



Gausdal Kommune

Rapport - Flomsonekartlegging 200-årsflom, Gausa

Utgave: 1

Dato: 06.11.2017

DOKUMENTINFORMASJON

| | |
|--------------------|--|
| Oppdragsgiver: | Gausdal Kommune |
| Rapporttittel: | Rapport - Flomsonekartlegging 200-årsflom, Gausa |
| Utgave/dato: | 1/ 06.11.2017 |
| Filnavn: | Flomsonekartlegging 200-årsflom, Gausa.docx |
| Arkiv ID | |
| Oppdrag: | 616382-01–Flomsonekartlegging 200-årsflom, Gausa |
| Oppdragsleder: | Haregewoin Haile Chernet |
| Avdeling: | Vann og miljø |
| Fag | Hydrologi |
| Skrevet av: | Haregewoin Haile Chernet |
| Kvalitetskontroll: | Åsta Gurandsrud Hestad |
| Asplan Viak AS | www.asplanviak.no |

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Gausdal Kommune for å utarbeide flomsonekart for 200-årsflom lengre nordover langs Gausa opp til prosjektgrensen. Jon Sylte har vært kontaktperson for oppdraget. Haregewoin Haile Chernet har utført beregningene og skrevet rapporten. Åsta Gurandsrud Hestad har utført kvalitetssikring.

Haregewoin Haile Chernet har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Trondheim, 06.11.2017

Haregewoin Haile Chernet

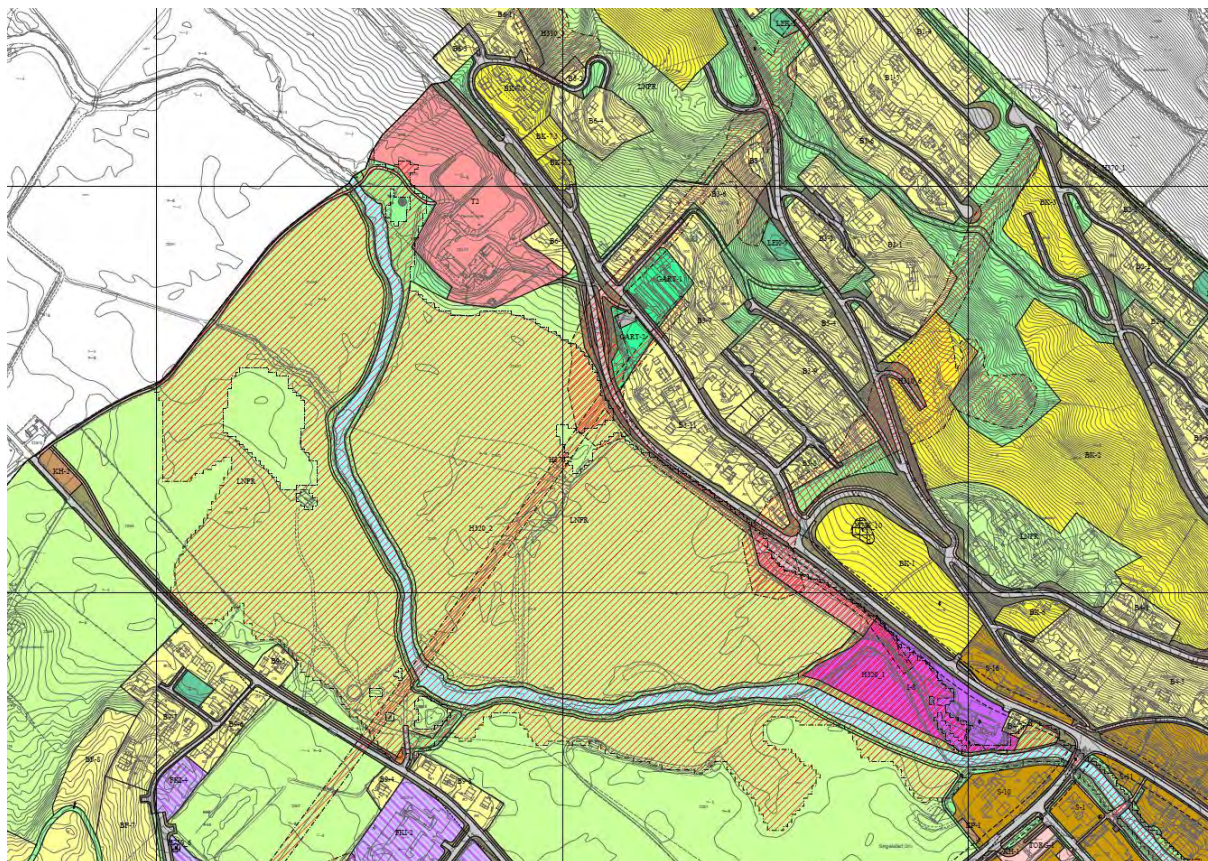
Oppdragsleder

Åsta Gurandsrud Hestad

Kvalitetssikrer

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Innledning | 4 |
| 2 | Flomberegning | 6 |
| 2.1 | Beregning av 200-års flom | 6 |
| 3 | Vannlinjeberegning..... | 7 |
| 3.1 | Geometri og elvemodell | 7 |
| 3.2 | Mannings tall (hydrauliske ruhetsverdier) | 7 |
| 3.3 | Grensebetingelser | 7 |
| 3.4 | Kalibrering av modell..... | 8 |
| 3.5 | Vannlinje for 200-årsflom | 9 |
| 3.6 | Flomsikkert nivå for sideareal..... | 11 |
| 4 | Flomsonekart | 12 |
| 5 | Diskusjon og anbefalinger | 14 |
| 5.1 | Anbefalte tiltak mot en 200-årsflom med klimapåslag..... | 14 |
| 6 | Usikkerhet | 15 |
| 7 | Referanser | 16 |
| 8 | Vedlegg..... | 17 |



Figur 1-2: Kartutsnitt fra reguleringsplan.

2 FLOMBEREGNING

Beregningene er utført i henhold til "Retningslinje for flomberegninger» (NVE, 2011) og veilederen om tekniske krav til byggverk, TEK17 § 7-2. I veilederen til TEK17 står det at bebyggelse må plasseres sikkert med hensyn til flom eller annen fare knyttet til vassdrag, som isgang, erosjon, skred og masseavlagring. For sikkerhetsnivåer mot flom langs vassdrag vises det til NVEs retningslinjer nr. 1/2008. Sikkerhetsnivåene for flom i NVEs retningslinjer utfyller sikkerhetskravene i TEK med tilhørende veiledning.

I henhold til TEK17 § 7-2, vil sikkerhetsklasse mot flom for byggverk falle under sikkerhetsklasse F2, som medfører krav om sikkerhet mot 200-årsflom.

2.1 Beregning av 200-års flom

Flomberegninger for Gausa er tidligere beregnet i forbindelse med omlegging av elva ved Segelstad bru (oppdrag 600615-01 Elveomlegging Segalstad Bru datert 2/11-2015). Det er benyttet resultatet fra den tidligere beregningen i denne rapporten. Flomberegningen er vist i Vedlegg 4.

200-års momentanflom med 20% klimatillegget for Gausa ved Segalstad bru er beregnet til 101,4 m³/s. Klimatillegg på 20% benyttes til å ta hensyn til en forventet økning av flomintensitet i framtiden.

Dimensjonerende 200 års momentanflom er beregnet til:

$$Q_{200,momentan} = 101,4 \frac{m^3}{s} * 1,52 = 154,1 m^3/s$$

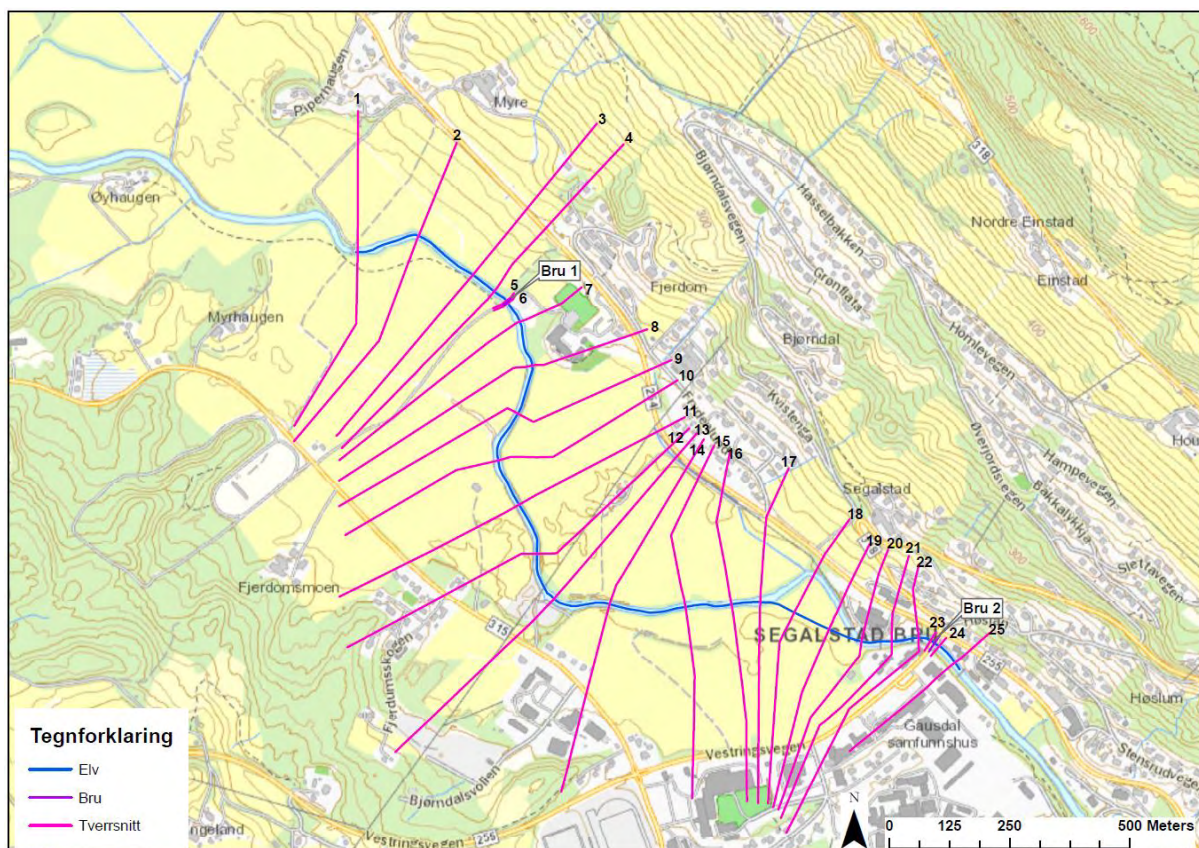
Med 20% klimatillegg gir det:

$$Q_{200,momentan} = 1,2 * 154,1 = 185 m^3/s$$

3 VANNLINJEBEREGNING

3.1 Geometri og elvemodell

Det er satt opp en 1D hydraulisk modell av Gausa fra Segelstad bru og nordover opp til prosjektgrensen for strekningen som kan påvirke planområdet. Modelleringsprogrammet Hec-Ras er benyttet. Det er generert en terrengmodell med laserdata. Elvebunn og terrenget i den hydrauliske modellen er representert i form av tverrprofiler som er tatt ut fra denne terrengmodellen. Modellen innebefatter cirka 1700 meter av elvestrekningen. Figur 3-1 viser plassering av tverrprofilene benyttet i modellen. Høydene er gitt i NN2000.



Figur 3-1: Kartet viser tverrprofiler for Gausa ved Segelstad bru benyttet i Hec-Ras modellen.

3.2 Mannings tall (hydrauliske ruhetsverdier)

Alle typer energitap som påvirker vannstanden langs elveløpene er representert ved en enkelt faktor, Mannings tall, n , (hydraulisk ruhet). Den hydrauliske ruheten (n_1 for hovedkanal og n_2 for sidearealer) i elva er bestemt på grunnlag av, se Chow et al, (1988).

Elva er vurdert som moderat helling og flomslettene er vurdert som skog og dyrket mark. For hovedelva er det benyttet Mannings tall, n , lik 0,04, n lik 0,03 er benyttet for sidearealer.

3.3 Grensebetingelser

Vannføringen fra flomberegning er brukt som inngangsdata i den hydrauliske modellen (stasjonær strømning). Her er det antatt at det oppstår normalstrømning ved oppstrøms og nedstrøms ende av modellen. Ved normalstrømning følger vannspeilet hellingen til elvebunnen.

3.4 Kalibrering av modell

Det foreligger ikke kalibreringsdata, det vil si samtidig innmåling av vannføring og vannstand, for elvestrekningen. Det er derfor ikke mulig å kalibrere modellen mot observerte data. For å vurdere usikkerheten i vannstand for valgte ruhetsverdier, er det kjørt en følsomhetsanalyse der verdiene er økt med 25 %.

Resultatet er vist i Tabell 3-1. Analysen viste at en 25 % økning av ruhet i elveløpet ga en økning i vannlinje for Gausa på opptil 31 cm ved 200-årsflom. Basert på følsomhetsanalysen, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 0,5 m over beregnet 200-års vannlinje. Bruk av sikkerhetsmargin anbefales også for å ta hensyn til is og drivgods som kan forekomme i elveløpet ved flom.

Tabell 3-1: Beregnet vannstand for $1,2 \cdot Q_{200}$ med 25% større Manningstall (n), Gausa.

| Profil [nr] | Vannstand [moh] | | Differanse [m] |
|-------------|-----------------|--------|----------------|
| | n | n+25% | |
| 1 | 235,23 | 235,23 | 0 |
| 2 | 235,23 | 235,23 | 0 |
| 3 | 235,23 | 235,23 | 0 |
| 4 | 235,23 | 235,23 | 0 |
| 5 | 235,15 | 235,15 | 0 |
| Bru 1 | | | |
| 6 | 232,79 | 232,80 | 0,01 |
| 7 | 230,99 | 231,17 | 0,18 |
| 8 | 231,36 | 231,48 | 0,12 |
| 9 | 231,42 | 231,42 | 0 |
| 10 | 231,12 | 231,16 | 0,04 |
| 11 | 231,05 | 231,05 | 0 |
| 12 | 230,83 | 230,99 | 0,16 |
| 13 | 230,82 | 230,97 | 0,15 |
| 14 | 230,81 | 230,96 | 0,15 |
| 15 | 230,8 | 230,94 | 0,14 |
| 16 | 230,79 | 230,94 | 0,15 |
| 17 | 230,78 | 230,92 | 0,14 |
| 18 | 230,74 | 230,88 | 0,14 |
| 19 | 230,7 | 230,83 | 0,13 |
| 20 | 230,62 | 230,74 | 0,12 |
| 21 | 229,82 | 230,07 | 0,25 |
| 22 | 229,97 | 230,09 | 0,12 |
| 23 | 229,56 | 229,66 | 0,1 |
| Bru 2 | | | |
| 24 | 228,83 | 229,06 | 0,23 |
| 25 | 228,17 | 228,48 | 0,31 |

3.5 Vannlinje for 200-årsflom

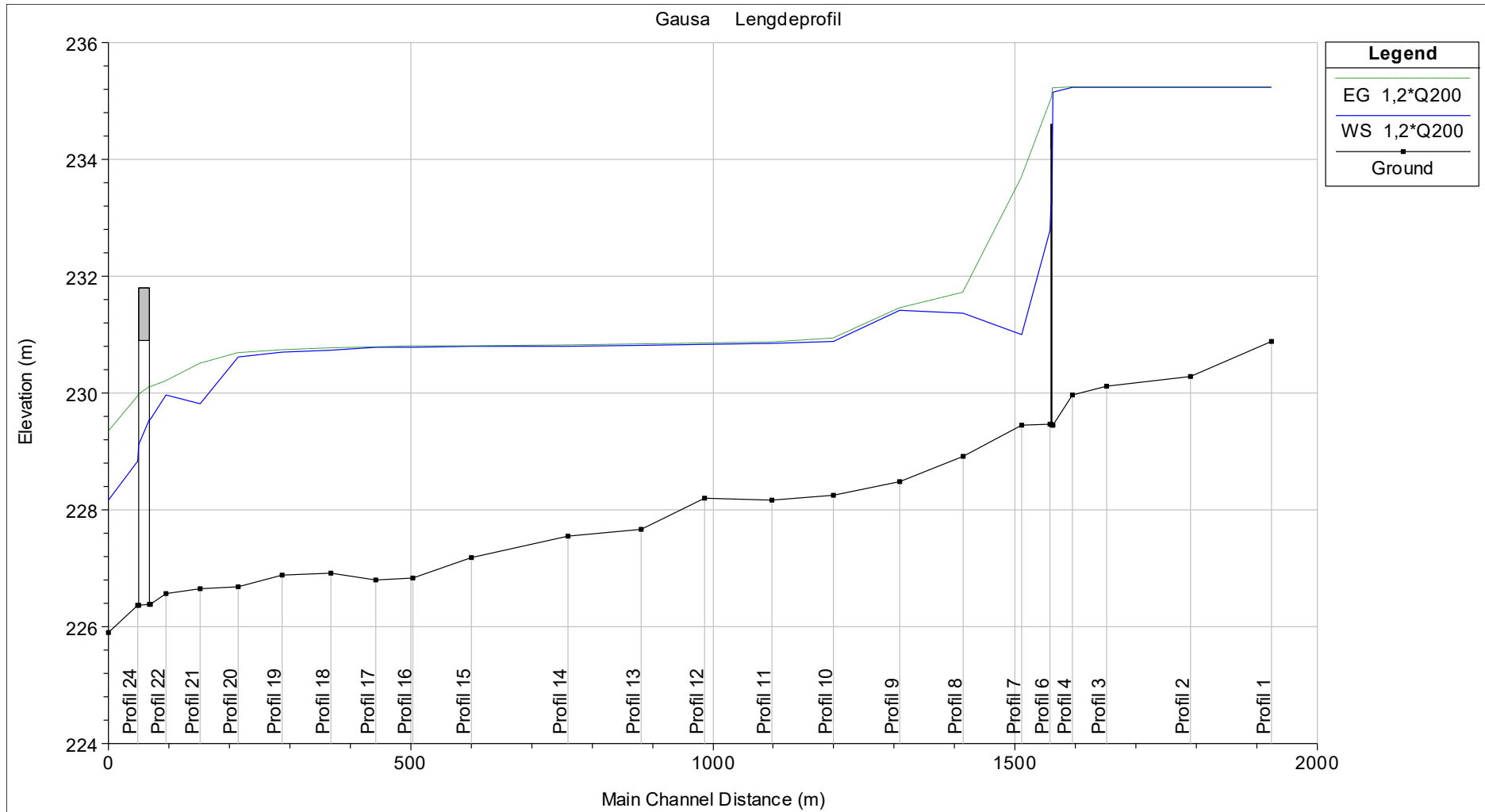
Modellen er kjørt med beregnet 200-årsflom lik 185 m³/s.

Resultatene for vannlinjeberegningen er vist i Tabell 3-2. Figur 3-2 viser beregnet vannlinje som lengdeprofil.

Tabell 3-2: Beregnede vannstander, vannhastigheter og Froude tall ved tverrprofilene (Profil 1 til Profil 23).

| Profil [nr] | Q ₂₀₀ = 185 m ³ /s | | | |
|-------------|--|-------------------|-----------------|-------------|
| | Vannstand [m.o.h] | EG Høyde* [m.o.h] | Hastighet [m/s] | Froude tall |
| 1 | 235,23 | 235,23 | 0,16 | 0,02 |
| 2 | 235,23 | 235,23 | 0,13 | 0,02 |
| 3 | 235,23 | 235,23 | 0,13 | 0,02 |
| 4 | 235,23 | 235,23 | 0,11 | 0,02 |
| 5 | 235,15 | 235,22 | 1,42 | 0,19 |
| Bru 1 | | | | |
| 6 | 232,79 | 234,97 | 6,64 | 1,19 |
| 7 | 230,99 | 233,68 | 7,3 | 1,91 |
| 8 | 231,36 | 231,71 | 3,24 | 0,69 |
| 9 | 231,42 | 231,45 | 1,16 | 0,22 |
| 10 | 231,12 | 231,14 | 0,48 | 0,09 |
| 11 | 231,05 | 231,08 | 1,14 | 0,22 |
| 12 | 230,83 | 230,85 | 0,88 | 0,18 |
| 13 | 230,82 | 230,83 | 0,61 | 0,12 |
| 14 | 230,81 | 230,81 | 0,53 | 0,09 |
| 15 | 230,8 | 230,8 | 0,4 | 0,07 |
| 16 | 230,79 | 230,8 | 0,51 | 0,08 |
| 17 | 230,78 | 230,79 | 0,38 | 0,06 |
| 18 | 230,74 | 230,77 | 0,61 | 0,11 |
| 19 | 230,7 | 230,74 | 0,77 | 0,13 |
| 20 | 230,62 | 230,68 | 1,15 | 0,19 |
| 21 | 229,82 | 230,5 | 3,86 | 0,7 |
| 22 | 229,97 | 230,2 | 2,31 | 0,4 |
| 23 | 229,56 | 230,1 | 3,39 | 0,61 |
| Bru 2 | | | | |
| 24 | 228,83 | 229,93 | 4,75 | 0,97 |
| 25 | 228,17 | 229,33 | 4,96 | 1,07 |

*Energigradient Høyde



Figur 3-2: Lengdeprofil av elva med beregnet vannlinje (WS) og energilinjje (EG) for 1,2*Q₂₀₀, Gausa.

3.6 Flomsikkert nivå for sideareal

Vannivåer gitt i Tabell 3-2 er resultater fra de hydrauliske beregningene. På bakgrunn av en vurdering av følsomhetsanalysen, anbefales det å benytte en sikkerhetsmargin på minimum 50 cm over beregnet 200-års vannlinje.

Tabell 3-3 angir flomsikkert nivå for 200-årsflom med 20 % klimatillegg. Eventuelle sidearealer som ligger lavere enn dette nivået må beskyttes mot flom i henhold til kravene i TEK17.

Tabell 3-3: Flomsikkert nivå for 200-årsflom ved tverrprofilene i Figur 3-1 (høyde referanse NN2000).

