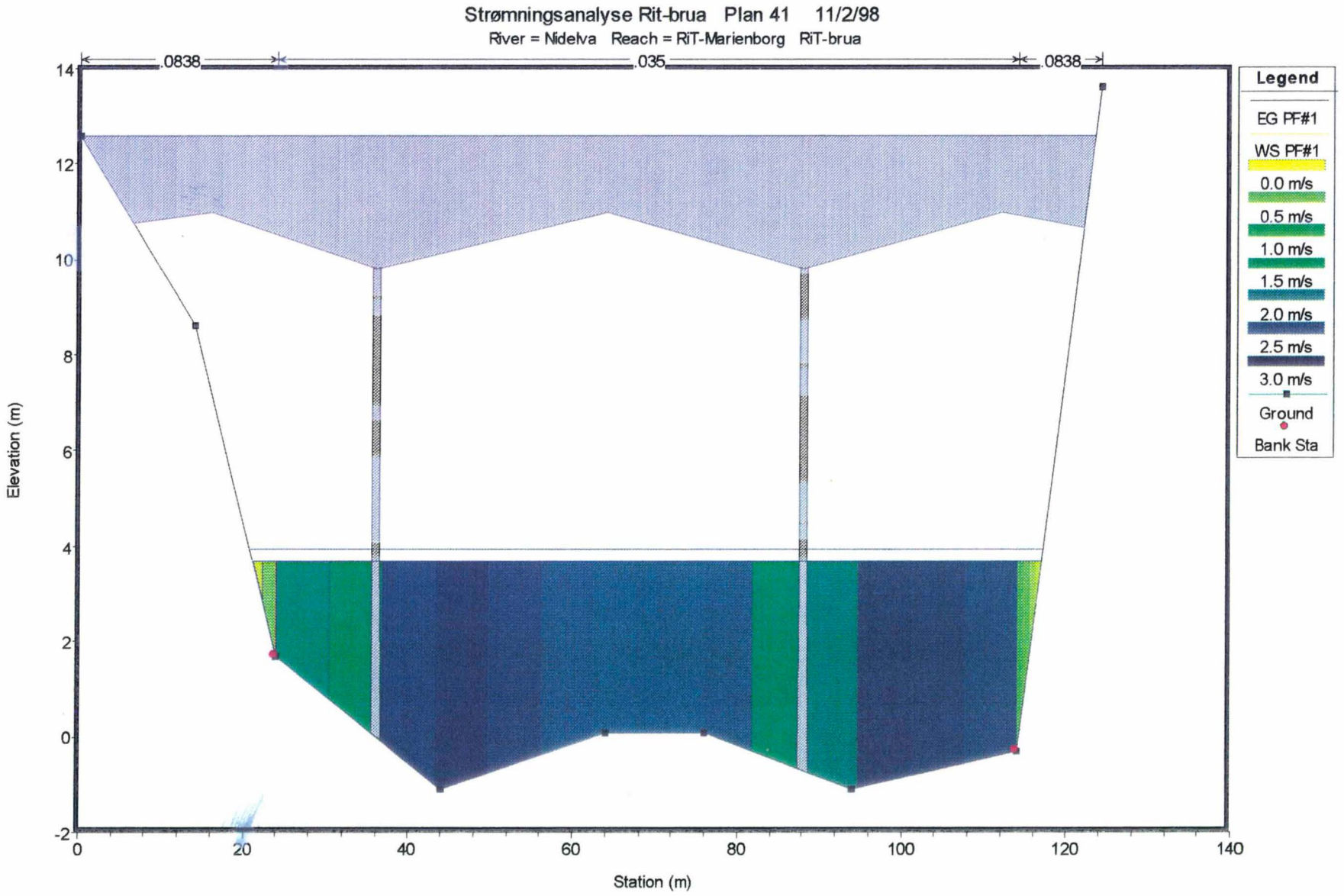
HEC-RAS Plan: Plan 41 River: Nidelva Reach: RiT-Marienborg

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
RiT-Marienborg	5	792.00	-1.56	3.74		4.01	0.001038	2.32	360.13	97.52	0.37	40.69	17.66	12.94
RiT-Marienborg	4.7*	792.00	-1.41	3.75		3.98	0.000812	2.14	384.33	96.59	0.33	33.89	11.40	10.48
RiT-Marienborg	4.4*	792.00	-1.25	3.74		3.96	0.000787	2.10	387.16	96.05	0.33	32.76	8.69	9.99
RiT-Marienborg	4.1	792.00	-1.10	3.69	1.69	3.94	0.000945	2.20	366.97	95.82	0.35	36.78	7.60	10.95
RiT-Marienborg	4.05	Bridge												
RiT-Marienborg	4	792.00	-1.10	3.68		3.93	0.000955	2.21	365.80	95.79	0.35	37.04	7.63	11.03
RiT-Marienborg	3.75*	792.00	-1.05	3.67		3.91	0.000948	2.20	368.18	97.26	0.35	36.70	8.04	11.45
RiT-Marienborg	3.5*	792.00	-1.01	3.65		3.89	0.000958	2.20	368.64	98.73	0.35	36.81	8.59	11.56
RiT-Marienborg	3.25*	792.00	-0.96	3.63		3.87	0.000986	2.21	367.04	100.20	0.36	37.39	9.29	11.47
RiT-Marienborg	3	792.00	-0.91	3.60		3.86	0.001035	2.23	363.45	101.72	0.37	38.47	10.18	11.24
RiT-Marienborg	2.91666*	792.00	-0.96	3.59		3.83	0.000992	2.18	372.55	104.84	0.36	36.60	9.85	10.24
RiT-Marienborg	2.83333*	792.00	-1.01	3.58		3.81	0.000955	2.12	381.41	107.97	0.35	34.92	9.57	9.35
RiT-Marienborg	2.75*	792.00	-1.07	3.57		3.79	0.000920	2.07	390.08	111.10	0.34	33.39	9.31	8.51
RiT-Marienborg	2.66666*	792.00	-1.12	3.56		3.77	0.000890	2.03	398.53	114.23	0.34	32.01	9.09	7.75
RiT-Marienborg	2.58333*	792.00	-1.17	3.55		3.75	0.000862	1.98	406.83	117.36	0.33	30.75	8.88	7.05
RiT-Marienborg	2.5*	792.00	-1.23	3.54		3.73	0.000837	1.94	414.86	120.49	0.33	29.60	8.70	6.40
RiT-Marienborg	2.41666*	792.00	-1.28	3.53		3.71	0.000815	1.91	422.81	123.63	0.32	28.54	8.55	5.80
RiT-Marienborg	2.33333*	792.00	-1.33	3.51		3.69	0.000794	1.87	430.47	126.76	0.32	27.57	8.40	5.23
RiT-Marienborg	2.25*	792.00	-1.38	3.50		3.67	0.000777	1.84	437.85	129.90	0.31	26.70	8.29	4.71
RiT-Marienborg	2.16666*	792.00	-1.44	3.49		3.66	0.000760	1.81	445.21	133.04	0.31	25.87	8.18	4.20
RiT-Marienborg	2.08333*	792.00	-1.49	3.48		3.64	0.000745	1.78	452.26	136.19	0.31	25.13	8.09	3.73
RiT-Marienborg	2	792.00	-1.54	3.47		3.63	0.000731	1.75	459.16	139.33	0.30	24.43	8.02	3.28
RiT-Marienborg	1.8*	792.00	-1.63	3.45		3.61	0.000747	1.76	453.86	138.13	0.30	24.79	5.69	3.68
RiT-Marienborg	1.6*	792.00	-1.73	3.44		3.60	0.000764	1.77	449.68	136.93	0.31	25.13	3.26	4.10
RiT-Marienborg	1.4*	792.00	-1.82	3.42		3.58	0.000783	1.78	446.58	135.74	0.31	25.48	0.72	4.55
RiT-Marienborg	1.2*	792.00	-1.92	3.40		3.57	0.000793	1.79	444.53	134.88	0.31	25.76		4.97
RiT-Marienborg	1	792.00	-2.01	3.39	1.55	3.55	0.000800	1.79	443.16	134.51	0.31	25.96		5.37

VEDLEGG 6. 1/2

Vedlegg 6. 2/2

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet med bru Q = 791 m^3/s.



