NVE

Hydraulisk beregning av Busneselva fra RV 37 til Tinnsjø

Kari Svelle Reistad
Demissew Kebede Ejigu

4
2009

OPPDRAGSRAPPORT A

Hydraulisk beregning av Busneselva fra RV 37 til Tinnsjø og grov tiltaksplan for erosjons- og flomsikring med kostnadsoverslag

Kari Svelle Reistad

Demissew Kebede Ejigu

Norges vassdrags- og energidirektorat
2009

Oppdragsrapport A nr. 4-2009

Hydraulisk beregning av Busneselva fra RV 37 til Tinnsjø og grov tiltaksplan for erosjons- og flomsikring med kostnadsoverslag

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen, Region Sør

Forfatter: Kari Svelle Reistad

Trykk: NVEs hustrykkeri
Opplag: 10
Forsidefoto: Busneselva, juni 2008. Fotograf Kari S Reistad
ISSN: 1503-0318

Sammendrag: Hydraulisk beregning samt plan for erosjonssikring med kostnadsoverslag av Busneselva, en liten bekk på vestsiden av Tinnsjøen i Telemark.

Emneord: Hydraulisk beregning, flomberegning, erosjonssikring.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Februar 2009

Innhold

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Beskrivelse av prosjektet **6**

1.1 Kontakt med oppdragsgiver 6
1.2 Problemstilling og forventede resultater 6

2 Beskrivelse av området **7**

3 Metode **9**

4 Databahov **10**

4.1 Flomberegning 10
4.2 Feltarbeid 10
4.2.1 Profilering 10
4.2.2 Vannføringsmåling 11

5 Hydraulisk modellering **12**

5.1 Valg av modellverktøy 12
5.1.1 Kalibrering 12
5.2 Grensebetingelse 13
5.3 Resultater 13
5.4 Usikkerhet 13

6 Grov plan for erosjonssikring **16**

6.1 Problemstilling 16
6.2 Erosjonssikring 16
6.2.1 Alternativ I – full sikring 18
6.2.2 Alternativ II - punktvis sikring på steder med erosjonskader 22
6.3 Kostnadsvurderinger 24
6.4 Dialog med offentlige etater før inngrep 24

7 Referanser **25**

8 Vedlegg **25**

8.1 Resultat fra HEC-RAS 4.0. Tabell med alle beregnede faktorer for alle flomfrekvenser 25
8.2 Resultat fra HEC-RAS 4.0. Tverrprofilene med angitt beregnet vannstand for alle flomfrekvenser 25
8.3 Valgte friksjonstall/Mannings n 25
8.4 Rapport fra landmåler 25

Rapport fra flomberegning, egen rapport. NVEs Oppdragsrapport A nr 3 2009 25

Forord

NVE ble i juni 2008 kontaktet av Statens Vegvesen, Region Sør for å gi tilbud på en jobb i Busneselva/Lislandåi i Busnesgrenda på vestsiden av Tinnsjø i Telemark. Tilbudet skulle omfatte både en hydraulisk beregning av elveløpet samt en grov tiltaksplan med kostnadsoverslag. Partene møttes på befaring i Busnesgrenda før NVE skrev et tilbud som ble underskrevet av Asbjørn Arnevik i SVV 19.9.2008 og Sverre Husebye i NVE 26.9.2008.

Kari Svelle Reistad har vært ansvarlig for oppdraget fra NVEs side, feltarbeidet er utført av Demissew Kebede Ejigu og Péter Borsányi, Bjarne Kjølmoen har vært ansvarlig for landmålingen, de hydrauliske beregningene er utført av Demissew Kebede Ejigu. Kvalitetssikring av de hydrauliske beregningene er utført av Péter Borsányi, Paul Christen Røhr og Kari Svelle Reistad.

Flomberegningene er gjort av Erik Holmqvist.

Beregning av erosjons- og flomsikring samt utarbeidelse av kostnadsoverslag er gjort av Eirik Traae hos NVE Region Sør.

Arbeidet er blitt utført i perioden juni 2008 – februar 2009.

Oslo, februar 2009

Sverre Husebye
seksjonssjef/oppdragsleder

Kari Svelle Reistad
prosjektleder

Sammendrag

Formålet med oppdraget var å lage en grov plan for erosjons- og flomsikring med kostandsoverslag for Busneselva fra der den renner i kulvert under Rv37 ned til Tinnsjø. Arbeidet ble utført i to deler. Første del er å lage en hydraulisk modell av hele strekningen. Hensikten med modellen er å hente ut data som vannhastighet, vannstand og informasjon om vannstrømmen er over- eller underkritisk i de forskjellige tverrprofilene ved ulike flomfrekvenser.

Det har blitt gjort flomberegning for flommer med opptil 500-års gjentaksintervall i vassdraget. Flomberegningen er basert på analyse av flomdata med både døgnverdier og finere tidsskritt. Mye av grunnlaget for flomberegningene er gjort på egentid i forbindelse med et annet prosjekt for Vegdirektoratet (Klima og Transport). Beregningene er beskrevet i en egen rapport som vedlegg nr 8.4 til denne rapporten (NVE Oppdragsrapport A nr 3/2009).

Elvestrekningens, kulverten og broens geometri ble hentet inn som innmålte tverrprofiler på feltarbeid samt kulverttegning fra Statens Vegvesen. Geometrien ble så lagt inn i HEC-RAS 4.0, et system for å utvikle en endimensjonal hydraulisk modell. Det var ingen tilgjengelige kalibreringsdata (vannstand i innmålte tverrprofiler ved kjent vannføring). Dermed ble modellen satt opp med friksjonstall valgt ut ekspertvurdering samt ut fra utvalgt litteratur. Som nedre grensebetingelse i modellen ble det valgt en ”normal” vannstand i nederste profil (tilsvarer vannstand Tinnsjø). Videre ble flomberegningene lagt inn i modellen og man fikk resultater i alle tverrprofil, bru og kulvert for de ulike flomfrekvensene.

På den berørte strekningen er det både erosjons- og flomproblemer. På den øvre delen er det mest problemer med erosjon. På nedre del er det størst problemer med masse som legger seg opp og medfører redusert tverrprofilareal, noe som igjen fører til problemer med oversvømmelse. Grunnen i området består av stein og det synes å være fast fjell på noen steder. Omfanget av fjell og størrelsen på steinen er noe usikker. Det innebærer at omfanget av sikringsarbeidet er vanskelig å vurdere med sikkerhet. Vi har derfor satt opp en plan med kostnadsoverslag for sikringstiltakene basert på to alternativer:

Alternativ I – full sikring. Ved en sikring som beskrevet ovenfor vurderer vi kostnadene til å ligge i størrelsesorden **2,5 til 3 mill. + mva.**

Alternativ II - minimumsløsning hvor en kun sikrer eksisterende erosjonsskader. Da kan en trolig klare det for **0,75 til 1,3 mill. + mva**. En slik løsning innebærer at en vil måtte regne med noe vedlikehold i fremtiden.

1 Beskrivelse av prosjektet

1.1 Kontakt med oppdragsgiver

- E-post ”Befaring Busnes 17. juni 2008” datert 18. juni 2008 fra NVE v/Sverre Husebye til SVVs distriktskontor i Telemark v/Jon Haugen.
- Befaring av elvestrekning sammen med representanter fra Statens Vegvesen den 17. juni 2008-06-30. Fra SVVs distriktskontor i Telemark møtte Jon Ove Haugen og Trond Solbakken. Fra NVE møtte Sverre Husebye, Kari Svelle Reistad, Erik Holmqvist og Paul Christen Røhr.
- Tilbud fra NVE til SVV datert 26.8.2008
- Godkjent og underskrevet avtale mellom NVE og SVV på bakgrunn av tilsendt tilbud

1.2 Problemstilling og forventede resultater

På elvestrekningen er det hovedsakelig to problemstillinger:

1 Erosjonssikring av fylling under/langs RV 37, se figur 1 og 3.

2 Flomsikring av eiendommer langs Busneselva, se figur 2 og 4.

Prosjektets hovedmål er å lage et forslag til en praktisk løsning på erosjons- og flomsikring. Det skal også gis et kostnadsoverslag. Arbeidet omfatter følgende:

1 Ut fra en hydraulisk beregning på bakgrunn av oppmålte tverrprofiler på elvestrekningen kan vi beregne hastighet og vannstand i hvert av tverrprofilene.

2 Ut fra geometri på elveløpet og beregnet vannhastighet og vannstand kan vi gjøre en vurdering av nødvendig steinstørrelse og utforming på erosjonssikring. I den hydrauliske modellen har vi også mulighet til å endre tverrprofilene og se hvordan dette endrer flomforholdene samt om dette påvirker hastighet og vannstand med tanke på beregning av erosjonssikring. Alt dette gjør at vi kan utarbeide forslag til utforming av elveløpet og forslag til erosjonssikring.

3 Ut fra et forslag til utforming av elveløp og erosjonssikring vil vi gi en grov tiltaksplan med kostnadsoverslag.

2 Beskrivelse av området

Den berørte strekningen av Tinnsjøvegen forbi Busnesgrenda ligger på fylling. Lislandåa kommer fra vest og ligger i kulvert under Tinnsjøvegen før den renner sørover langs foten av vegfyllingen. Her går det også en kjerreveg på andre siden av Lislandåa et stykke av strekningen. Etter å ha fulgt vegfyllingen i ca 500 m svinger Lislandåa rundt en boligeiendom, under en liten bru og ender i Tinnsjø ved Busnes. Det er to problemstillinger her, se også Fig. 1, 2, 3 og 4 for illustrasjon:

1. Lislandåa eroderer i kjerrevegen og i vegfyllingen, både ved utløpet fra kulverten og i selve fyllingsfoten langs hele strekningen på ca 500 m hvor Lislandåa renner langs Tinnsjøvegen. Vegfyllingen er høy og relativt bratt og man er redd for ytterligere utrasing hvis bekken får grave fritt i fyllingen. Statens Vegvesen ønsker assistanse for å erosjonssikre vegfyllingen permanent mot videre utgraving fra Lislandåa.

2. På flomvannføring går Lislandåa over sine bredder og renner inn over den berørte boligeiendommen. Dette skyldes at sedimenter i elva avlagres på strekningen mellom bolighuset og brua hvor Busnesvegen krysser bekken, rett nedstrøms eiendommen slik at elveløpet heves. En mulig årsak til dette er at lysåpningen under brua er liten slik at elveløpet innsnevres her og man får oppstuing og lavere vannhastighet oppstrøms brua på høy vannføring. Det må også vurderes om flomsikringen ved boligeiendommen mot elva er for lav. Statens Vegvesen ønsker assistanse til en løsning for erosjons- og flomsikring av den berørte eiendommen.

Fig 1: Oversiktskart over Tinnsjø og Busnesgrenda hvor vi finner Busneselva.

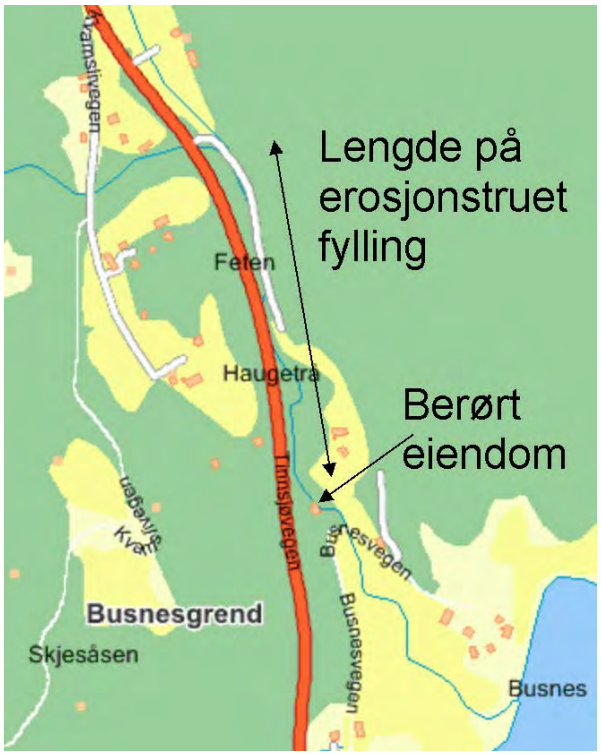


Fig 2. Oversikt over den berørte elvestrekningen. Kart fra Gule Sider.

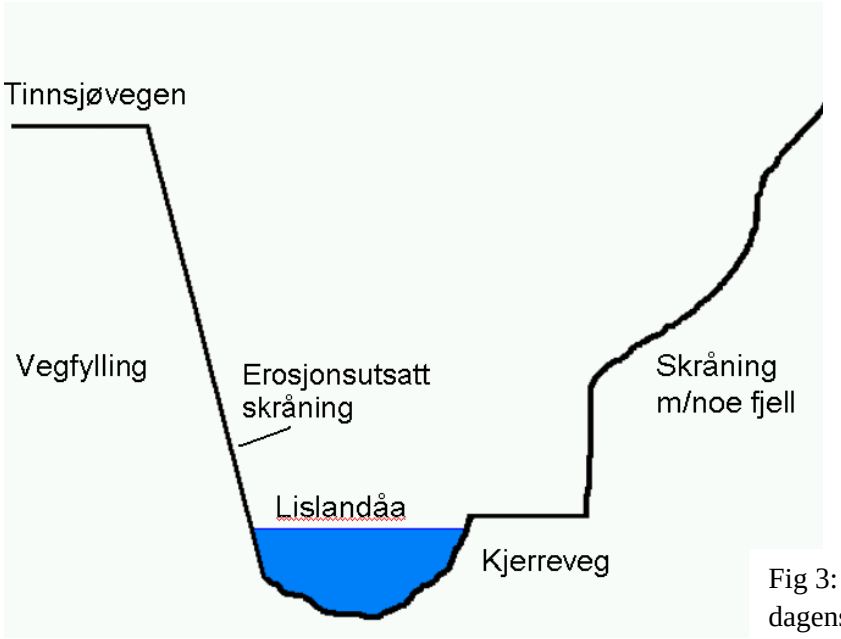


Fig 3: Forenklet tverrsnitt av dagens elvedal.

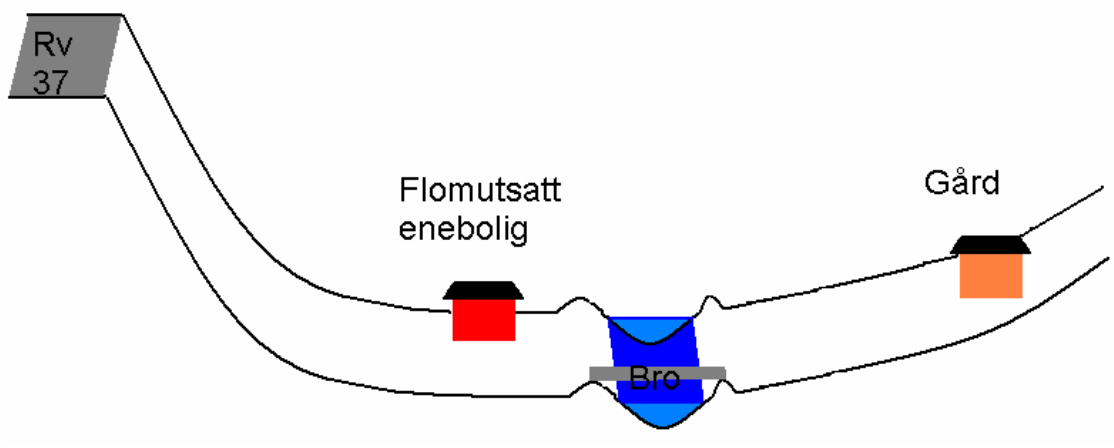


Fig 4. Skisse av forenklet tverrsnitt ved flomutsatt enebolig

3 Metode

Følgende oppgaver må utføres i angitt rekkefølge:

1. Statistisk analyse av hvor store og hyppige flommer som kan forventes i vassdraget (flomberegning). Det beregnes vannføring for flommer med gjentaksintervall hhv. Middelflom, 5, 10, 20, 50, 100, 200 og 500 år.
2. Feltarbeid hvor det blir valgt ut og merket tverrprofiler i elveløpet. Tverrprofilenes geometri og vannstand blir så målt opp, dvs koordinatfestet med x,y og høyde. Samtidig er det vanligvis ønskelig å gjøre en vannføringsmåling slik at man har data for kalibrering av modellen.
3. Vannføringsdata, oppmålte tverrprofiler av elveløpet og elveløpets egenskaper for øvrig benyttes i en hydraulisk modell som beregner hvor høy vannstand de ulike flommene gir langs elva (vannlinjeberegning).
4. Vannstands- og hastighetsdata for de utvalgte flomfrekvensene blir sammenstilt i en tabell slik at de kan brukes som grunnlag for erosjonssikring av elveløpet samt flomsikring.
5. Utarbeidelse av plan for erosjonssikring.
6. Utarbeidelse av kostnadsoverslag for planforslaget.