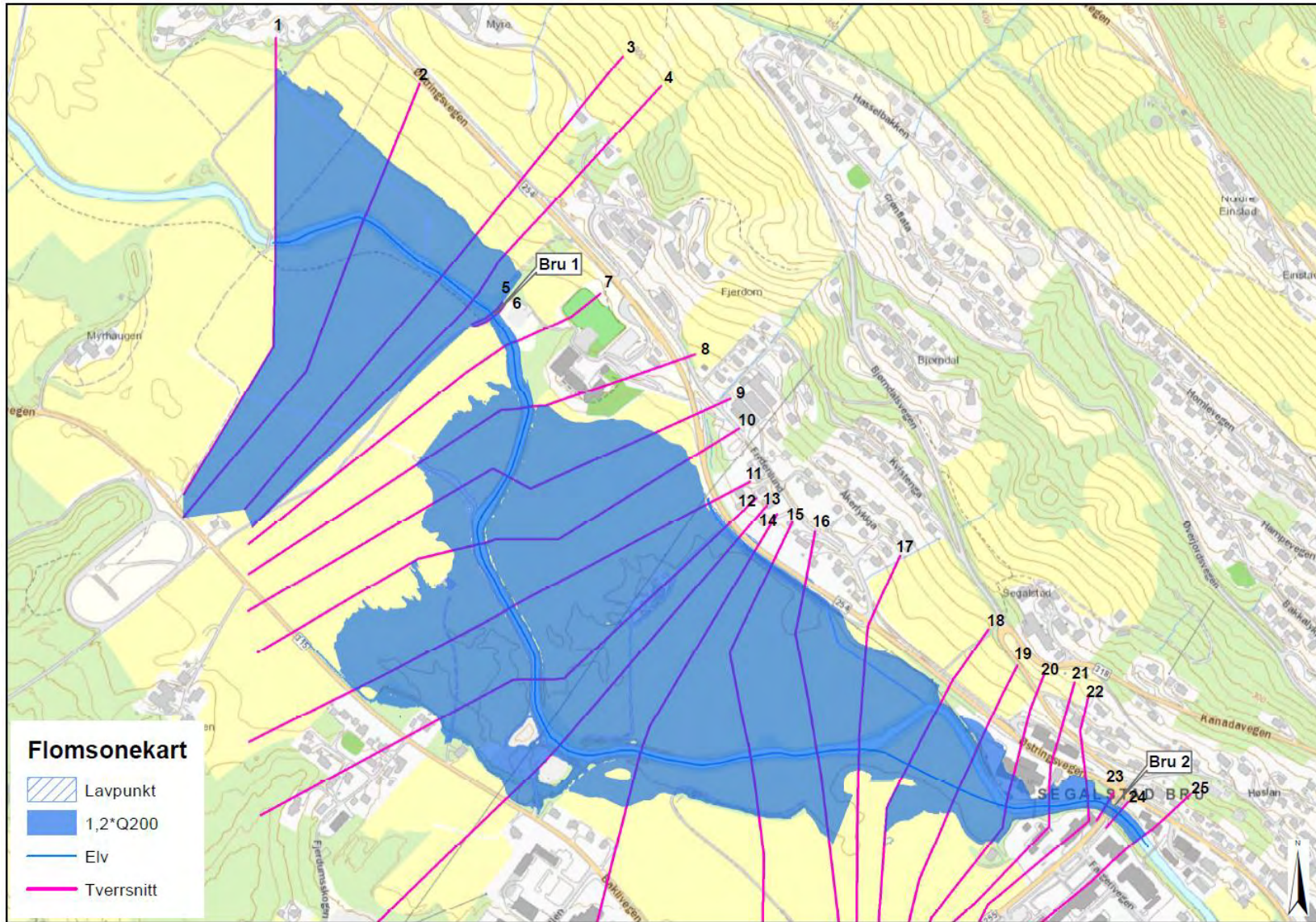
| Profil [nr] | Q ₂₀₀ = 185 m ³ /s | |
|-------------|--|--------------------------|
| | Vannstand [m.o.h] | Flomsikkert nivå [m.o.h] |
| 1 | 235,23 | 235,73 |
| 2 | 235,23 | 235,73 |
| 3 | 235,23 | 235,73 |
| 4 | 235,23 | 235,73 |
| 5 | 235,15 | 235,65 |
| Bru 1 | | |
| 6 | 232,79 | 233,29 |
| 7 | 230,99 | 231,49 |
| 8 | 231,36 | 231,86 |
| 9 | 231,42 | 231,92 |
| 10 | 230,89 | 231,39 |
| 11 | 230,85 | 231,35 |
| 12 | 230,83 | 231,33 |
| 13 | 230,82 | 231,32 |
| 14 | 230,81 | 231,31 |
| 15 | 230,8 | 231,3 |
| 16 | 230,79 | 231,29 |
| 17 | 230,78 | 231,28 |
| 18 | 230,74 | 231,24 |
| 19 | 230,7 | 231,2 |
| 20 | 230,62 | 231,12 |
| 21 | 229,82 | 230,32 |
| 22 | 229,97 | 230,47 |
| 23 | 229,56 | 230,06 |
| Bru 2 | | |
| 24 | 228,83 | 229,33 |
| 25 | 228,16 | 228,66 |

4 FLOMSONEKART

Flomsonekart er generert ved bruk av GIS. Det er utarbeidet flomsoner for flom med gjentaksintervall 200 år med 20% klimatillegg. Figur 4-1 viser flomsonen for Q_{200} inkludert påslag for klimafaktor. Beregningsmodellen omfatter ikke områder oppstrøms og nedstrøms dette området, og kartet kan ikke benyttes som dokumentasjon for flomforhold utover de nevnte profilene.

Utbredelsen av flomsonen er mindre nøyaktig bestemt enn vannlinjene og gir bare et omtrentlig bilde av hvilke områder som blir oversvømt.

For planlegging av sikringstiltak og detaljert vurdering av flomfaren bør man derfor sammenlikne beregnet vannstand (Tabell 3-2) med faktisk eller prosjektert terrengnivå.



Figur 4-1: Flomsone for 200-års flom + 20% klimafaktor.

5 DISKUSJON OG ANBEFALINGER

Flomsikre nivåer for en 200-årsflom i henhold til sikkerhetsklasse F2 i TEK17 er gitt i Tabell 3-3 med henvisning til profiler i Figur 3-1. Beregningene viser at områder nær elva kan være utsatt ved en 200-årsflom.

Som vist i oversiktskart for oversvømte areal ved Gausa er flomsikkerheten for dårlig på sideareal, og vannstanden med dagens geometri er ventet å stige høyere enn elvebredden ved en 200-årsflom + 20% økning. Det anbefales at nødvendige tiltak iverksettes.

5.1 Anbefalte tiltak mot en 200-årsflom med klimapåslag

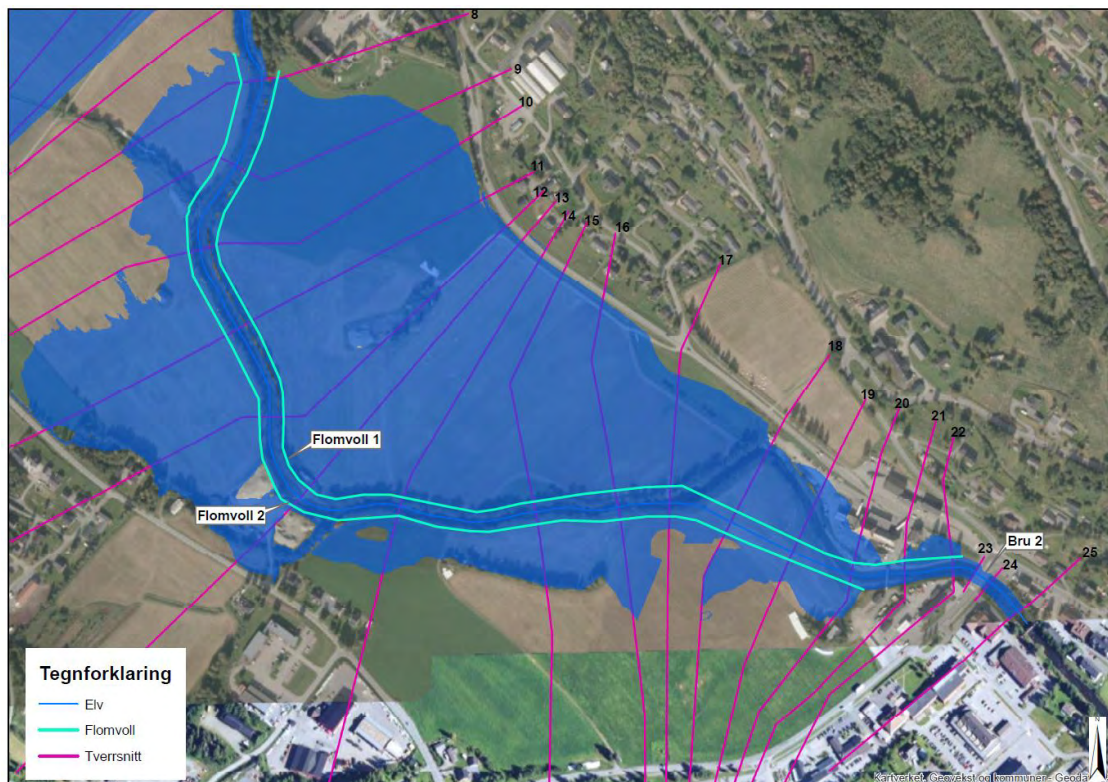
Nødvendige tiltak for å sikre området mot en 200-årsflom kan bestå av følgende løsninger:

- Bygging av lokal flomvoll
- Heving/oppfylling av terrenget

5.1.1 Bygge flomvoll

Vanlige tiltak for å beskytte mot høy vannstand er å bygge flomvoller. Det er ikke nødvendig å sikre hele området, men bare områder rundt bygninger, adkomstveier og andre viktige områder hvor sikkerhetsmarginen er under det anbefalte kravet på 0,5 m. Det er vurdert at det er akseptabelt om uteareal blir oversvømt ved 200-års flom.

Nødvendig høyde for den anbefalt flomvollen vil bli på 0,9 – 2,87 m mellom profiler 8 til 17 (se vedlegg 3) og skråningshelninger på 1:3 mot elveløpet.



Figur 5-1: Anbefalte tiltak på elva strekningen ved planområdet.

6 USIKKERHET

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av en godt kalibrert vannlinjeberegningsmodell. Det vil si at det samles inn samhørende verdier av vannføring og vannstand som modellen kan kalibreres etter. I dette tilfellet er modellen ikke kalibrert ut fra observerte vannstander da det ikke er registrert vannstander i forbindelse med flomvannføringer.

Modellen som er utviklet er en tilnærming til en naturlig elv, der usikkerhet må påregnes. Nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva er blant de viktigste usikkerhetsfaktorene.

7 REFERANSER

Chow, V.T., 1988: Open-Channel Hydraulics, Caldwell, New Jersey: The Blackburn Press.

HEC-USACE, 2002: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, U,S, Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

NVE, 4/2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE rapport 81-2016: Klimaendring og framtidige flommer i Norge.

Ta med retningslinje for planlegging langs vassdrag 1/2008.

8 VEDLEGG

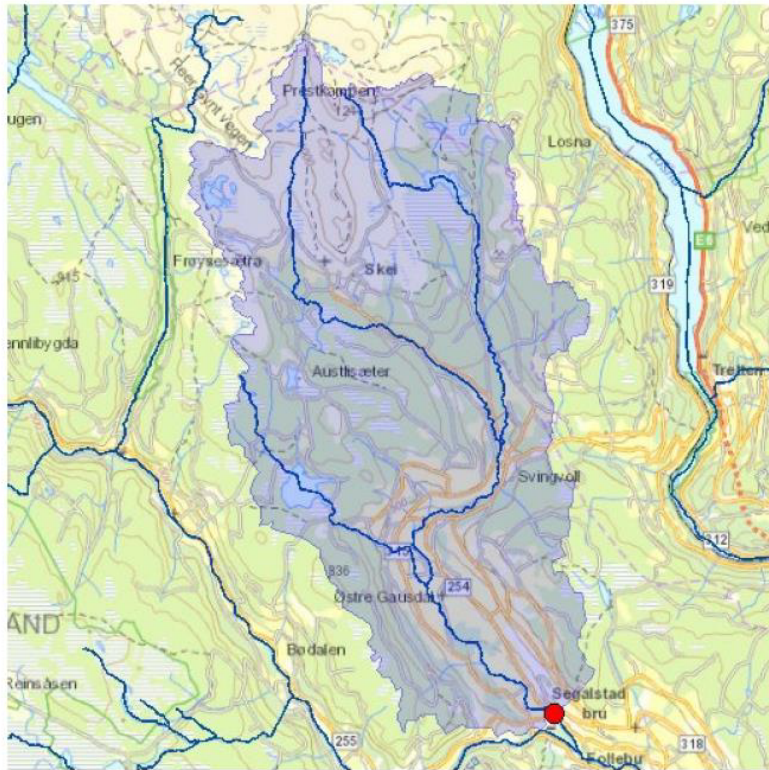
Vedlegg 1: Lavvannskart/NEVINA-rapport for nedbørfelt

Vedlegg 2: Tverrprofil av elva med beregnet vannlinje

Vedlegg 3: Tverrsnitt flomvoll

Vedlegg 4: Oppdrag 600615-01 Elveomlegging Segalstad Bru – Flom og hydrauliske beregninger

Vedlegg 1: Lavvannskart/NEVINA-rapporter for aktuelle nedbørfelt



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 002.DDAA0
Kommune: Gausdal
Fylke: Oppland
Vassdrag: VESLEELVA

Vannføringsindeks, se merknader

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Middelvannføring (61-90) | 14,0 l/(s*km ²) |
| Alminnelig lavvannføring | 0,9 l/(s*km ²) |
| 5-persentil (hele året) | 0,9 l/(s*km ²) |
| 5-persentil (1/5-30/9) | 1,1 l/(s*km ²) |
| 5-persentil (1/10-30/4) | 0,8 l/(s*km ²) |
| Base flow | 6,1 l/(s*km ²) |
| BFI | 0,4 |

Klima

| | |
|-------------------|---------|
| Klimaregion | Ost |
| Årsnedbør | 716 mm |
| Sommernedbør | 381 mm |
| Vinternedbør | 335 mm |
| Årstemperatur | 0,2 °C |
| Sommertemperatur | 8,1 °C |
| Vintertemperatur | -5,4 °C |
| Temperatur Juli | 10,5 °C |
| Temperatur August | 10,5 °C |

Feltparametere

| | |
|---|-----------------------|
| Areal (A) | 158,8 km ² |
| Effektiv sjø (S _{eff}) | 0,1 % |
| Elvelengde (E _L) | 28,3 km |
| Elvegradient (E _G) | 32,4 m/km |
| Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅) | 28,6 m/km |
| Feltlengde(F _L) | 21,5 km |
| H _{min} | 230 moh. |
| H ₁₀ | 385 moh. |
| H ₂₀ | 539 moh. |
| H ₃₀ | 634 moh. |
| H ₄₀ | 712 moh. |
| H ₅₀ | 757 moh. |
| H ₆₀ | 807 moh. |
| H ₇₀ | 852 moh. |
| H ₈₀ | 902 moh. |
| H ₉₀ | 965 moh. |
| H _{max} | 1241 moh. |
| Bre | 0,0 % |
| Dyrket mark | 16,0 % |
| Myr | 7,7 % |
| Sjø | 1,7 % |
| Skog | 50,5 % |
| Snaufjell | 4,6 % |
| Urban | 0,3 % |

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

Flomberegning

Vassdragsnr.: 002.DDAA0

Kommune: Gausdal

Fylke: Oppland

Vassdrag: VESLEELVA

Resultat er kun validert for areal mindre enn 60km².
Flomestimatene er derfor nødvendigvis ikke gyldige.

*Flomverdiene viser størrelsen på kulminasjonsflommer for ulike gjentaksintervall. De er beregnet ved bruk av et formelverk som er utarbeidet for nedbørfelt under ca 50 km². Feltparametere som inngår i formelverket er areal, effektiv sjøprosent og normalavrenning (l/s*km²). For mer utdypende beskrivelse av formelverket henvises det til NVE –Rapport 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Det pågår fortsatt forskning for å
Det pågår fortsatt forskning for å bestemme klimapåslag for momentanflommer i små nedbørfelt. Frem til resultatene fra disse prosjektene foreligger anbefales et klimapåslag på 1.2 for døgnmiddelflom og 1.4 for kulminasjonsflom i små nedbørfelt.*

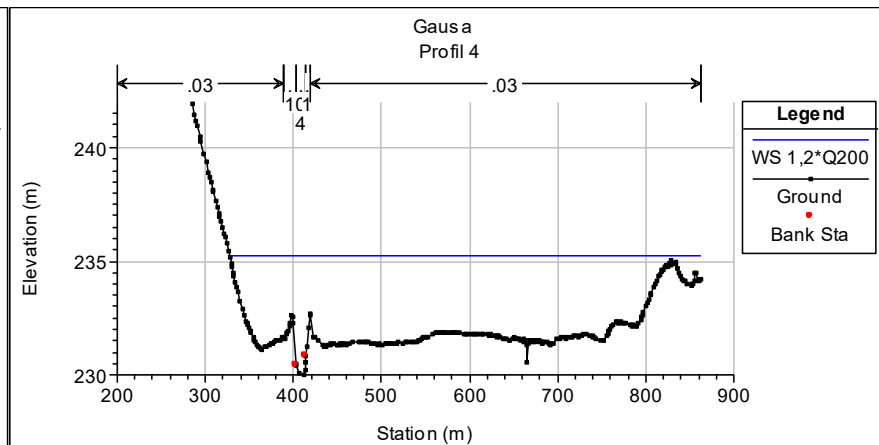
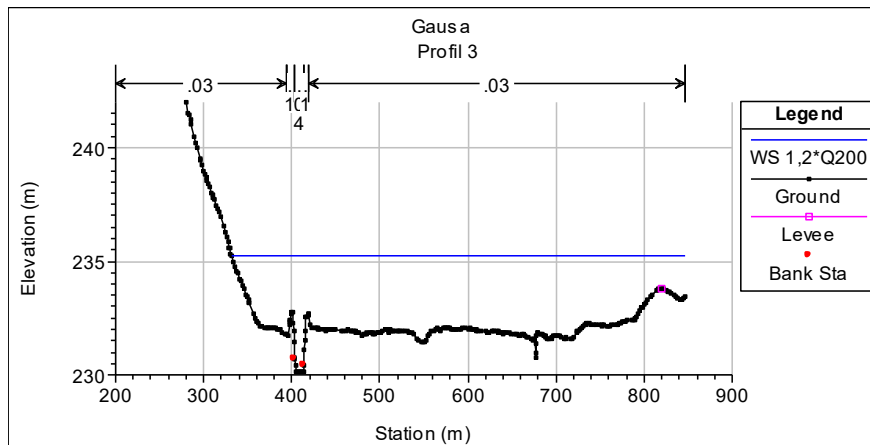
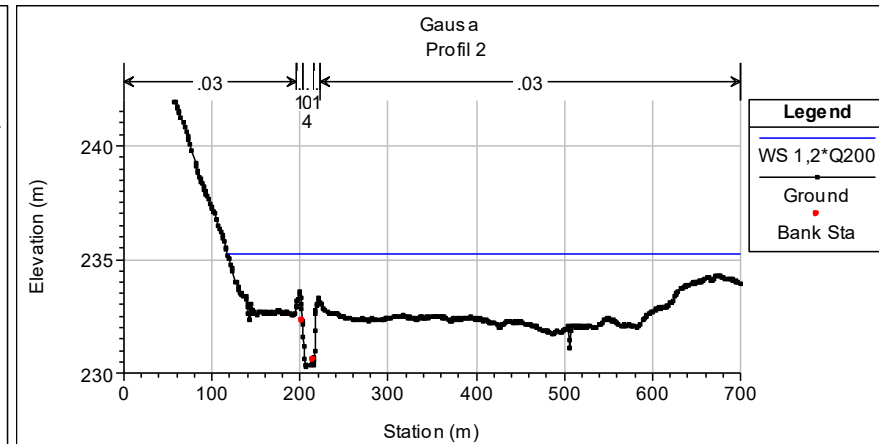
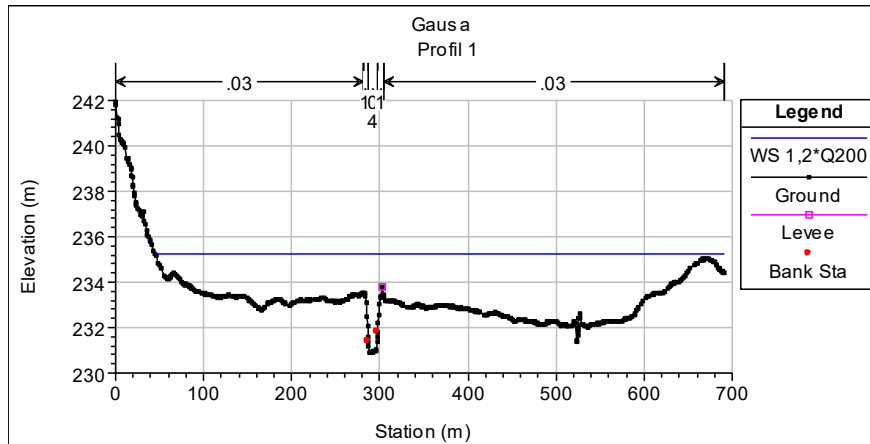
VESLEELVA

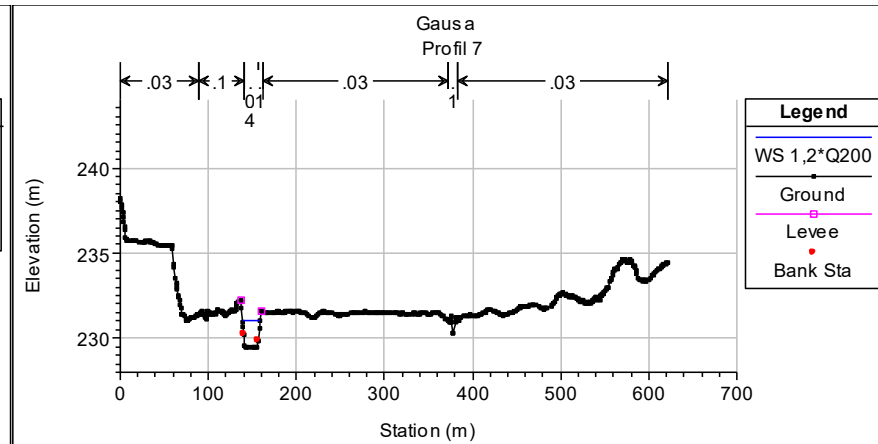
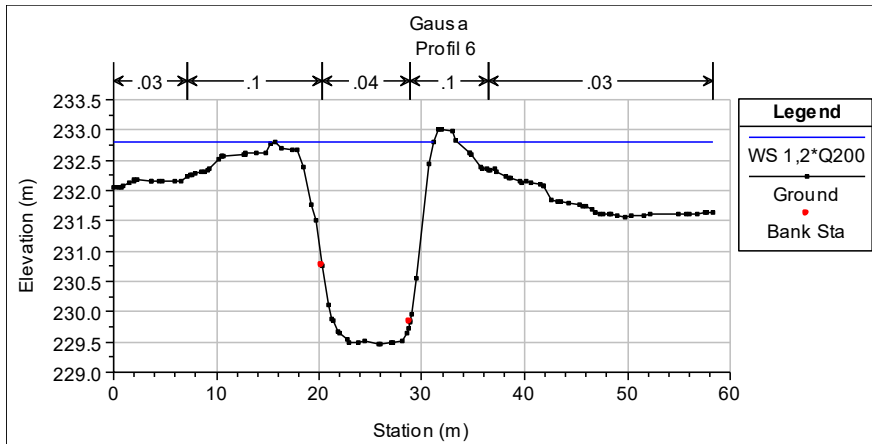
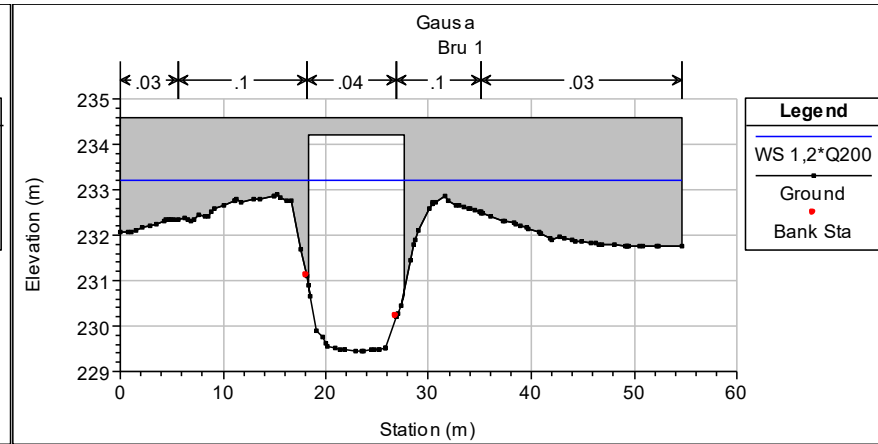
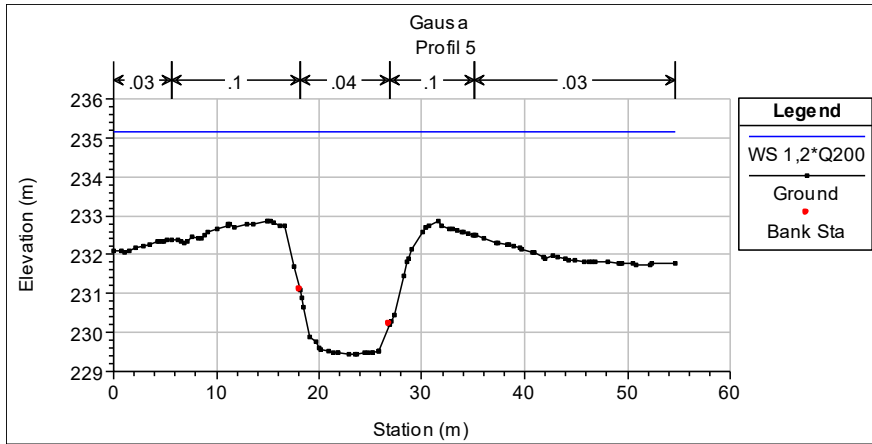
| | |
|--------------------------|--------|
| Areal (km ²) | 158,77 |
| Klimafaktor | 1,4 |