VEDLEGG 7

Pier Scour

All piers have the same scour depth

Input Data

Pier Shape:	Round nose
Pier Width (m):	1.22
Grain Size D50 (m):	0.10000
Depth Upstream (m):	4.64
Velocity Upstream (m/s):	2.41
K1 Nose Shape:	1.00
Pier Angle:	0.00
Pier Length (m):	3.70
K2 Angle Coef:	1.00
K3 Bed Cond Coef:	1.10
Grain Size D90 (m):	0.25000
K4 Armouring Coef:	1.00

Results

Scour Depth Ys (m):	2.75
Froude #:	0.36
Equation:	CSU equation

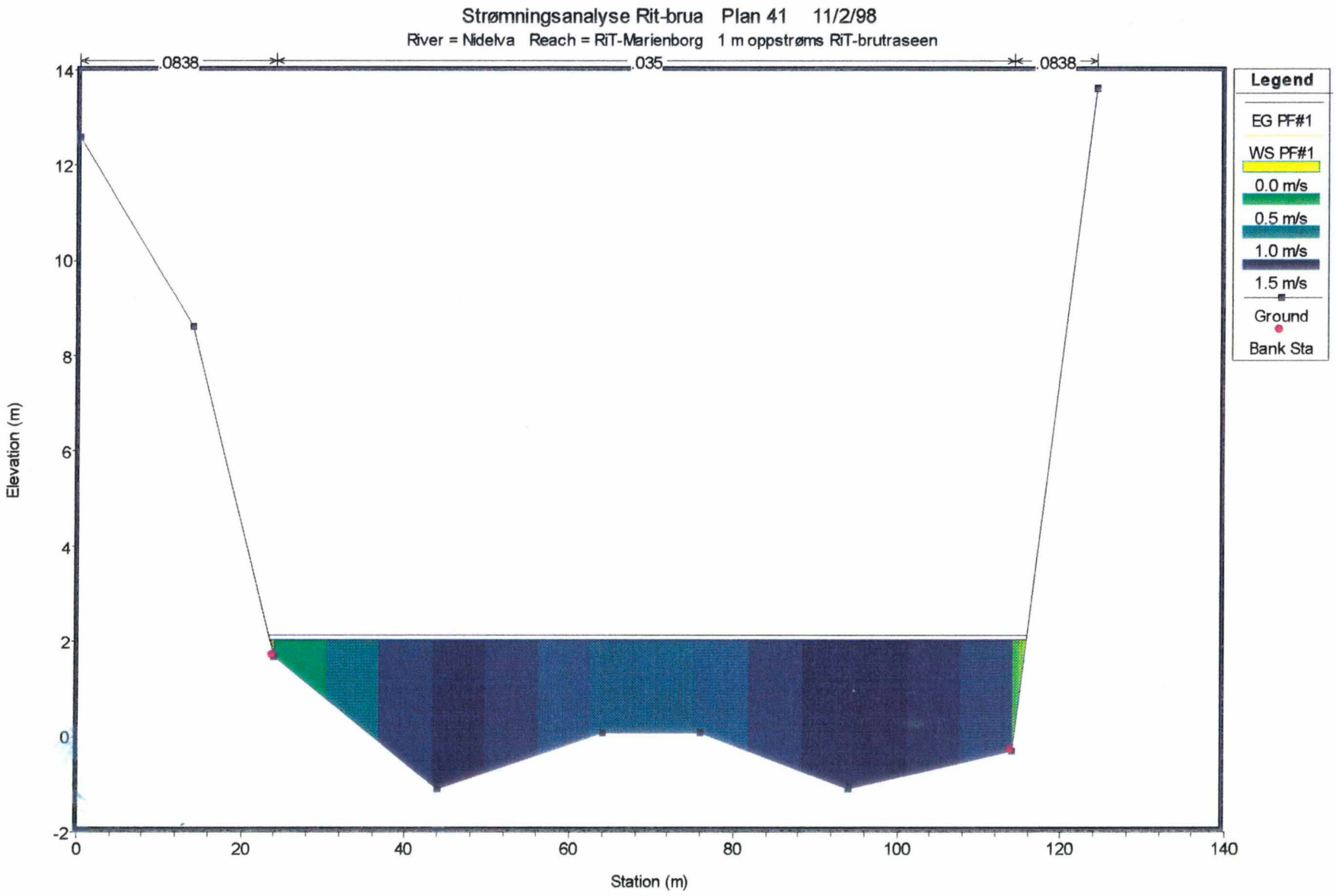
VEDLEGG 8 1/2

HEC-RAS Plan: Qmid River: Nidelva Reach: RiT-Marienborg

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
RiT-Marienborg	5	270.00	-1.56	2.07		2.17	0.000733	1.36	203.36	91.03	0.28	16.81	6.95	4.17
RiT-Marienborg	4.7*	270.00	-1.41	2.08		2.15	0.000499	1.20	227.59	91.15	0.24	12.69	3.34	3.27
RiT-Marienborg	4.4*	270.00	-1.25	2.07		2.14	0.000483	1.18	230.76	91.57	0.23	12.23	1.92	3.37
RiT-Marienborg	4.1	270.00	-1.10	2.04		2.13	0.000659	1.29	211.73	92.22	0.27	14.99	0.91	4.47
RiT-Marienborg	4	270.00	-1.10	2.04		2.12	0.000662	1.29	211.42	92.21	0.27	15.04	0.90	4.49
RiT-Marienborg	3.75*	270.00	-1.05	2.03		2.11	0.000658	1.28	212.26	93.11	0.27	14.92	1.08	4.39
RiT-Marienborg	3.5*	270.00	-1.01	2.01		2.10	0.000672	1.29	211.28	93.94	0.27	15.10	1.31	4.13
RiT-Marienborg	3.25*	270.00	-0.96	2.00		2.09	0.000709	1.30	208.41	94.70	0.28	15.59	1.58	3.76
RiT-Marienborg	3	270.00	-0.91	1.98		2.07	0.000770	1.33	203.69	95.40	0.29	16.45	1.92	3.27
RiT-Marienborg	2.91666*	270.00	-0.96	1.97		2.06	0.000755	1.31	207.56	98.52	0.28	15.90	1.95	2.80
RiT-Marienborg	2.83333*	270.00	-1.01	1.96		2.04	0.000744	1.28	211.15	101.66	0.28	15.42	1.99	2.37
RiT-Marienborg	2.75*	270.00	-1.07	1.94		2.02	0.000735	1.26	214.57	104.79	0.28	15.00	2.02	1.94
RiT-Marienborg	2.66666*	270.00	-1.12	1.93		2.01	0.000729	1.24	217.75	107.93	0.28	14.63	2.08	1.54
RiT-Marienborg	2.58333*	270.00	-1.17	1.92		1.99	0.000724	1.23	220.75	111.06	0.28	14.30	2.12	1.15
RiT-Marienborg	2.5*	270.00	-1.23	1.91		1.98	0.000723	1.21	223.47	114.20	0.27	14.03	2.18	0.76
RiT-Marienborg	2.41666*	270.00	-1.28	1.89		1.97	0.000723	1.20	226.06	117.34	0.27	13.79	2.24	0.38
RiT-Marienborg	2.33333*	270.00	-1.33	1.88		1.95	0.000726	1.19	228.34	120.48	0.27	13.60	2.31	
RiT-Marienborg	2.25*	270.00	-1.38	1.87		1.94	0.000729	1.18	230.30	123.49	0.27	13.44	2.38	
RiT-Marienborg	2.16666*	270.00	-1.44	1.85		1.92	0.000733	1.17	232.21	126.50	0.27	13.29	2.45	
RiT-Marienborg	2.08333*	270.00	-1.49	1.84		1.91	0.000739	1.16	233.79	129.50	0.27	13.19	2.53	
RiT-Marienborg	2	270.00	-1.54	1.82		1.89	0.000747	1.15	235.18	132.49	0.27	13.11	2.62	
RiT-Marienborg	1.8*	270.00	-1.63	1.81		1.88	0.000782	1.16	231.83	131.39	0.28	13.50	0.13	
RiT-Marienborg	1.6*	270.00	-1.73	1.79		1.86	0.000794	1.18	229.78	129.80	0.28	13.73		
RiT-Marienborg	1.4*	270.00	-1.82	1.77		1.85	0.000809	1.18	228.33	129.45	0.28	13.92		
RiT-Marienborg	1.2*	270.00	-1.92	1.76		1.83	0.000824	1.19	227.07	129.45	0.29	14.11		
RiT-Marienborg	1	270.00	-2.01	1.74	0.69	1.81	0.000840	1.19	225.96	129.57	0.29	14.28		

Vedlegg 8 2/2

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet uten fylling Q = 270 m^3/s.



