

Beregnet til
Vennesla kommune

Dokument type
Rapport

Dato
Desember, 2019

FLOMFAREVURDERING HOMSÅNA/ UTSOGNBEKKEN HOMSTEAN I ØVREBØ



FLOMFAREVURDERING HOMSÅNA/ UTSOGBEKKEN HOMSTEAN I ØVREBØ

Oppdragsnavn **Flomvurdering i del av Homsåna/Utsognbekken ved Homstean i Øvrebø**
Prosjekt nr. **1350036374**
Mottaker **Vennesla kommune**
Dokument type **K-rap-001**
Versjon **2**
Dato **07.02.2020**
Utført av **Lars Skeie**
Kontrollert av **Bjørnar Nordeidet**
Godkjent av **Lorentz Reinertsen**
Beskrivelse **Flomfarevurdering av Homsåna/Utsognbekken og mulige avbøtende tiltak ved Homstean i Øvrebø**

Rambøll
Kobbegate 2
PB 9420 Torgarden
N-7493 Trondheim

T +47 73 84 10 00
<https://no.ramboll.com>

Revisjon	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Forklaring
1	20.12.2019	LASK	BNOR	LREI	Endelig rapport
2	07.02.2020	LASK	BNOR	LREI	Revidering av rapport etter kommentarer fra kommunen

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning	6
2.	Planområdet og flomfare	7
2.1	Bru til Setesdalsvegen 781-787	9
2.2	Bru Setesdalsvegen	10
2.3	Bru Stallemovegen	12
2.4	Bru Hunemyrvegen	12
2.5	Stem	14
3.	Mål, krav og metoder	18
3.1	Målsetning	18
3.2	Krav	18
3.2.1	Dimensjonerende gjentakintervall for flom	18
3.2.2	Klimafaktor	19
3.2.3	Usikkerhetspåslag ved hydrologiske beregninger	20
3.2.4	Dimensjonerende flom	21
3.3	Metoder	21
3.3.1	SCALGO LIVE	21
3.3.2	Flomberegninger	21
3.3.3	Hydrauliske beregninger	23
3.3.4	Flomsonekart	23
4.	Flomberegning	24
4.1	Nedbørfelt	24
4.2	Observasjoner i vassdrag/flomfrekvensanalyse	27
4.3	Formelverk for små nedbørfelt	29
4.4	Rasjonale formel	30
4.5	PQRUT	30
4.6	Oppsummering og valg av dimensjonerende 100-årsflom for Trettelva	33
5.	Hydrauliske beregninger	35
5.1	Topografiske data	35
5.2	Modelloppbygging	37
5.3	Start- og grensebetingelser	39
5.4	Kalibreringsdata	39
5.5	Sensivitetsanalyse	39
6.	Dagens situasjon	41
6.1	Vann- og energilinje	41
6.2	Flomsonekart	43
7.	Avbøtende tiltak	45
7.1	Senkning av stem	45
7.1.1	Kort beskrivelse av tiltak	45
7.1.2	Resultater	46

7.2	Flomvoll mot bebyggelse i øst mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen	49
7.2.1	Kort beskrivelse av tiltak	49
7.2.2	Resultater	49
7.3	Øke lysåpning under Hunemyrvegen	50
7.3.1	Kort beskrivelse av tiltak	50
7.3.2	Resultater	51
7.4	Utvide elveløpet sør for Hunemyrvegen	53
7.4.1	Kort beskrivelse av tiltak	54
7.4.2	Resultater	54
7.5	Flomvoller mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen	57
7.5.1	Kort beskrivelse av tiltaket	57
7.5.2	Resultater	57
7.6	Kombinasjon - øke lysåpning under Hunemyrvegen og utvide elveløpet	60
7.6.1	Kort beskrivelse av tiltaket	60
7.6.2	Resultater	60
8.	Usikkerhet	63
9.	Oppsummering og anbefalinger	64
10.	Referanser og kilder	66
11.	Vedlegg	67