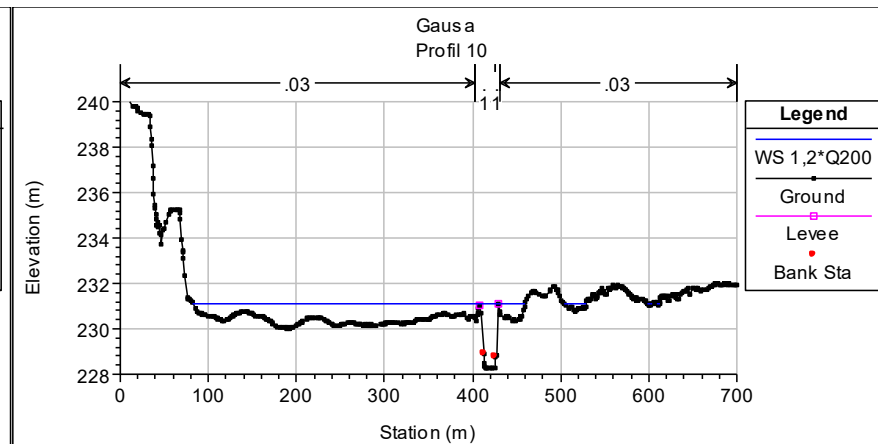
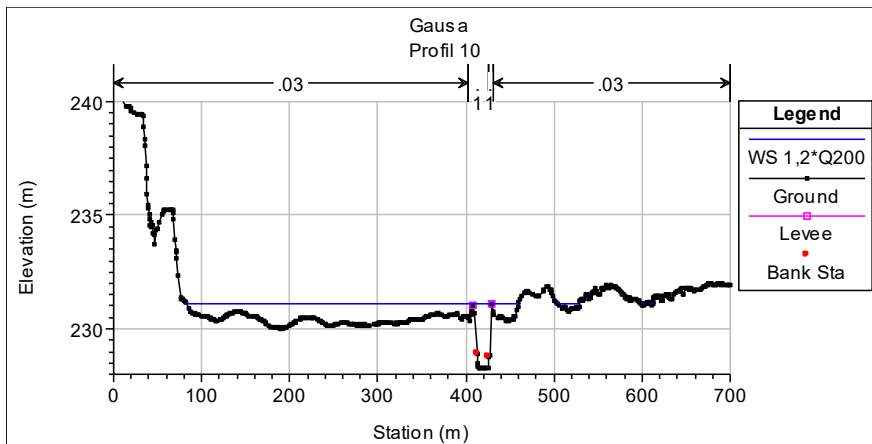
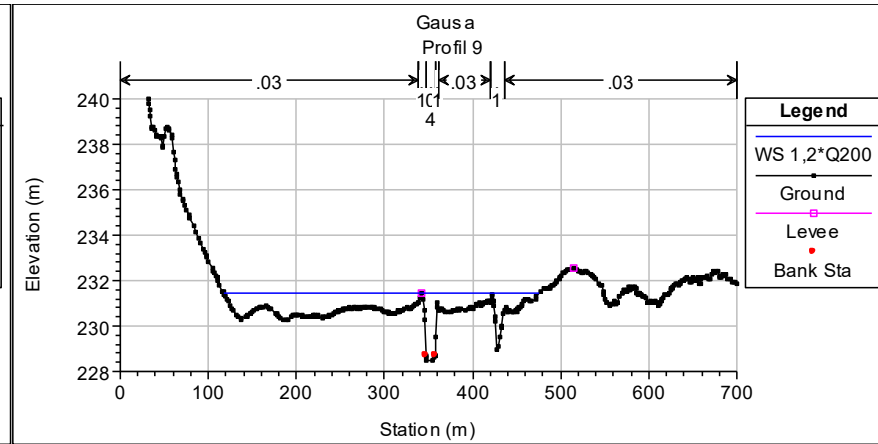
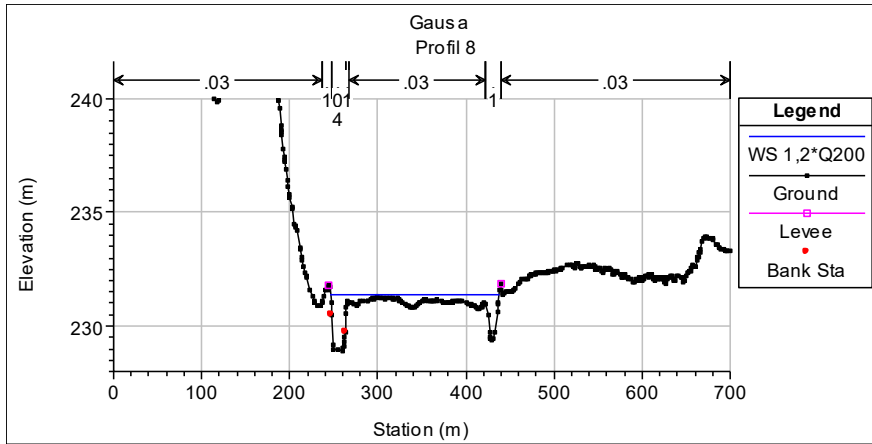
| | Q ^M | | Q ⁵ | Q ¹⁰ | Q ²⁰ | Q ⁵⁰ | Q ¹⁰⁰ | Q ²⁰⁰ |
|--|-------------------|------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | m ³ /s | l/(s*km ²) | | | | | | |
| Flomfrekvensfaktorer | - | - | 1,27 | 1,52 | 1,78 | 2,18 | 2,52 | 2,91 |
| 95% intervall øvre grense (m ³ /s) | 61,1 | 384,6 | 79,3 | 96,8 | 116,2 | 146,5 | 174,0 | 201,1 |
| Flomverdier (m ³ /s) | 34,5 | 217 | 43,8 | 52,4 | 61,5 | 75,1 | 87,0 | 100,5 |
| 95% intervall nedre grense (m ³ /s) | 19,5 | 123 | 24,2 | 28,3 | 32,5 | 38,5 | 43,5 | 50,3 |
| Flommer med klimapåslag (m ³ /s) | 48,3 | 304,2 | 43,8 | 73,3 | 86,1 | 105,2 | 121,8 | 140,7 |

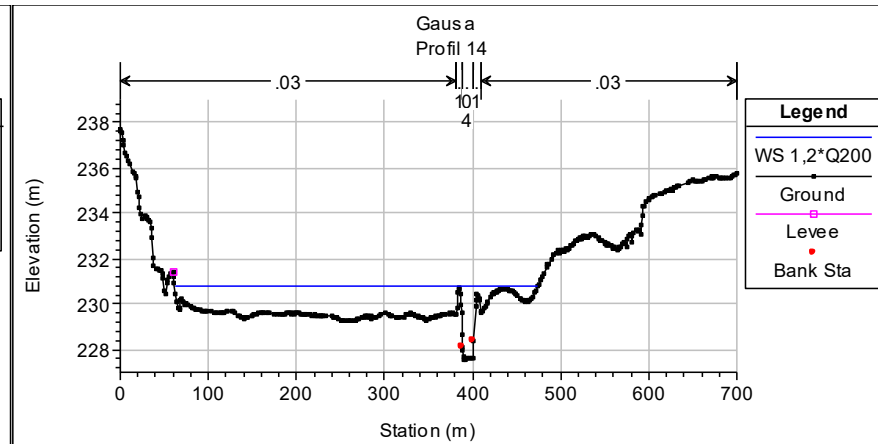
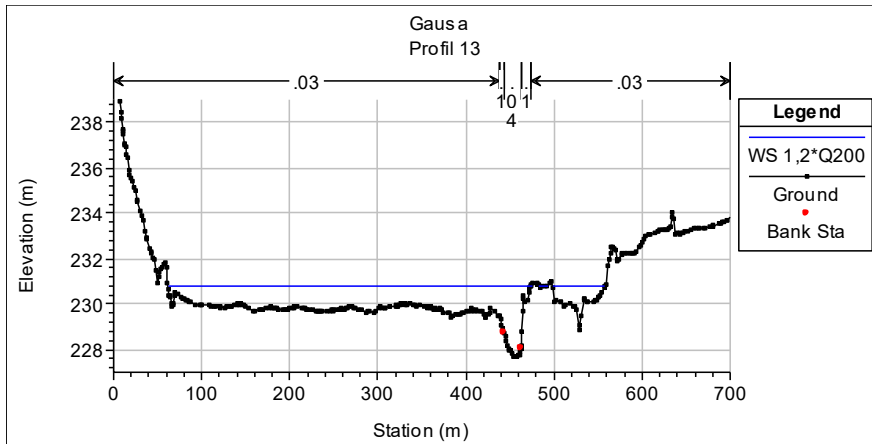
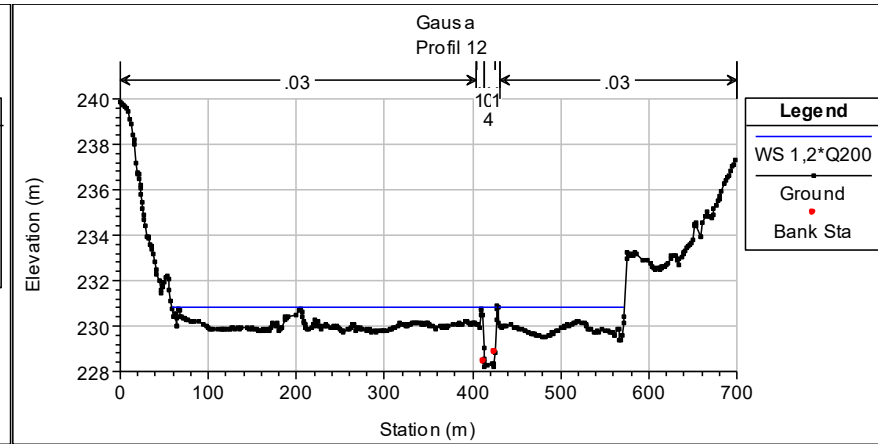
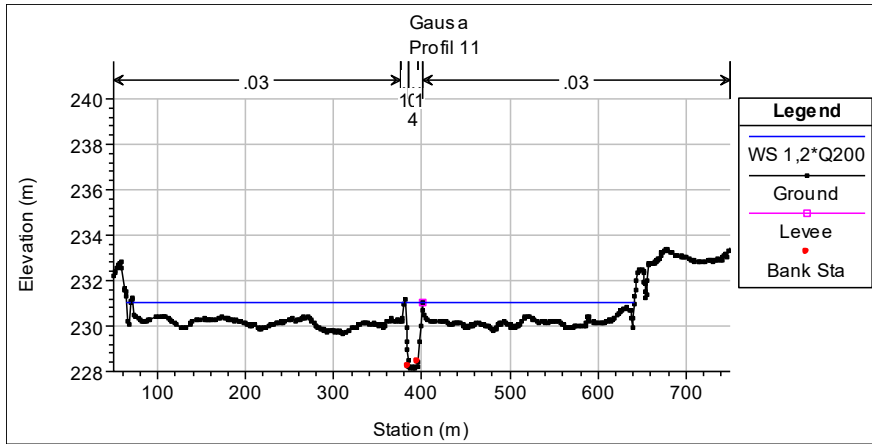
Beregningene er automatisk generert og kan inneholde feil. Det er generelt stor usikkerhet i denne typen beregninger. Resultatene må verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. Resultatene er ikke gyldig som grunnlag til flomberegninger for klassifiserte dammer.

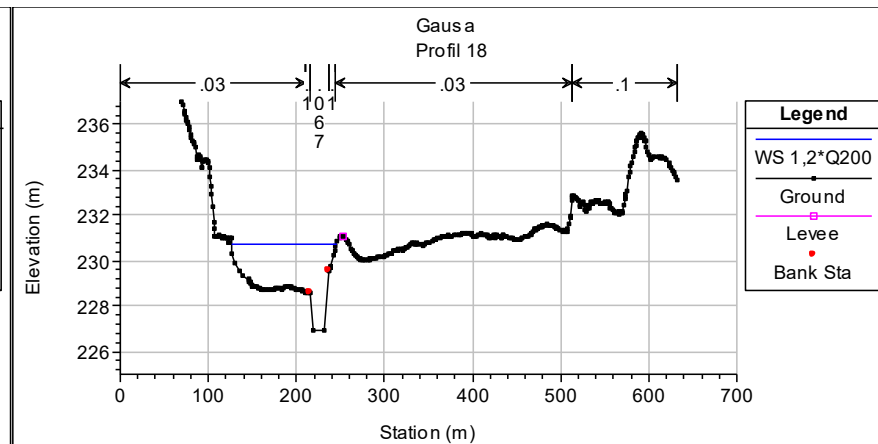
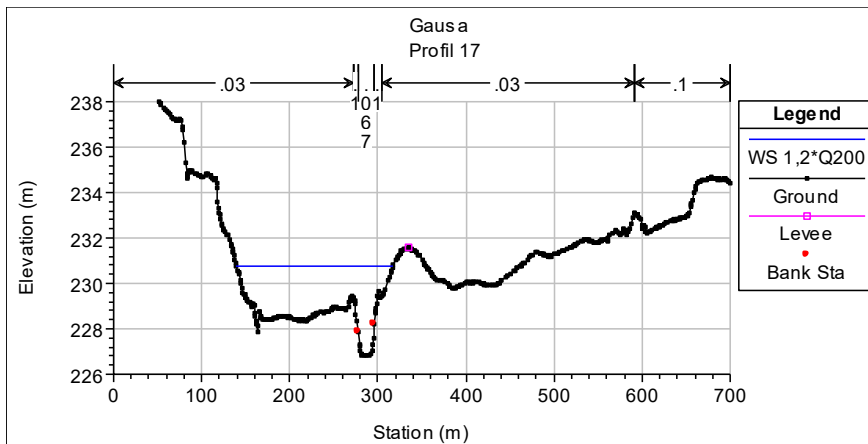
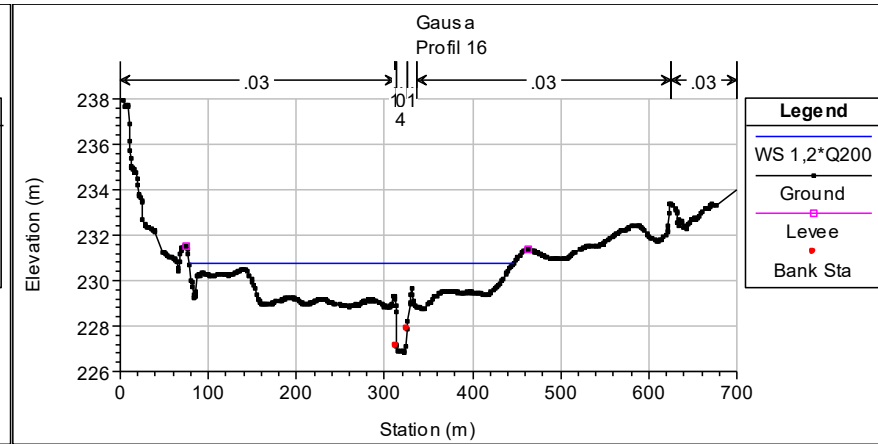
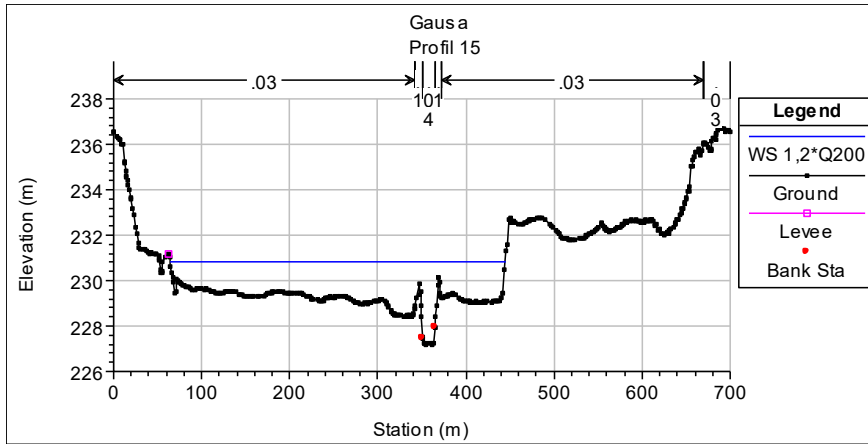
Vedlegg 2: Tverprofil av elva på planområde med beregnet vannlinje for 200-årsflom med 20 % klimafaktor. Henviser til Figur 3-1 for plassering av profiler

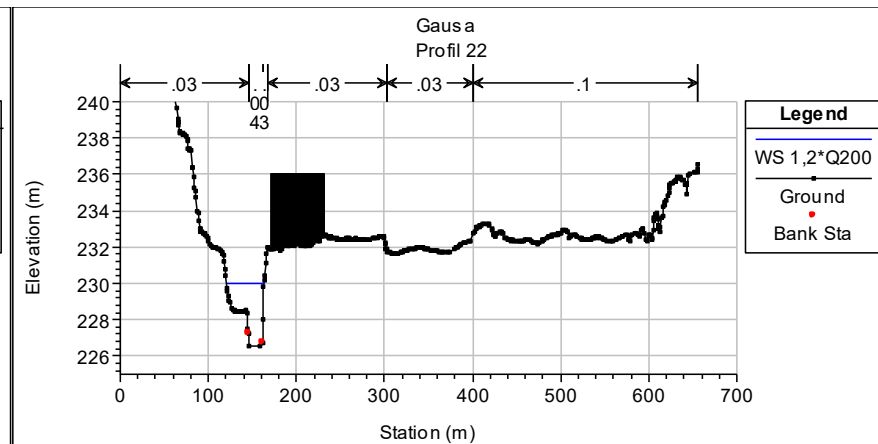
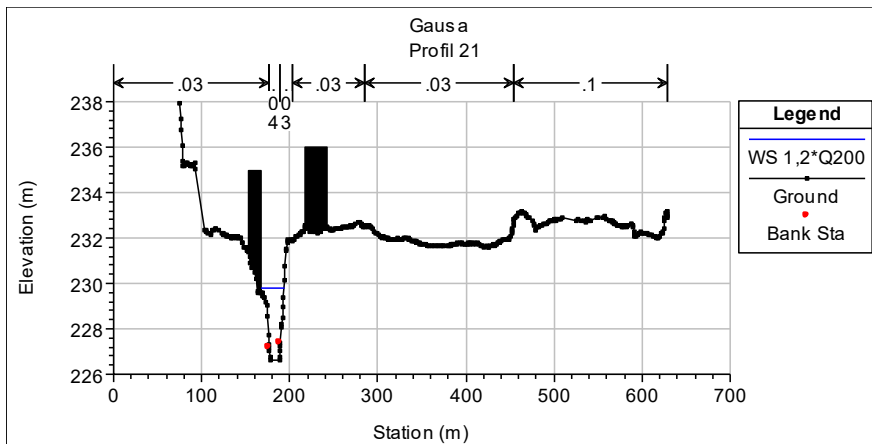
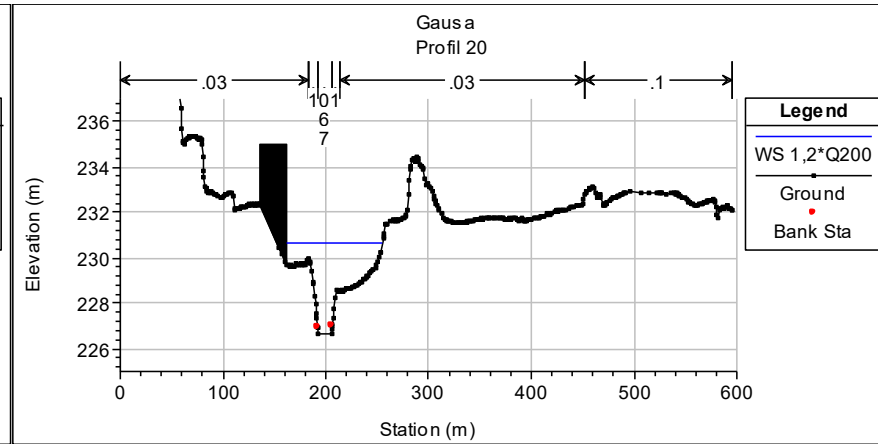
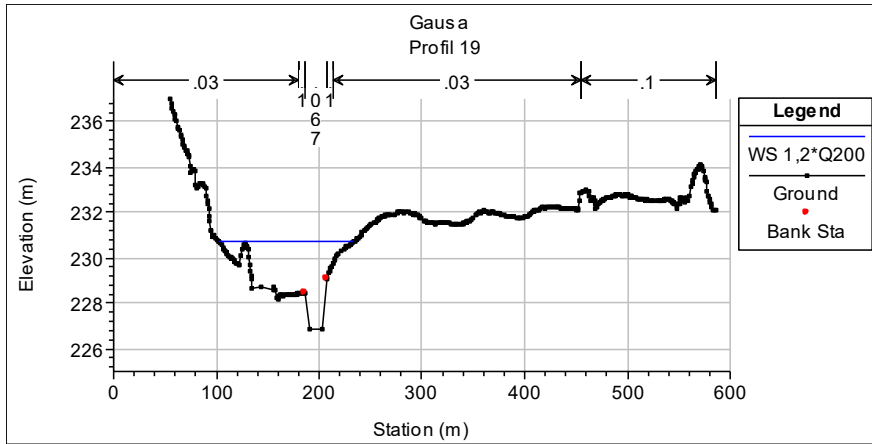