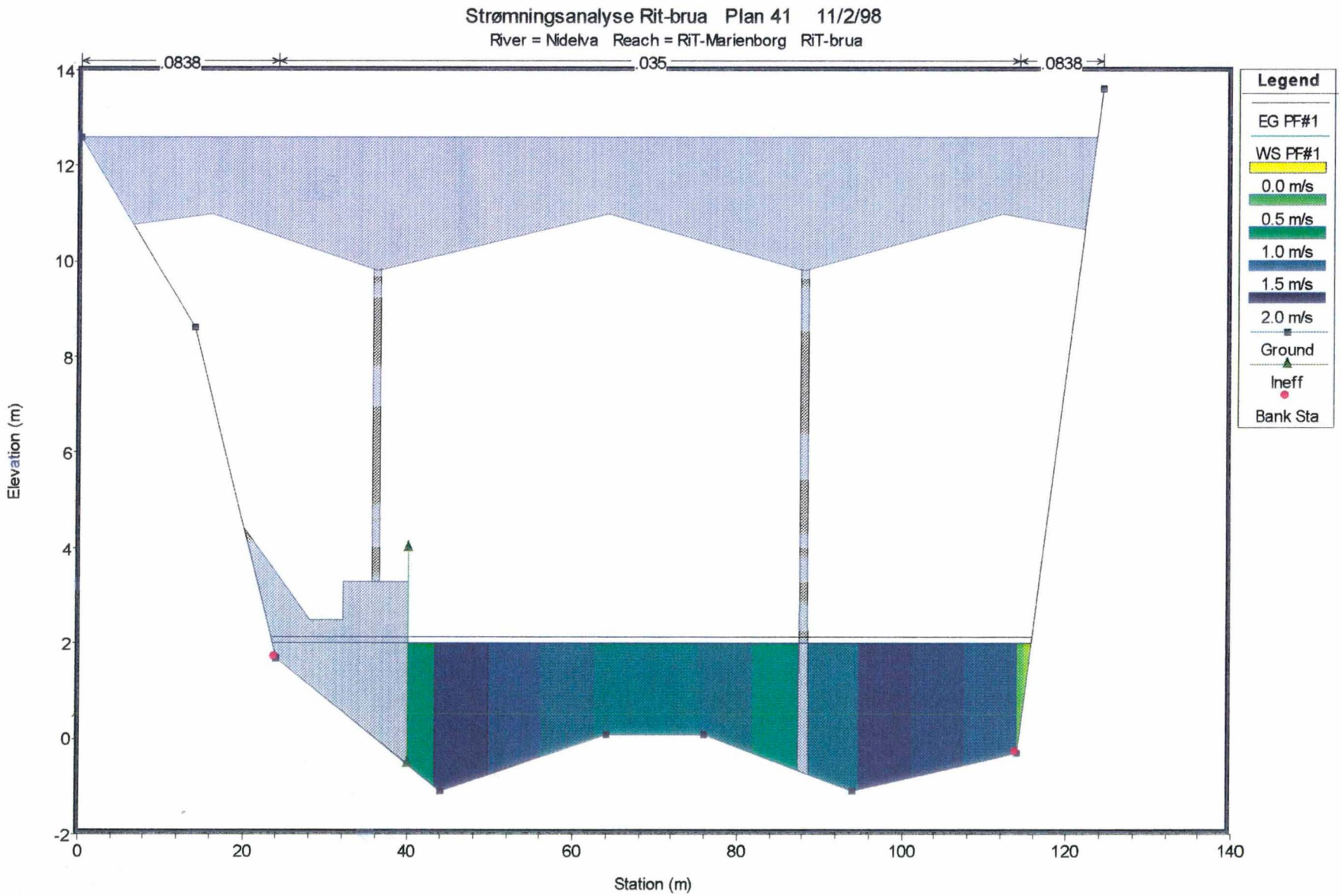
VEDLEGG 9 1/2

HEC-RAS Plan: Plan 41 River: Nidelva Reach: RiT-Marienborg

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	Shear Chan	Shear LOB	Shear ROB
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(N/m2)	(N/m2)	(N/m2)
RiT-Marienborg	5	270.00	-1.56	2.08		2.18	0.000723	1.36	204.26	91.07	0.28	16.65	6.89	4.14
RiT-Marienborg	4.8*	270.00	-1.50	2.09		2.17	0.000597	1.28	215.87	91.06	0.26	14.50	5.06	3.64
RiT-Marienborg	4.6*	270.00	-1.44	2.09		2.16	0.000523	1.22	224.41	91.11	0.24	13.16	3.88	3.35
RiT-Marienborg	4.4*	270.00	-1.39	2.09		2.16	0.000482	1.19	230.05	91.21	0.23	12.37	3.08	3.22
RiT-Marienborg	4.2	270.00	-1.33	2.08		2.15	0.000465	1.17	232.76	91.35	0.23	12.00	2.50	3.20
RiT-Marienborg	4.16666*	270.00	-1.25	2.08		2.15	0.000476	1.18	231.71	91.60	0.23	12.12	1.92	3.35
RiT-Marienborg	4.13333*	270.00	-1.18	2.07		2.14	0.000530	1.21	225.11	91.90	0.24	12.97	1.44	3.72
RiT-Marienborg	4.1	270.00	-1.10	2.03	0.62	2.13	0.000768	1.46	186.98	92.18	0.29	18.79		5.18
RiT-Marienborg	4.05	Bridge												
RiT-Marienborg	4	270.00	-1.10	2.02	0.62	2.13	0.000774	1.46	186.53	92.17	0.30	18.90		5.21
RiT-Marienborg	3.85*	270.00	-1.08	2.03		2.12	0.000659	1.28	211.89	92.66	0.27	14.98	0.99	4.47
RiT-Marienborg	3.7*	270.00	-1.05	2.03		2.11	0.000659	1.28	212.10	93.11	0.27	14.95	1.08	4.39
RiT-Marienborg	3.55*	270.00	-1.03	2.02		2.10	0.000663	1.28	211.98	93.53	0.27	14.97	1.18	4.27
RiT-Marienborg	3.4	270.00	-1.01	2.01		2.10	0.000672	1.29	211.28	93.94	0.27	15.10	1.31	4.13
RiT-Marienborg	3.2*	270.00	-0.96	2.00		2.09	0.000709	1.30	208.39	94.70	0.28	15.59	1.58	3.76
RiT-Marienborg	3	270.00	-0.91	1.98		2.07	0.000770	1.33	203.69	95.40	0.29	16.45	1.92	3.27
RiT-Marienborg	2.91666*	270.00	-0.96	1.97		2.06	0.000755	1.31	207.56	98.52	0.28	15.90	1.95	2.80
RiT-Marienborg	2.83333*	270.00	-1.01	1.96		2.04	0.000744	1.28	211.15	101.66	0.28	15.42	1.99	2.37
RiT-Marienborg	2.75*	270.00	-1.07	1.94		2.02	0.000735	1.26	214.57	104.79	0.28	15.00	2.02	1.94
RiT-Marienborg	2.66666*	270.00	-1.12	1.93		2.01	0.000729	1.24	217.75	107.93	0.28	14.63	2.08	1.54
RiT-Marienborg	2.58333*	270.00	-1.17	1.92		1.99	0.000724	1.23	220.75	111.06	0.28	14.30	2.12	1.15
RiT-Marienborg	2.5*	270.00	-1.23	1.91		1.98	0.000723	1.21	223.47	114.20	0.27	14.03	2.18	0.76
RiT-Marienborg	2.41666*	270.00	-1.28	1.89		1.97	0.000723	1.20	226.06	117.34	0.27	13.79	2.24	0.38
RiT-Marienborg	2.33333*	270.00	-1.33	1.88		1.95	0.000726	1.19	228.34	120.48	0.27	13.60	2.31	
RiT-Marienborg	2.25*	270.00	-1.38	1.87		1.94	0.000729	1.18	230.30	123.49	0.27	13.44	2.38	
RiT-Marienborg	2.16666*	270.00	-1.44	1.85		1.92	0.000733	1.17	232.21	126.50	0.27	13.29	2.45	
RiT-Marienborg	2.08333*	270.00	-1.49	1.84		1.91	0.000739	1.16	233.79	129.50	0.27	13.19	2.53	
RiT-Marienborg	2	270.00	-1.54	1.82		1.89	0.000747	1.15	235.18	132.49	0.27	13.11	2.62	
RiT-Marienborg	1.8*	270.00	-1.63	1.81		1.88	0.000782	1.16	231.83	131.39	0.28	13.50	0.13	
RiT-Marienborg	1.6*	270.00	-1.73	1.79		1.86	0.000794	1.18	229.78	129.80	0.28	13.73		
RiT-Marienborg	1.4*	270.00	-1.82	1.77		1.85	0.000809	1.18	228.33	129.45	0.28	13.92		
RiT-Marienborg	1.2*	270.00	-1.92	1.76		1.83	0.000824	1.19	227.07	129.45	0.29	14.11		
RiT-Marienborg	1	270.00	-2.01	1.74	0.69	1.81	0.000840	1.19	225.96	129.57	0.29	14.28		