4 Databahov

4.1 Flomberegning

Se egen rapport for flomberegning, NVEs Oppdragsrapport A nr 3 2009. Det er utarbeidet en flomberegning av Busneselva med beregninger av aktuelle flommer med gjentaksintervaller på 10-, 50-, 100-, 200- og 500-års flom. Statens Vegvesen har egne retningslinjer for valg av dimensjonerende flom for anlegg langs vassdrag. Det henvises forøvrig til NVEs Retningslinjer nr 1/2008 hvor det står beskrevet fareklasser og valg av dimensjonerende flom for anlegg langs og i vassdrag.

NVEs praksis i dag er flomberegninger med basis i gjennomsnittsverdier over døgnet. I nedbørfelter på størrelse med Busneselva, kan det til dels være betydelig forskjell mellom døgnverdi og kulminasjonsverdi. Det er i dag økende fokus på denne problemstillingen, og det vil være av interesse for NVE å se nærmere på dette, gjerne med bakgrunn i et praktisk eksempel med bruk av kortere tidsskritt enn døgn.

Tallene i kolonnen normalavløp refrerer til normalperioden 1961-90 for alle stasjonene. Disse er beregnet ut fra NVEs landsdekkende avrenningskart. I tillegg er det for Grovåi gitt et tall i parentes som refererer til midlere årsavløp for observasjonsperioden (1972-dd). For de øvrige stasjonene er også perioden med observasjoner oppgitt, men midlere avløp for disse periodene er ikke gitt i tabellen.

Tabell 1: Kulminasjonsvannføringer med gjentaksintervall opp til 500 år.

	Areal		Qm	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500
Busneselva	4,4 km^2	l/s km^2	770	1020	1330	1570	1980	2350	2660	3230
		m^3/s	3,4	4,5	5,9	6,9	8,7	10	12	14

4.2 Feltarbeid

4.2.1 Profilering

Fra NVE har det vært utført 2 runder med feltarbeid. Detaljert rapport fra landmåler Bjarne Kjølmoen ligger som vedlegg nr 8.3.

Første runde feltarbeid var for å bestemme hvor tverrprofilene i elva skal være. Profilene ble merket av med merkespray og pinner. Nivellering av kulverter og bruer. Deltagere var Demissew K. Ejigu og Péter Borsányi. Arbeidet ble utført 6. og 7. oktober 2008.

Andre runde feltarbeid var for å måle opp koordinater på tverrprofilene. Her ble det brukt DGPS og totalstasjon. Deltagere var Demissew K. Ejigu og Bjarne Kjølmoen. Målearbeidet ble utført 21. og 22. oktober 2008.

4.2.2 Vannføringsmåling

Under feltarbeidet ble det utført en vannføringsmåling slik at man sammen med oppmålte vannstander i tverrprofilene kunne få ett sett kalibreringsdata. Metoden som ble brukt for å gjøre vannføringsmåling er måling med salt. Kort beskrevet går denne metoden ut på å tilsette en kjent mengde salt i elven. Man måler så endringen i ledningsevne over tid nedstrøms tilsettingsstedet på et sted man er sikker på at saltet har løst seg homogent i vannmassene. Integralet av endring i ledningsevne over tid gir et mål for vannføringen i elven.

På det tidspunkt vi gjorde feltarbeidet i Busneselva var det lavvann i elva. Målingene viste at det kun gikk ca 80 l/s. Det viste seg at dette ikke var stor nok vannføring til at det kunne brukes til kalibrering.

5 Hydraulisk modellering

5.1 Valg av modellverktøy

Beregningene ble hovedsakelig gjort i HEC-RAS 4.0 (se beskrivelse nedenfor). Det ble også gjort en beregning med et annet simuleringsprogram MIKE 11 (se beskrivelse nedenfor) for å sammenligne resultatene. Beregningene i MIKE 11 ble gjort på egen tid. Grunnen til dette var at vi ville sammenligne hvordan begge modellene takler bratte elver med mye overkritisk strømning. Det har før vist seg at MIKE 11 ikke takler slike forhold like bra som HEC-RAS.

Vannlinjeberegning nr 1 er utført ved hjelp av programvaren HEC-RAS 4.0, en hydraulisk beregningsmodell utviklet av US Army Corps of Engineers (HEC-RAS, 2008).

Vannlinjeberegning nr 2 er utført ved hjelp av programvaren MIKE 11, en hydraulisk beregningsmodell utviklet av Danske Hydrologiske Institutt (DHI MIKE 11, 2008).

Begge modellene er basert på en éndimensjonal hydraulisk strømningsanalyse (Chow, 1959). Modellene kan beregne underkritisk, overkritisk strømning eller en kombinasjon av disse. Den hydrauliske simuleringsmodellen trenger nødvendige informasjon som bl.a. terrengdata i form av tverrprofiler, kulvert.- og bruprofiler, vannføringsdata og eventuelle kalibreringsdata for å bestemme hydraulisk ruhet fra sammenhørende vannføring/vannstand hvis dette er tilgjengelig.

Det viste seg vanskelig å gjøre beregningene i MIKE 11. Vi fikk usannsynlig høye vannhastigheter, Froude-tall og også til dels varierende vannstander. Dette bekreftet det vi hadde erfart før, at MIKE 11 ikke egner seg for beregninger i mindre, bratte elver hvor strømningsbildet varierer mellom over- og underkritisk. Beregning i HEC-RAS ga mye mer realistiske resultater, vi valgte derfor å bruke den modellen. Videre beregninger i denne rapporten er derfor kun gjort i HEC-RAS 4.0.

5.1.1 Kalibrering

Det foreligger ikke kalibreringsdata, det vil si samtidig innmåling av vannføring og vannstand, for strekningen. Ruheten (n1 for hovedkanalen og n2 for elvebredden) i elva er derfor bestemt ut fra inntrykk under befaringen og verdier fra aktuell litteratur. Det er utført følsomhetsanalyse på beregnede vannstander ved at ruheten i elveløpet er økt med 25 %. Dette gir bare små vannstandsøkninger og vi kan derfor si at modellen er robust selv om den ikke er kalibrert. Med denne bakgrunn er det valgt kombinasjon av tre forskjellige ruhetsverdier på øverste (n1 = 0,06 og n2 = 0,07), midtre (n1 = 0,05 og n2 = 0,06) og nedre (n1 = 0,04 og n2 = 0,05) del av elvestrekningen. Figur 6 viser et lengdeprofil av beregnede vannstander for en 200-årsflom med ulike ruhetsverdier. I denne type elva har vi kombinasjon av overkritisk og underkritisk strømning. Vannhastighetene ligger mellom 1,2 og 4,5 m/s på strekningen for en 200-årsflom, se også vedlegg 8.1.

Lokale inngrep i elveleiet som kraftig innsnevring eller utvidelse og redusert fall kan medføre at det kan oppstå et vannstandssprang og vi får et område med mindre vannhastigheter og roligere strøm (underkritisk strømning). Dette betyr en betydelig vannstandsøkning og at vannstanden kan gå opp mot energilinjen, som vist på figur 7. Høydeforskjellen mellom beregnet vannstand og energilinjen representerer hastighetsenergien i vannstrømmen.

5.2 Grensebetingelse

Det er benyttet to ulike grensebetingelser i bekkeløpet. På oppstrøms side flommer med ulike gjentaksintervall, på nedstrøms side vannstand i Tinnsjø.

5.3 Resultater

Resultatet er presentert i vedlegg 8.1. og innholder beregnende vannstander, vannhastigheter og Froudetall ved ulike flomstørrelse i de enkelte tverrprofiler, Q200 er det samme som 200-årsflom. Froudetall som er presentert i tabellen er en indikasjon for kritisk (Fr=1), underkritisk (Fr<1) og overkritisk (Fr>1) strømning. I tilegg er resultatet for 10-års, 200-års og 500-årsflom i de enkelte tverrprofiler presentert i vedlegg 8.2

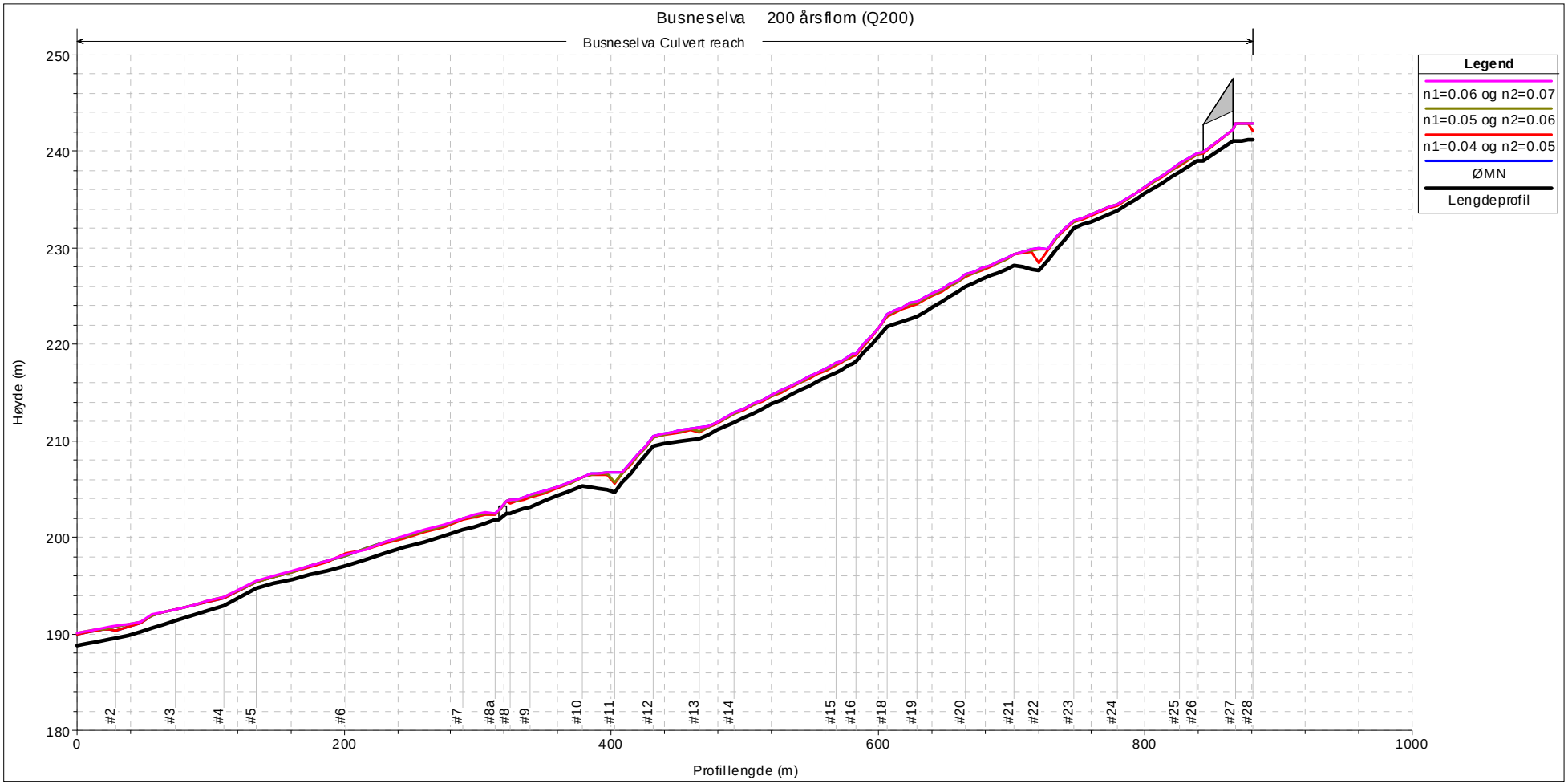
5.4 Usikkerhet

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av godt kalibrert vannlinjeberegningsmodell. Det vil si at det samles inn samhørende verdier av vannføring og vannstand som modellen kan kalibreres etter. Også i denne sammenhengen er det vanskelig å samle inn data for store nok vannføringer. Data for eldre historiske flommer har en redusert verdi på grunn av endringer i elveløpet og elveslettene som for eksempel brubygging, veibygging, flomverk og lignende.

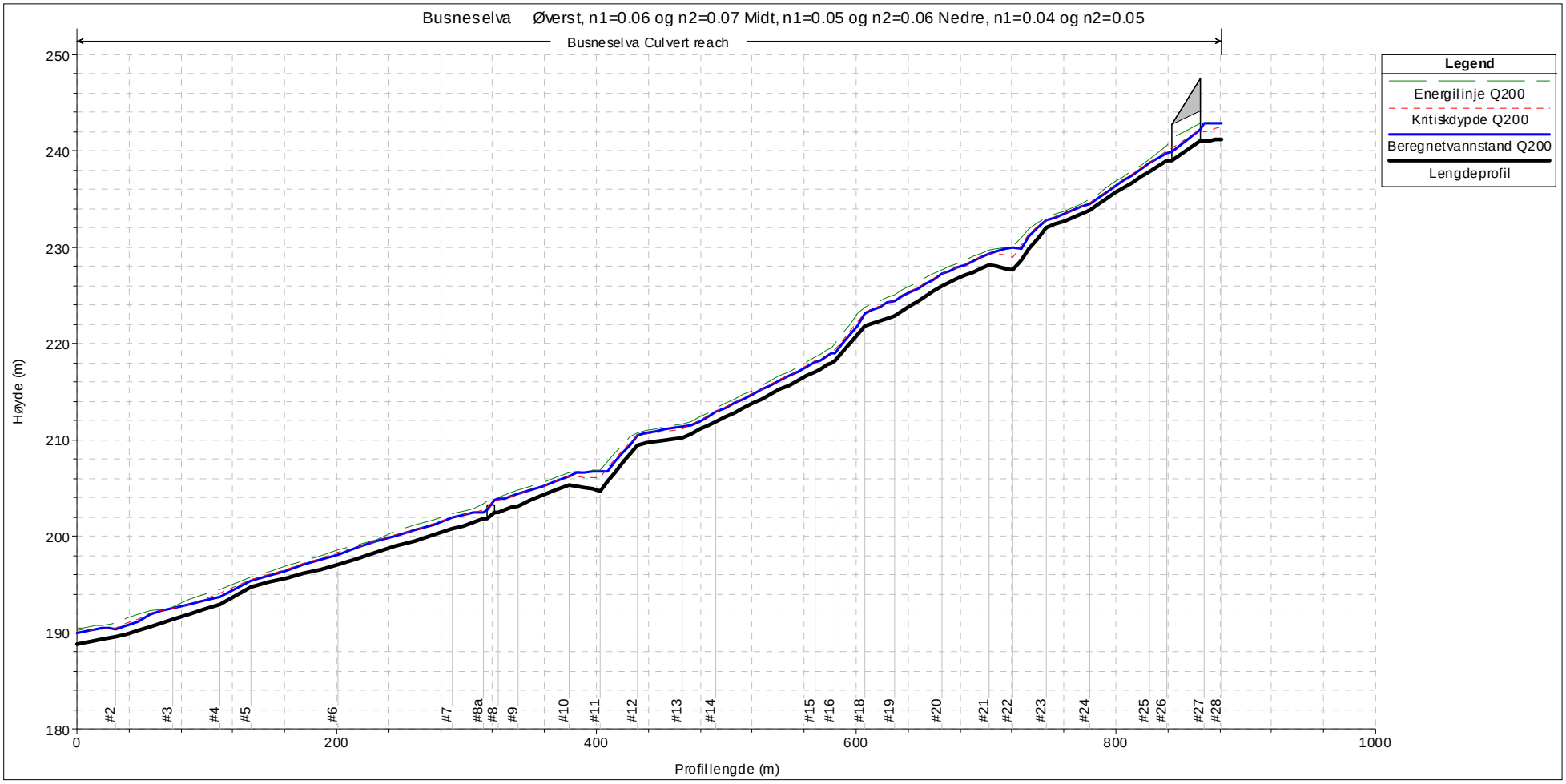
Nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva (brattere elver krever kortere profilavstand) er blant de viktigste faktorene. Erosjon og masseavlagring representerer generelt et betydelig usikkerhetsmoment i beregningene. Spesielt ved store flommer kan det skje store endringer i profilene.

Modellen er ikke kalibrert ut fra observerte vannstander da det ikke er registrert vannstander i forbindelse med flomvannføringer.