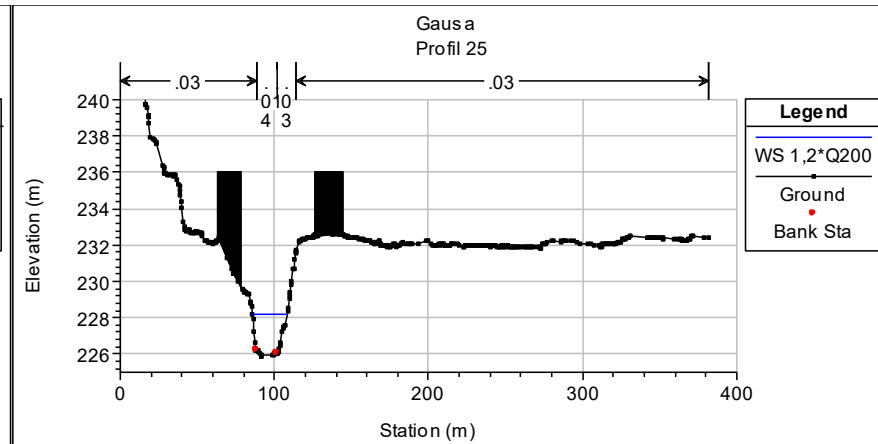
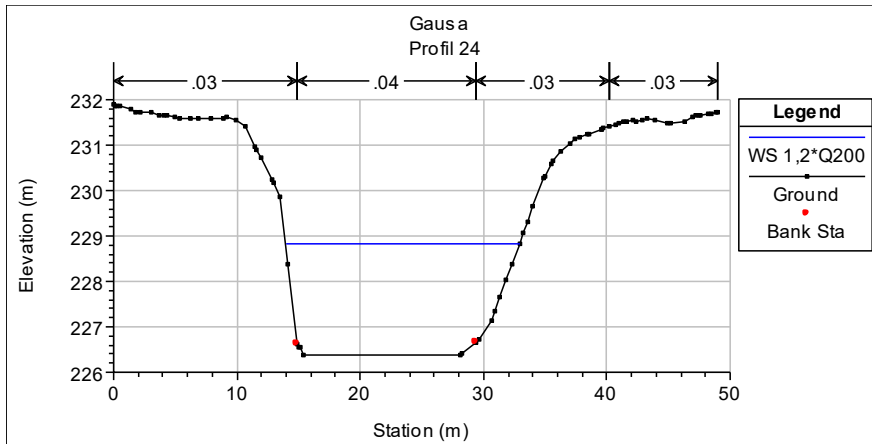
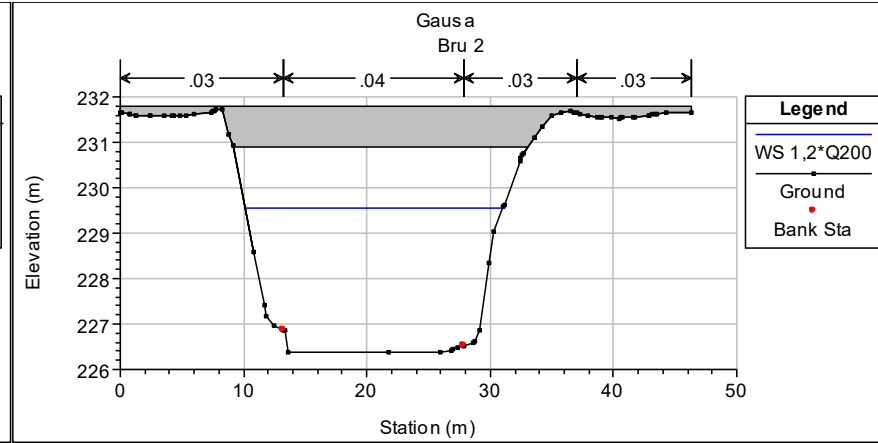
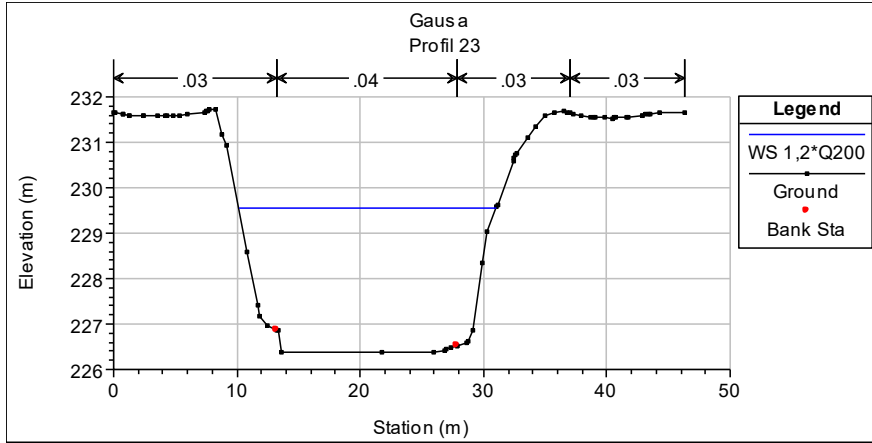




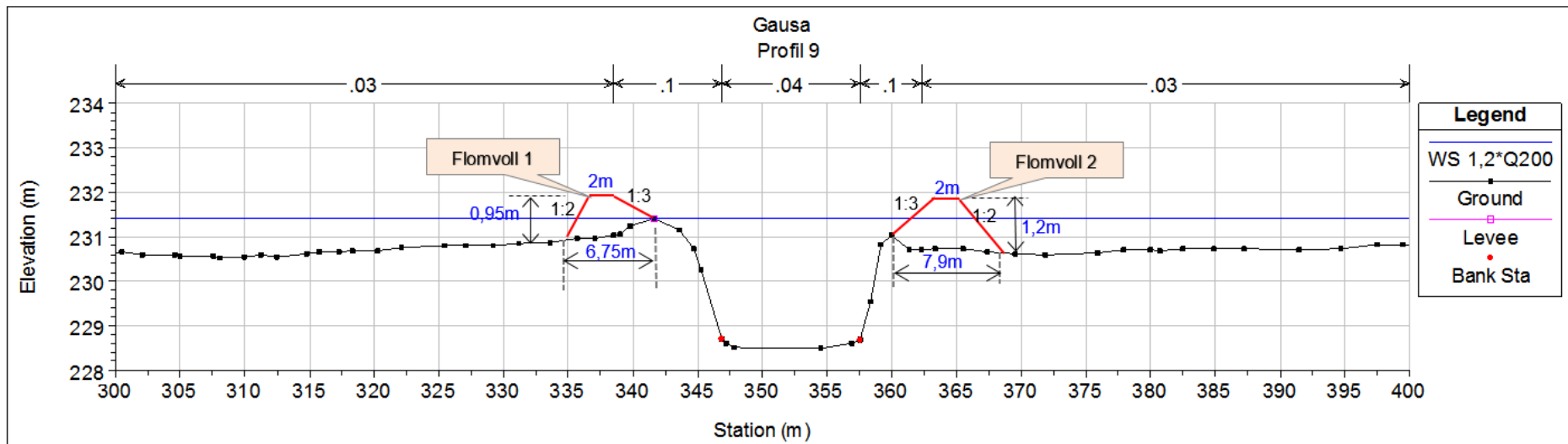
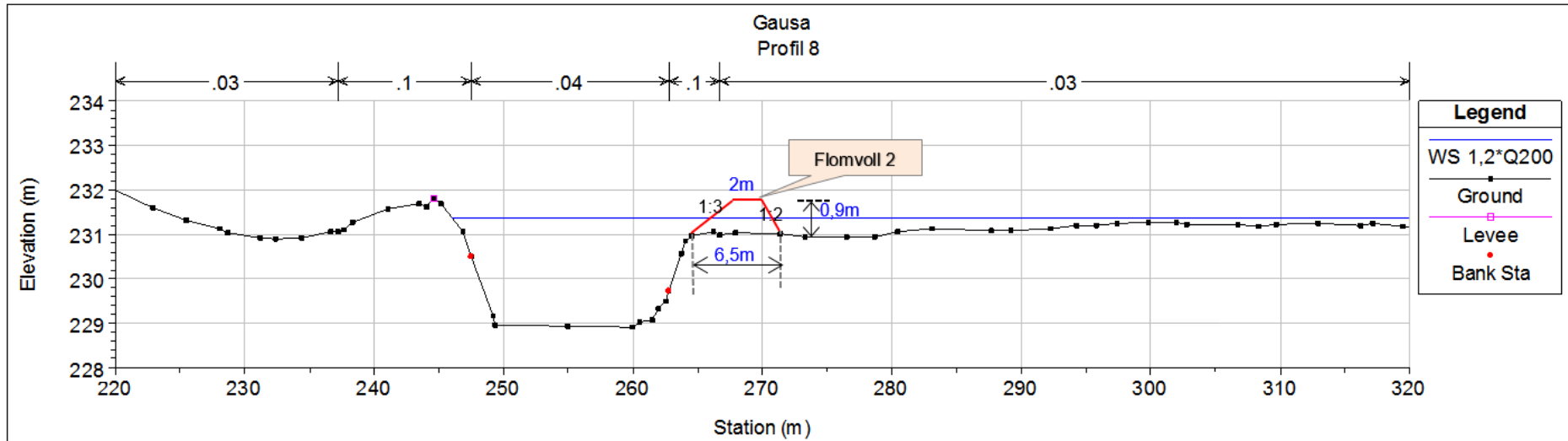


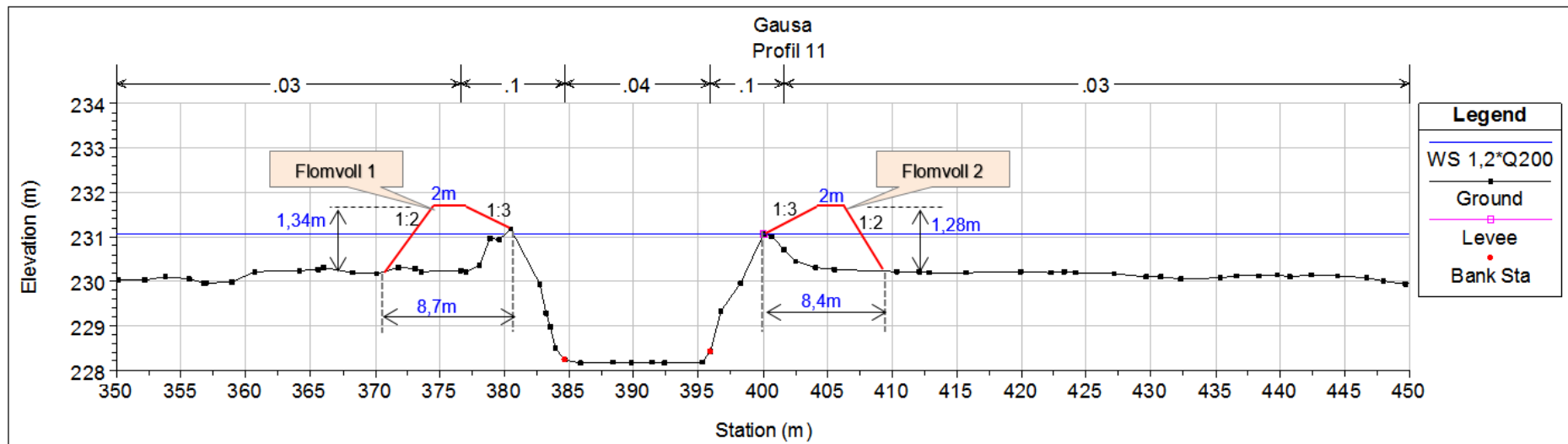
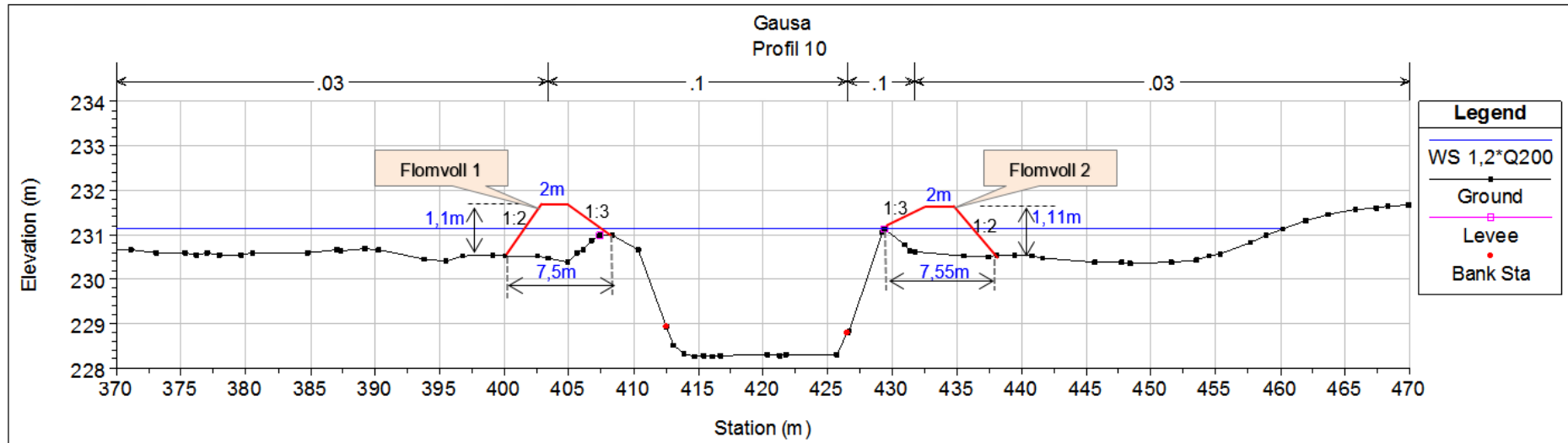


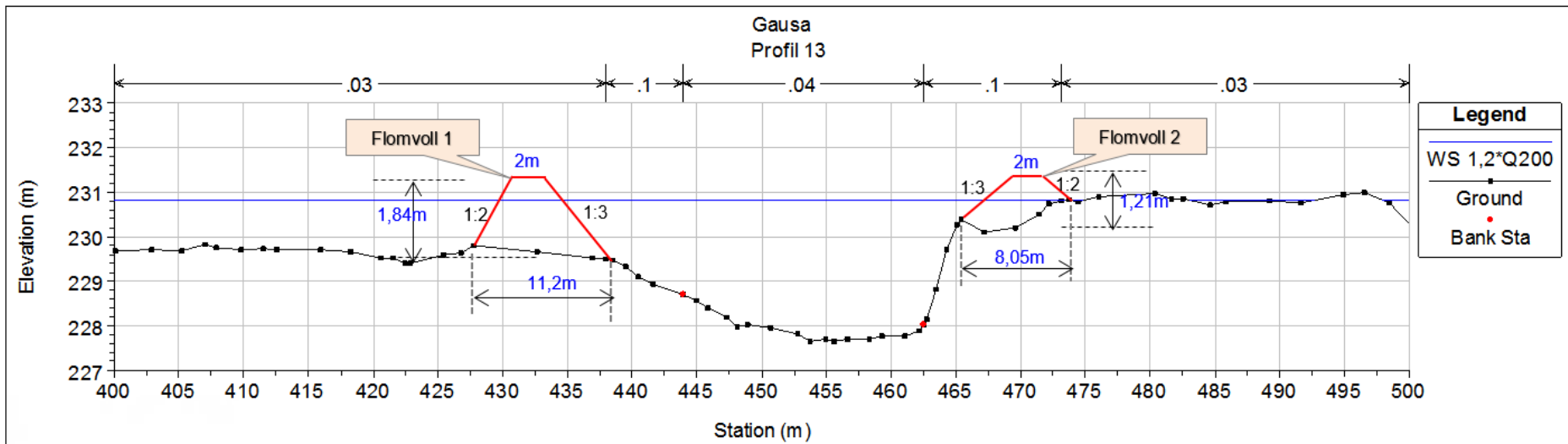
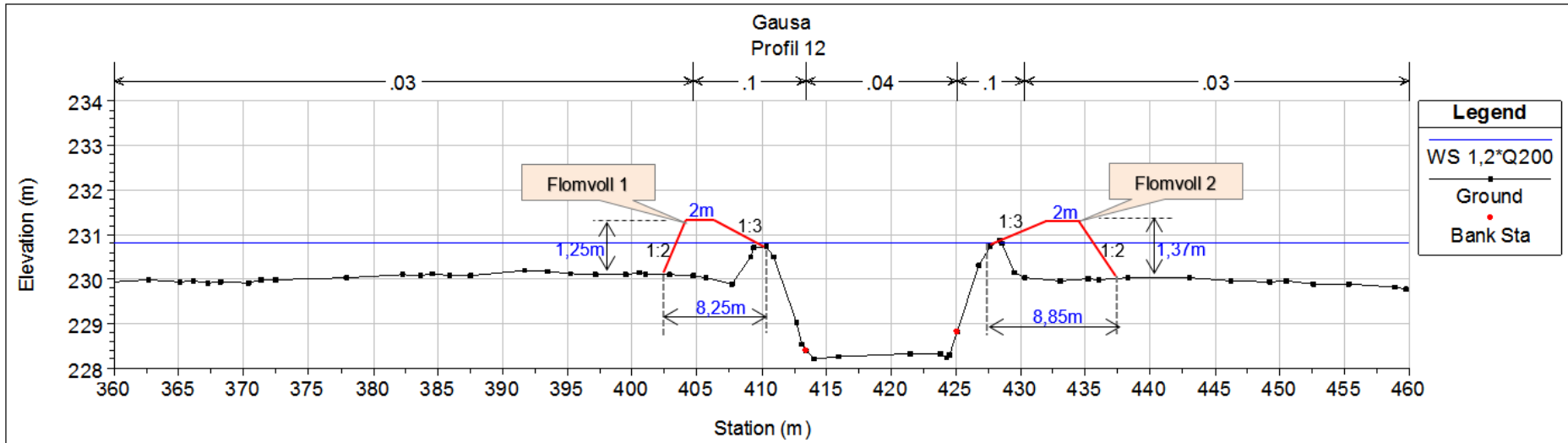


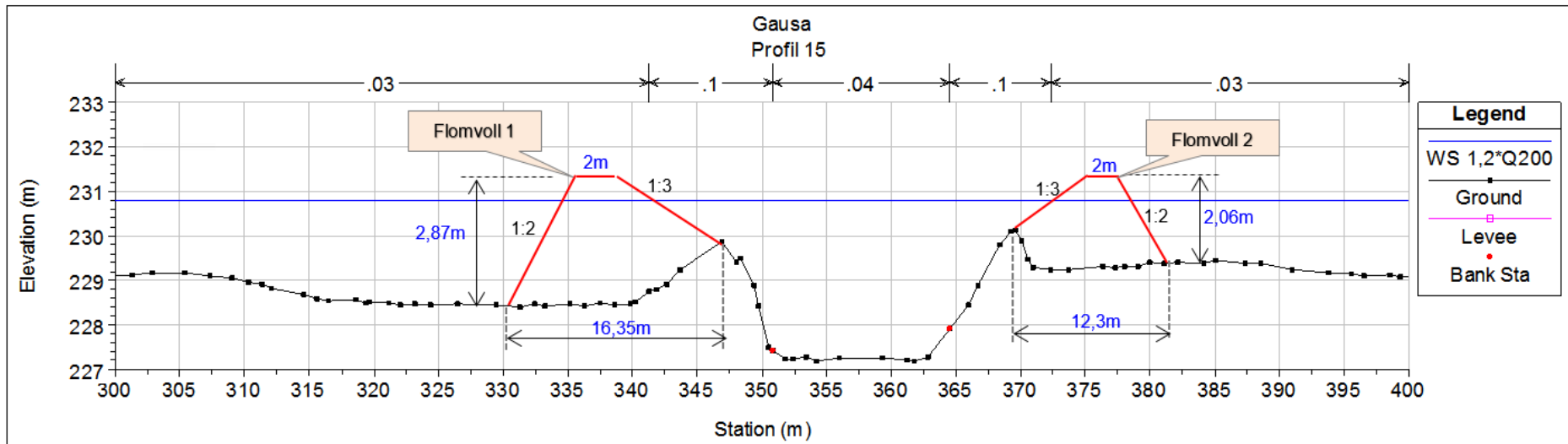
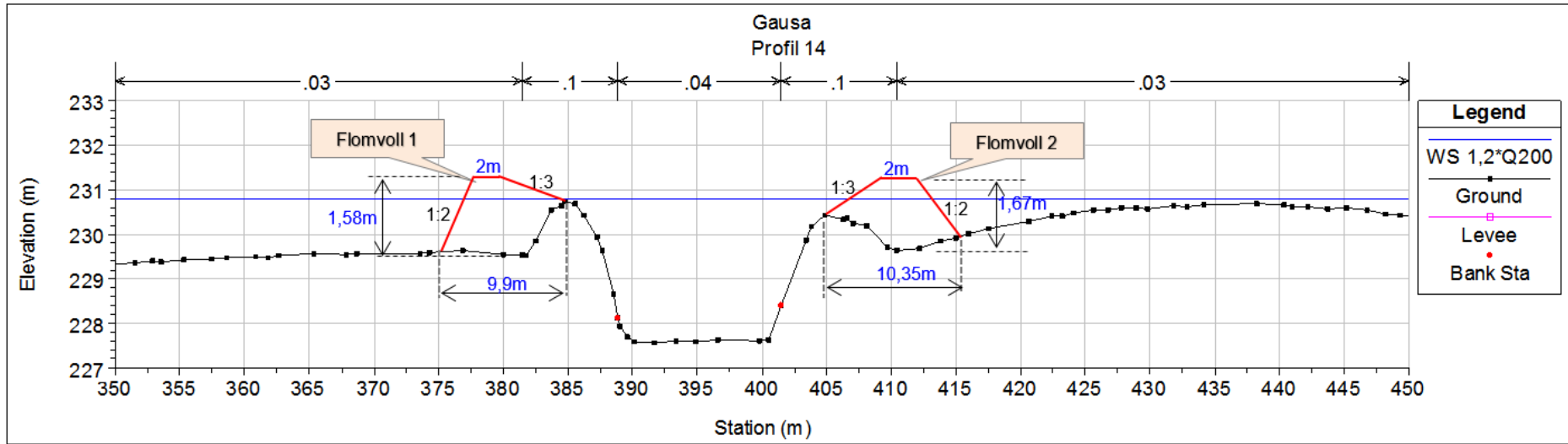


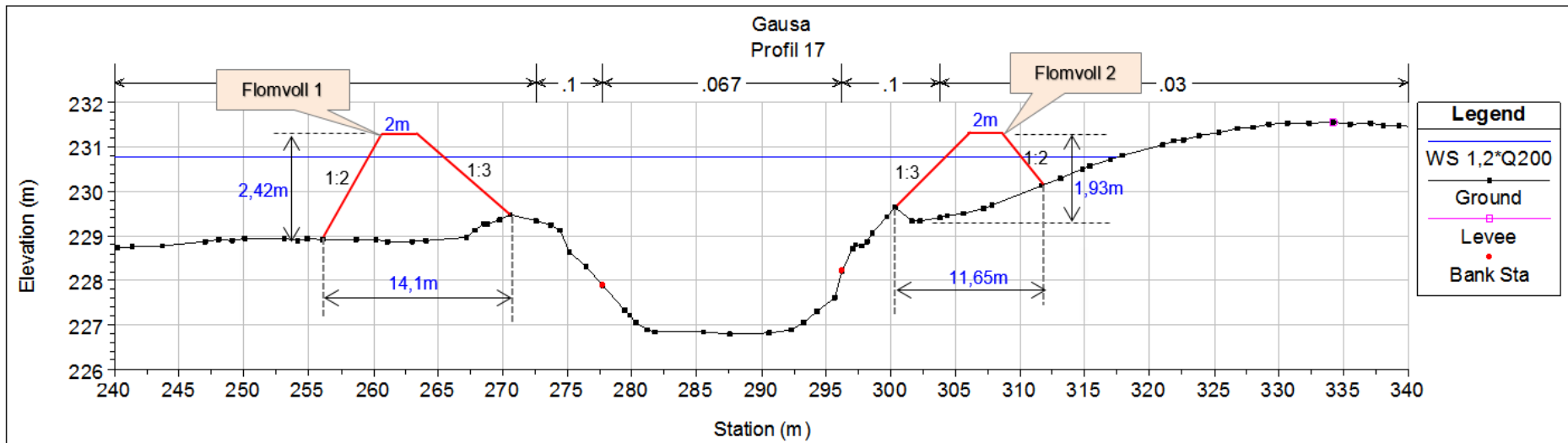
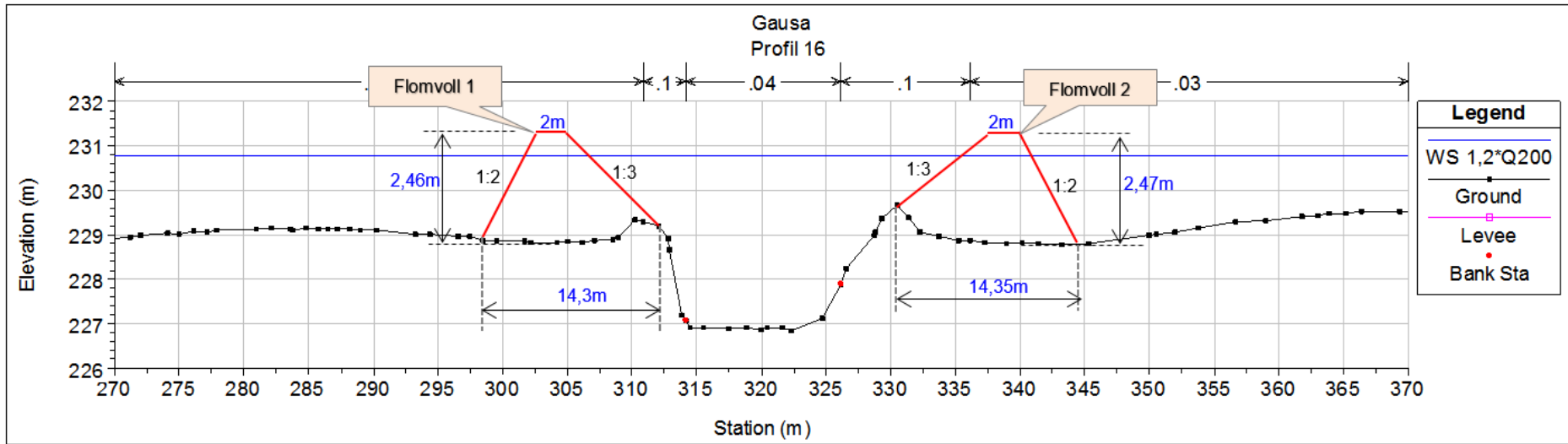
Vedlegg 3: Tverrsnitt Flomvoll (Høydereferanse NN2000)











Vedlegg 4: Rapport - Elveomlegging Segalstad Bru-Flom og hydrauliske beregninger



AREAL+ AS

Elveomlegging Segalstad Bru - Flom og hydrauliske beregninger

Utgave: 2

Dato: 02.11.2015

DOKUMENTINFORMASJON

| | |
|--------------------|--|
| Oppdragsgiver: | AREAL+ AS AVD LILLEHAMMER |
| Rapporttittel: | Elveomlegging Segalstad Bru - Flom og hydrauliske beregninger |
| Utgave/dato: | 2/ 02.11.2015 |
| Filnavn: | Elveomlegging Segalstad Bru - Flom og hydrauliske beregninger.docx |
| Arkiv ID | Click here to enter text. |
| Oppdrag: | 600615-01–Elveomlegging Segalstad Bru Elveomlegging Segalstad Bru |
| Oppdragsleder: | Oddmund Wold |
| Avdeling: | Vann og miljø Trondheim |
| Fag | Konsekvensutredninger |
| Skrevet av: | Haregewoin Haile Chernet |
| Kvalitetskontroll: | Håvard Knotten |
| Asplan Viak AS | www.asplanviak.no |

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av for Utredning vassdragsteknikk og naturmiljø, omlegging av Gausa ved Segalstad Bru. Magnus Berget Sveum har vært kontaktperson for oppdraget. Haregewoin Haile Chernet har også deltatt i arbeidet.