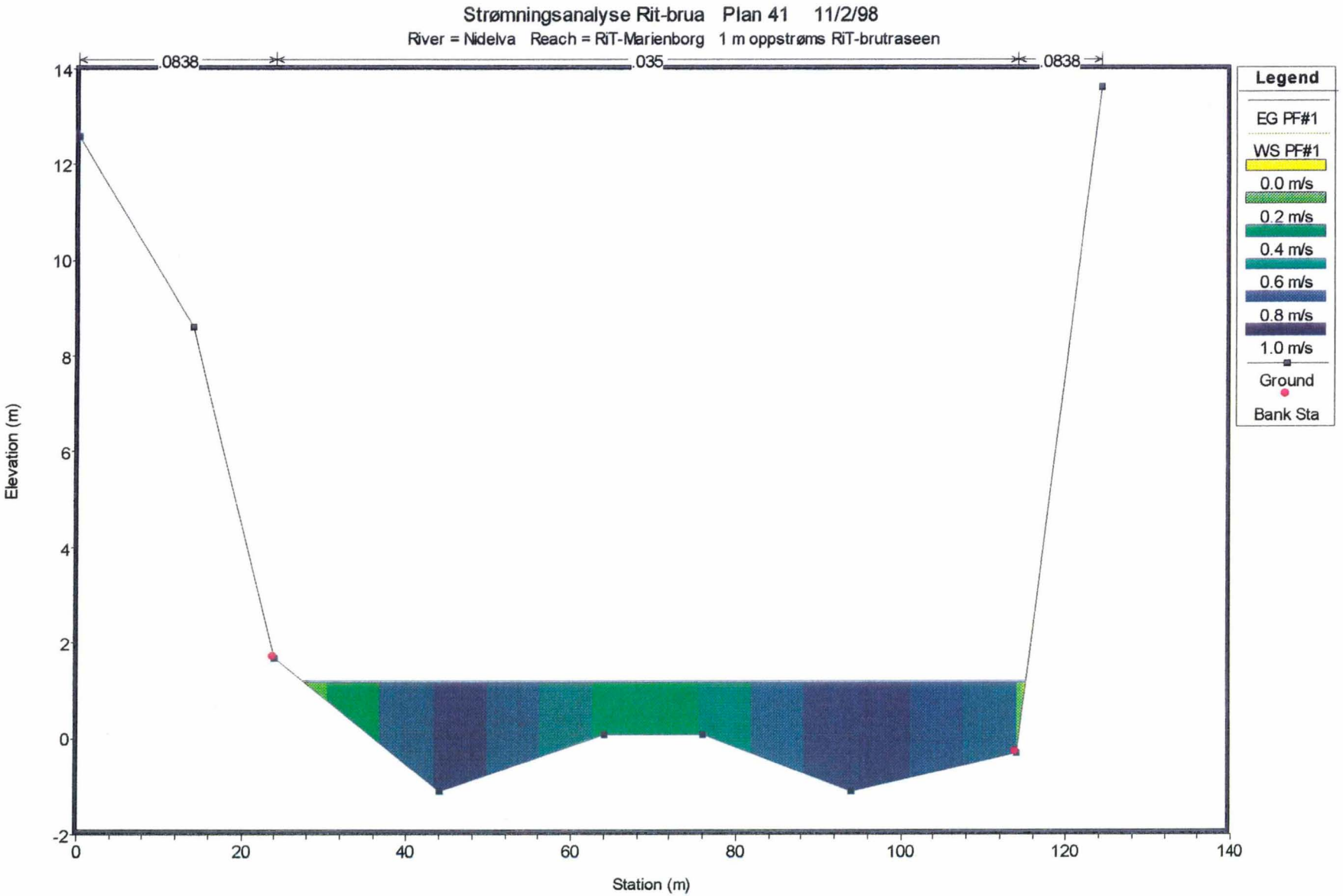
Vedlegg 9. 2/2

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet med fylling Q = 270 m^3/s.