Det er foretatt beregninger for å se hvordan ruheten i elva og elveslettene innvirker på de beregnede vannstander. Ruheten er økt med 25 % med utgangspunkt i de valgte verdiene. Ruheten har liten innvirkning på de beregnede vannstander i Busneselva.



Figur 6. Beregnet vannstand i Busneselva for en 200-årsflom med ulike ruhetsverdier.



Figur 7. Beregnet vannstand, Energilinjen og Kritisk dybde for 200 årsflom.

6 Grov plan for erosjonssikring

6.1 Problemstilling

Det opplyses at det er på øvre del bekken har vært flyttet/berørt i forbindelse med vegbyggingen. Det er erosjonsproblemer på deler av strekningen. På nedre del er det problemer med masse som legger seg opp og medfører redusert tverrsnitt, noe som igjen fører til problemer med oversvømmelse og erosjon. Grunnen i området består av stein og det ser ut til å være fast fjell på noen steder. Omfanget av fjell og størrelsen av steinen er noe usikker. Det innebærer at omfanget av sikringsarbeidet er vanskelig å vurdere med sikkerhet. Vi har derfor satt opp en plan for sikringstiltakene basert på to alternativer.

6.2 Erosjonssikring

Lengdeprofilet av elva viser at det fra profil 26 og ned til profil 10 er et gjennomsnittlig fall på elva på 1/14. Fra profil 10 og til utløpet i Tinnsjøen er det et gjennomsnittlig fall på 1/24. Fallet er stort og medfører høy vannhastighet under flom. Kreftene som påvirker bunn og sider av elveløpet er betydelige.

Det planlegges følgende tiltak:

- Alternativ 1 - full sikring
- Alternativ 2 - punktvis sikring der hvor det er erosjonskader.

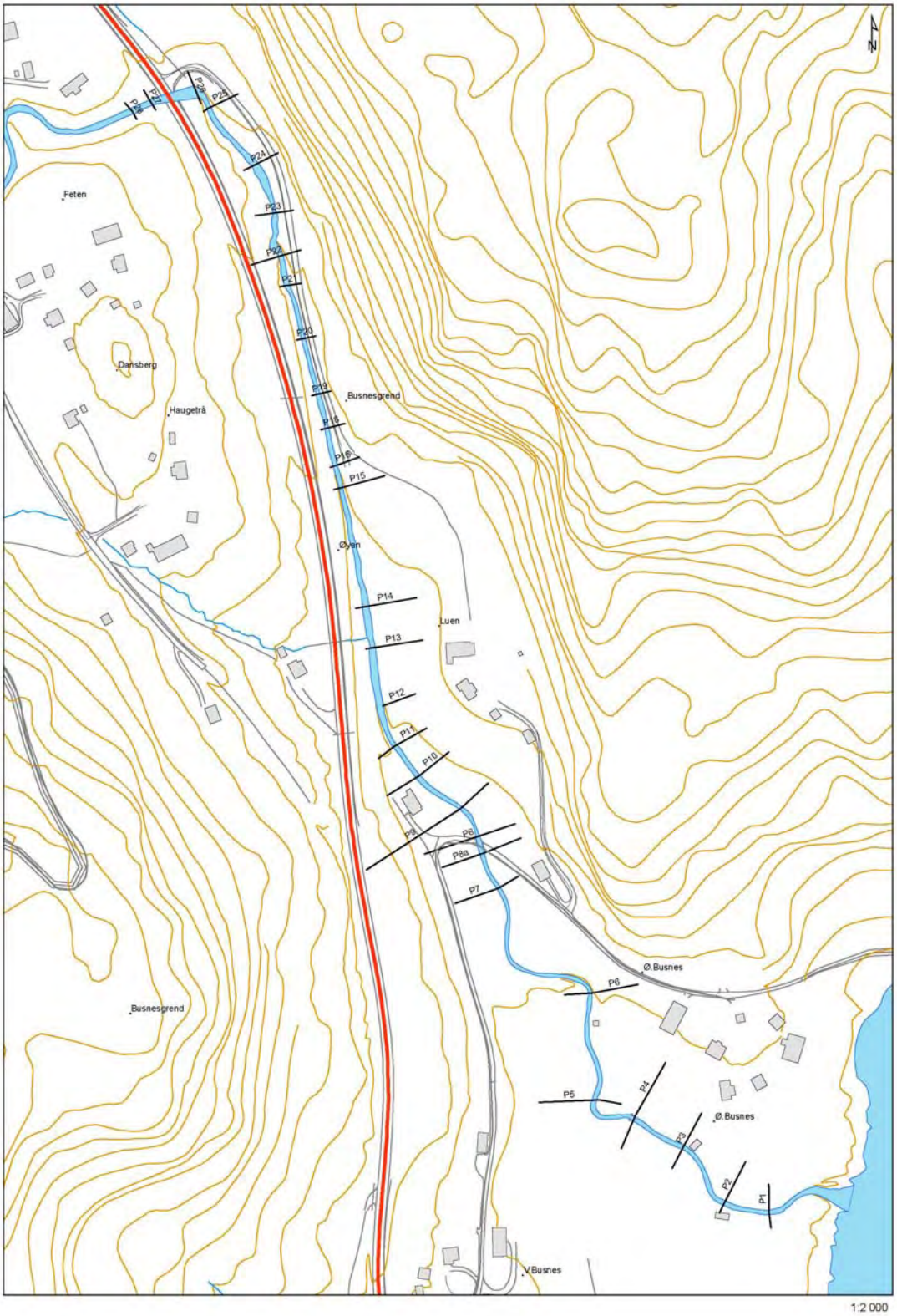


Fig. 8. Oversikt over tverrprofiler med nummerering.

6.2.1 Alternativ I – full sikring

Profilnr vises i figur 8.

- På strekningen fra P26 – P12 utføres erosjonssikring på begge sider. Det legges steinbånd i bunnen for hver 30m.
  Anbefalt bunnbredde er 2,5 til 3 m og med sidehelninger på 1:1,5. Vanndybden ved stor flom vil variere mellom 0,6 og 1,0 m. Vannspeilet vil pendle mye pga ujevn bunn og stor hastighet. Erosjonssikringen forankres i fundamentgrøft og føres opp 1,5 m over bunnen. Tykkelsen på sikringen må være minst 1 m i foten og gradvis avtagende til 0.5 m i toppen. I tillegg kommer drenerende masser i bakkant. Vi regner med at massene i vegfyllingen er helt greie masser som filter bak sikringen. En ordner derfor bare veifyllingen med angitt helning og legger på sikringen. Størrelsen på filteret må stå i forhold til åpningen mellom steinene som benyttes i sikringen slik at det ikke vaskes ut masser bak sikringen. Se prinsippskisse for mer detaljer.

- På strekningen P21 – P18, hvor elveløpet blir noe trangt anbefaler vi at en bygger mur på østsiden av elva.
  Langs veifyllingen ønskes primært en skråningshelning på 1:1,5. Vi har vurdert muligheten for å sette opp en plastring/mur langs veifyllingen på det trangeste partiet, men det er svært vanskelig å utføre i praksis. Det beste er nok å basere seg på vanlig erosjonssikring langs veifyllingen med helning i front på 1:1,5. Bunnbredden i elva bør i utgangspunktet være mellom 2,5 og 3,5 m. Her hvor elveløpet blir noe trangt anbefaler vi at en bygger mur på østsiden av elva. En graver da ut nødvendige masser for å bygge muren og etterpå legger jordbruksveien oppå.

- I utgangspunket mener vi at det ikke trengs sammenhengende bunnsikring, men innlagte steinbånd med en avstand på ca 30 m. Under utførelsen må en vurdere bunnforholdene mer i detalj.

- På strekningen P12 til P11 er det et fall på 4,5 – 5 m over en kort strekning. Etter all sannsynlighet er det fjell eller et godt sikret område fra før.
  Partiet P11 – P10 fungerer som energidreper og bremser vannet. Her er det store krefter i sving og i den grad det ikke er godt nok sikret, må en forsterke. P11 har en bunnbredde på 2,5 m som bør utvides til 3,5 m og med sidehelning 1:1,5 på begge sider.
  Bunnen må ikke senkes mer enn at en har et jevnt fall på minimum 1:24 mellom P10 og til P8. Elvekanten, spesielt mot bolighuset må erosjonssikres på samme måte som på strekningen oppstrøms P10, men her sikrer en helt til topp flomverk.
  Det naturlige terrenget på sydsiden er ikke høyt nok alle steder og en må legge opp en voll, som mellom P12 og P10 bør svinge inn til sikker høyde i terrenget. Topp voll bør gå til null på kote 208 mellom P12 og P11. Ved P10 legges topp voll på kote 207,2. Ved P9 kan en legge topp voll på kote 205 og så får en finne en naturlig avslutning frem mot veien. Vollen kan bygges opp av masser lokalt eller av vanlig sprengstein. Vollen må ikke bygges av for grov stein for den må ha en viss tetthet. D= 0-0,5 m kan være en fin gradering. Det viktigste er nok ikke tettheten, men at den er høy nok slik at vannet ikke slår over i flom. Detaljene rundt denne sikringen bør en vurdere nærmere under utførelsen.

- Brua ved P8.
  Vannstanden under flom vil pendle en del pga stor hastighet og lignende, men vi anslår at brua tar en 50 – 100 års flom før vannet går over brua. Det tilsvarer en vannføring på mellom 7,6 og 8,5 m3/s. Vi mener det bør være unødvendig å bygge om brua. Hva vil skje dersom gjennomløpet under brua ikke tar unna alt vannet? Noe av vannet vil da renne på sidene. Kan en med enkle tiltak utforme terrenget slik at vannet renner inn igjen i elveløpet like nedstrøms? Vi må ta i betraktning at det er svært sjelden brua ikke "sveller unna" vannet.
  I vårt kostnadsoverslag har vi ikke tatt med eventuell ombygging av brua.

  I figurene på de neste sidene ser en plott av vannlinjen fra P12 og til like forbi gårdsvei brua slik den er i dag for en 5 års flom og en 200 års flom.

- Nedstrøms brua. I utgangspunket bør også elveløpet her ha en bredde på 2,5 til 3 m og en høyde på 1 – 1,5 m opp til terreng. Profilene viser at det er noe trangt og at vannet lett kan gå over mellom P5- P6 og mellom P3 og P2.
  Det kan kanskje renskes opp noe enkelte steder. Men dette er nok en gytebekk og Fylkesmannen vil normalt anbefale at en ikke gjør noe på slike strekninger.
  Vi legger inn en rund sum for litt forsterkningsarbeider nedstrøms brua. De nye sikringstiltakene oppstrøms vil kunne føre til noe økt belastning like nedstrøms. Utover dette legger vi ikke inn noen tiltak i kostnadsoverslaget.

Fig 9. Bilde av bro

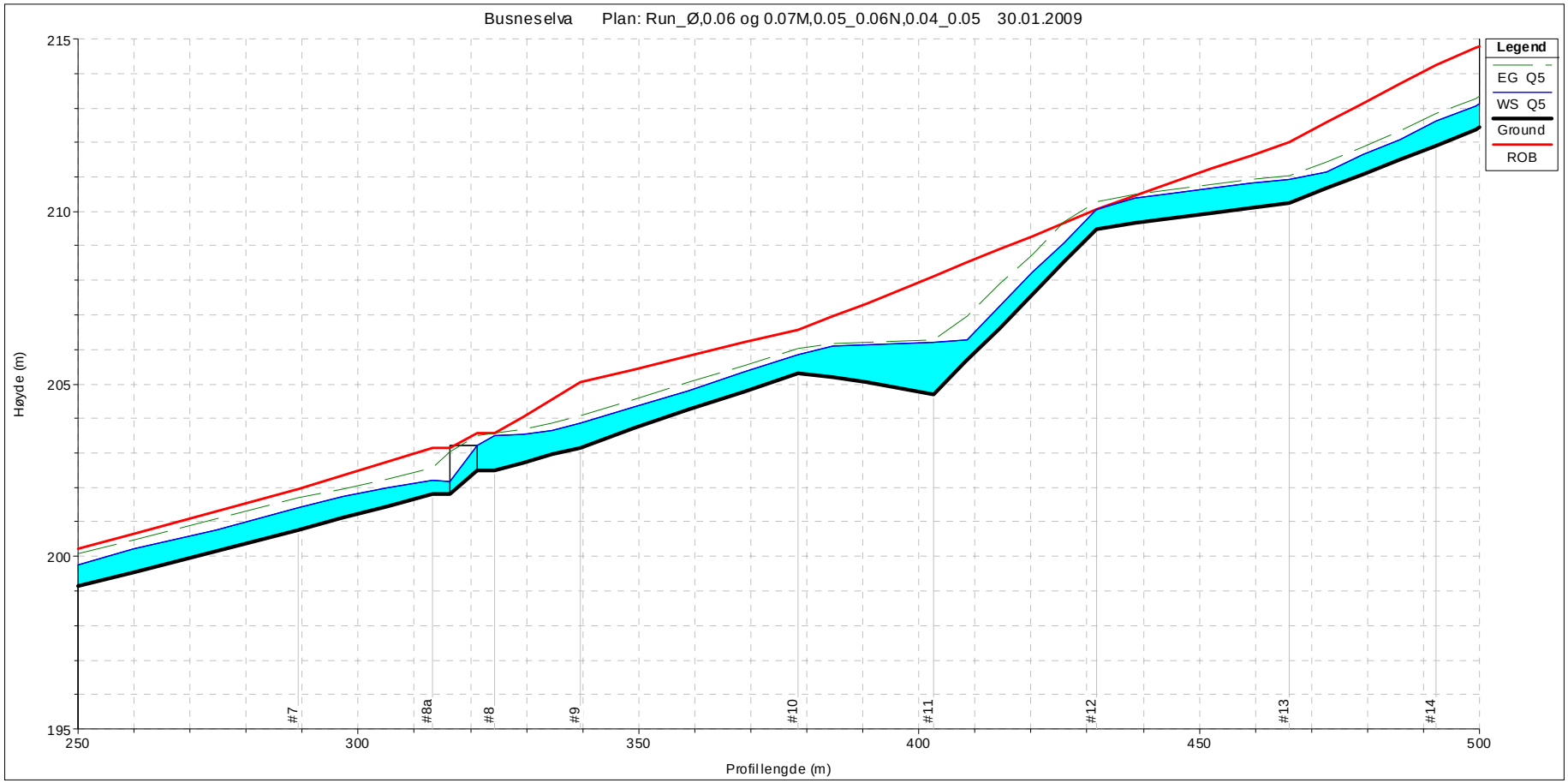


Fig. 10. Lengdeprofil av strekning ved bro med inntegnet høyde på flomsikring. 5-års flom.

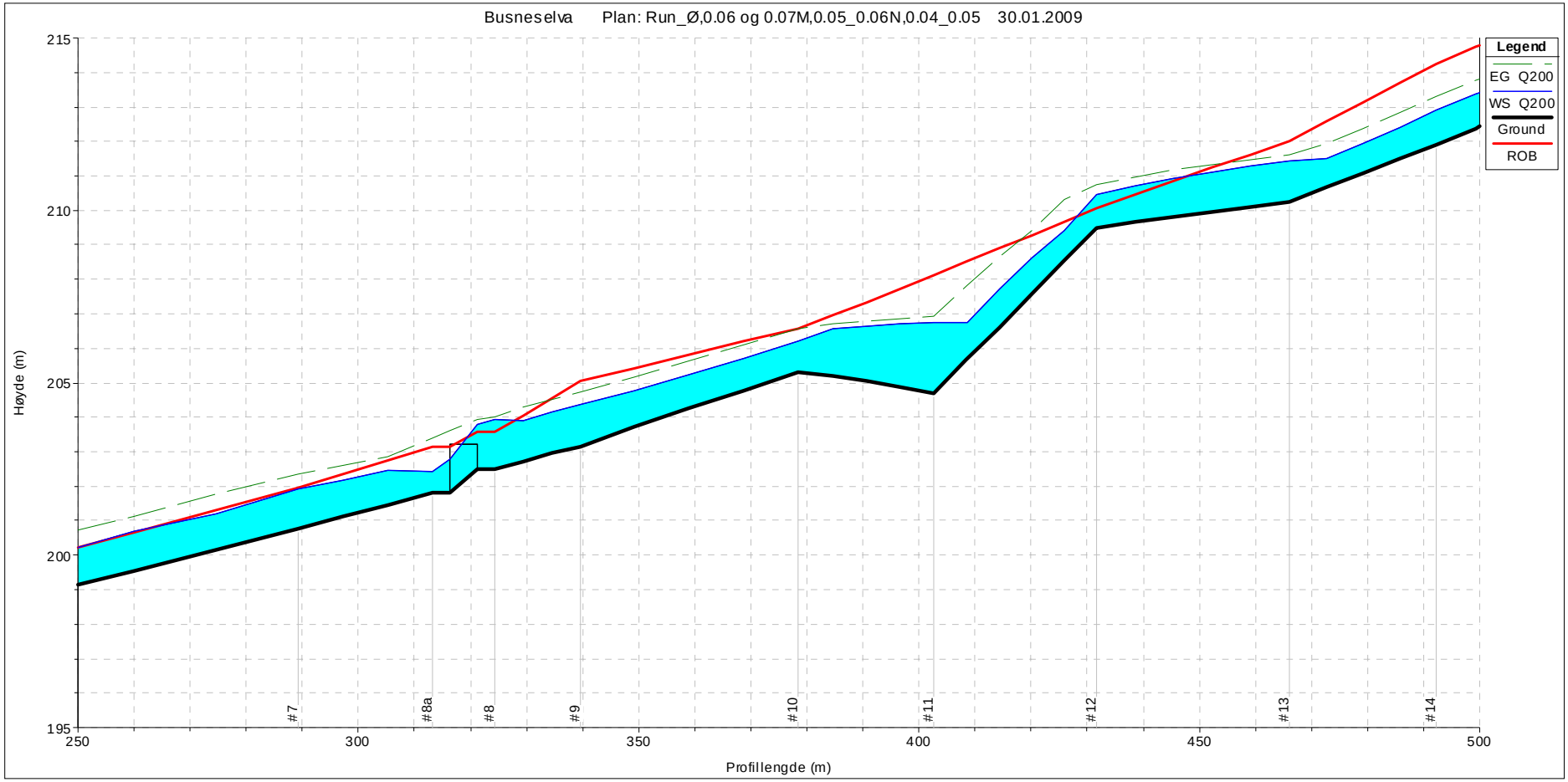


Fig. 11. Lengdeprofil av strekning ved bro med inntegnet høyde på flomsikring. 200-års flom.