Oddmund Wold har vært oppdragsleder for Asplan Viak.

Hamar, 29/10/2015

Oddmund Wold

Oppdragsleder

Håvard Knotten

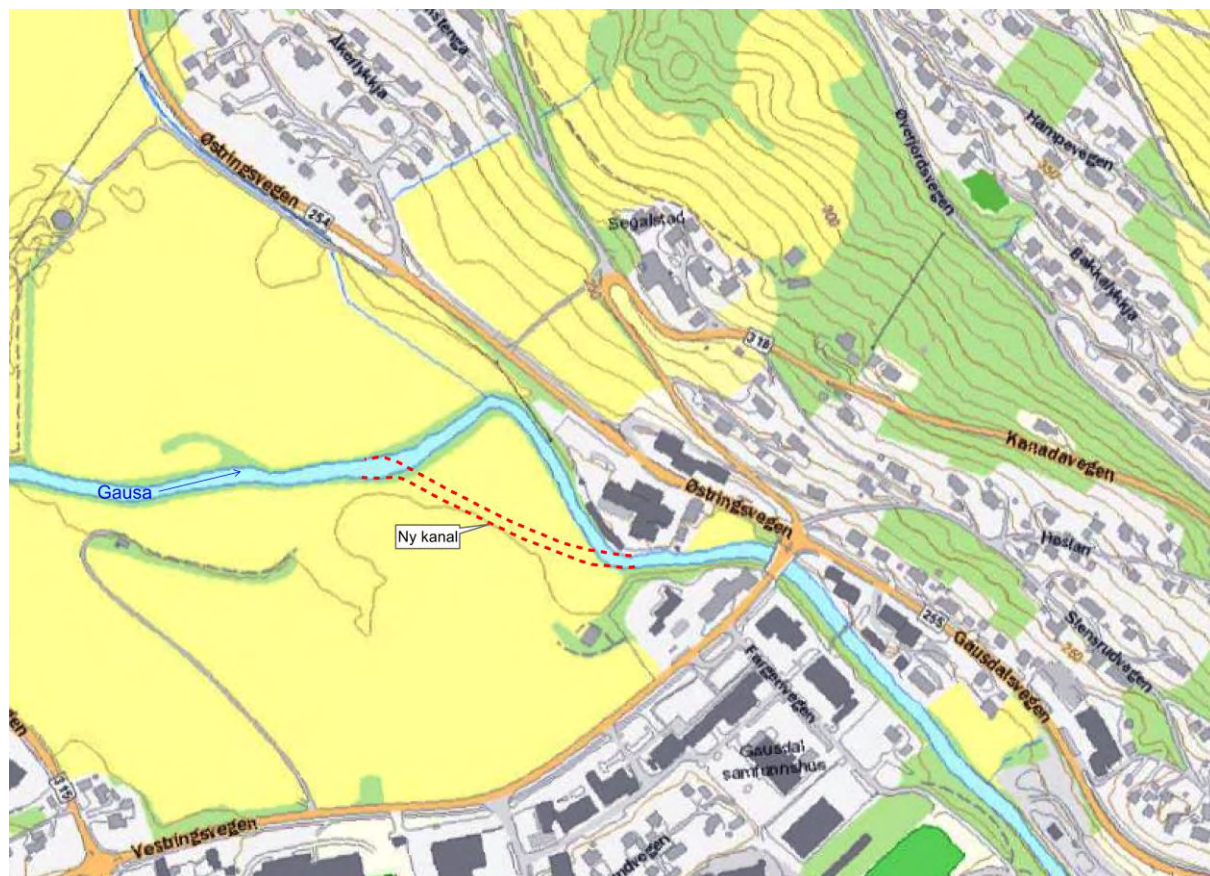
Kvalitetssikrer

INNHOLDSFORTEGNELSE

| | | |
|-----|--|----|
| 1 | Innledning | 4 |
| 2 | Elveomlegging..... | 5 |
| 3 | Flomberegning | 6 |
| 3.1 | Hydrometriske stasjoner..... | 6 |
| 3.2 | Flomfrekvensanalyser | 7 |
| 4 | Hydraulisk beregning..... | 11 |
| 4.1 | Vannlinjeberegning | 11 |
| 4.2 | Resultater..... | 15 |
| 4.3 | Vurdering av fare for erosjon | 17 |
| 4.4 | Flomsonekart | 18 |
| 4.5 | Usikkerhet..... | 18 |
| 4.6 | Flomsikring langs Gausaelva ved Q-meieriet | 18 |
| 5 | Referanser | 20 |
| 6 | Vedlegg..... | 21 |

1 INNLEDNING

I forbindelse med omlegging av elvestrekning ved Segalstad bru, i Gausdal Kommune, har Asplan Viak AS gjort hydrologiske og hydrauliske beregninger for å vurdere flomfaren i den nye kanalen og videre nedstrøms. Dette notatet gir en oversikt over dimensjonerende flom og vannstandsberginger på den aktuelle strekningen og i den nye kanalen; og beskrive tiltak og konsekvenser av elveomlegging. Planområdet er vist i figur 1.1.



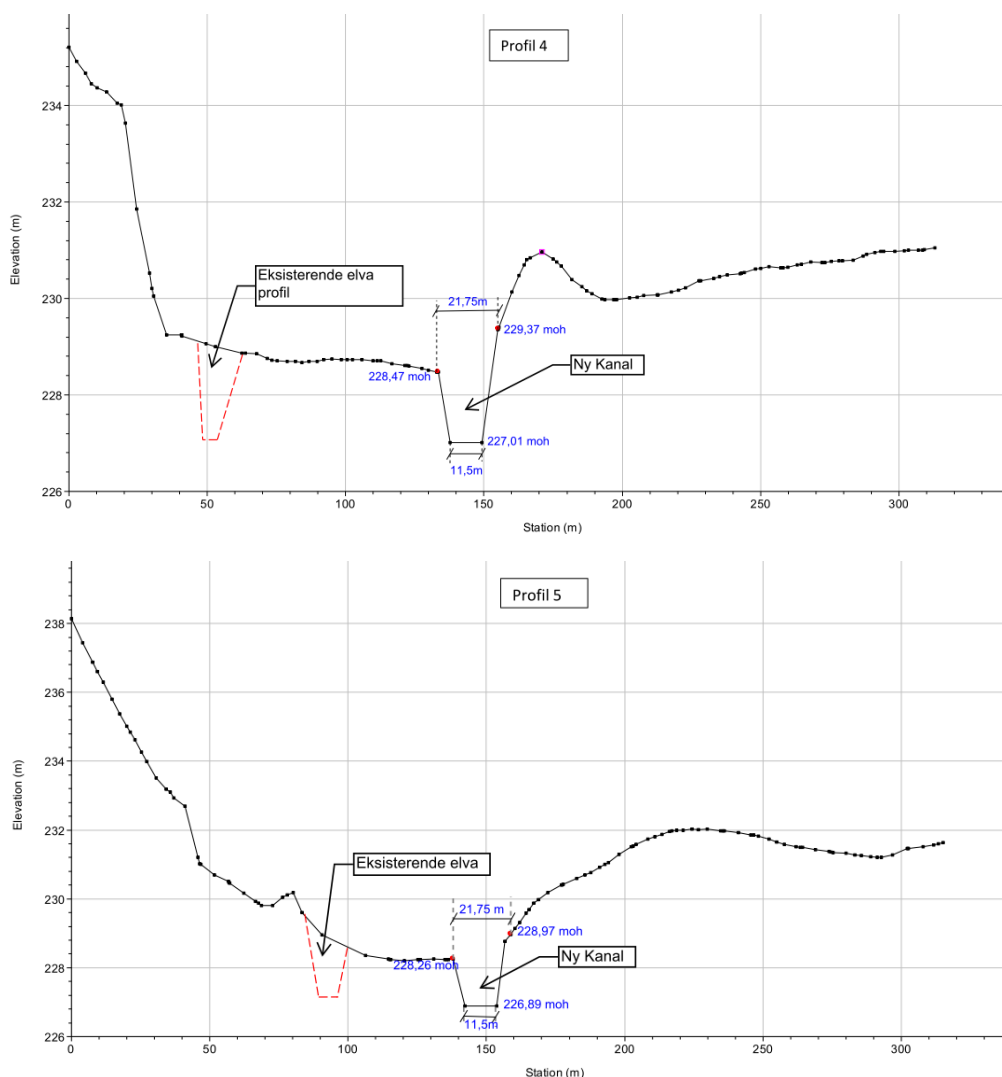
Figur 1.1 Plassering av ny kanal

2 ELVEOMLEGGING

Ved omlegging av elva er det nødvendig å etablere et elveløp for "normale" vannføringer og et tilstrekkelig elvetverrsnitt for å sikre kapasitet til å håndtere flommer uten risiko for oppstuvning og fare for skade på tilgrensende områder og bygninger. En må også forsøke å ta vare på det biologiske mangfoldet i vassdraget etter omleggingen, i tillegg til å oppnå en visuell, god og praktisk utforming av elveløpet.

Det nye elveløpet blir ca 230 m lang og en jevn helning av 0.15%. Som grunnlag for beregningene er det benyttet tverrsnitt tilnærmet lik eksisterende i bredde, dybde, bunn, kanter og sideterreng. *Tiltaket har kun til hensikt å skifte elveløpet for å innvinne mer areal på vestsiden, og er ikke ment som et tiltak mot flom.* Figur 2.1 viser det benyttet tverrsnitt for det nye elveløpet. Ny elvebunn anbefales bygd opp med stein plassert langs elva under den tidligere kanalisering. I tillegg må bunnmaterialet tilføres naturlig rundet sand, grus og stein i tilstrekkelige mengder. Dette er masser som gir et godt grunnlag for bevaring av biologisk mangfold knyttet til elva.

Revegetering skal brukes som prinsipp for reetablering av vegetasjon på sideterrengen. Ved oppbygging av elvebunnen tas det sikte på å gjenskape den naturlige hydrologiske og morfologiske tilstand spesielt med sikte på å legge til rette for naturlig vandring, reproduksjon og oppvekst av for fisk.



Figur 2.1: Tverrsnitt benyttet for det nye elveløpet. Henvi figur 4.2 for plassering av profil 4 og 5.

3 FLOMBEREGNING

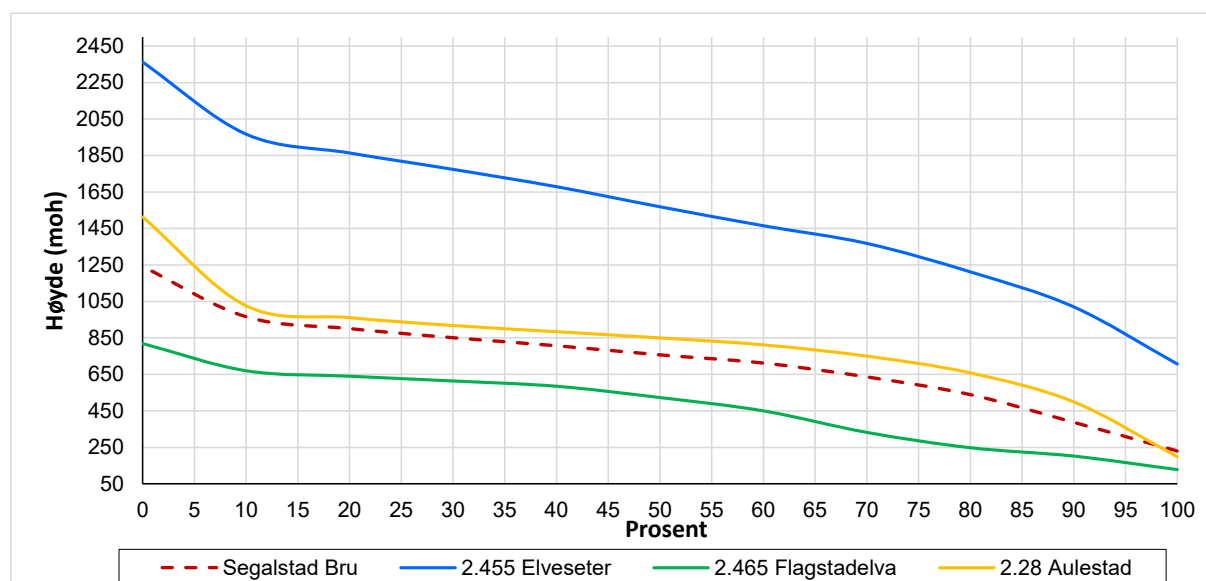
Flomberegning er å bestemme sammenhengen mellom flommens gjentaksintervall og vannføringen. Vannføringen kan deretter brukes til å bestemme vannstand og hastighet. Ifølge NVEs retningslinjer (2011) er det anbefalt at vanlig infrastruktur dimensjoneres for en 200-årsflom.

3.1 Hydrometriske stasjoner

Det beste grunnlaget for vannføringsberegninger er vannføringsmåling over en lang periode i det aktuelle vassdraget. Det har ikke vært målestasjoner for vannføring i Gausa elva oppstøm Segalstad bru. Flomberegningen er basert på observasjoner av vannføring fra målestasjoner i nærliggende vassdrag og regionale flomfrekvenskurver. Hypsografisk kurve for stasjonene er vist i figur 3.1. Karakteristiske felldata er vist i tabell 3.1. Nedslagsfeltene til Gausa ved Segalstad bru og referensfeltene er beregnet ved bruk av NVE programmet «Lavvannskart».

Tabell 3.1 Karakteristiske felldata

| Felt | Feltareal km ² | Eff.sjø % | Middelvannføring (61-90) l/s*km ² | H _{min} /H _{max} m.o.h | Meidan høyde m.o.h |
|--------------------|---------------------------|-----------|--|--|--------------------|
| Segalstad bru | 157,1 | 0,1 | 13,8 | 230/1241 | 757 |
| 2.28 Aulestad | 866,9 | 0,0 | 16,5 | 199/1513 | 850 |
| 2.465 Flagstadelva | 174,7 | 0,0 | 11,0 | 128/819 | 523 |
| 2.455 Elveseter | 133,8 | 0,1 | 35,9 | 707/2362 | 1569 |



Figur 3.1: Hypsografiske kurver for nedbørfeltene Segalstad Bru og utvalgte målestasjoner. Kurven viser hvor stor prosentvis andel av det totale feltarealet som ligger over en gitt høyde

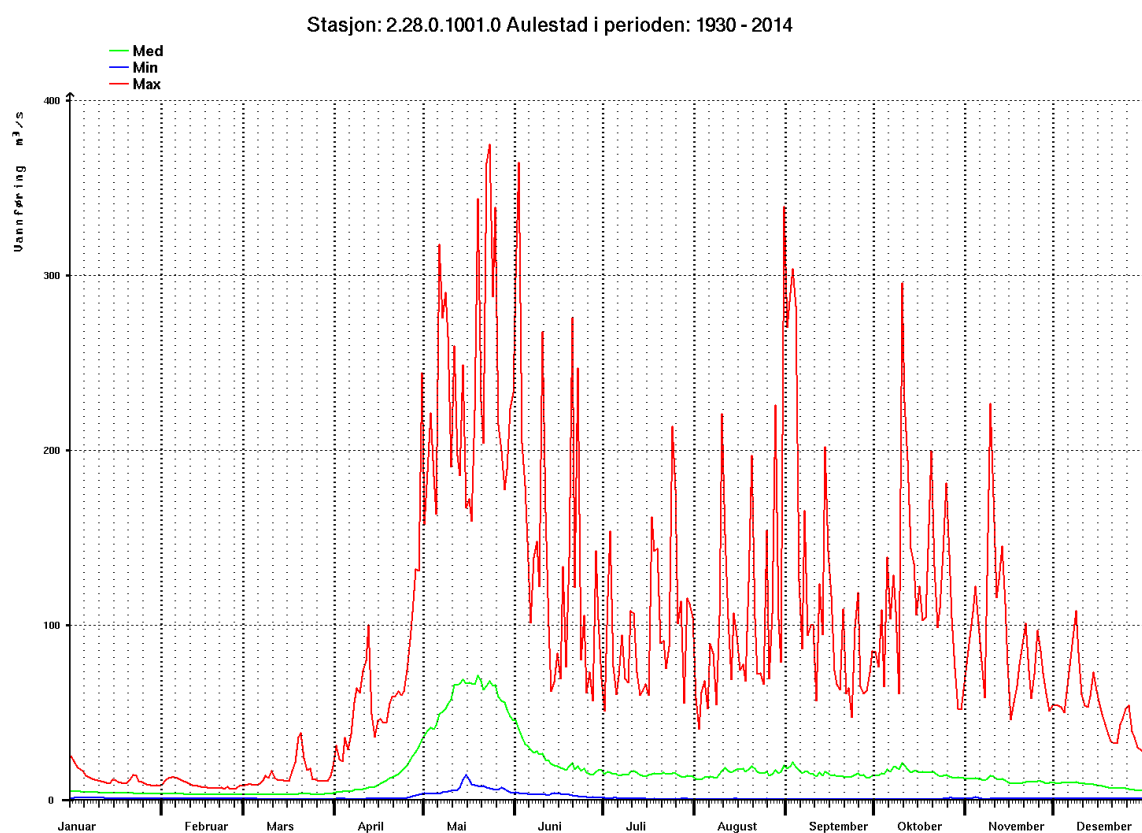
2.28 Aulestad ligger ca 2 km nedstrøms samløpet mellom Jøra og Gausa. Observasjoner finnes siden 1930. Nedbørfeltets areal er 866,9 km². For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 84 år (1930 - 2014) med god kvalitet.

2.465 Flagstadelva ligger ca 75 km sørøst for Segalstad Bru. Flagstadelva har litt større feltareal, mindre middelavrenning og null effektiv sjøprosent sammenlignet med Gausa ved Segalstad bru. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 28 år (1986 - 2014) med god kvalitet.

2.455 Elveseter ligger ca 115 km nordvest for Segalstad Bru. Elveseter har litt mindre feltareal, større middelvrenning og lik effektiv sjøprosent sammenlignet med Gausa ved Segalstad bru. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 69 år (1945 - 2014) med god kvalitet.

3.2 Flomfrekvensanalyser

Sesongvariasjonen i avrenningen i Gausa elva må vurderes ut fra nærliggende stasjon Aulestad. Viktige parametere for sesongvariasjonene er klimatiske forhold og høydebeliggenhet. Figur 3.2 viser karakteristiske vannføringsverdier for Aulestad som antas å beskrive avrenningsmønsteret i Gausa ved Segalstad bru godt. Figuren viser døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året ved målestasjonen. Ut fra figur 3.2 de fleste flommene i Aulestad opptrer mellom november og april i forbindelse med snøsmelting og i kombinasjon med nedbør, men også om høsten med kraftig regnvær.



Figur 3.2: Karakteristiske vannføringer ved stasjon 2.28 Aulestad. Figuren viser henholdsvis største, median og minste observerte døgnmiddelvannføring for hver enkelt dag i året for perioden 1930 – 2014.

Regionale flomformler er gitt i NVE (04/2011). Formlene gjelder for felt $> 20 \text{ km}^2$, men bør brukes forsiktig for felt $< 100 \text{ km}^2$. Formlene som er benyttet i beregningene for Gausa ved Segalstad bru er gjengitt under:

Høstflomregioner H3:

$$\ln q_M = 1,2014 \cdot \ln q_N - 0,0819 \cdot \ln(A/L_F) - 0,0268 \cdot A_{SE} + 0,0013 \cdot S_T + 1,07$$

Vårflomregioner V4:

$$\ln q_M = 0,1848 \cdot \ln S_T - 0,0137 \cdot \ln A_{SE} + 0,0873 \cdot \ln A_{SF} + 0,5143 \cdot \ln q_N + 2,77$$

q_M = spesifikk middelflom, q_N = midlere spesifikk årsavløp, A_{SE} = effektiv sjøprosent,

A = feltareal, L_F = feltlengde, S_T = elvegradient.

Tabell 3.2: Flomfrekvensanalyser av årsflommer for målestasjon

| Stasjon | Periode | Ant. år | Areal km ² | Q _M | | Q ₂₀₀ / Q _M | Fordelingsfunksjon |
|--------------------|-------------|------------|--------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------------|--------------------|
| | | | | l/s.km ² | m ³ /s | | |
| 2.28 Aulestad | 1930-2014 | 84 | 866,9 | 204,64 | 177,40 | 2,55 | Gamma (L-moment) |
| 2.465 Flagstadelva | 1986 - 2014 | 28 | 170 | 223,76 | 38,04 | 2,20 | Gumbel (L-moment) |
| 2.455 Elveseter | 1945 - 2014 | 69 | 134 | 308,30 | 41,31 | 3,38 | GEV (L-moment) |
| Segalstad bru | - | - | 157,1 | - | - | 3,0 | |
| Regionale | | | | | | | Regionale |
| V4 | | | | | | 2,6 | V4 |
| H3 | | | | | | 3,4 | H3 |

Som representativ frekvensfordeling for Gausa ved Segalstad bru er det valgt å bruke gjennomsnittlig frekvensfaktorene funnet ved Aulestad og Elveseter pga usikkerheten i valg av kurve.