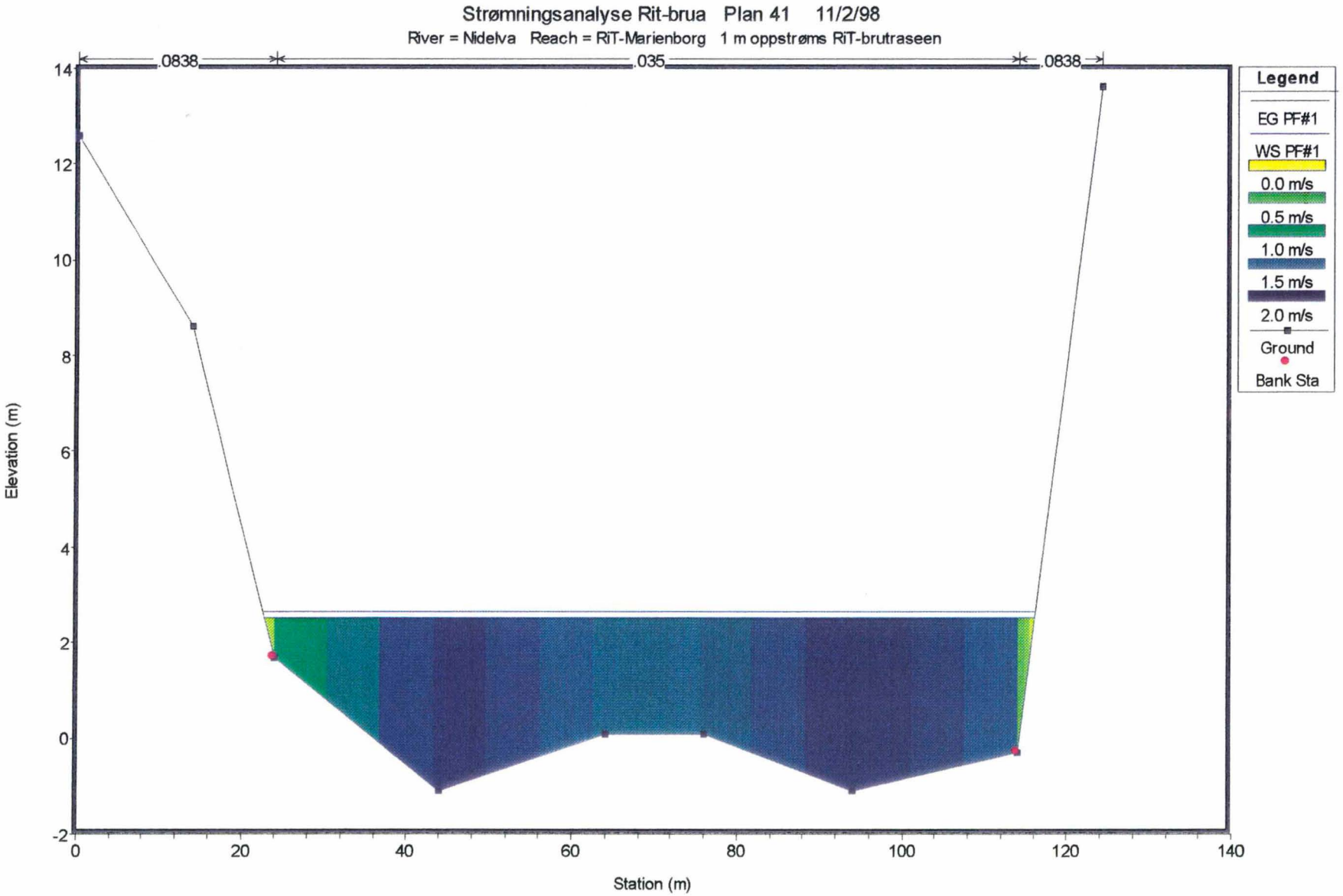
Vedlegg 10

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet uten fylling Q = 100 m^3/s.



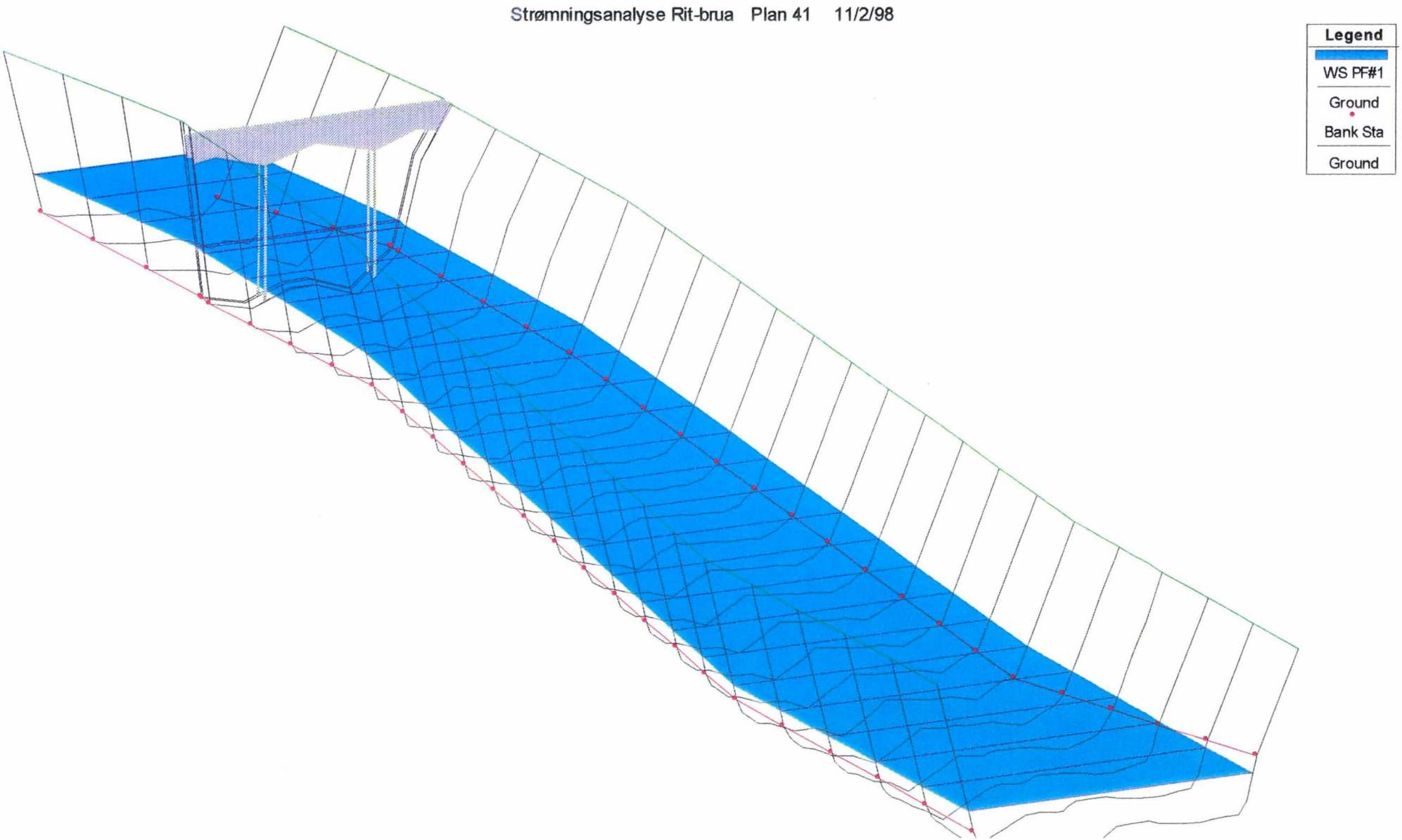
Vedlegg 11

Simulert hastighetsfordeling i bruprofilet uten fylling $Q_{mid} = 400\ m^3/s$.