6.2.2 Alternativ II - punktvis sikring på steder med erosjonskader

Dette alternativet er en minimumsløsning hvor en kun sikrer eksisterende erosjonsskader.

På strekningen P25 – P12 er det primært erosjonsskadene inn mot veien en bør prioritere.

På strekningen P12 – P8 må en heve flomvollen og erosjonssikre inn mot boligen som beskrevet i Alt. I. Sannsynligvis kan en benytte noe av eksisterende sikring spesielt på østsiden ned mot brua. Dermed vil en kunne redusere sikringsomfanget noe i forhold til alt. I.

En slik løsning innebærer at en vil måtte regne med noe vedlikehold i fremtiden. **Ved å holde tilsyn med skråningsfoten** skal det ikke kunne skje større skader på hovedveien, for Busnelva er en liten elv hvor flommene har kort varighet og det er begrenset hvor stor skade som kan oppstå for hver flom.

På neste side er det vist tre prinsipper for erosjonssikring.

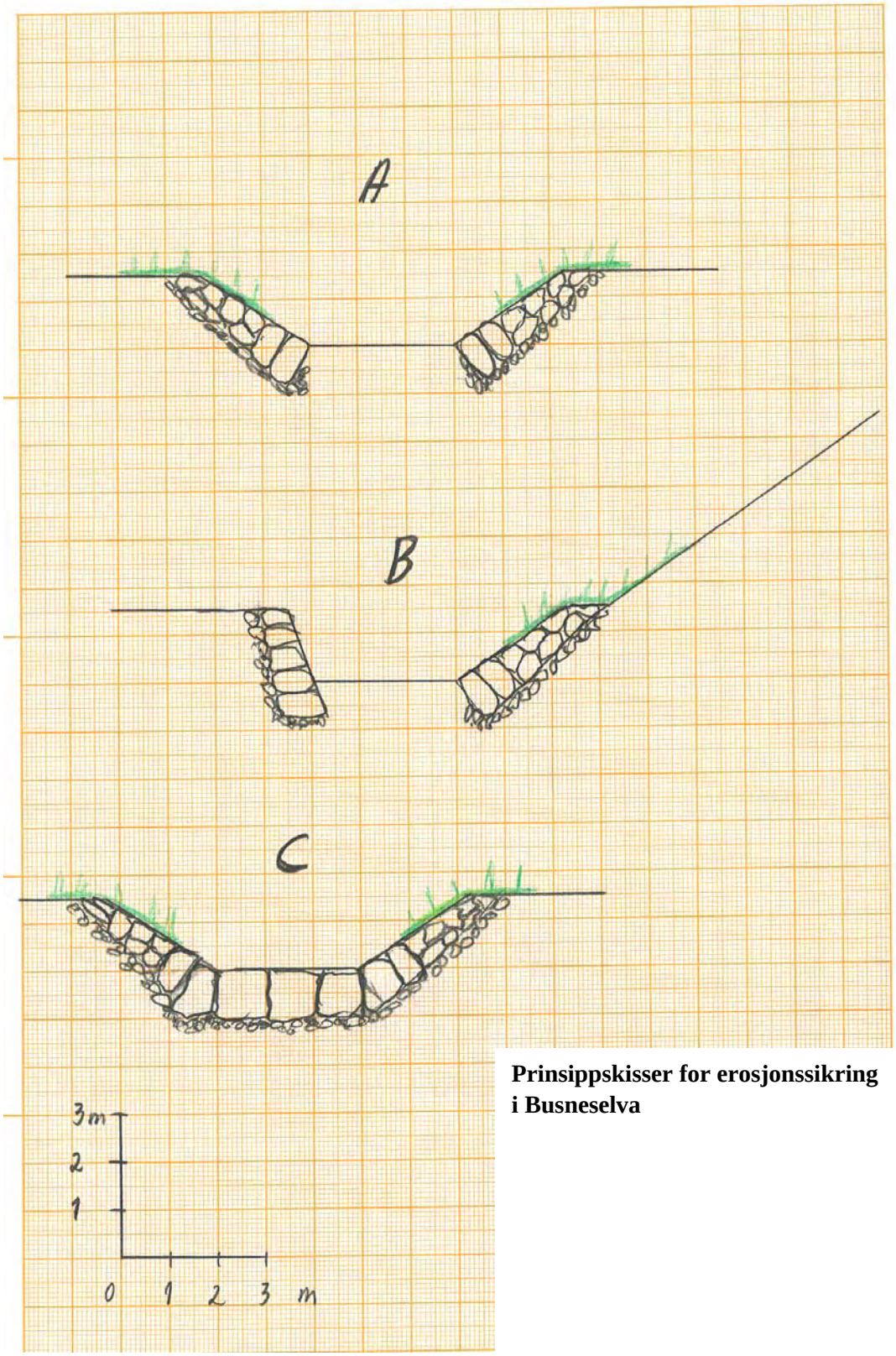
A Erosjonssikring med sidehelning 1:1,5. Den benyttes der en har plass til det. F.eks. på strekningen P18 – P12.

B Der det er for trangt til å benytte skrå sider må en benytte en murkonstruksjon på den ene eller begge sider. F.eks. på deler av strekningen fra P21 – P18.

C Viser vanlig erosjonssikring med steinbånd.

Kommentarer til prinsippskissene i fig 11:

Bekkens øvre parti har et midlere fall på 1/14 og en midlere vannhastighet på ca 4 m/s. Det er bratt og en må ha en tykkelse på erosjonssikringen på ca 1 m i foten avtagende til ca 0,5 m i toppen. I tillegg kommer et lag med sprengstein som filter. Steinstørrelsen må ligge fra D = 0,4 til 1 m med de største i foten og de minste i øvre del. I utgangspunktet benyttes sprengstein som sorteres med maskin under utlegging. Det ser fra bildene ut til at massene i området er brukbare til å rette av samt fungere som filter bak erosjonssikringen. Det er viktig at en fundamenterer foten på sikringen minst 0,75 m under elvebunnen. Til slutt bør en legge på et lag med vekstmasse utenpå øvre del av erosjonssikringen. En bør fortrinnsvis benytte stedegne masser. Dersom det ikke er nok, må en kjøre til nødvendige masser. Det trengs bare et tynt lag for å få det til å bli grønt. Vekstmassen kan legges ned til ca 0,6 m over bunnen. Det er en fordel om arbeidene utføres på en årstid slik at det får gro til best mulig før det kommer flom.



Prinsippskisser for erosjonssikring i Busneselva

Fig. 11. Prinsippskisse av erosjonssikring

6.3 Kostnadsvurderinger

Alternativ I – full sikring. Ved en sikring som beskrevet ovenfor vurderer vi kostnadene til å ligge i størrelsesorden **2,5 til 3 mill. + mva.**

Alternativ II - minimumsløsning hvor en kun sikrer eksisterende erosjonsskader. Da kan en trolig klare det for **0,75 til 1,3 mill. + mva**. En slik løsning innebærer at en vil måtte regne med noe vedlikehold i fremtiden.

Kommentarer

Har antatt at det er mulig å finne egnede masser innefor en transportavstand på 10-15 km.

6.4 Dialog med offentlige etater før inngrep

Følgende etater skal kontaktes før slike inngrep i vassdrag:

- NVE vil behandle dette som et inngrep i vassdrag - vi trenger tegninger og en kort beskrivelse over hva som er tenkt utført.
- Fylkesmannens miljøvernavdeling skal også ha en søknad med tilsvarende opplysninger for å vurdere inngrepet i forhold til fisk, biologisk liv osv. Dette kan være en viktig gytebekk for fisk fra Tinnsjøen og i så fall kan det medføre at en må gjøre noen tilpassninger av tiltakene.
- Kommunen skal også kontaktes og avklares hvilken behandling inngrepet trenger etter Plan og Bygningsloven.
- SVV må sørge for å ha nødvendige tillatelser i forhold til grunneierne.

7 Referanser

Hagen, SVV, 2008. Notat fra Hans Olav Hagen i Statens Vegvesen om Busneselva bru

Chow, 1959. Ven Te Chow, Open Channel Hydraulics.

HEC-RAS, 2008. US Army Corps of Engineers, HEC-RAS 4.0 Hydraulic Reference Manual.

US Army Corps of Engineers, HEC-RAS 4.0 User's Manual, 2008

DHI MIKE 11, 2008. DHI MIKE 11, User Manual.

DHI, MIKE 11, Reference Manual, 2008

NVEs Retningslinjer, 2007. NVEs Retningslinjer nr 21/2007 Fareklasser og valg av dimensjonerende flom for flomsikringsanlegg.

8 Vedlegg

8.1 Resultat fra HEC-RAS 4.0. Tabell med alle beregnede faktorer for alle flomfrekvenser

8.2 Resultat fra HEC-RAS 4.0. Tverrprofilene med angitt beregnet vannstand for alle flomfrekvenser

8.3 Valgte friksjonstall/Mannings n

8.4 Rapport fra landmåler

Rapport fra flomberegning, egen rapport. NVEs Oppdragsrapport A nr 3 2009.

Vedlegg 8.1. Beregnede vannstander og vannhastigheter ved tverrprofiler ved alle flomfrekvenser

		Qm			Q5			Q10			Q20		
Profile ID	Chainage	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number
28	0	242.021	1.644	0.742	242.143	1.735	0.727	242.295	1.784	0.693	242.400	1.798	0.668
27	13.123	241.869	0.991	0.399	242.022	1.048	0.390	242.201	1.097	0.378	242.321	1.123	0.370
26	41.938	239.587	1.756	1.014	239.654	1.897	1.013	239.686	2.278	1.176	239.698	2.586	1.321
25	55.442	238.301	2.383	1.573	238.346	2.635	1.637	238.429	2.605	1.451	238.486	2.590	1.354
24	101.439	234.258	1.840	1.197	234.300	2.063	1.253	234.348	2.298	1.309	234.381	2.431	1.331
23	134.642	232.465	1.569	1.021	232.518	1.693	1.017	232.578	1.822	1.017	232.613	1.920	1.032
22	160.515	229.163	0.875	0.236	229.306	1.050	0.271	229.459	1.250	0.310	229.553	1.383	0.335
21	178.976	228.803	1.976	1.009	228.892	2.115	1.008	228.991	2.255	1.008	229.055	2.338	1.008
20	215.246	226.627	2.198	1.036	226.728	2.372	1.038	226.834	2.579	1.058	226.907	2.687	1.060
19	251.549	223.799	2.271	0.862	223.944	2.482	0.880	224.102	2.708	0.895	224.163	2.957	0.952
18	273.673	222.629	2.183	1.007	222.716	2.429	1.065	222.822	2.651	1.061	222.883	2.824	1.080
16	297.274	218.683	2.842	1.630	218.740	3.161	1.689	218.807	3.482	1.736	218.851	3.676	1.761
15	311.859	217.561	2.366	1.221	217.641	2.574	1.235	217.731	2.793	1.253	217.790	2.921	1.260
14	388.355	212.551	1.877	1.059	212.626	1.981	1.073	212.691	2.173	1.114	212.732	2.298	1.129
13	414.577	210.844	1.296	0.599	210.944	1.413	0.607	211.055	1.535	0.616	211.126	1.612	0.622
12	449.035	210.004	1.816	1.007	210.076	1.959	1.008	210.159	2.107	0.984	210.212	2.203	0.975
11	478.007	206.092	0.918	0.294	206.209	1.085	0.337	206.339	1.262	0.385	206.422	1.368	0.415
10	502.18	205.786	1.753	0.964	205.850	1.942	0.992	205.927	2.123	1.007	205.980	2.221	1.008
9	541.197	203.783	1.865	0.870	203.876	2.051	0.895	203.985	2.223	0.908	204.056	2.325	0.914
8	556.462	203.350	1.231	0.502	203.497	1.299	0.510	203.755	0.968	0.336	203.795	1.040	0.353
8a	567.454	202.177	2.223	1.223	202.211	2.670	1.406	202.266	3.038	1.503	202.293	3.342	1.609
7	591.397	201.331	2.082	1.001	201.430	2.240	0.998	201.539	2.407	1.001	201.610	2.508	1.003
6	679.525	197.673	2.160	0.995	197.770	2.368	1.017	197.887	2.547	1.019	197.969	2.635	1.009
5	746.529	195.092	1.667	1.001	195.148	1.831	1.030	195.220	1.950	1.022	195.250	2.108	1.076
4	771.069	193.269	3.251	1.901	193.344	3.407	1.842	193.422	3.623	1.845	193.487	3.613	1.763
3	806.827	192.240	2.117	0.801	192.321	2.349	0.847	192.355	2.852	1.006	192.389	3.081	1.065
2	851.396	189.939	2.429	1.397	190.001	2.669	1.421	190.083	2.837	1.387	190.130	2.983	1.398
1	880.689	189.399	2.237	1.007	189.515	2.389	1.006	189.645	2.533	0.997	189.750	2.529	0.942

		Q50			Q100			Q200			Q500		
Profile ID	Chainage	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number	Water Level	Velocity	Froude number
28	0	242.586	1.794	0.621	242.714	1.784	0.592	242.906	1.761	0.550	243.091	1.737	0.515
27	13.123	242.526	1.155	0.356	242.664	1.175	0.344	242.866	1.202	0.326	243.058	1.225	0.312
26	41.938	239.718	3.101	1.554	239.732	3.443	1.703	239.754	3.923	1.904	239.775	4.362	2.080
25	55.442	238.581	2.585	1.238	238.639	2.625	1.201	238.714	2.719	1.180	238.778	2.833	1.182
24	101.439	234.434	2.649	1.371	234.470	2.775	1.387	234.522	2.947	1.408	234.571	3.100	1.426
23	134.642	232.679	2.038	1.008	232.711	2.175	1.036	232.760	2.351	1.064	232.807	2.503	1.083
22	160.515	229.705	1.604	0.375	229.808	1.746	0.399	229.936	1.965	0.438	230.050	2.171	0.473
21	178.976	229.158	2.466	1.008	229.226	2.545	1.008	229.326	2.633	1.000	229.407	2.750	1.009
20	215.246	227.021	2.870	1.072	227.102	2.964	1.069	227.218	3.089	1.065	227.324	3.199	1.063
19	251.549	224.271	3.298	1.018	224.351	3.462	1.038	224.476	3.621	1.040	224.591	3.751	1.041
18	273.673	222.963	3.179	1.151	223.022	3.377	1.178	223.111	3.636	1.207	223.193	3.864	1.229
16	297.274	218.923	3.973	1.795	218.971	4.164	1.817	219.040	4.416	1.842	219.105	4.636	1.862
15	311.859	217.885	3.127	1.276	217.944	3.273	1.295	218.038	3.420	1.293	218.119	3.576	1.305
14	388.355	212.798	2.502	1.158	212.842	2.628	1.173	212.905	2.807	1.196	212.964	2.960	1.213
13	414.577	211.241	1.732	0.633	211.316	1.810	0.640	211.422	1.917	0.650	211.519	2.013	0.660
12	449.035	210.303	2.337	0.954	210.363	2.421	0.943	210.447	2.540	0.933	210.525	2.642	0.924
11	478.007	206.555	1.531	0.459	206.642	1.632	0.484	206.762	1.768	0.517	206.870	1.886	0.544
10	502.18	206.068	2.369	1.007	206.127	2.461	1.007	206.212	2.587	1.008	206.292	2.691	1.006
9	541.197	204.178	2.463	0.914	204.252	2.567	0.922	204.369	2.675	0.919	204.480	2.758	0.912
8	556.462	203.854	1.151	0.378	203.888	1.227	0.396	203.934	1.333	0.421	203.967	1.451	0.451
8a	567.454	202.340	3.803	1.751	202.370	4.114	1.845	202.438	4.348	1.848	202.498	4.576	1.863
7	591.397	201.719	2.690	1.019	201.803	2.758	1.007	201.912	2.889	1.009	201.998	3.048	1.029
6	679.525	198.089	2.819	1.021	198.234	2.050	0.686	198.114	3.376	1.206	198.201	3.124	1.065
5	746.529	195.291	2.398	1.184	195.335	2.489	1.189	195.404	2.441	1.104	195.439	2.606	1.139
4	771.069	193.595	3.593	1.645	193.652	3.687	1.638	193.732	3.814	1.629	193.821	3.819	1.568
3	806.827	192.458	3.315	1.102	192.467	1.871	0.619	192.464	2.262	0.749	192.484	2.509	0.822
2	851.396	190.200	3.265	1.448	190.242	3.467	1.492	190.317	3.654	1.498	190.377	3.872	1.532
1	880.689	189.964	2.297	0.762	189.947	2.717	0.910	190.001	2.972	0.967	190.038	3.218	1.027