3.2.1 Beregning av middelflom

Ved beregning av absolutte flomstørrelser bør feltkarakteristika som effektiv sjøprosent og feltareal i større grad inngå i vurderingen av representative nedbørfelt enn i frekvensanalysen. Spesifikk middelflom antas å avta med økt størrelse på nedbørfeltet, ved at flomtoppene fra ulike delfelter vil nå hoved vassdraget til litt forskjellig tid. Spesifikk middelflom vil også avta med økt effektiv sjøprosent, ved at sjøer har flomdempende effekt (NVE, 2003).

Spesifikk middelflom varierer relativt mye for stasjonene (tabell 3.2) og ligger i størrelsesorden fra 204,64 l/s.km² til 308,30 l/s.km². Aulestad har lavere årlig middelavrenning, men feltet har mye til felles med Gausa ved Segalstad bru. Dette ser man av beliggenhet, nedbørfeltets fysiske egenskaper og høyde på feltet. Med bakgrunn i dette antas en spesifikk middelflom i Gausa ved å ligge i størrelsesorden 215 l/s.km². Med valgt verdi for middelflom, og flomfrekvensfordelingen som antas representativ for Gausa (tabell 3.2), blir de resulterende flomverdiene som vist i tabell 3.3.

Tabell 3.3: Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall i Gausa ved Segalstad bru, døgnmiddelvannføringer

| Felt | Areal km ² | Q _M | | Q ₂₀₀ m ³ /s |
|--------------|--------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------------------|
| | | l/s.km ² | m ³ /s | |
| Eidsdalselva | 157,1 | 215 | 33,8 | 101,4 |

3.2.2 Klimatillegg

I henhold til NVE rapport 5-2011 Hydrological projections for floods in Norway under a future climate, skal det legges til et klimatillegg på 20% til den beregnede flomvannføringen for å ta hensyn til en forventet økning av flomintensitet i framtiden.

3.2.3 Beregning av Kulminasjonsvannføring

Flomverdiene som hittil er presentert representerer døgnmiddelvannføring. Forholdet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Forholdstallet beregnes da for en eller flere av de større flommene ved målestasjoner i vassdraget, og/eller eventuelt i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning. Som tidligere konstatert finnes det ikke grunnlag for å anslå forholdet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Gausa ved Segalstad bru med bakgrunn i observerte data. Forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ for Gausa ved Segalstad bru er dermed utelukkende beregnet med utgangspunkt i nærliggende og lignende målestasjoner i området, og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk. De aktuelle målestasjonene i omegnen har tilnærmet lik effektiv sjøprosent som Segalstad bru nedbørfelt (tabell 3.1). Målestasjon Aulestad har svært høyere feltareal og målestasjon Elveseter har mindre feltareal og disse stasjonene anses ikke som egnet som utgangspunkt for en vurdering av forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring i Gausa ved Segalstad bru.

Målestasjon 2.465 Flagstadelva har litt høyere feltareal, tilnærmet lik 0 effektiv sjøprosent og data med finere tidsoppløsning enn døgn. Døgnmiddel og kulminasjonsvannføring for de fem største årlige vannføringene fra Flagstadelva er listet opp i tabell 3.4, sammen med forholdstallet mellom disse to verdiene.

Tabell 3.4: Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved Flagstadelva

| Dato | Kulminasjon m ³ /s | Døgnmiddel m ³ /s | $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ |
|------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 07.05.1997 | 67.648 | 42.225 | 1.60 |
| 25.09.2010 | 54.28 | 33.56 | 1.62 |
| 05.09.2011 | 69.78 | 54.26 | 1.29 |
| 11.11.2012 | 59.9 | 35.81 | 1.67 |
| 22.05.2013 | 78.19 | 58.58 | 1.33 |

I NVE (2011) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong. Formlene er:

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og ASE er effektiv sjøprosent. Resultatene presenteres i tabell 3.5.

Tabell 3.5: Forholdstallet mellom døgnmiddelflom og kulminasjonsflom for Segalstad bru, beregnet for vår og høstflom

| Felt | Areal km ² | Eff.Sjø, ASE % | $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ | |
|---------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|------|
| | | | Vår | Høst |
| Segalstad bru | 157,1 | 0,1 | 1,31 | 1,57 |

Siden flommer i Segalstad bru kan inntreffe både om våren og høsten, antas det ut fra observasjoner ved Flagstadelva og regionalt formelverk at et forholdstall på 1,52 er gjeldende for Segalstad bru. Dette tilsvarer en verdi rundt gjennomsnittet av forholdstallene fra de regionale formlene for vår- og høstflommer og den største observerte flommen.

3.2.4 200 års flommen

Døgnmiddelverdien ved Segalstad bru ble beregnet til 101,4 m³/s.

Dimensjonerende 200 års momentanflom er beregnet til:

$$Q_{200,momentan} = 101,4 \frac{m^3}{s} * 1,52 = 154,1 m^3/s$$

Med 20% klimatillegget gir det:

$$Q_{200,momentan} = 1,2 * 154,1 = 184,92 m^3/s$$

4 HYDRAULISK BEREGNING

4.1 Vannlinjeberegning

For å kontrollere effekten av høy vannstand ved 200-årsflom er tilhørende vannlinjeberegning utført. Det hydrauliske modelleringsverktøyet HEC-RAS er benyttet til beregning av vannlinjene. Verktøyet er utviklet av US Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (USACE, 2002). Modellen kan blant annet beregne underkritisk og overkritisk strømning eller en kombinasjon av disse i en enkel elv, eller i et elvenettverk. Datagrunnlaget til arbeidet er laserkart med 1 meters-koter og flyfoto av planområdet. Basert på disse er det utviklet en forenklet representasjon av elven i form av en 1D hydraulisk modell.

I vannlinjeberegninger må ofte modellen settes opp for en lengre elvestrekning enn selve prosjektområdet, da nedstrøms grensebetingelse skal ha liten innvirkning på vannføringer og vannstander i det området som skal analyseres. Modellen er satt opp for den aktuelle strekningen og i den nye kanalen etter omlegging.

4.1.1 Grunnlag og forutsetninger

Grunnlag og forutsetninger for vannlinjeberegningen:

- Vannføring
- Elvas geometri
- Manningstall (hydrauliske ruhetsverdier)

4.1.2 Vannføring

200-årsflommen som omfatter 20% av klimafaktor er beregnet til 184,92 m³/s.

4.1.3 Geometri

Elvebunn og terrenget i den hydrauliske modellen er representert ved et utvalg av tverrprofiler. Oppdragsgiveren har skaffet terrengdata (laser data) som er blitt brukt videre til å generere en terrengmodell. Tverrprofiler er tatt ut ifra denne terrengmodellen. Plassering av tverrprofilene benyttet i modellen for den aktuelle strekningen er vist i Figur 4.1 og Figur 4.2 viser tverrprofilene for den nye kanalen etter omlegging.

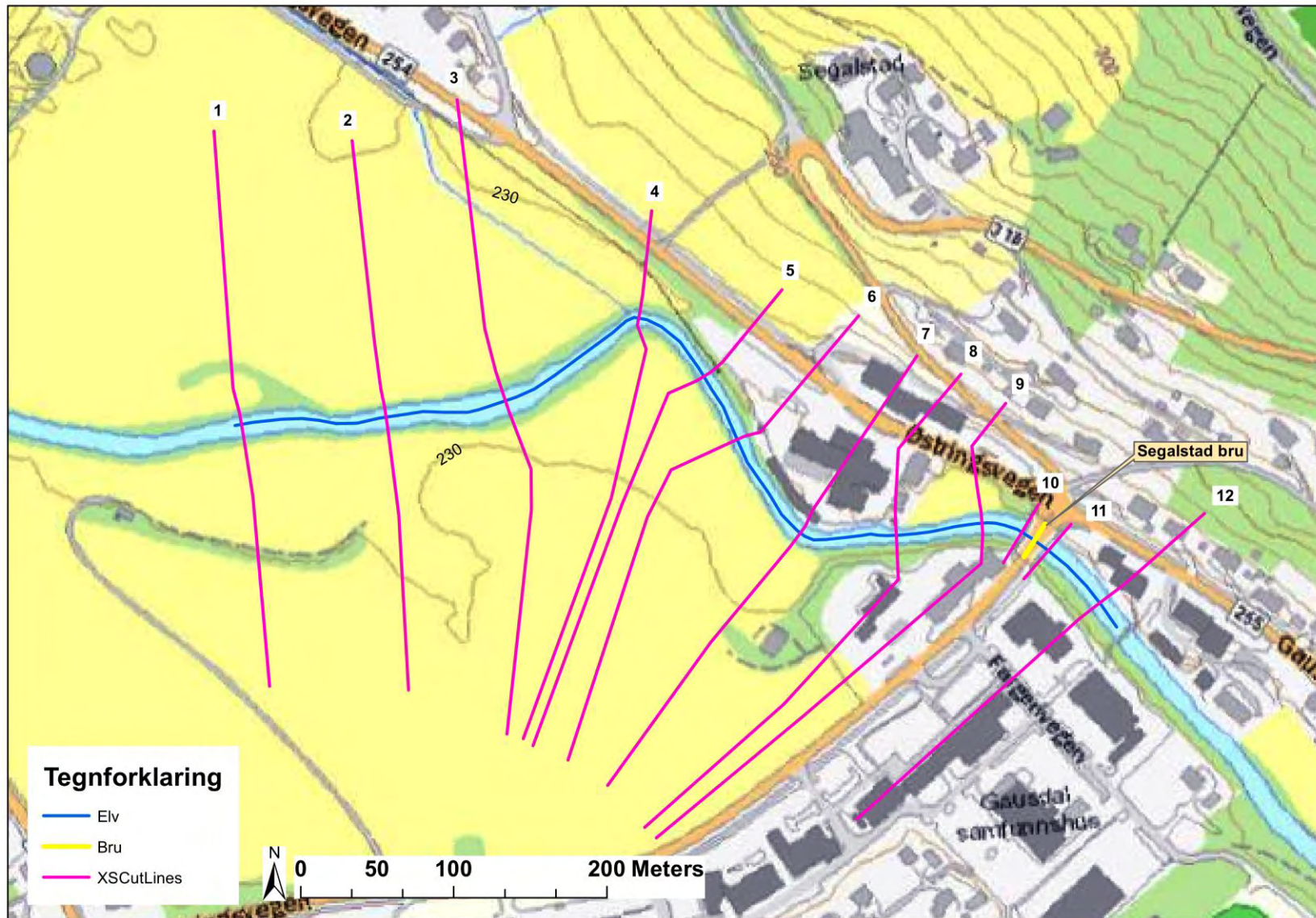
4.1.4 Manningstall (hydrauliske ruhetsverdier)

Alle typer energitap som påvirker vannstanden langs elveløpene er representert ved en enkelt faktor, mannings tallet. Den hydrauliske ruheten (n_1 for hovedkanal og n_2 og n_3 for sidearealer) i elva er derfor bestemt på grunnlag av aktuell litteratur, se igjen Chow et al, (1988) for flere eksempler. Flomslettene er vurdert som skog og dyrket mark. Den nye kanalen anbefales bygd opp med stein fra tidligere kanalisering i tillegg til tilførte sand, grus og steinmasser. Tabell 4.1 viser mannings "n" verdier benyttet i HecRas modell.

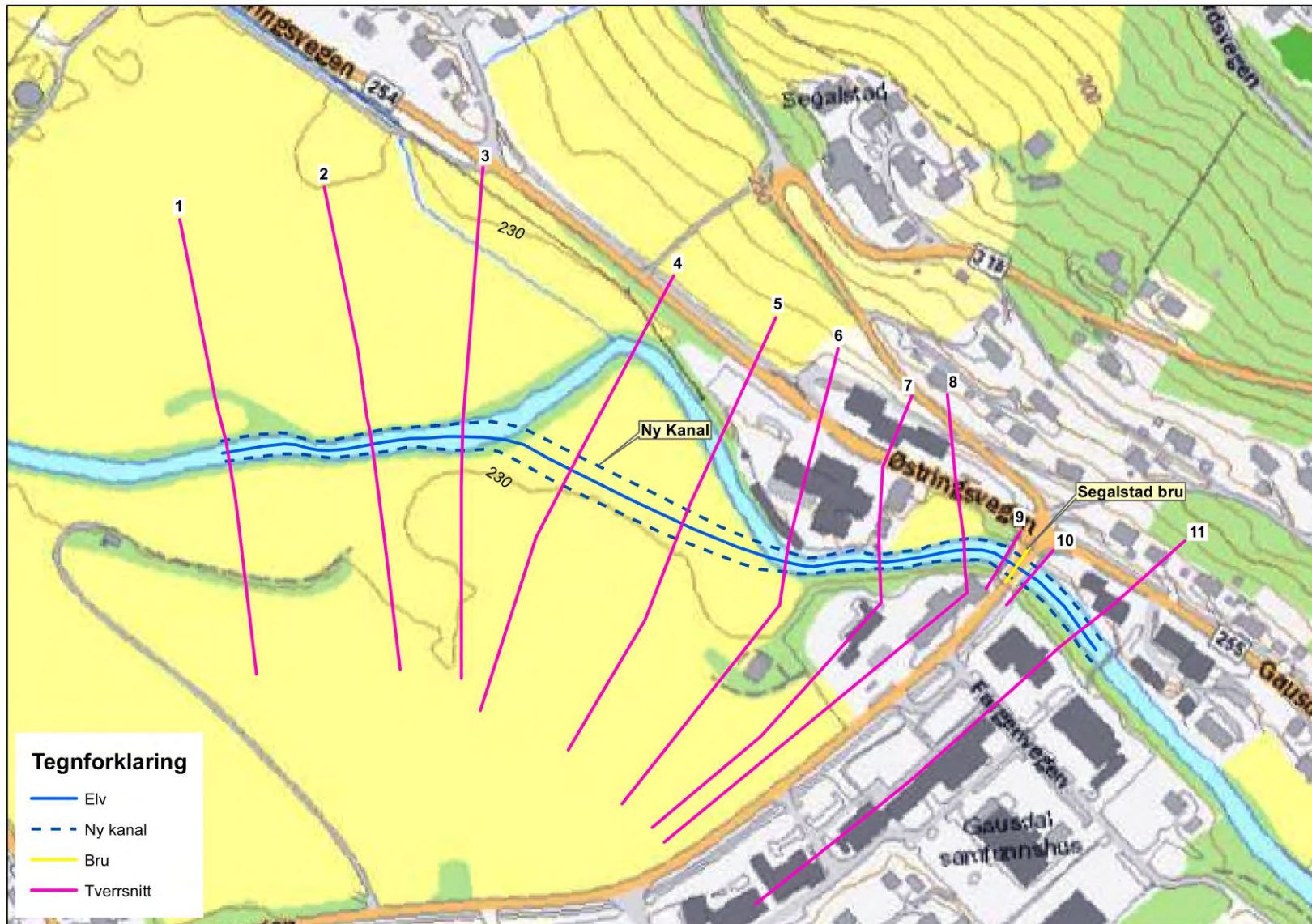
Tabell 4.1: Manningstall som brukes i HecRas modell

| Elv | Hovedkanal | Skog | Dyrket mark/ åpent område | Ny kanal* |
|-------|------------|------|------------------------------|-----------|
| Gausa | 0,04 | 0,10 | 0,03 | 0,067 |

For den nye kanalen benyttes en høy hydraulisk ruhet under beregningen. Begrunnelsen for dette er at det under detaljprosjektering skal være rom for å legge inn uregelmessigheter i horisontal og vertikalgeometri samt variert utforming av bunn og sider. Det er også aktuelt å legge ut større enkeltsteiner og anlegge buner. Dette gjøres for å skape variert hydromorfologi og variert kantvegetasjon, alt som grunnlag for biologisk mangfold.



Figur 4.1: Kartet viser tverrsnittprofiler for den aktuelle strekningen benyttet i Hec-Ras modellen



Figur 4.2: Kartet viser tverrsnittprofiler for den nye kanalen benyttet i Hec-Ras modellen

4.1.5 Grensebetingelser

Vannføringen fra flomberegning er brukt som inngangsdata i den hydrauliske modellen (stasjonær strømning). Her er det antatt at det oppstår normal strømning både ved oppstrøms enden av modellen og ved nedstrøms enden. Ved normalstrømning følger vannspeilet helningen til bunnen (vannspeilet og elvas bunn ligger parallelt ved de to endene til modellen). Disse verdiene refereres det til som "grensebetingelser". Tabell 4.2 viser valgte verdier.

Tabell 4.2: Grensebetingelsene for simuleringen

| Grensepunkt | Øvre grensebetingelse | Nedre grensebetingelse |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| Gausa elva | S = 0,00345 | S = 0,00644 |

4.1.6 Kalibrering

Det foreligger ikke kalibreringsdata, det vil si samtidig innmåling av vannføring og vannstand, for strekningen. Det er derfor ikke mulig å kalibrere modellen mot observerte data. For å skaffe et bedre grunnlag for valg av n-verdier blir det gjennomført en følsomhetsanalyse. På grunnlag av denne blir det ut fra skjønn valgt et sett med n-verdier for de videre beregninger.

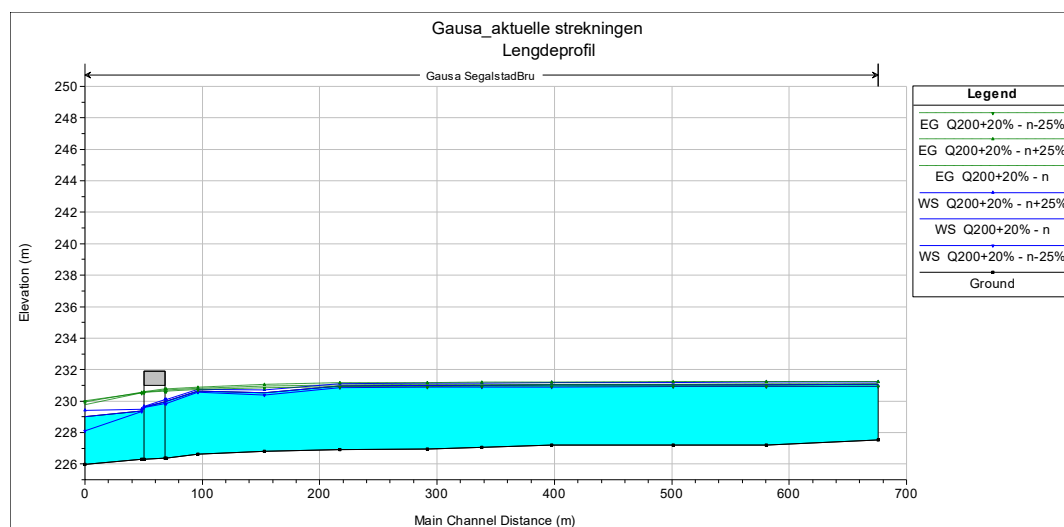
Det er foretatt beregninger for å se hvordan ruheten i elva og flomslettene innvirker på de beregnede vannstander og vi har gjort en sensitivitetsanalyse hvor vi kjører modellen for den aktuelle strekningen for lavere og høyere friksjonstall enn de vi har valgt ($n \pm 25\%$).

Tabell 4.3 viser endrede ruhetsverdier for modellområdet.

Tabell 4.3: Endrede ruhetsverdier for modellområdet

| Kategori | Ruhet | Senket ruhet | Økt ruhet |
|----------------------------|-------|--------------|-----------|
| Hovedkanal | 0,04 | 0,03 | 0,05 |
| Skog | 0,10 | 0,08 | 0,13 |
| Dyrket mark / åpent område | 0,03 | 0,02 | 0,04 |

Analysen viste at en relativt liten øking $+0,16\text{m}$ / $-0,14\text{m}$ variasjon i vannstander langs Gausa elva. Følsomhetsanalysen viser at modellen er mindre følsom for Manningstall spesielt i nærheten av brua og Manningstall for videre beregninger settes til 0,04 for hovedkanal og 0.1 for skog og 0.03 for sidearealer.



Figur 4.3 Lengdeprofil med beregnede vannlinjer for Q 200 + 20 % økning med forskjellige verdier på Manningstall.

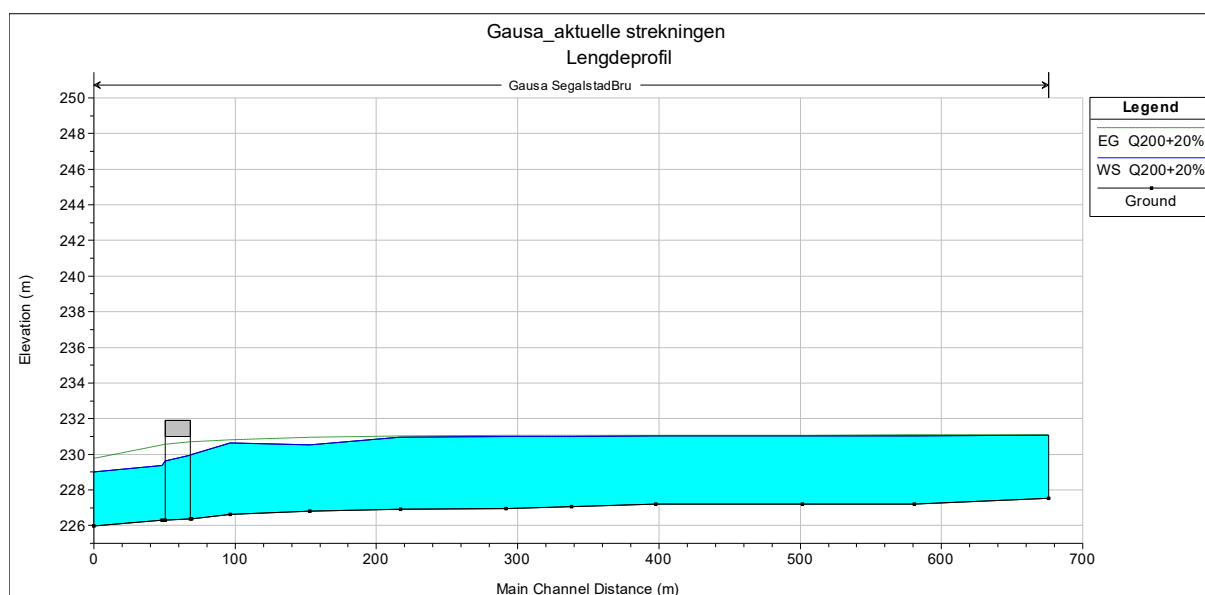
4.2 Resultater

4.2.1 Aktuelle strekningen

Hec-Ras modellen beregner ulike parametere som beskriver de hydrauliske forholdene i elva. For vurdering av flomsikkerhet er vannlinje i tillegg til energilinje og vannhastighet for dimensjonerende vannføring de mest sentrale parameterne. I tabell 4.4 er resultater fra beregningene for en 200 års flom med 20 % økning gitt der det refereres til nummereringen av tverrprofilene på figur 4.4. Vedlegg 6.3 viser et lengdeprofil av beregnede vannstander for 200-årsflom med 20% klimatillegg.