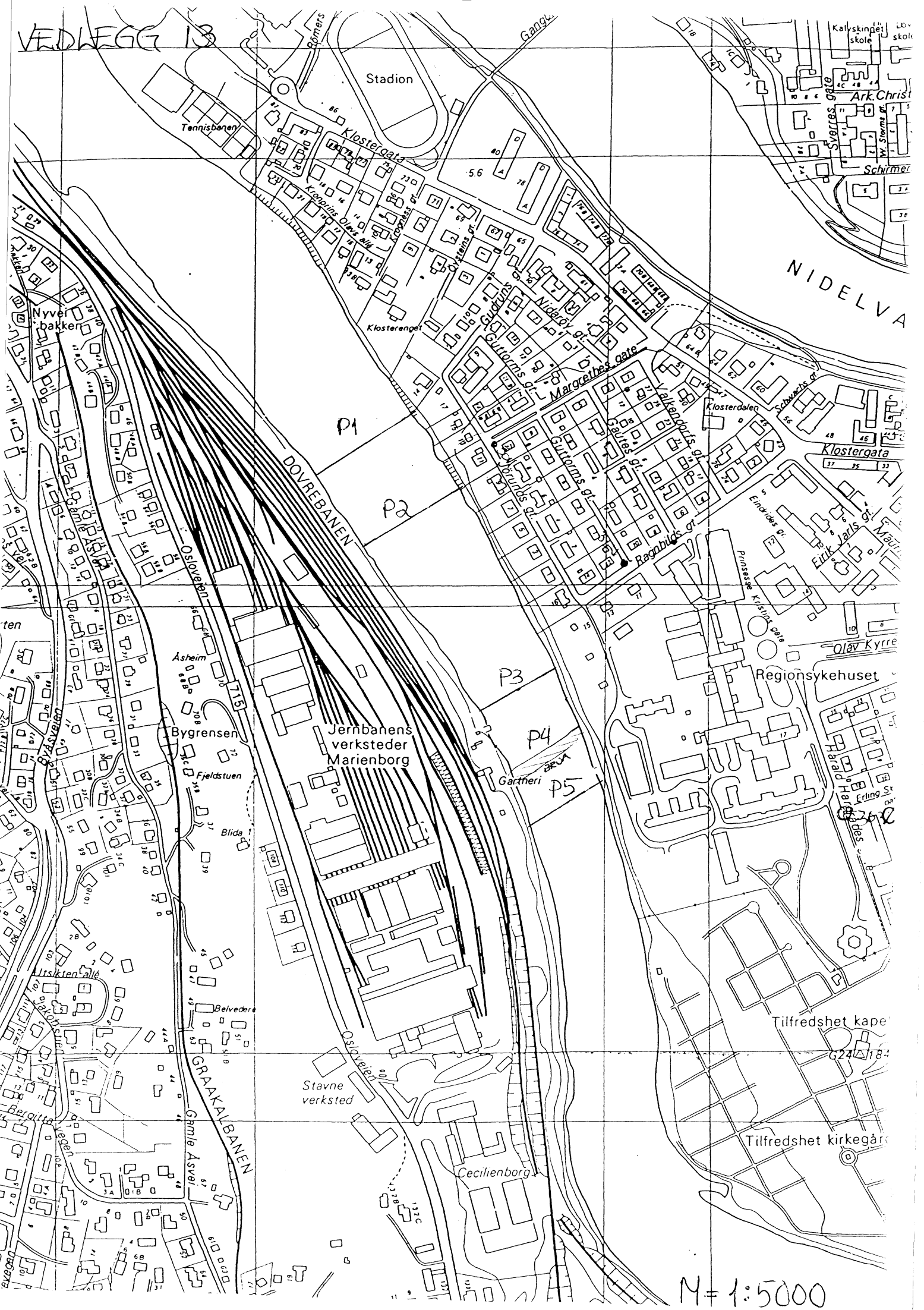


Vedlegg 12.

3 – dimensjonalt bilde av hele kanaltraseen med bru Q = 791 m^3/s.



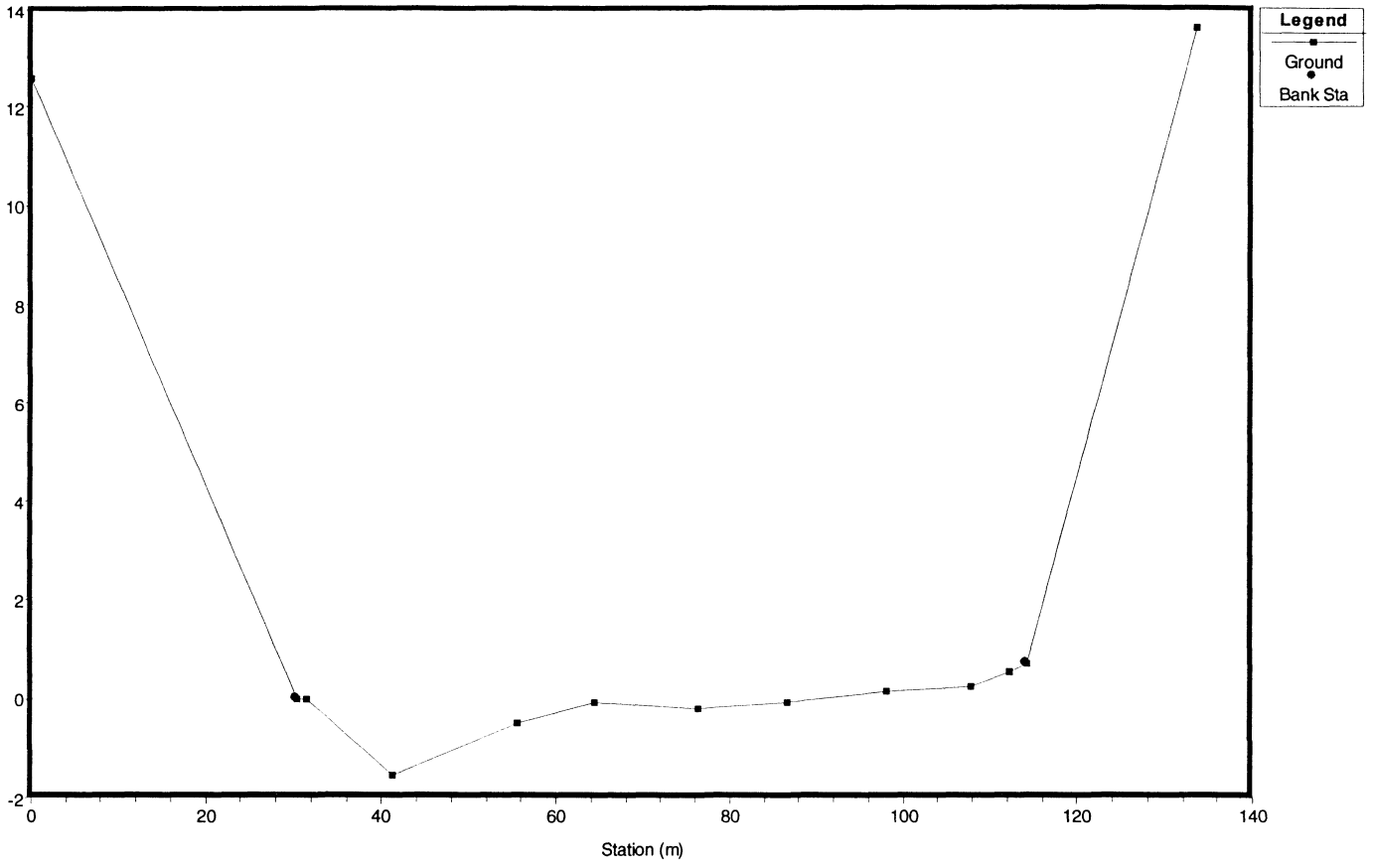
VEDLEGG 13


Stadion
Tennisbanen
Klostergata
Kongens Olavs alle
Kongens gt.
Øystein gt.
Gudrunsgt.
Nidarø gt.
Guttorms gt.
Margrethes gate
Klosterenget
Nyvei bakken
NIDELVA
Klosterdalen
Schwachs gt.
Klostergata
Valkendorfs gt.
Gautes gt.
Guttorms gt.
Ragnhilds gt.
Eindrides gt.
Eirik Jarls gt.
Prinsesse Kristins gate
Olav Kyrre
Regionsykehuset
Harald Hårfagres
Sverres gate
Ark. Christ
Schirmer
P1
P2
P3
P4
P5
DOVREBANEN
Oslovegen
Åsheim
Bygrensen
Fjeldstuen
Blida
Jernbanens verksteder Marienborg
Gartneri
Byåsveien
Altskiten allé
Jakobsveien
Belvedere
GRAAKALBANEN
Gamle Åsvei
Bergittaveien
Stavne verksted
Cecilienborg
Tilfredshet kapel
Tilfredshet kirkegård
M = 1:5000