Vedlegg 8.2. Tverrprofiler med beregnet vannstand for middel-, 200- og 500 års flom

- **Se figur 8 i hoveddokument for plassering av profilene på kartet**
- **Se vedlegg 8.3 for rapport fra oppmåling**

Tegnforklaring

WS Q500 = vannstand 500-års flom

WS Q200 = vannstand 200-års flom

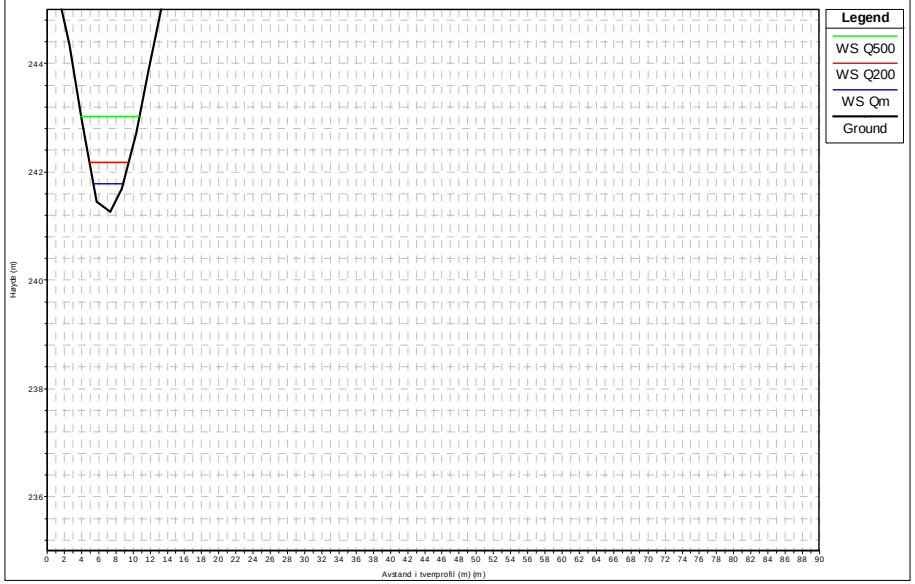
WS Qm = vannstand middelflom

Ground = bakkenivå

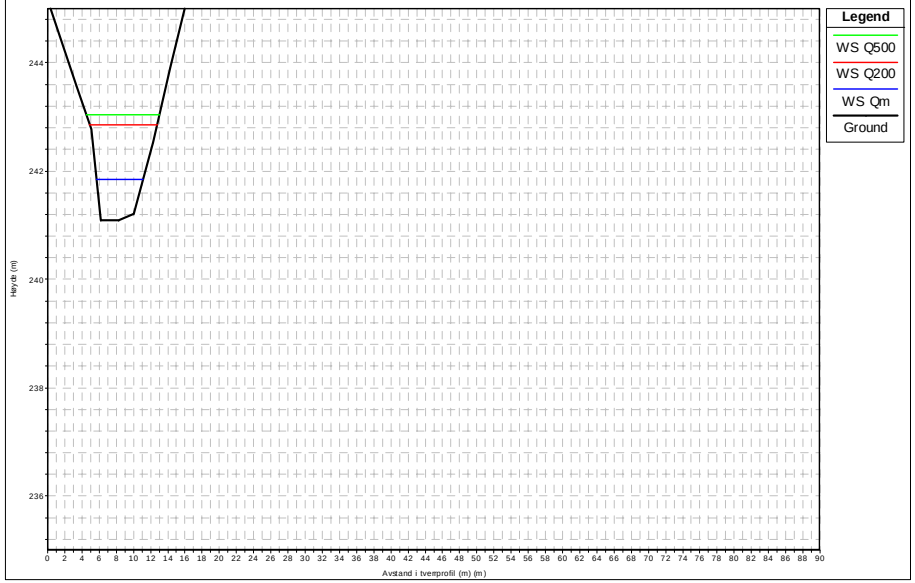
Ineff = angir ineffektivt strømningsområde, dvs område som kan bli oversvømt uten at det er noen hastighet på vannet.

Bank station = synlig i noen profil. Brukes for å angi grensen mellom elveløp og sidekanter i elven. Det blir angitt forskjellige friksjonstall (Manningstall) i elveløp og sidekant/elvekant.

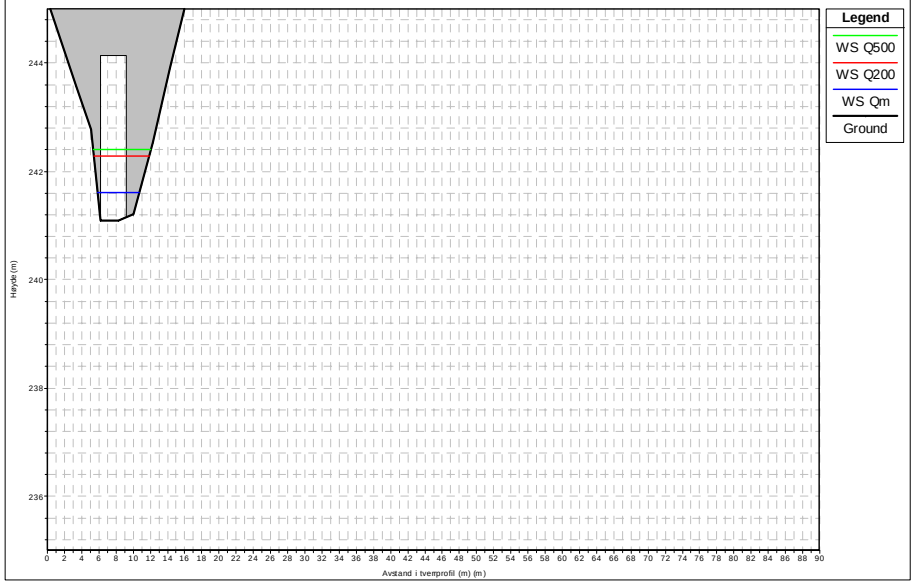
Busneselva
RS = 28



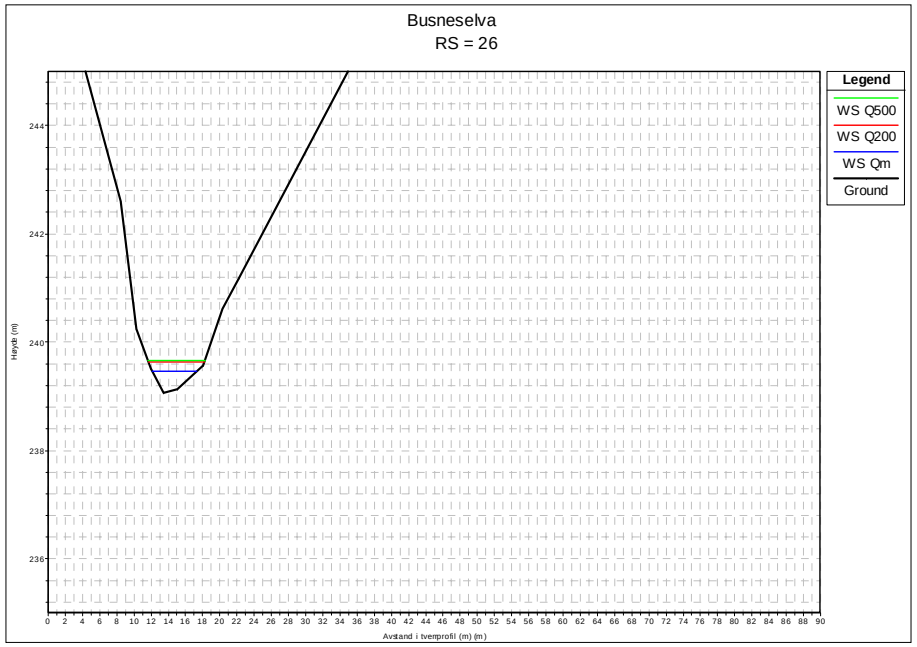
Busneselva
RS = 27

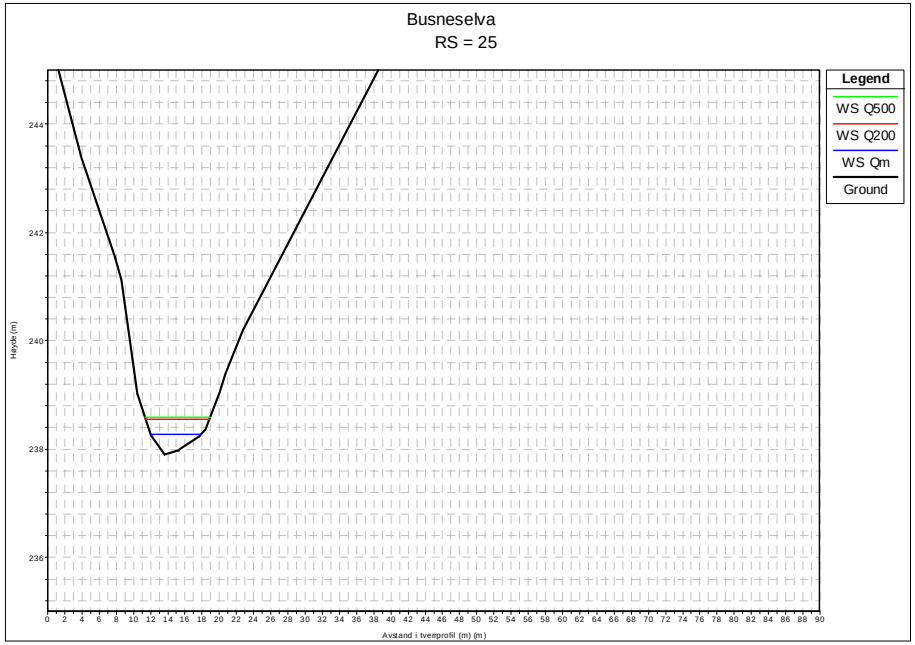


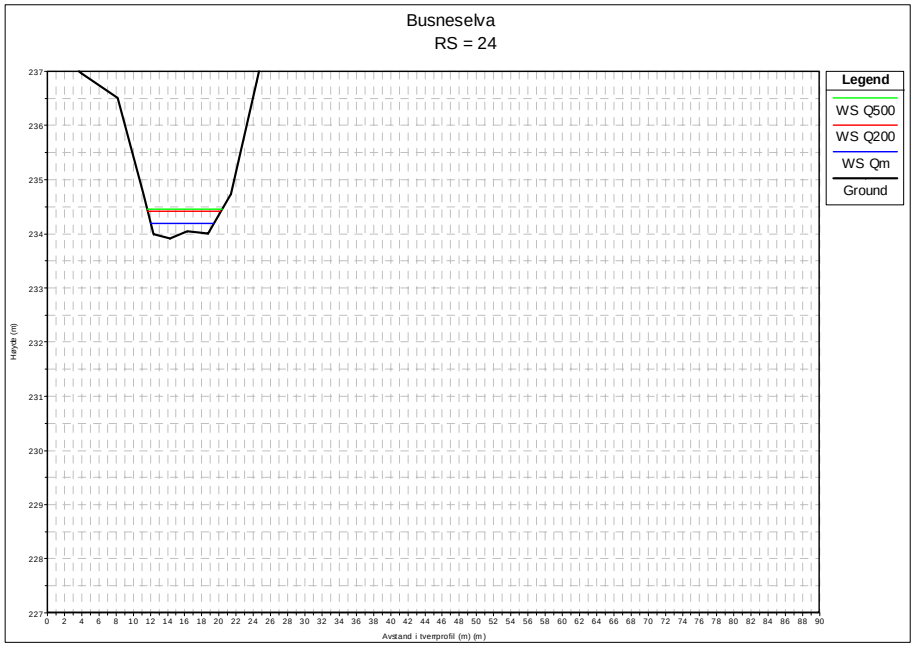
Busneselva
RS = 26.5 BR

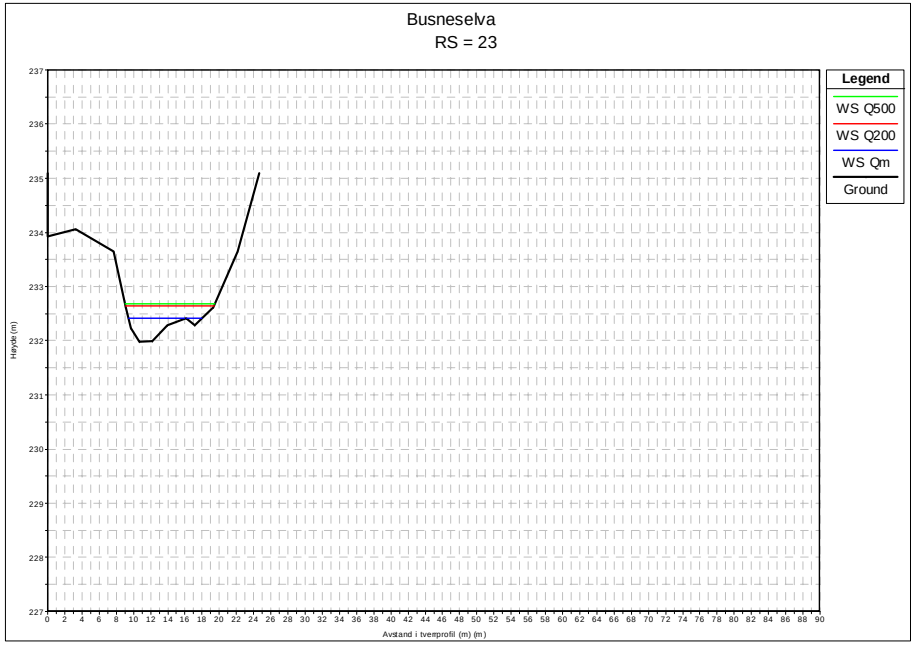


Busneselva
RS = 26.5 BR

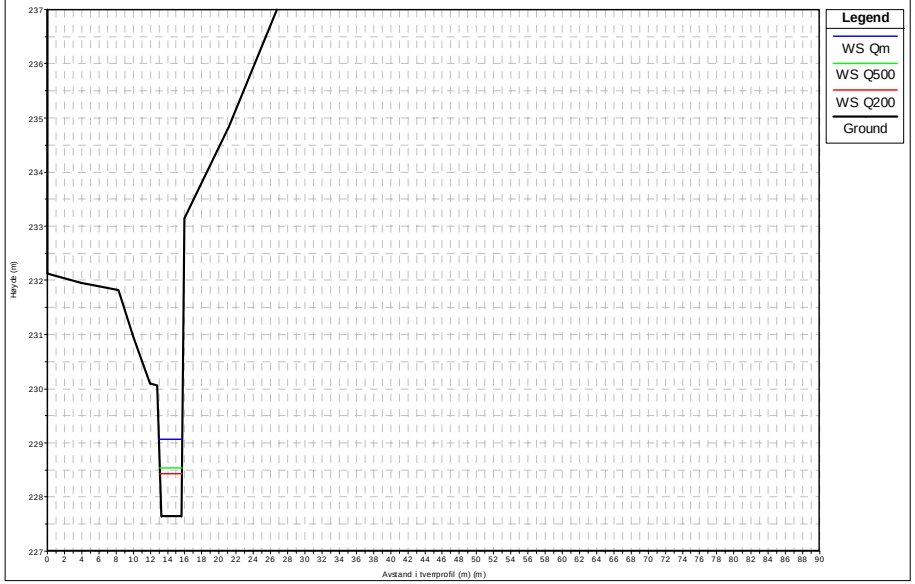

Busneselva
RS = 26
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Qm
Ground
Høyde (m)
Avstand i tverprofil (m) (m)