Tabell 4.4: Beregnet vannlinje, energilinje og vannhastighet for en 200 årsflom med 20 % økning i aktuelle strekningen

| Profil [nr] | Elvebun n [m.o.h] | Vannstand [m.o.h] | EG Høyde [m.o.h] | Hastighets Høyden [m] | Hastighet [m/s] |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | 227,53 | 231,05 | 231,06 | 0,01 | 0,36 |
| 2 | 227,21 | 231,05 | 231,05 | 0,01 | 0,36 |
| 3 | 227,22 | 231,04 | 231,05 | 0,01 | 0,42 |
| 4 | 227,2 | 231,03 | 231,04 | 0,01 | 0,67 |
| 5 | 227,07 | 231,01 | 231,03 | 0,02 | 0,85 |
| 6 | 226,96 | 231,00 | 231,02 | 0,02 | 0,84 |
| 7 | 226,93 | 230,97 | 231,00 | 0,03 | 1,00 |
| 8 | 226,79 | 230,54 | 230,93 | 0,39 | 3,12 |
| 9 | 226,64 | 230,65 | 230,77 | 0,12 | 1,74 |
| 10 | 226,37 | 229,97 | 230,67 | 0,70 | 3,84 |
| Bru | 223,37 | 229,97 | 230,66 | 0,69 | 3,75 |
| 11 | 226,3 | 229,35 | 230,50 | 1,15 | 4,91 |
| 12 | 225,99 | 229,02 | 229,74 | 0,72 | 3,97 |



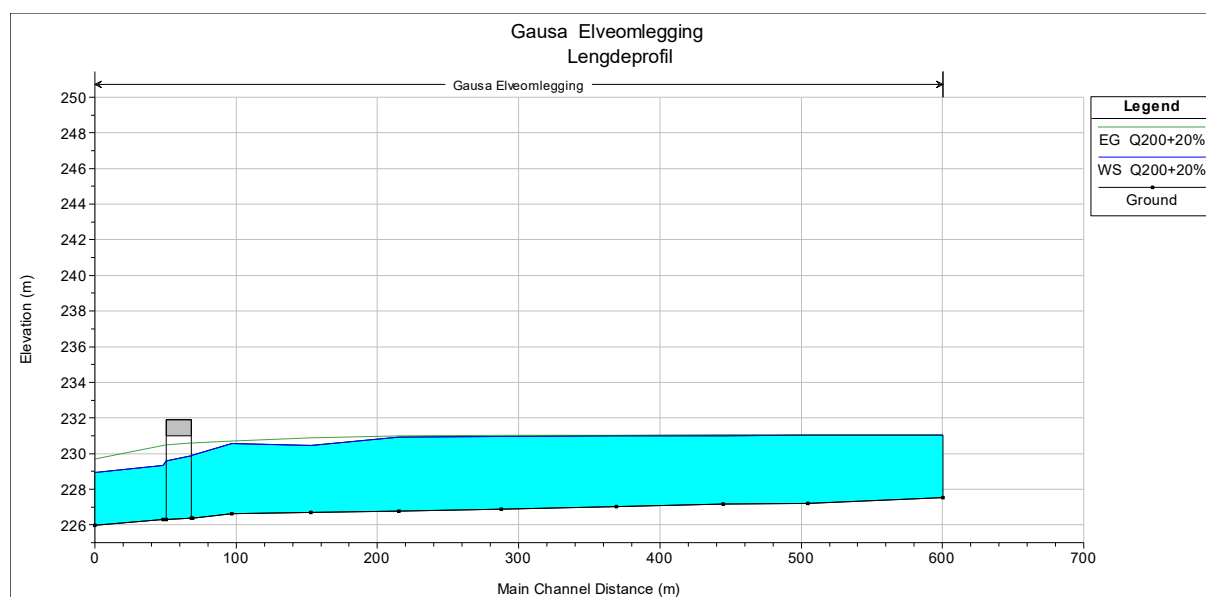
Figur 4.4: Lengdeprofil av elva med beregnet vannlinje og energilinjen for 200-års flom med 20 % klimatillegg i aktuelle strekningen

4.2.2 Ny kanal etter omlegging

I tabell 4.5 er resultater fra beregningene for en 200 års flom med 20 % økning gitt der det refereres til nummereringen av tverrprofilene på figur 4.5 for den nye kanalen. Vedlegg 6.4 viser et lengdeprofil av beregnede vannstander for 200-årsflom med 20% klimatilegg.

Tabell 4.5: Beregnet vannlinje, energilinje og vannhastighet for en 200 årsflom med 20 % økning

| Profil [nr] | Elvebun n [m.o.h] | Vannstand [m.o.h] | EG Høyde [m.o.h] | Hastighets Høyden [m] | Hastighet [m/s] |
|-------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------------|-----------------|
| 1 | 227,53 | 231,02 | 231,03 | 0,01 | 0,41 |
| 2 | 227,21 | 231,02 | 231,02 | 0,00 | 0,37 |
| 3 | 227,15 | 231,01 | 231,02 | 0,01 | 0,31 |
| 4 | 227,01 | 230,99 | 231,01 | 0,02 | 0,40 |
| 5 | 226,89 | 230,96 | 230,99 | 0,03 | 0,62 |
| 6 | 226,78 | 230,92 | 230,96 | 0,04 | 0,85 |
| 7 | 226,69 | 230,45 | 230,86 | 0,41 | 3,22 |
| 8 | 226,64 | 230,55 | 230,68 | 0,13 | 1,83 |
| 9 | 226,37 | 229,90 | 230,58 | 0,68 | 3,42 |
| Bru | 226,37 | 229,89 | 230,58 | 0,68 | 3,84 |
| 10 | 225,99 | 229,32 | 230,41 | 1,09 | 4,84 |
| 11 | 225,99 | 228,95 | 229,65 | 0,70 | 3,86 |



Figur 4.5: Lengdeprofil av elva med beregnet vannlinje og energilinjen for 200-års flom med 20 % klimatilegg i den nye kanalen

4.2.3 Sikker nivå for sideareal

Vannivå i tabell 4.4 og 4.5 er resultatet av den hydrauliske beregning. Denne beregningen er basert på en rekke usikkerheter knyttet til elvegeometri, ruhetsforhold og beregningsmetoder for flomvannføring og hydraulisk beregning. Disse forhold gir en usikkerhet i beregningsresultatet som kompenseres ved å legge til 0,5 m til alle beregnede vannstander. Dette gir mest sannsynlig nivå for vannlinjen som må legges til grunn for videre bruk.

Som sikker høyde for arealbruk som ikke tåler vann er det vanlig å ha en sikkerhetsmargin på 0,5 m. Dette gjelder for trafikkarealer og annen infrastruktur. For bygninger må det gjøres en

nærmere bygningsteknisk vurdering av sikkert nivå for golv, fundamenter og drenering som sikrer disse mot vannskader.

Etterfølgende tabellene (tabell 4.6 og 4.7) viser flomsikkert nivå for 200-årsflom med 20 % klimatillegg i henhold til sikkerhetsklasse F2 i TEK10. Eventuelle sidearealer som ligger lavere enn dette nivået må beskyttes mot flom med en forhøyning (flomvoll) mot vannløpet. Ved en eventuell overtopping av flomvollen kan det oppstå en situasjon med plutselig oppfylling av sidearealer med flomvann med tilhørende store vannhastigheter. For å sikre mot dette må flomvollens høyde ligge minst 0,5 m over beregnet vannlinje for sidearealer.

Tabell 4.6: Forslag til flomsikkert nivå for 200-års flom + 20% økning for sidearealer i eksisterende elva strekningen (kote NN1954).

| Profil [nr] | Beregnet vannstand [m.o.h] | Flomsikkert nivå [m.o.h] |
|-------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | 231,05 | 231,6 |
| 2 | 231,05 | 231,6 |
| 3 | 231,04 | 231,5 |
| 4 | 231,03 | 231,5 |
| 5 | 231,01 | 231,5 |
| 6 | 231,00 | 231,5 |
| 7 | 230,97 | 231,5 |
| 8 | 230,54 | 231,0 |
| 9 | 230,65 | 231,2 |
| 10 | 229,97 | 230,5 |
| Bru | 229,97 | 230,7 |
| 11 | 229,35 | 230,3 |
| 12 | 229,02 | 229,6 |

Tabell 4.7: Forslag til flomsikkert nivå for 200-års flom + 20% økning for den nye kanalen (kote NN1954).

| Profil [nr] | Beregnet vannstand [m.o.h] | Flomsikkert nivå [m.o.h] |
|-------------|----------------------------|--------------------------|
| 1 | 231,02 | 231,5 |
| 2 | 231,02 | 231,5 |
| 3 | 231,01 | 231,5 |
| 4 | 230,99 | 231,5 |
| 5 | 230,96 | 231,5 |
| 6 | 230,92 | 231,4 |
| 7 | 230,45 | 231,0 |
| 8 | 230,55 | 231,1 |
| 9 | 229,90 | 230,4 |
| Bru | 229,89 | 230,4 |
| 10 | 229,32 | 230,2 |
| 11 | 228,95 | 229,5 |

4.3 Vurdering av fare for erosjon

Resultatene fra HEC-RAS-modellen er brukt til å beregne nødvendige steinstørrelser for erosjonssikring. NVEs Veileder for dimensjonering av erosjonssikring av stein (NVE veileder nr 4/2009) er benyttet til å beregne nødvendig steinstørrelse og tykkelse for erosjonssikringen

i nye kanalen. Maynords formel for beregning av steinstørrelser er brukt. Det er benyttet en sikkerhetsfaktor på 1,2 i beregningene. Tabell 4.8 under viser steinstørrelser (D_{30} , D_{50} og D_{85}) og tykkelse av erosjonssikringslaget for nye strekningen av elva. Det brukes velgraderte masser til erosjonssikringen, da vil massen inneholde finstoff som fyller opp hulrom mellom de større steinene.

Tebell 4.8: Beregning av erosjonssikring med stein

| Fra profil | Til profil | Dimensjonerende Steinstørrelse [m] | | | | | Tykkelse [m] |
|------------|------------|------------------------------------|----------|----------|----------|------------|--------------|
| | | D_{30} | D_{50} | D_{15} | D_{85} | D_{maks} | |
| 2 | 7 | 0,10 | 0,15 | 0,13 | 0,25 | 0,30 | 0,30 |

I bunnene av nye strekningen av elva legges et 20 - 40 cm lag med elvegrus for å gi elva en naturlig preg og fremme etablering av bunndyrsfauna som er vesentlig for vannkvaliteten.

4.4 FLOMSONEKART

Fomsonekart er generert ved bruk av GIS-programmet Arc/Info. Metoden for å finne flomarealer er å beregne skjæring mellom en vannflate generert fra aktuell flomhøyde med terrengmodellen. Ved denne analysen markeres alle terrengområder som ligger lavere enn aktuell flomhøyde.

Det er utarbeidet flomsoneer for flommer med gjentakintervall 200 år med 20% klimatlegg. Flateutbredelsen av flom situasjon er vist i vedlegg 6.1 og 6.2 for dagens geometri og anbefalte kanal geometri henholdsvis. Som vist i oversiktskart for oversvømte areal er flomsikkerheten for dårlig på sideareal og vannstanden med dagens geometri og anbefalte kanal geometri er ventet å stige høyere enn breddekantene ved en 200-årsflom + 20% økning.

4.5 Usikkerhet

Kvaliteten på vannlinjeberegningene er avhengig av en godt kalibrert vannlinjeberegnings modell. 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. I dette tilfellet er modellen ikke kalibrert ut fra observerte vannstander da det ikke er registrert vannstander i forbindelse med flomvannføringer.

4.6 Flomsikring langs Gausaelva ved Q-meieriet

Resultatene fra beregningene viser at Gausaelva på den aktuelle strekningen og den nye kanalen ikke har tilstrekkelig kapasitet for en 200 års flom med 20% klimatlegg. Vannlinjeberegningen viser at det aktuelle området, slik det fremstår i dag, ikke har tilstrekkelig flomsikkerhet i henhold til krav i TEK10 (sikkerhetsklasse F2). Videre vises til oversiktskart over elva for den aktuelle strekningen og den nye kanalen med simulerte oversvømte areal for 200-års flom + 20% økning i Vedlegg 6.1 og 6.2.

Etter omlegging av elva, dersom en planlegger å bygge i eller ved flomområder, skal en gå inn i tabell 4.7 for å finne flomhøyde. Videre skal det legges på sikkerhetsmargin som anbefalt, fordi tiltaket skal ha en sikkerhet mot dimensjonerende flomhøyde. I mange tilfeller kan oppfylling av flomareal være aktuelt fordi arealet ikke er en vesentlig del av effektivt strømningsareal til elva.

Flomsituasjonen før og etter elveomlegging er fortsatt den samme etter som tiltaket kun har til hensikt å flytte elveløpet for å innvinne mer areal på tomten for Q-meieriet. Det er ikke ment som et tiltak mot flom. Den lokale flomsituasjonen (Gjelder også tomten til Q-meieriet) etter

omlegging er hverken bedre eller verre enn før omleggingen. Flommen i området har sin årsak i forholdene i elveløpet over en lengere strekning enn bare den omlagte strekningen. Tverrsnittet umiddelbart nedstrøms Q-meieriet har størst betydning. Flomsituasjonen kan ikke påvirkes noe særlig gjennom en utvidelse av tverrsnittet for den ombygde delen. Det vises til vedlegg 6.1.

Aktuelle tiltak for å redusere flomproblemene ved Q-meieriet kan være senking eller utvidelse av tverrsnittet forbi meieriet og et godt stykke nedover inkl. bygging av ny bru med større spennvidde. Dette tiltaket ansees som lite realistisk.

En annen mulighet er bygging av flomvoll mot meieriet. Nødvendig lengde vil bli på ca. 350m, (se på vedlegg 6.5) høyde på ca.1.8 - 3.2 m mellom profiler 3 og 8 (se vedlegg 6.6) og skråningshelninger på 1:3 mot elveløpet. Ved valg av fyllingsmateriale til flomvollen og beregningene av stabiliteten må det tas hensyn til disse forutsetningene.

Et hovedprinsipp for anlegg av flomvoller er at vollen skal trekkes lengst mulig bort fra hovedvannløpet for å gi plass for utvikling av sidekanter med variasjon og vegetasjon som er viktig for et velfungerende økosystem i og ved elva. Som påpekt foran har ikke tiltak mot flom ved Q-meieriet vært en sentral problemstilling for dette oppdraget. Her er det kun pekt på aktuelle tiltak.

Utgangspunktet for valg av tverrsnitt for omlegging av elveløpet er at:

- Det skal være optimalt i forhold til framtidig flom langs vassdraget.
- Det skal ikke påvirke erosjons- eller sedimentasjonsforholdene i vassdraget på en uheldig måte.
- Det skal legges til rette for utvikling av hydrologisk og biologisk mangfold i minst like stor grad som i det opprinnelige elveløpet.
- God landskapsestetisk og praktisk utforming.

5 REFERANSER

Chow, V.T., 1988: Open-Channel Hydraulics, Caldwell, New Jersey: The Blackburn Press.

HEC-USACE , 2002: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

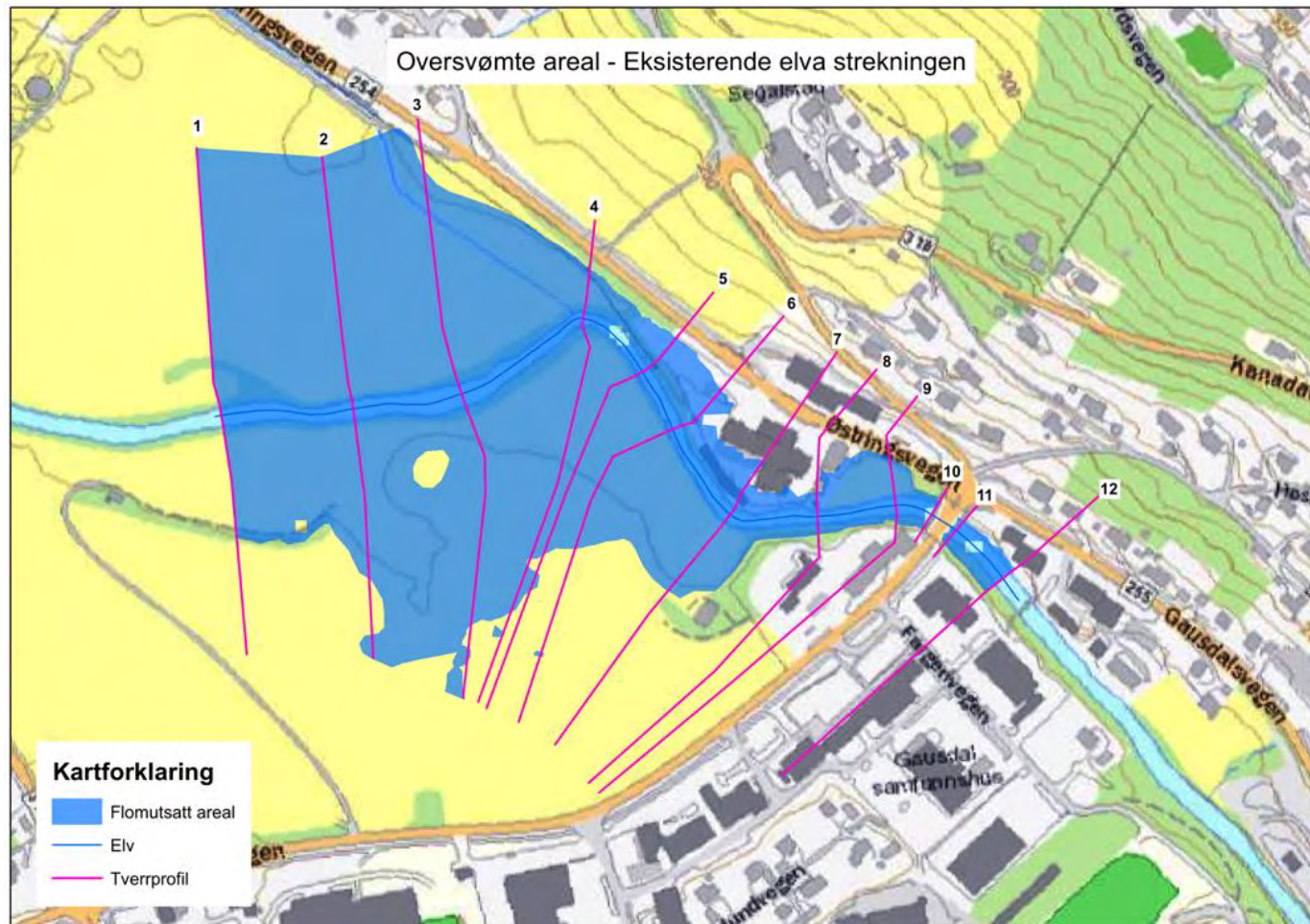
NVE , 2009: Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein. Veileder nr 4.

NVE , 2011: Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

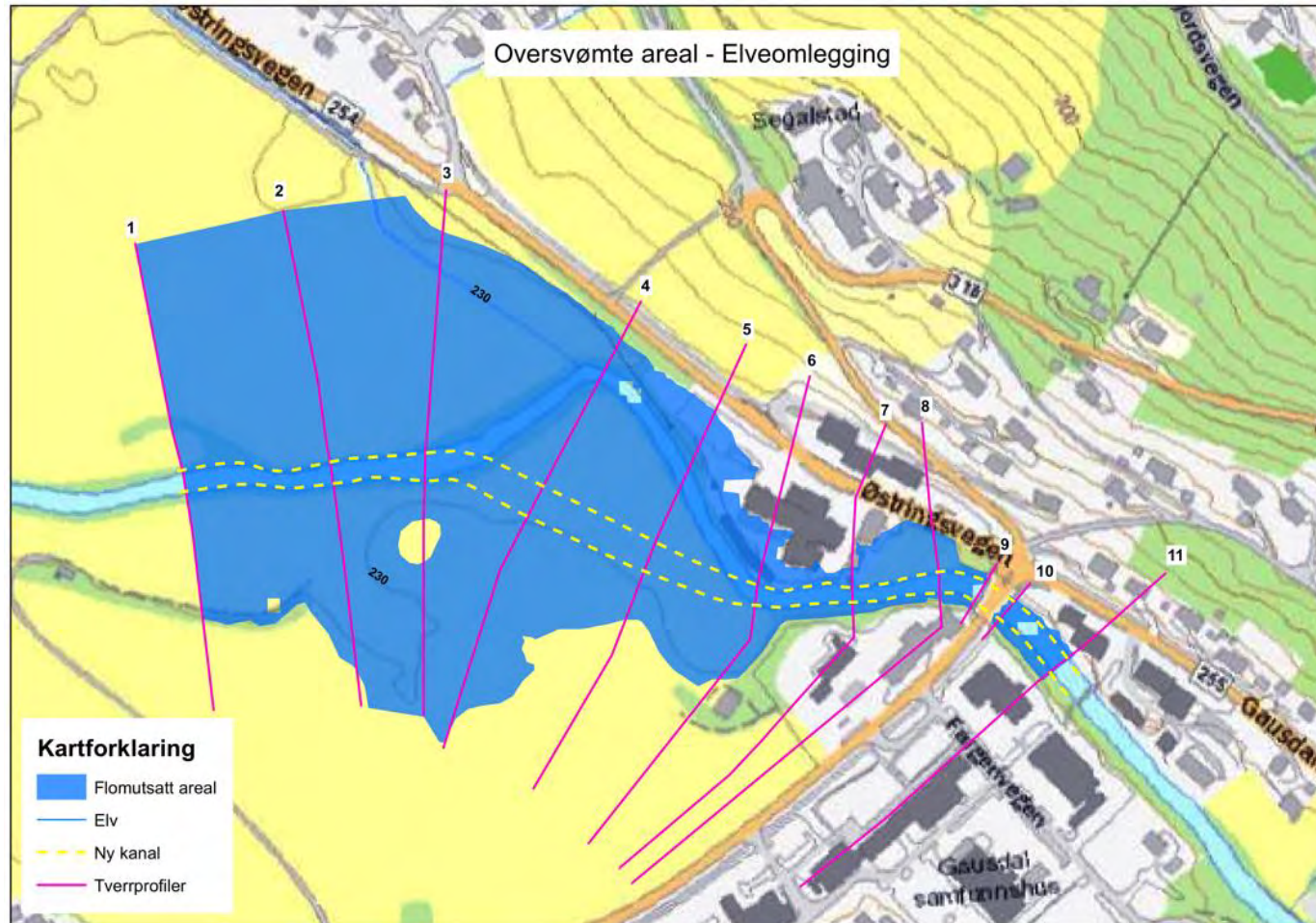
NVEs lavvannskart. www.nve.no

6 VEDLEGG

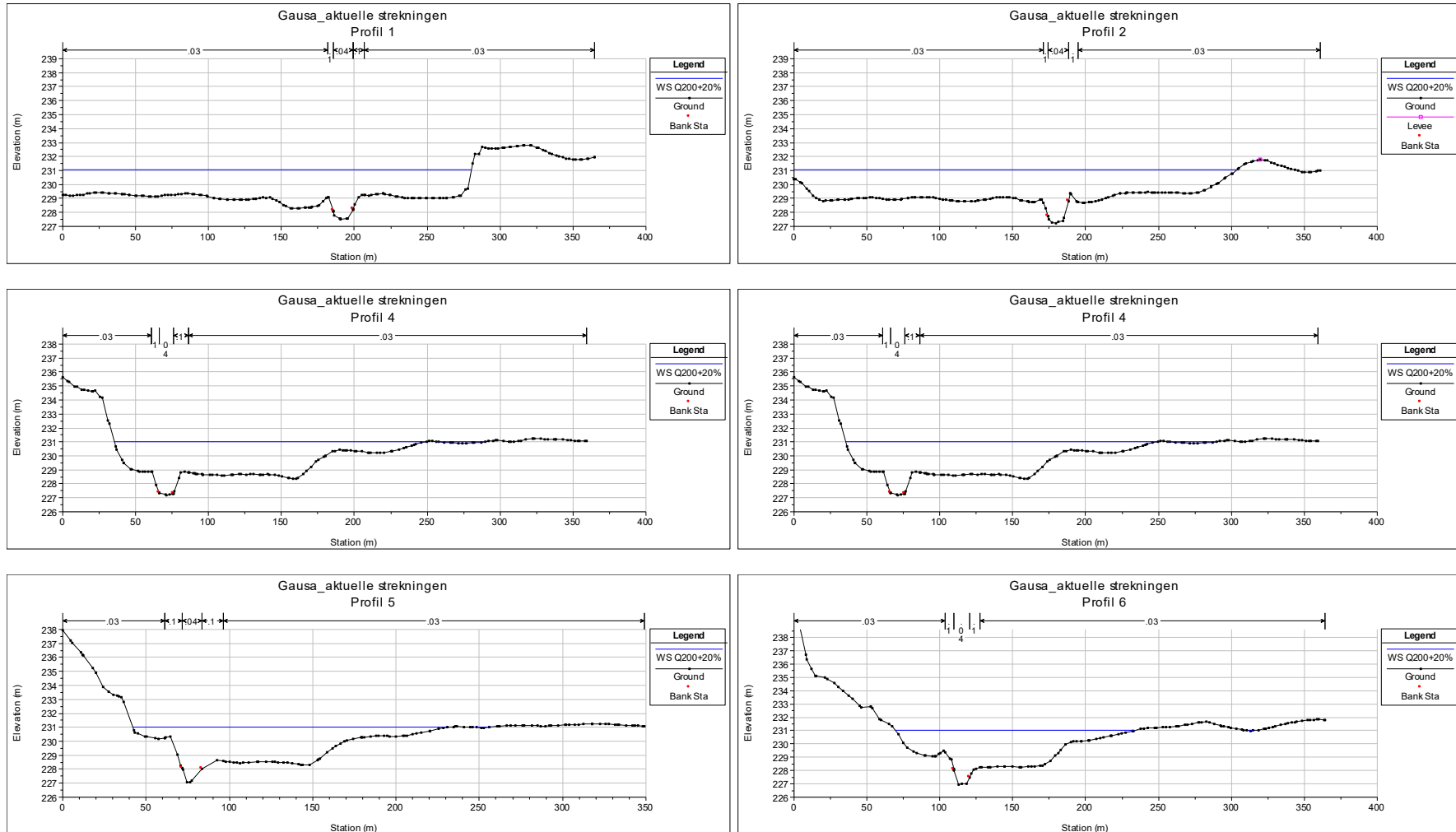
Vedlegg 6.1 Oversikt over oversvømmelser i aktuelle elva strekningen ved 200-års flom + 20% økning