VEDLEGG 14

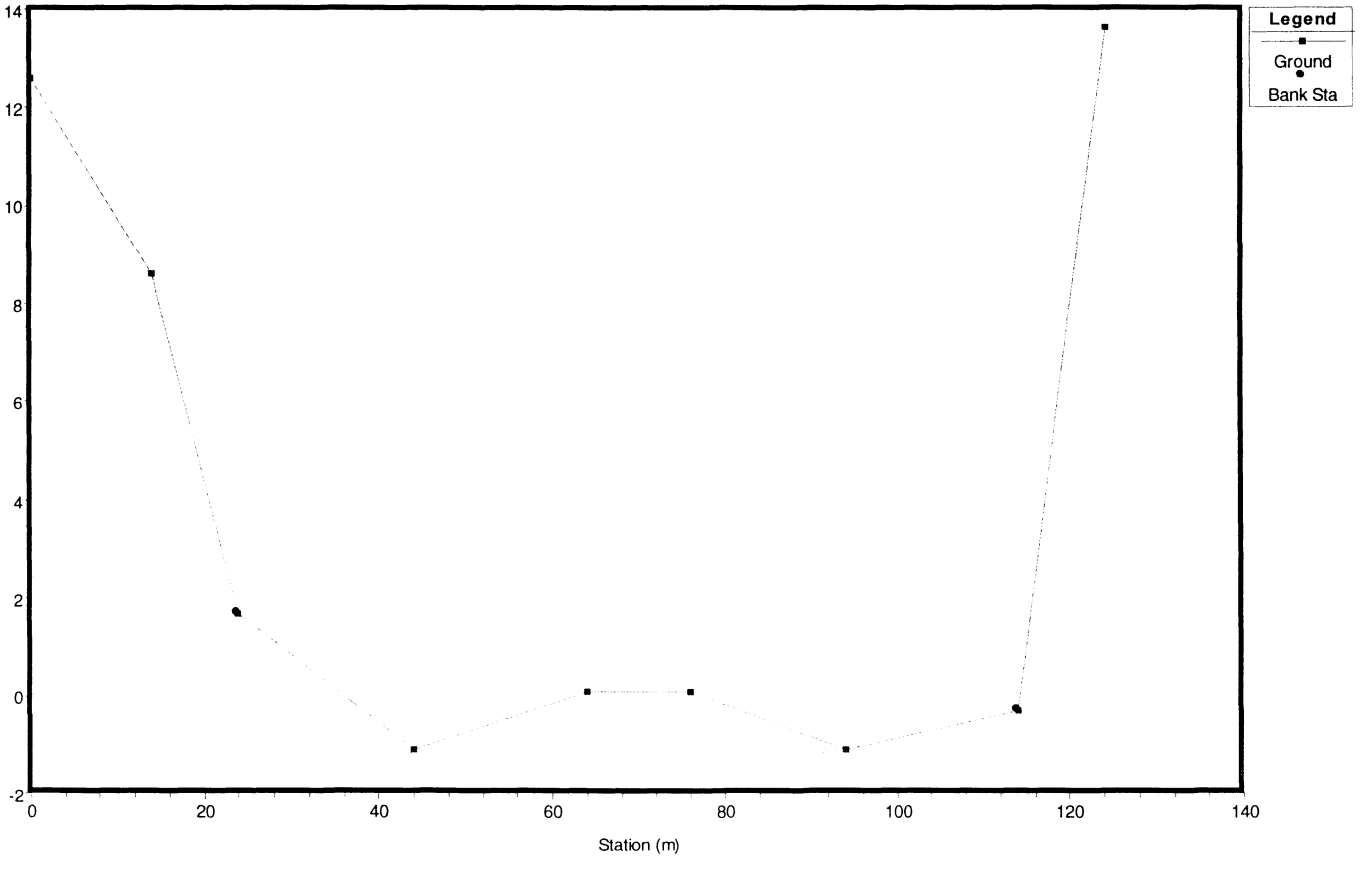
Strømningsanalyse Rit-brua 1) Plan 41 11/6/98

River = Nidelva Reach = RiT-Marienborg Profil 5 oppstrøms brutraseen



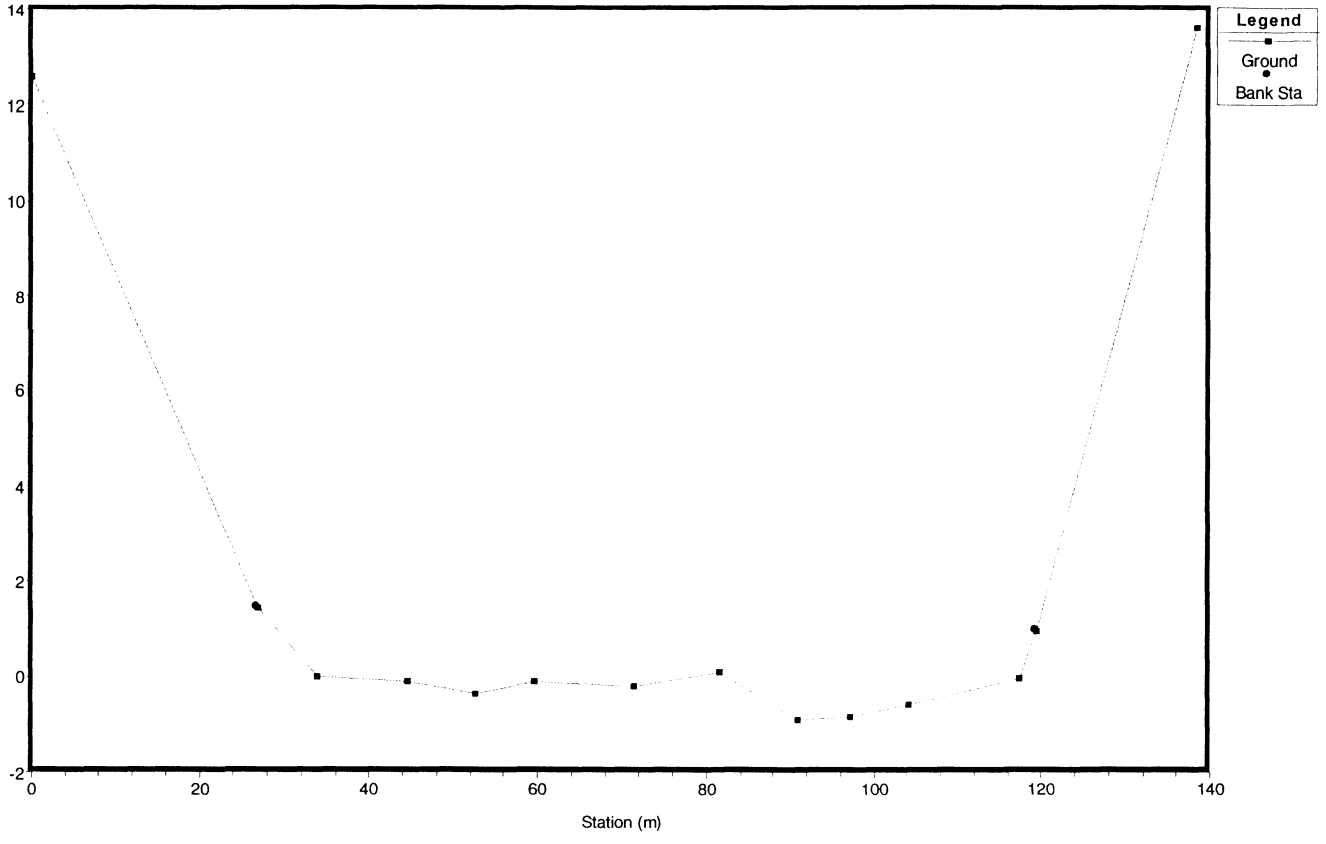
Strømningsanalyse Rit-brua 1) Plan 41 11/6/98