Busneselva
RS = 25
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Qm
Ground
Høyde (m)
Avstand i tverprofil (m) (m)

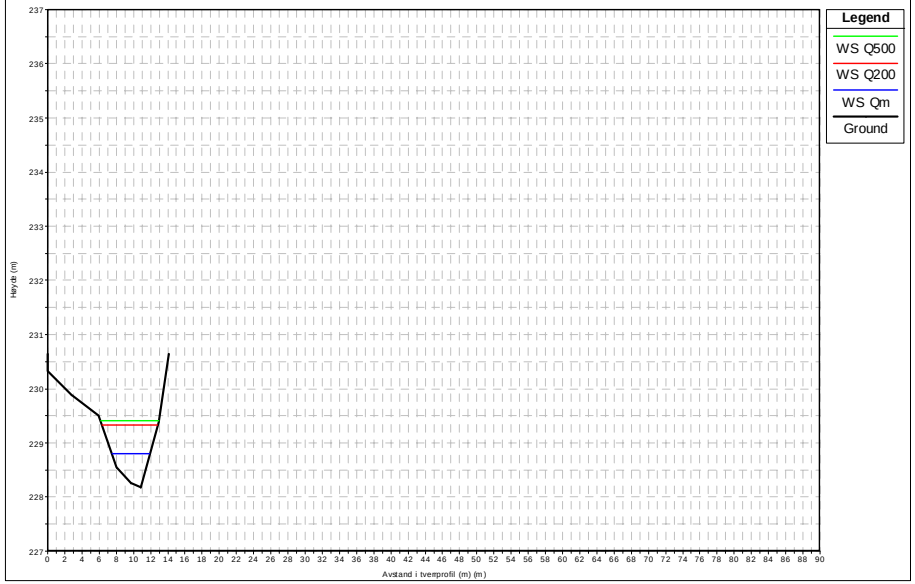

Busneselva
RS = 24
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Qm
Ground
Høyde (m)
Avstand i tverprofil (m) (m)


Busneselva
RS = 23
Legend
WS Q500
WS Q200
WS Qm
Ground
Høyde (m)
Avstand i tverprofil (m) (m)