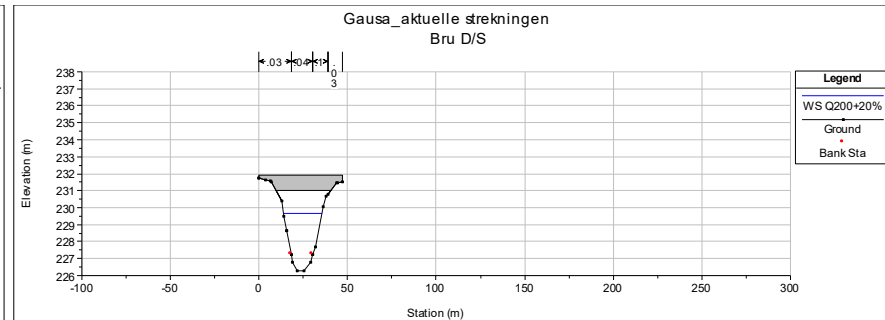
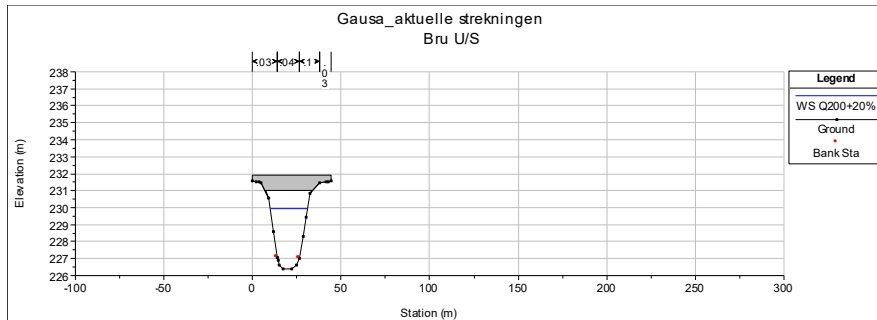
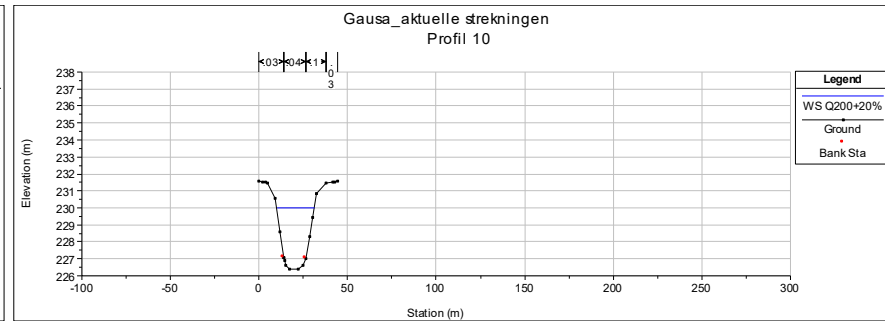
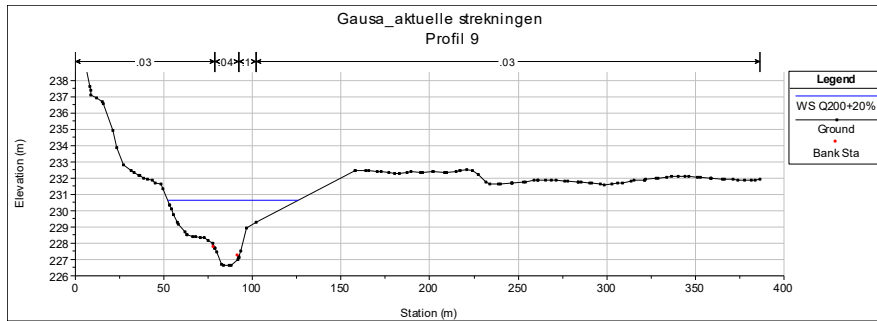
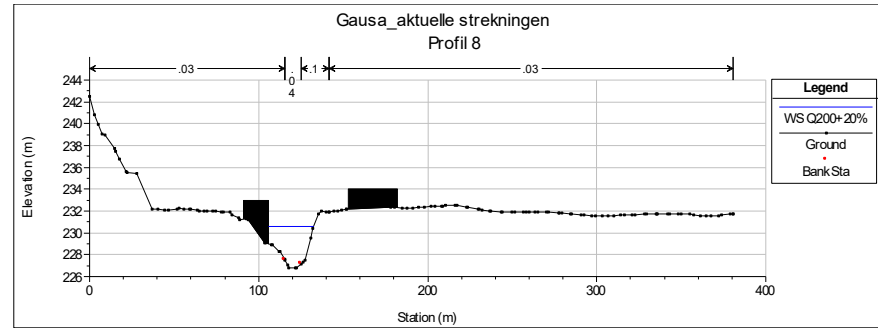
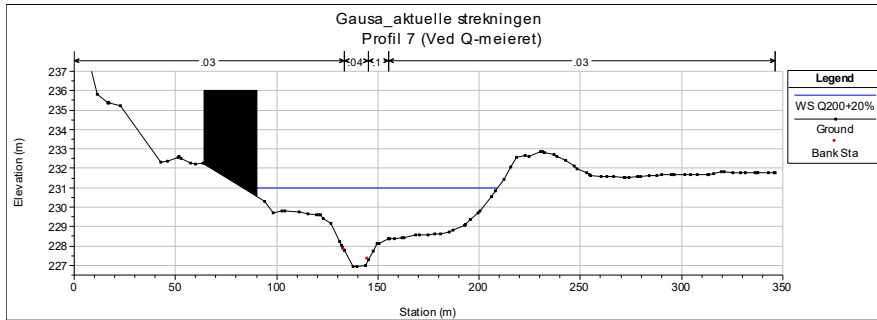


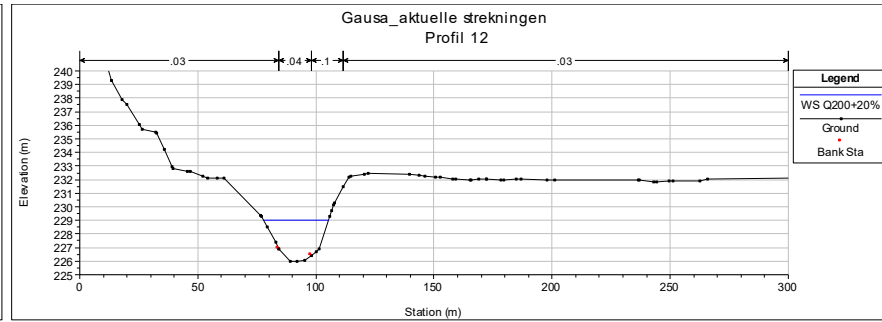
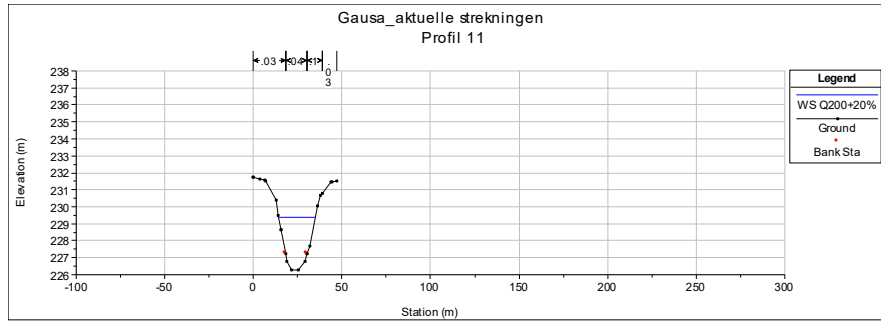
Vedlegg 6.2 Oversikt over oversvømmelser i elva etter omlegging ved 200-års flom + 20% økning



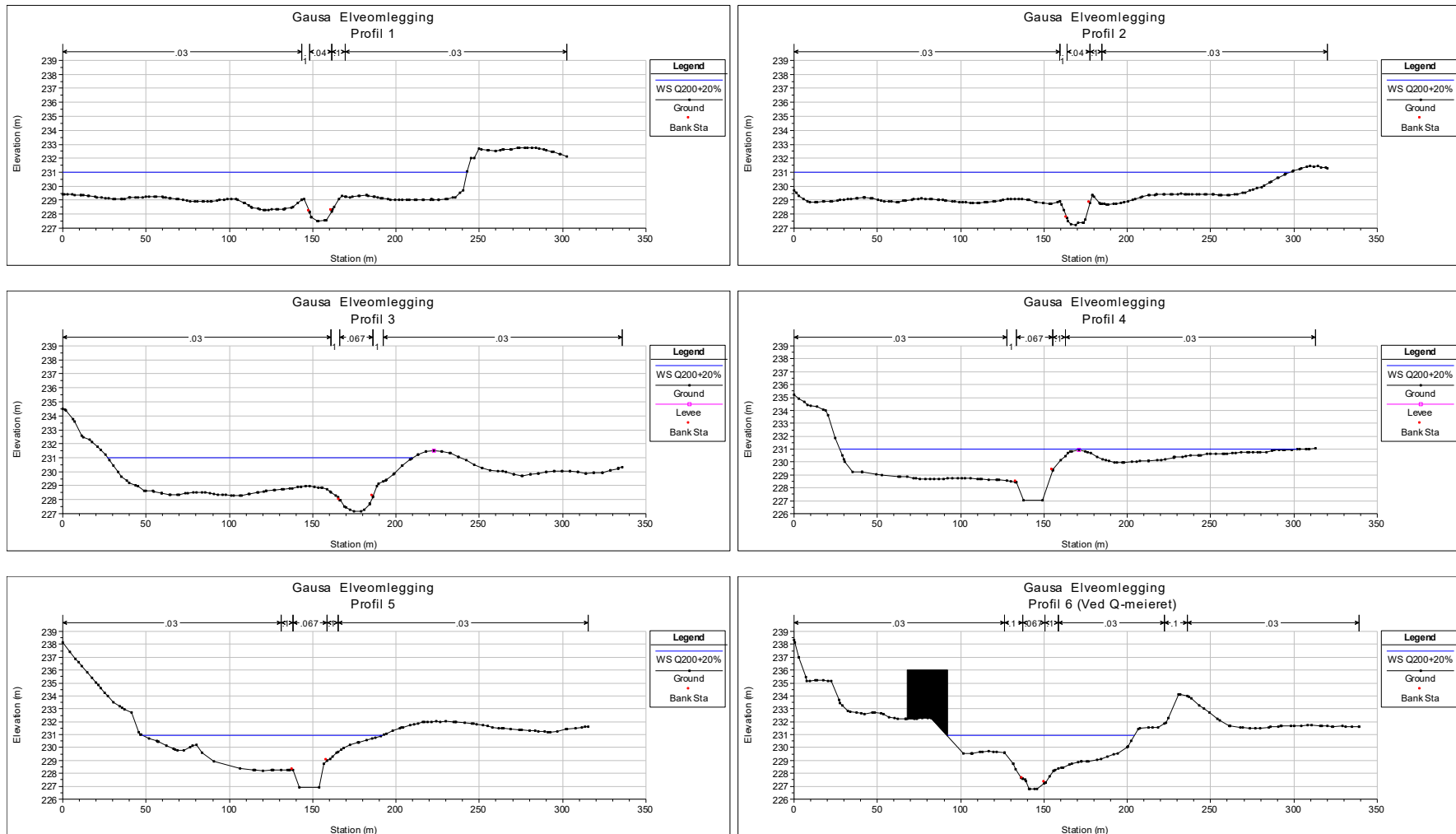
Vedlegg 6.3 Tverprofil i aktuelle elva strekningen med beregnet vannlinje for 200-års flom med 20% klimatlegg

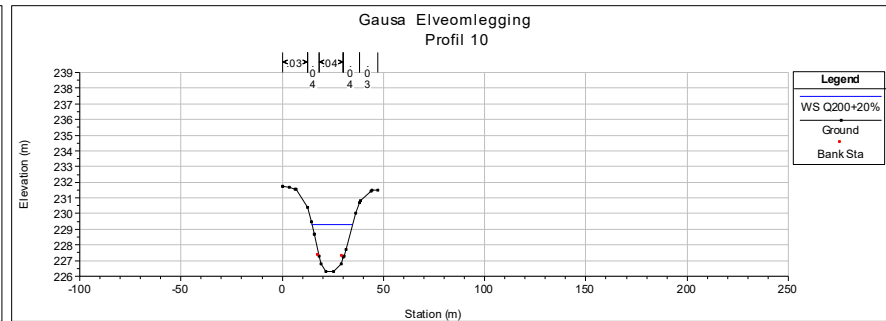
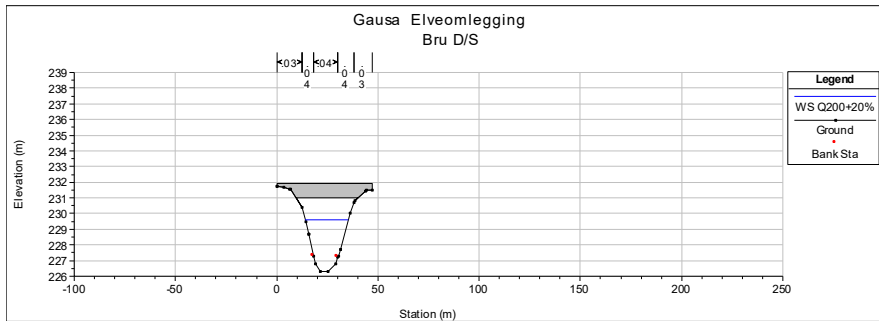
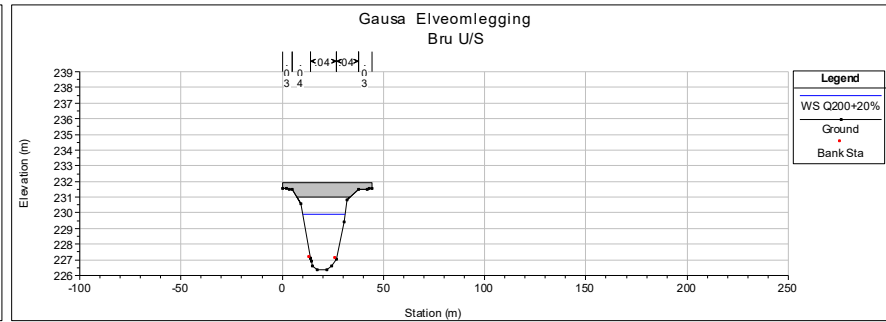
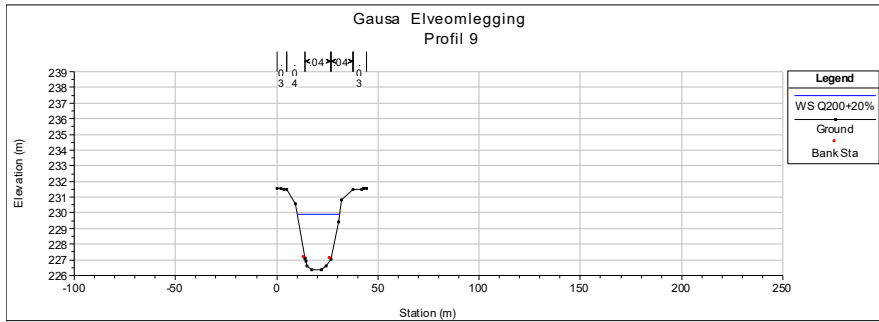
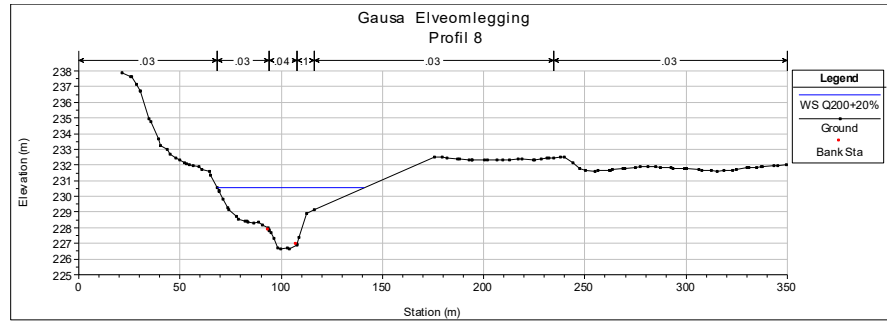
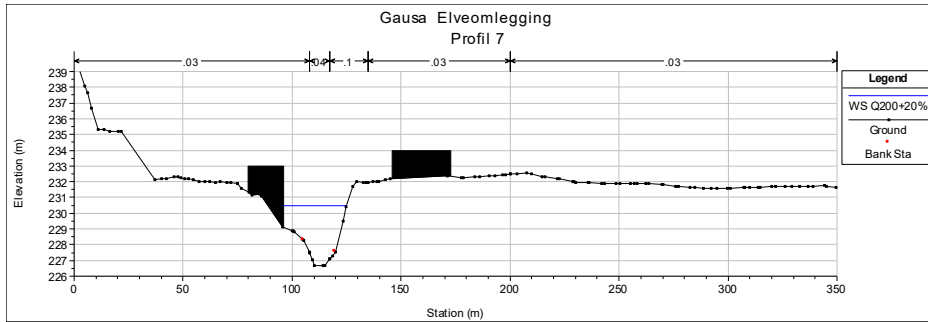


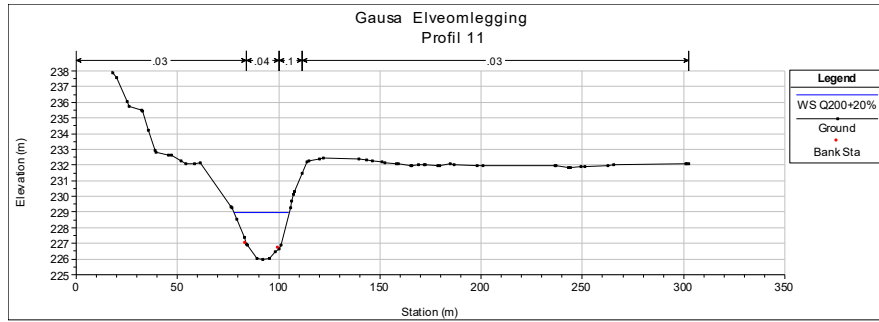




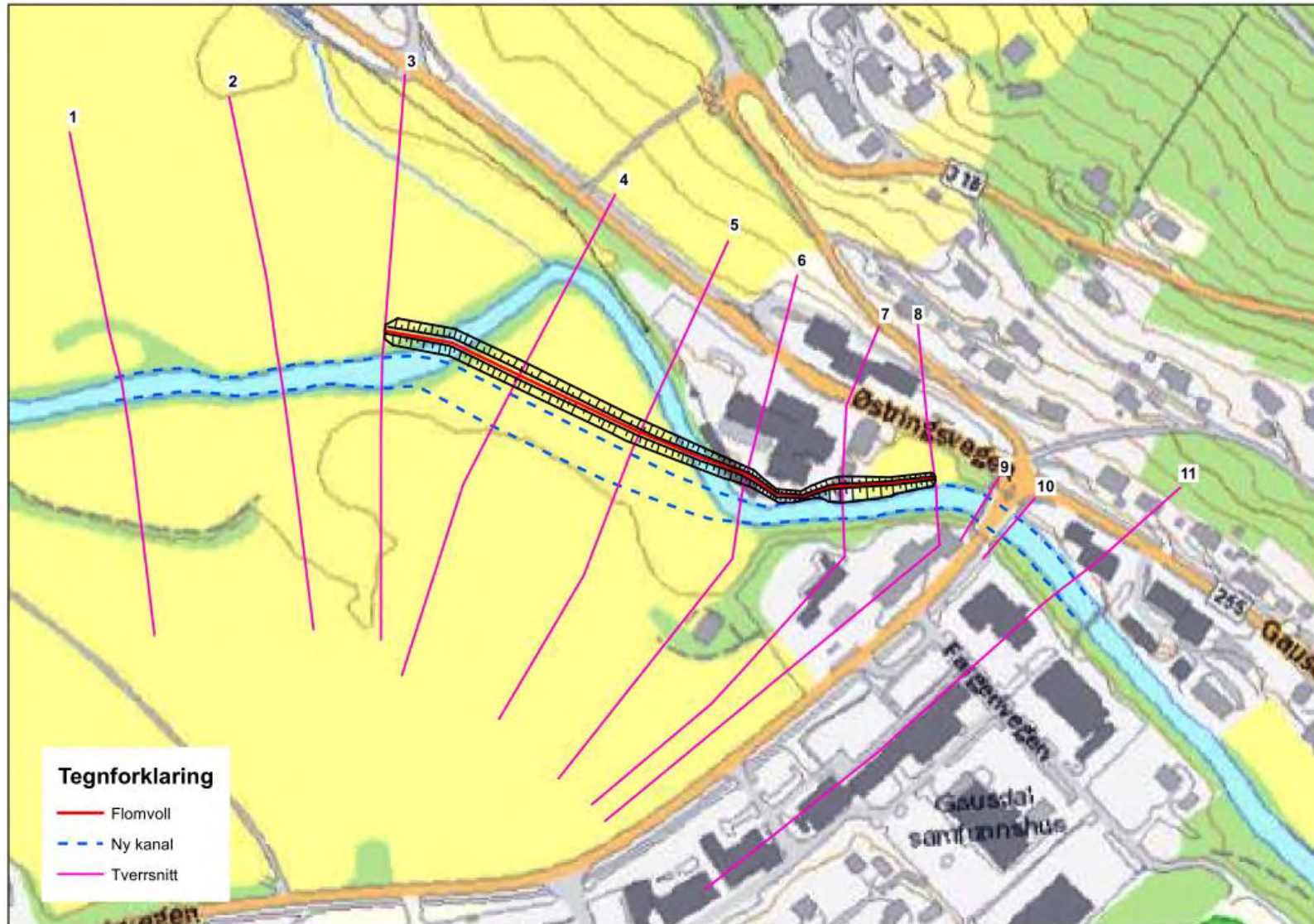
Vedlegg 6.4 Tverprofil i elva etter omlegging med beregnet vannlinje for 200-års flom med 20% klimatlegg







Vedlegg 6.5 Flomvollen i elva etter omlegging



Vedlegg 6.5 Tverrsnitt Flomvoll (kote NN1954)