River = Nidelva Reach = RiT-Marienborg 1 m nedstrøms RiT-brutraseen

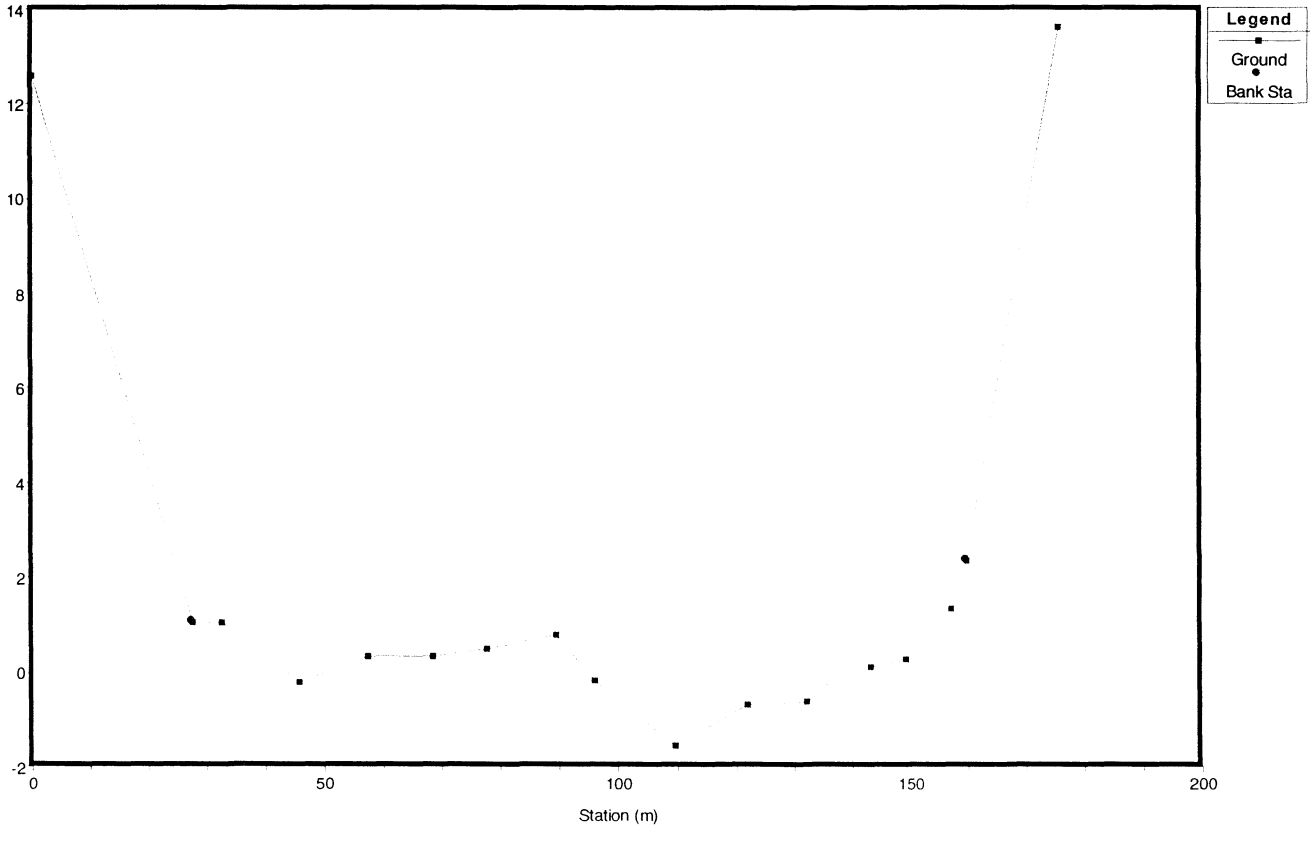


VEDLEGG 15

Strømningsanalyse Rit-brua 1) Plan 41 11/6/98
River = Nidelva Reach = RiT-Marienborg Profil nedtrøms brutraseen



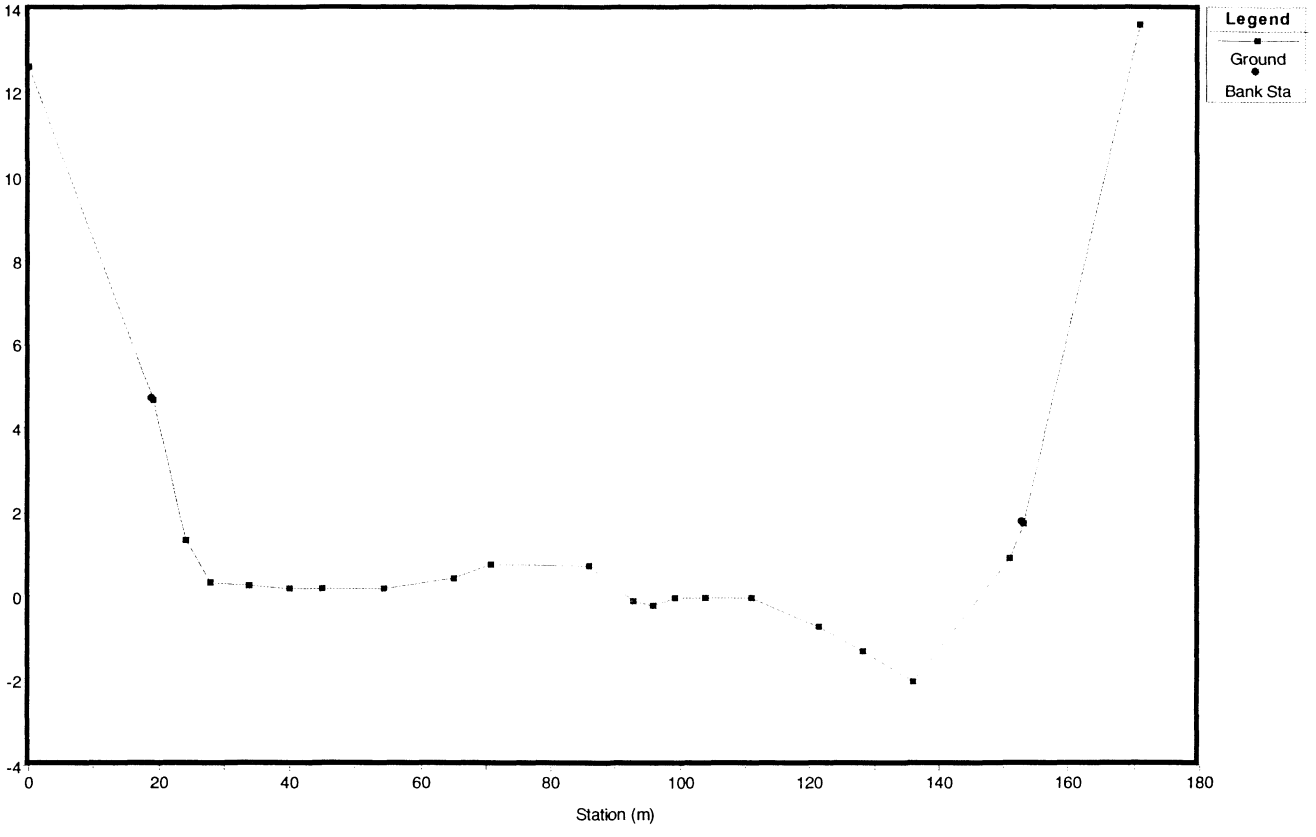
Strømningsanalyse Rit-brua 1) Plan 41 11/6/98
River = Nidelva Reach = RiT-Marienborg Profil 2



VEDLEGG 16

Strømningsanalyse Rit-brua 1) Plan 41 11/6/98

River = Nidelva Reach = RiT-Marienborg Profil lengst nedtrøms



Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energiverk (NVE)
Adresse: Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

I 1998 ER FØLGENDE DOKUMENT UTGITT:

Nr 1 Kristin Kolseth: Avkastning på kapitalen i sentral-, regional- og distribusjonsnettet (7 s.)

Nr 2 Eli Sæterdal: Punktbaserte marginale tap (29 s.)

Nr 3 Inger Sætrang(red): Oversikt over vedtak i tvistesaker. *Andre* halvår i 1997 (10 s.)

Nr 4 Ingebrigt Bævre: Vurdering av flom og isforhold i Surna (112.C) ved Bolme (13 s.)

Nr 5 Hallgeir Elvehøy: Samanlikning av massebalanse på Hardangerjøkulen og Folgefonna (26 s.)

Nr 6 Lars-Evan Pettersson: Flomforhold rundt Heddalsvatn (016.Z) (16 s.)

Nr 7 Inger Sætrang(red): Oversikt over vedtak i tvistesaker. *Første* halvår i 1998 (10 s.)

Nr 8 Beate Sæther: Strømningsanalyse og vurdering av sikringstiltak ved RiT-brua, Nidelva (123.A11) (10 s.)