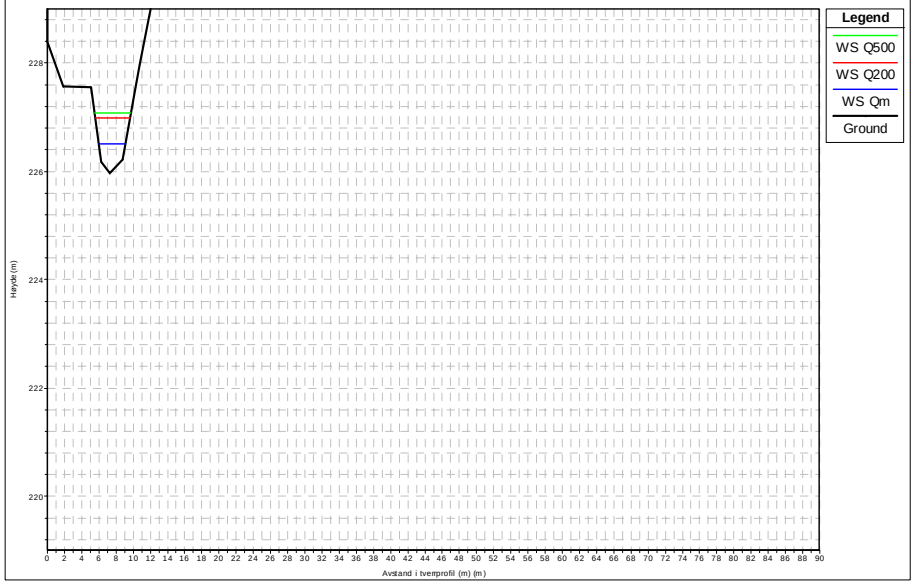
Busneselva
RS = 22



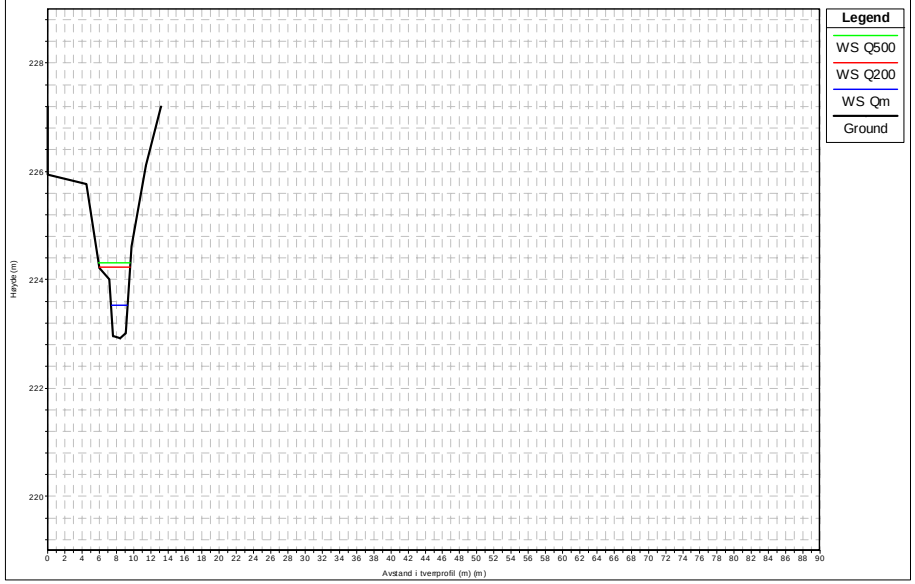
Busneselva
RS = 21



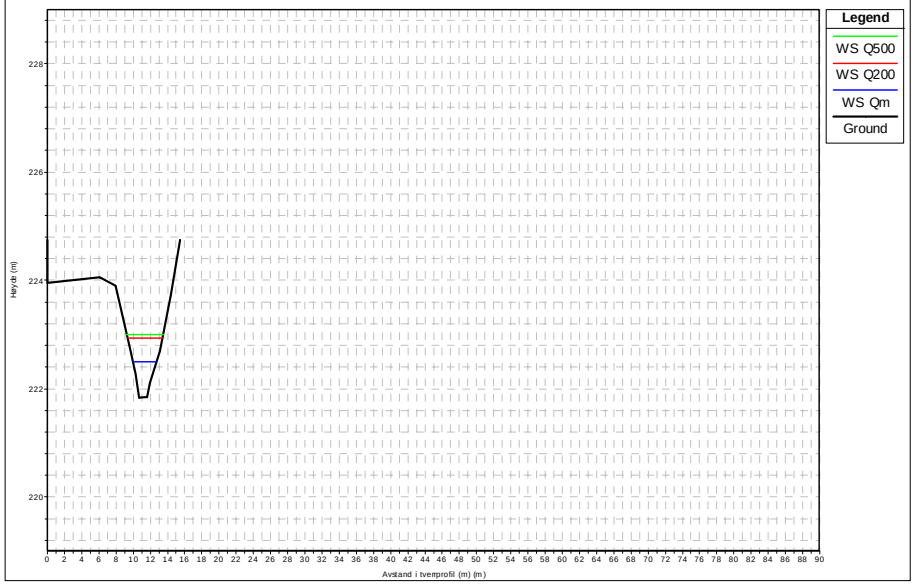
Busneselva
RS = 20



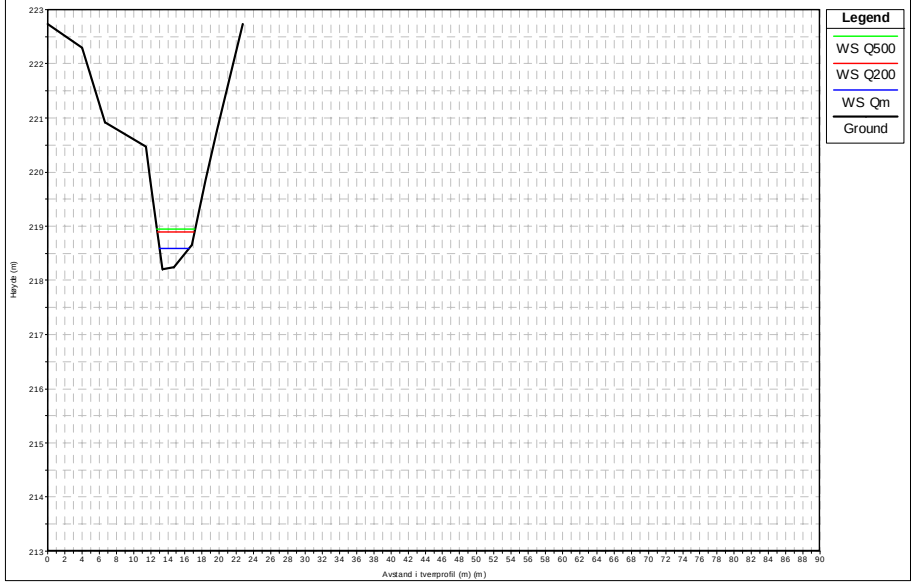
Busneselva
RS = 19



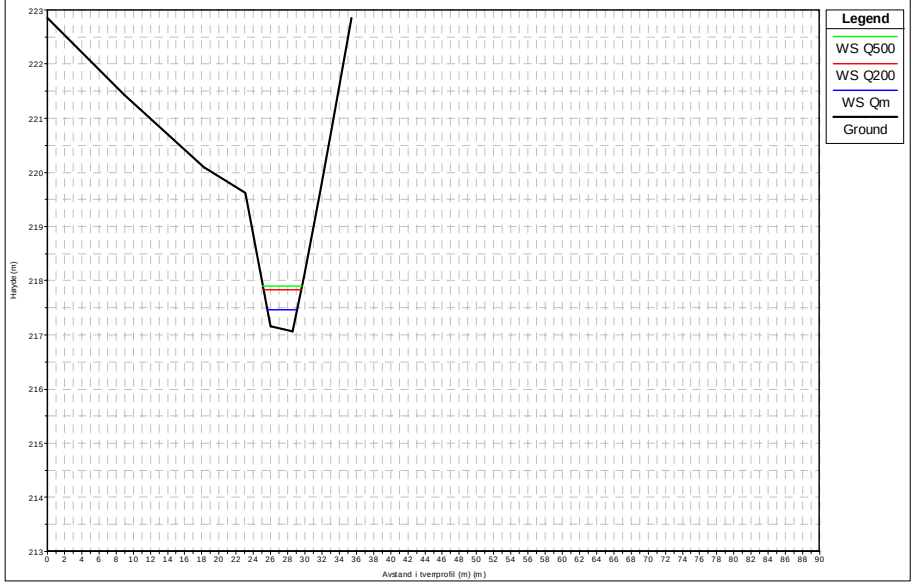
Busneselva
RS = 18



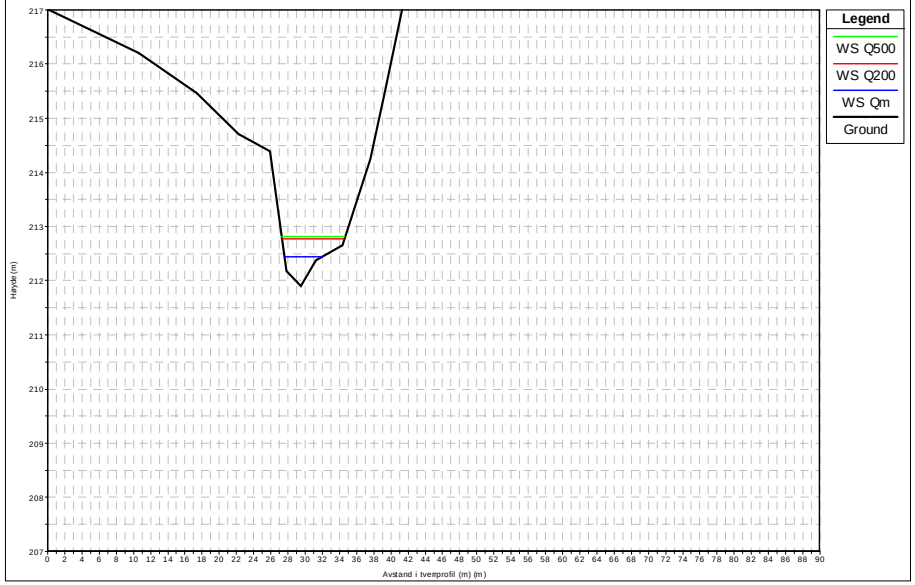
Busneselva
RS = 16



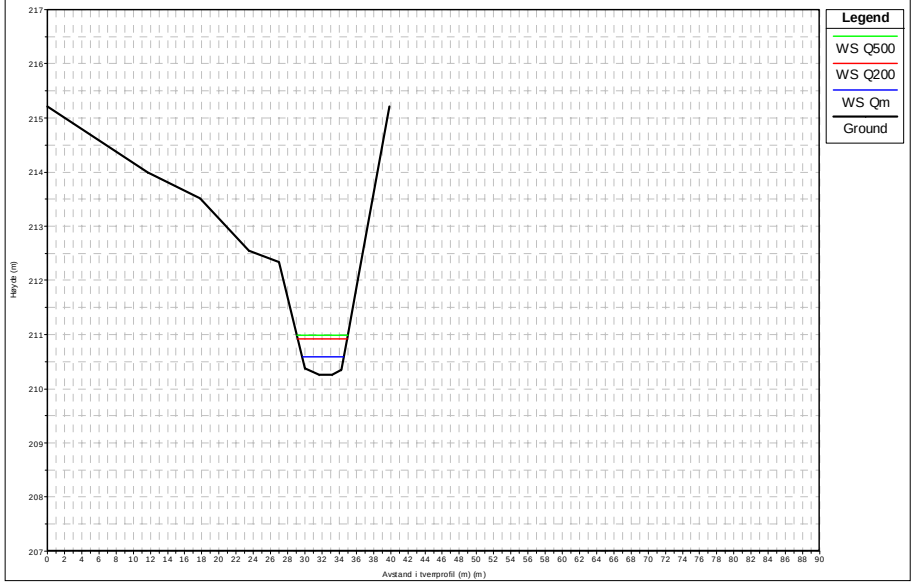
Busneselva
RS = 15



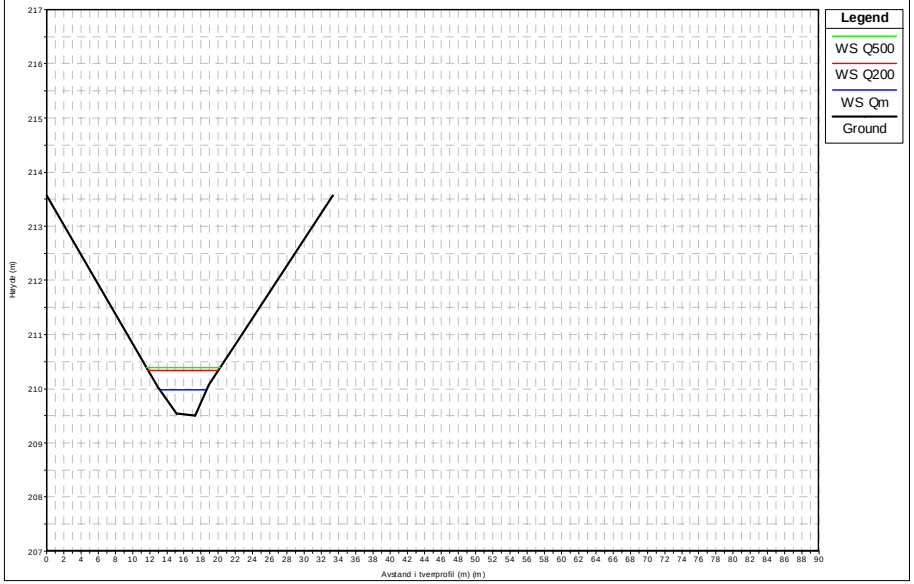
Busneselva
RS = 14



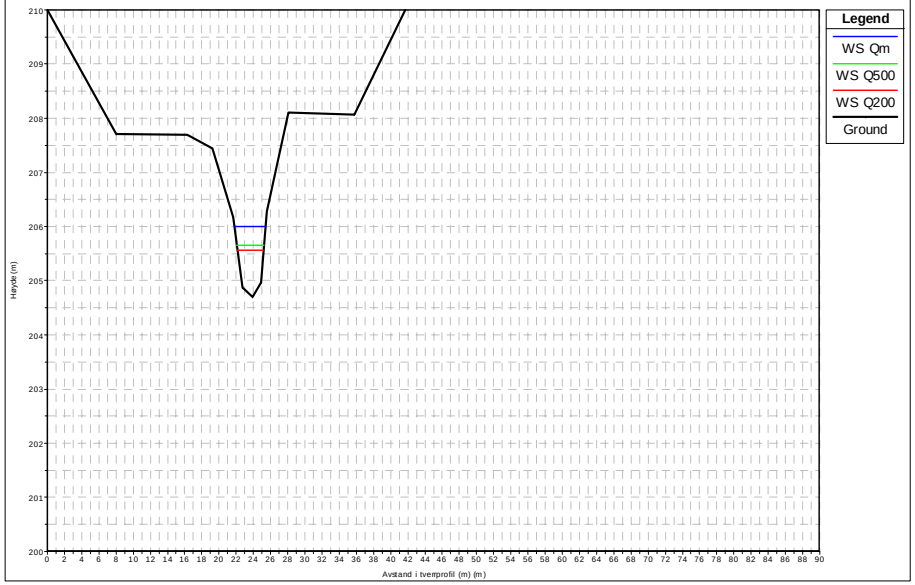
Busneselva
RS = 13



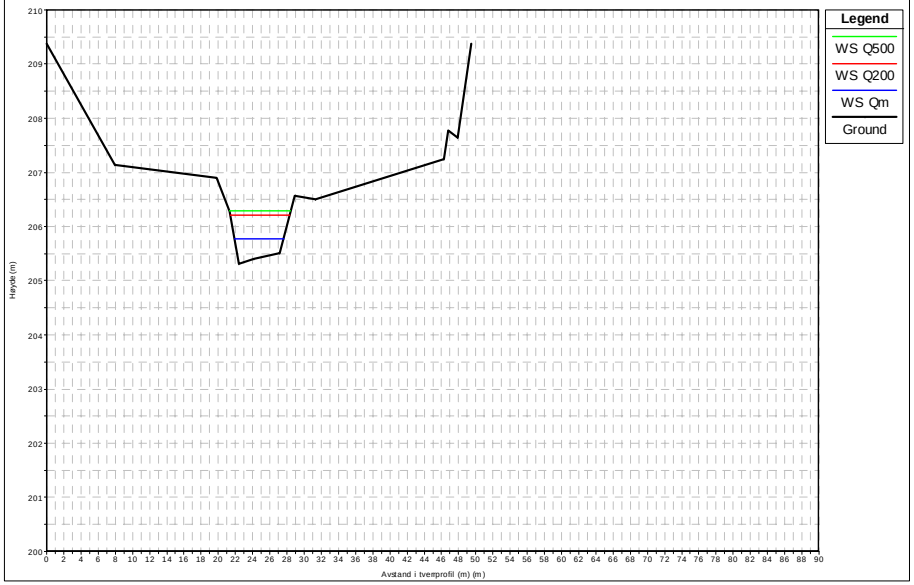
Busneselva
RS = 12



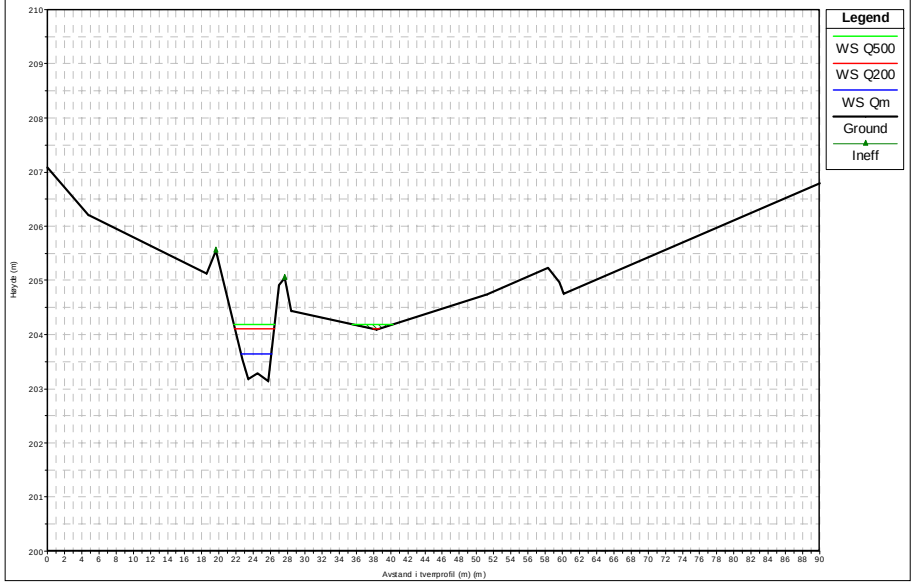
Busneselva
RS = 11



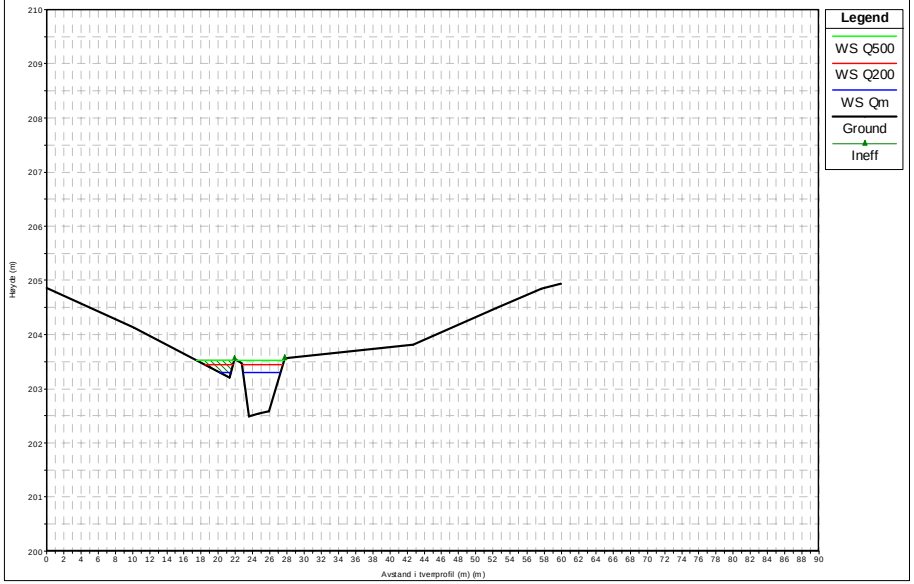
Busneselva
RS = 10



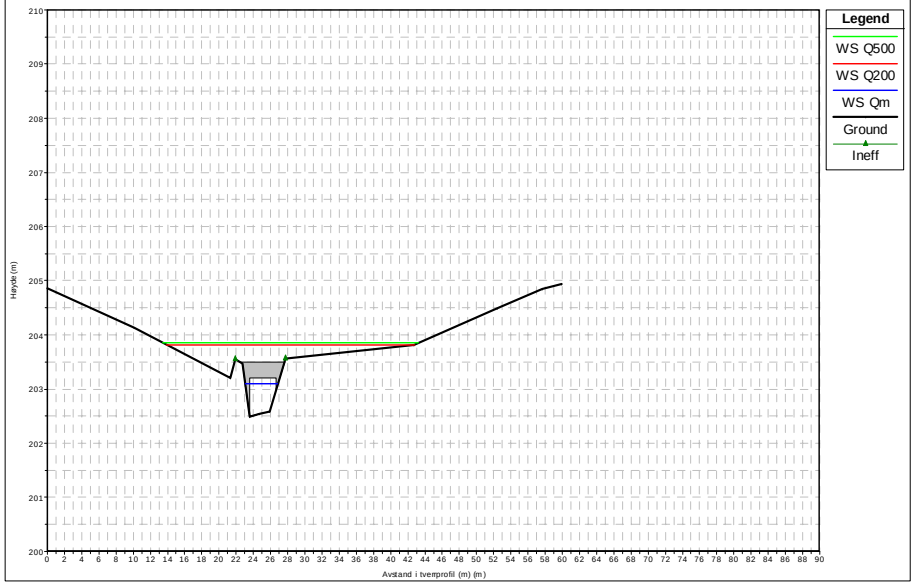
Busneselva
RS = 9



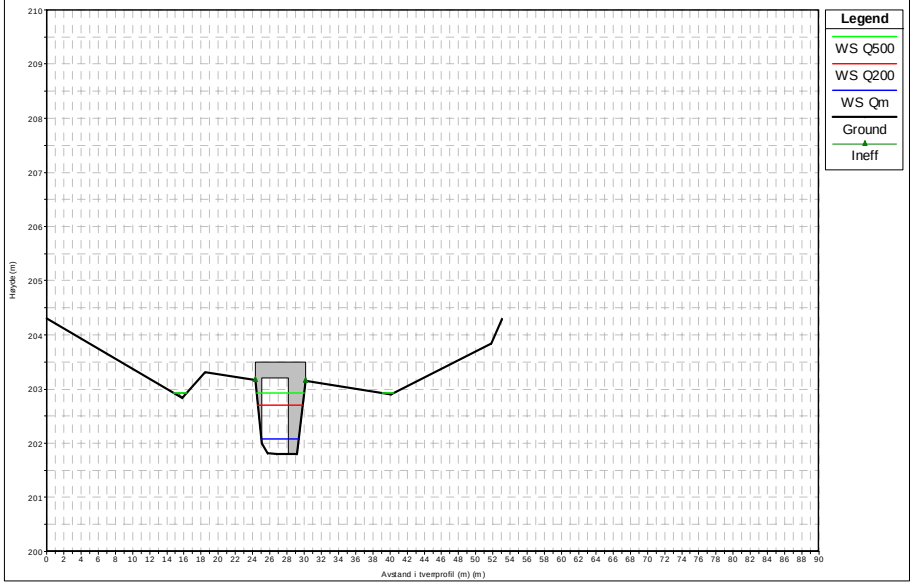
Busneselva
RS = 8



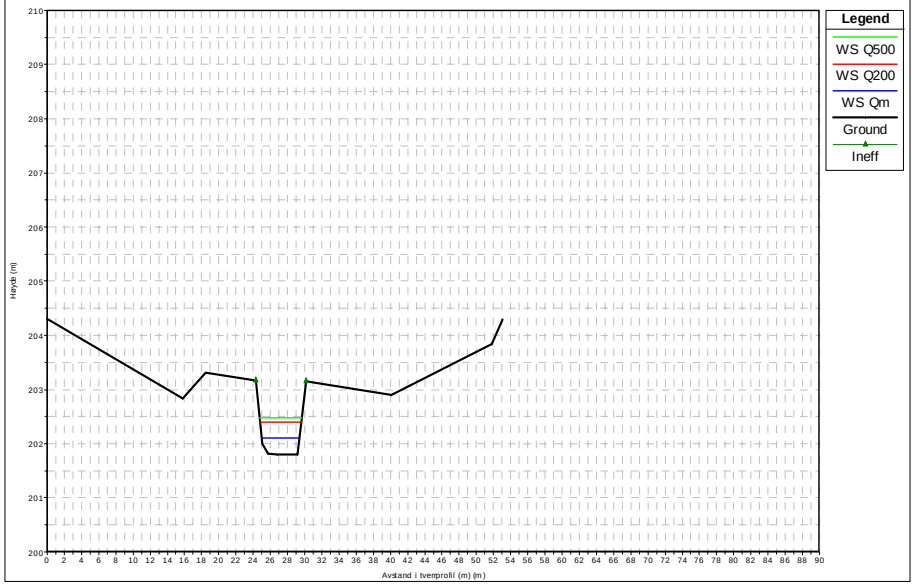
Busneselva
RS = 7.75 BR



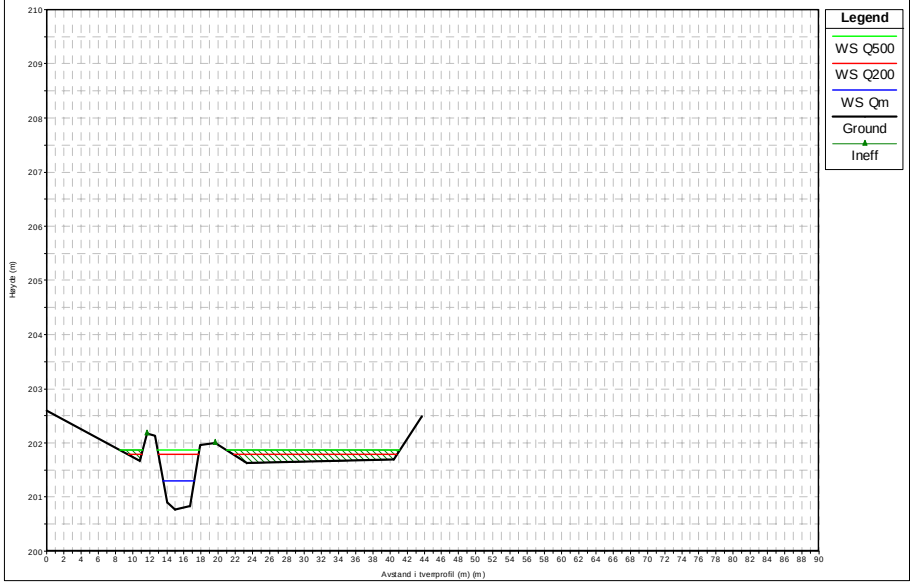
Busneselva
RS = 7.75 BR



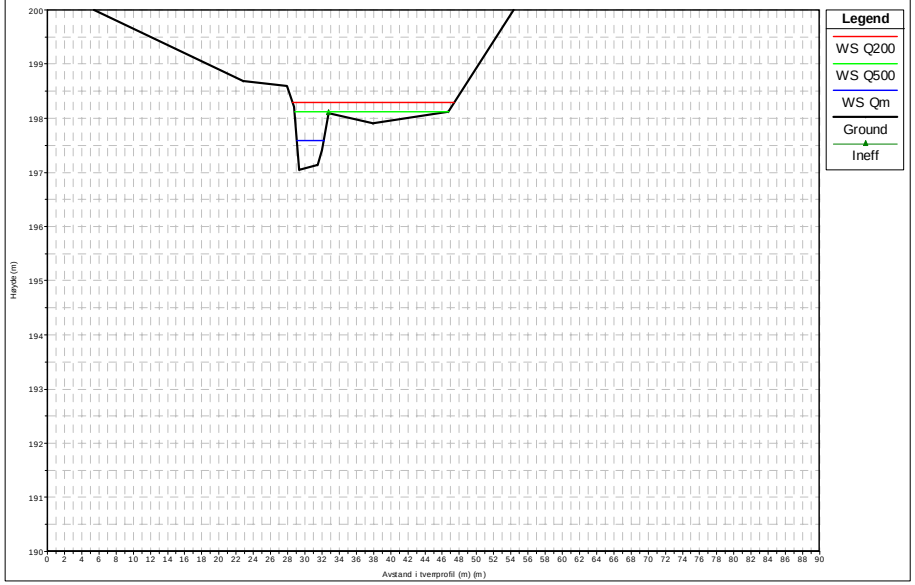
Busneselva
RS = 7.5



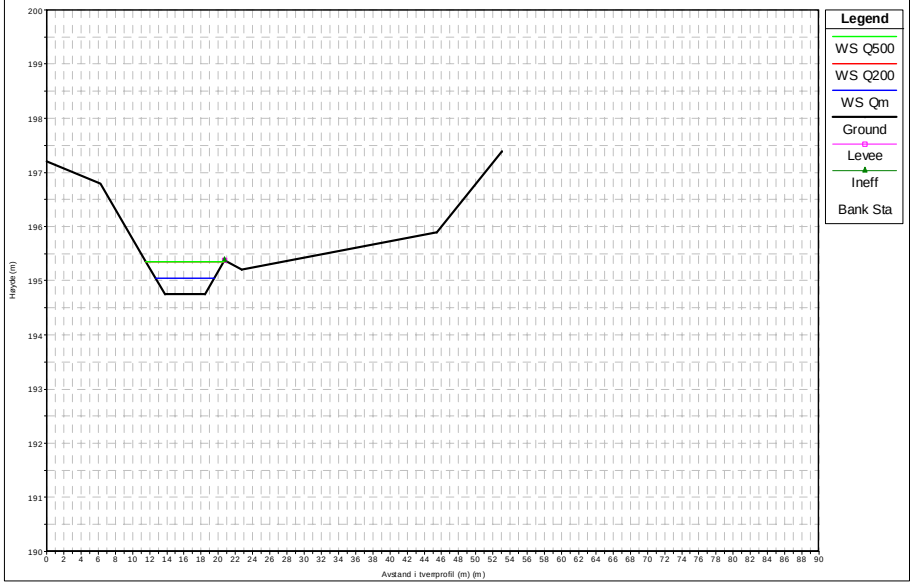
Busneselva
RS = 7



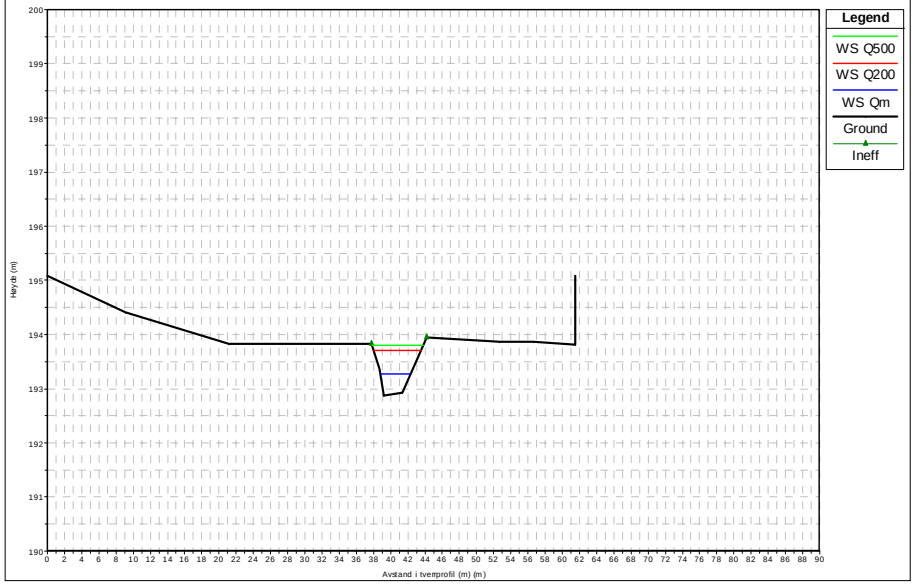
Busneselva
RS = 6



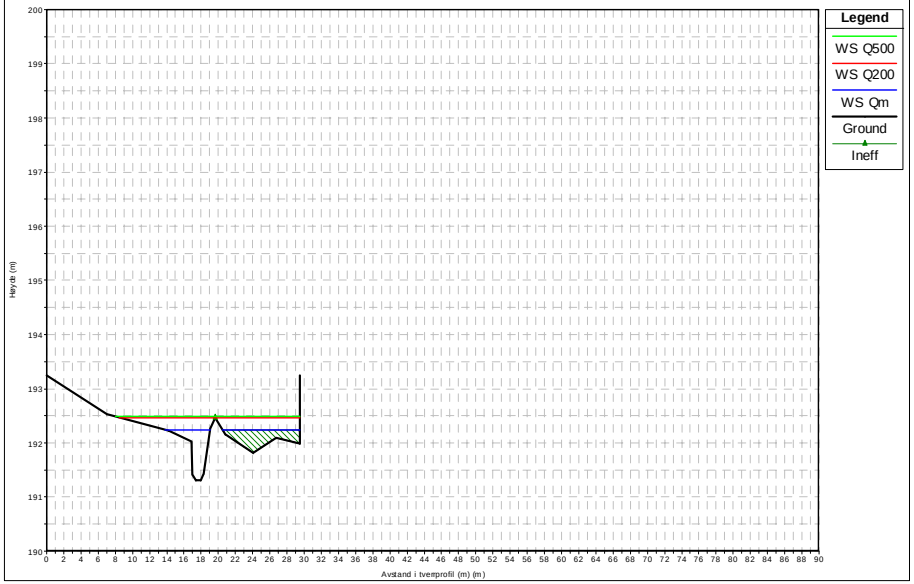
Busneselva
RS = 5



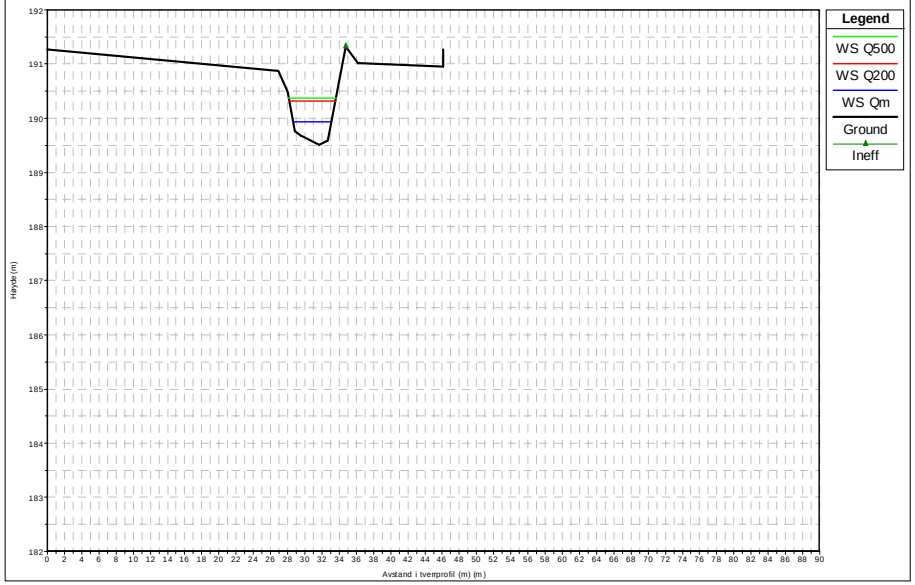
Busneselva
RS = 4



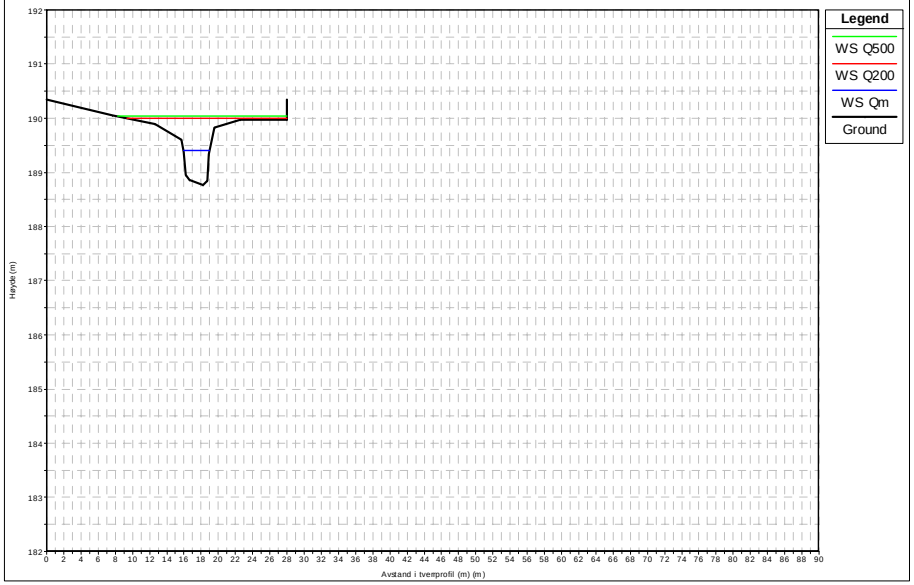
Busneselva
RS = 3



Busneselva
RS = 2



Busneselva
RS = 1



Vedlegg 8.3. Valgte friksjonstall/ Mannings n for hele strekningen

- **n#1-n#16 angir soner for forskjellige friksjonstall i hvert tverrsnitt. Blå felter er elvas hovedløp**

River Station	n #1	n #2	n #3	n #4	n #5	n #6	n #7	n #8	n #9	n #10	n #11	n #12	n #13	n #14	n #15	n #16
28	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07							
27	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07								
26.5 (bridge)																
26	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07						
25	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07
24	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07						
23	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07				
22	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07					
21	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07								
20	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07								
19	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07							
18	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07						
16	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07						
15	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07							
14	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07					
13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07					
12	0.07	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07										
11	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07				
10	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07				
9	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
8	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07				
7.75 (bridge)																
7.5	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06					
7	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06					
6	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06						
5	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06								
4	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05						
3	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05			
2	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05						
1	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05				

Vedlegg 8.3

Rapport fra oppmåling av tverrprofiler ved Busnesgrend og Miland

1 Generelt 3
1.1 Oppdragsgiver 3
1.2 Oppdragets nummer og navn 3
1.3 Lagring av observasjoner og koordinater 3
1.4 Rapport 3
2 Målearbeider 3
2.1 Deltakelse og tidsrom for målearbeidet 3
2.2 Måleutstyr 3
2.3 Horisontalt og vertikalt grunnlag 3
2.4 Merking av punkter 4
2.5 Høydereferanse 4
2.6 Målemetoder 4
3 Beregninger 4
3.1 Horisontalt og vertikalt datum 4
3.2 Beregningsutstyr 4
3.3 Beregningsmetode 5
3.4 Kommentarer til resultatet 5
Koordinater 6
3.5 Fastmerker 6
3.6 Profilpunkt 6

1 Generelt

HB er engasjert av HV til å foreta oppmåling av tverrprofiler som inngår i to små vassdrag mellom Notodden og Rjukan. Denne rapporten omhandler arbeidene som er utført ved Miland og Busnesgrend.

1.1 Oppdragsgiver

Oppdraget gjøres for Statens Vegvesen. For HV er Kari Reistad prosjektleder.

1.2 Oppdragets nummer og navn

NVEs oppgavenummer: 20627 (Miland) og 20626 (Busnesgrend).

1.3 Lagring av observasjoner og koordinater

Alle innsamlede og bearbeidede data i dette prosjektet er lagret på lesbare datafiler på HB.

1.4 Rapport

Denne rapporten er oversendt Kari Reistad og Demissew Kebede Ejigu, HV.

2 Målearbeider

2.1 Deltakelse og tidsrom for målearbeidet

Følgende deltakere utførte feltarbeidet:
Bjarne Kjøllmoen og Demissew Kebede Ejigu.

Målearbeidet ble utført 21. og 22. oktober 2008. Kontrollmålinger utført 26. november 2008.

2.2 Måleutstyr

Posisjonsbestemmelse (X, Y og H) av profilpunkt og hjelpepunkt er utført med enten Topcon RTK-utstyr, eller totalstasjon.

2.3 Horisontalt og vertikalt grunnlag

Grunnriss:

Statens Kartverks (SK) fastmerker:
E35 T0137 Bergshaug (Miland) og E35 T0304 Busnes (Busnesgrend).

Høyde:

Samme punkt som for grunnriss.

2.4 Merking av punkter

Ingen tverrprofilpunkt ble merket.

Hjelpepunkt må regnes som midlertidige og kan ikke forventes å kunne gjenfinnes.

2.5 Høydereferanse

Høydene refererer til overflate terreng og til vannstand. Alle vannstander er merket i datafilene.

2.6 Målemetoder

Hjelpepunkt

Det ble nødvendig å etablere flere hjelpepunkt under oppmålingen ved i Busnesgrend. Hjelpepunktene ble brukt som stasjons- og referansepunkt under innmålingen med totalstasjon. Hjelpepunktene ble innmålt med GNSS RTK.

Tverrprofiler

Tverrprofilene ble oppmålt enten med RTK, eller med totalstasjon (GDM). Ved bruk av RTK ble det satt opp basestasjon enten i Statens Kartverks grunnlagspunkt, eller i ett av hjelpepunktene. Ved bruk av totalstasjon ble det målt mot prisme på teleskopstang.

Vannstander

Innmåling av vannstander ble gjort for de fleste tverrprofilene.

3 Beregninger

3.1 Horisontalt og vertikalt datum

Horisontal datum: Utgangspunktet er UTM Sone 32, EUREF 89.

Vertikalt datum: Ortometriske høyder i NN1954.

3.2 Beregningsutstyr

RTK-data

PSION målebok med Geodos landmålingsprogram.

Totalstasjons-data og transformasjoner

V/G-Land versjon 11.37 og V/G-Trans versjon 2.3.

3.3 Beregningsmetode

Tverrprofilpunkt og hjelpepunkt

Koordinatene til profilpunktene og hjelpepunktene målt med RTK er ferdig beregnet i måleboka. Høydene er i ettertid transformert fra ellipsoidiske til ortometriske med V/G-Trans. Profilpunktene målt med GDM er beregnet med V/G-Land.

3.4 Kommentarer til resultatet

Oppmålingen i Miland ble utelukkende gjort med Topcon RTK. Det ble etablert ett hjelpepunkt ved Miland bru som ble brukt som Basepunkt under RTM-målingene. Hjelpepunktet ble målt inn fra Landsnettpunktet E35 T0137. Oppmålingen gikk greit med noe lang observasjonstid på enkelte punkt øverst i vassdraget.

Oppmålingen i Busnesgrend var mer krevende. De nederste 8-10 profilene gikk greit med bruk av RTK. Videre oppover måtte det delvis brukes totalstasjon da RTK-utstyret ikke ga tilfredsstillende resultater (FIX-løsning). Det ble derfor etablert totalt åtte hjelpepunkt som ble brukt enten som stasjons- eller orienteringspunkt for GDM. Hjelpepunktene ble innmålt etter hvert som det var behov for dem slik at de ”henger” på hverandre, de er altså ikke nødvendigvis innmålt fra samme punkt.

Det er knyttet noe usikkerhet rundt alle profilpunkt (profil 17, 19, 20, 21 og 22) som er målt med GDM med stasjon i hjelpepunkt HP15. Hjelpepunktet ble innmålt med RTK med Antennehøyde (AH) lik 0. Dette indikerer at høyden refererer seg til GDMs siktelinje. Det kan også være en forglemmelse at AH er satt til 0 og ikke til 2,03 m. Instrumenthøyden (IH) som er lagt inn under GDM-målingene etterpå er imidlertid 1,745 m. Dette tyder på at høyden målt med RTK er tenkt skal refereres til bakkenivå. Under beregningene er det antatt at AH skulle ha vært 2,03 med høydereferanse til bakkenivå og med IH=1,745 under GDM-målingene etterpå. Dette kan, om ønskelig kontrolleres med ekstra feltarbeid.

Kontrollmålingene i november avdekket feil i alle profilene fra 17 til 28. Med bakgrunn i kontrollmålingene er disse profilene hevet mellom 3,0 og 5,5 meter. Profilene 17, 25, 27 og 28 er utelatt fordi kontrollmålingene ikke ga entydige korreksjoner.

Koordinater

3.5 Fastmerker

Punkt nr.	Punkttype	N-koord.	Ø-koord.	$Høyde_{orto}$
E35 T0304 Busnes	Landsnett	6 630 246.40	499 709.13	209.44
E35 T0137 Busnes	Landsnett	6 643 702.33	485 563.17	379.65
HP 1 (kumlokk)	Hjelpepunkt	6 630 500.13	499 510.84	219.54
HP2	Hjelpepunkt	6 630 519.03	499 490.11	221.68
HP15	Hjelpepunkt	6 630 655.89	499 405.29	*235.95
HP3 (vegstikke)	Hjelpepunkt	6 630 755.55	499 365.53	
HP4 (vegkryss)	Hjelpepunkt	6 630 810.00	499 347.10	245.06
HP5	Hjelpepunkt	6 630 722.35	499 381.42	236.96
HP6	Hjelpepunkt	6 630 747.04	499 373.76	238.37
HP7	Hjelpepunkt	6 630 793.70	499 333.69	242.50

*med AH=0, dvs. at høyden er identisk med høyden til GDMs siktelinje. Legger man inn AH=2.03 m blir høyden på bakkenivå 233.92 moh.

3.6 Profilpunkt

Profilpunkt i vedlagt Excelformat.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2009

Nr. 1 Kristin Skei (red.): Nidelva og Gaula. Tilstandskartlegging av elvebredden innen Trondheim kommune (301 s.)

Nr. 2 Erik Holmqvist: Flomberegning for Middøla, 016.H1Z (29 s.)

Nr. 3 Erik Holmqvist: Flomberegning for Busneselva, 016.G2 (18 s.)

Nr. 4 Kari Svelle Reistad og Demissew Kebede Ejigu:
Hydraulisk beregning av Busneselva fra RV 37 til Tinnsjø (42 s.)