VEDLEGG

VEDLEGG 1

NEVINA-RAPPORT

Vedlegg 2

Flomsonekart H100-H105

FIGURLISTE

Figur 1. Oversiktskart over planområdet.	7
Figur 2. Aktsomhetskart flom fra NVE for planområdet.	8
Figur 3. Bru til Setesdalsvegen 781-787. Sett fra nedstrøms side.	9
Figur 4. Bru Setesdalsvegen til 781-787. Sett fra oppstrøms side.	9
Figur 5. Bru Setesdalsvegen sett fra oppstrøms side.	10
Figur 6. Gjennomløp av bru Setesdalsvegen. Sett fra oppstrøms side.	10
Figur 7. Bru Setesdalsvegen sett fra nedstrøms side.	11
Figur 8. Utløp av sidebekk i Homsåna. Utløp fra bru Setesdalsvegen.	11
Figur 9. Bru ved Stallemovegen tatt fra oppstrøms side.	12
Figur 10. Oppstrøms bru ved Hunemyrvegen (satt sammen av ulike bilder). Det er lagt en Ø1000 betongrør på venstre side i nyere tid i forsøk på å redusere oppstuvning foran bru/øke avledningskapasiteten.	12
Figur 11. Bru ved Hunemyrvegen sett fra nedstrøm side. Mye kantvegetasjon gjør det vanskelig å få god oversikt.	13
Figur 12. Elveleiet nedstrøms bru ved Hunemyrvegen. Mye kantvegetasjon langs elven.	13
Figur 13. Bekkeløp oppstrøms stem.	14
Figur 14. Bekkeløp og stem sett fra oppstrøms side.	15
Figur 15. Stem sett fra oppstrøms side.	15
Figur 16. Stemmen sett fra nedstrøms side.	16
Figur 17. Sideløp til stemmen, hvor vann renner ved lav vannføring.	16
Figur 18. Oversiktsbilde av stemmen sett fra nedstrøms side. Sideløp til venstre og stem til høyre.	17
Figur 19. Stemmen sett fra nedstrøms side. Det var synlig store lekkasjer.	17
Figur 20. Staten vegvesens krav til sikkerhetsklasser/gjentaksintervall for flom (SVV, 2018a).	18
Figur 21. Tabell som viser klimafaktor for ulike geografiske områder. Hentet fra NIFS-rapport 134 (NVE, JBV & SVV, 2015).	19
Figur 22. Tabell som viser klimapåslag for ulike varigheter, gjentaksintervall og våte/tørre områder (Norsk klimaservicesenter, 2019).	20
Figur 23. Tabell som viser anbefalte klimafaktorer for små og store nedbørfelt for hvert fylke (SVV, 2018a).	20
Figur 24. Påslagsfaktor for usikkerheter i hydrologiske beregninger (SVV, 2018a).	21
Figur 25: Formler hentet fra Statens vegvesens rapport 681 (SVV, 2018b).	22
Figur 26. K-verdier basert på ulike overflatetyper (SVV, 2018b).	22
Figur 27. Nedbørfelt (rød strek) for Homsåna ved stem. NVEs elvenett og innsjødatabase er vist i mørkeblått og lyseblått.	25
Figur 28. Arealtyper (AR50 fra NIBIO) i nedslagsfeltet til Homsåna. Forklaring til de ulike typene er vist i tekstboks i figuren. Rød strek viser nedslagsfelt.	26
Figur 29. Infiltrasjonskart fra NGU viser at nedbørfeltet har både egnede og ikke-egnete masser for infiltrasjon.	27
Figur 30. Oversiktsbilde av nærliggende målestasjoner for flomfrekvensanalyse.	28
Figur 31. Beregning av flom med ulike gjentaksintervall basert på formel for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).	30

Figur 32. Nedbørforløp og beregnet kulminert 200-årsflom i PQRUT.	31
Figur 33. Nedbørserie ved tidspunkt (08.05.2017) scanning for prosjekt Manda-Marnadal-Vennesla ble utført.	35
Figur 34: Innmålinger som ble gjort av vassdraget som er benyttet i oppbygging av den hydrauliske modellen.	36
Figur 35: Utstrekning av den hydrauliske modellen vist med blå linje for senter bekk og svarte linjer for tverrprofiler. I tillegg er tverrprofiler hvor vannmengden er bestemt.	38
Figur 36. Vann- og energilinje for eksisterende situasjon for hele modellen.	41
Figur 37. Vann- og energilinje for eksisterende situasjon for Homsåna/Utsognbekken fra bru ved Hunemyrvegen til bru til Setesdalsvegen 781-787.	42
Figur 38. Vann- og energilinje for eksisterende situasjon for planområdet og sidebekk fra Stølsvatnet.	42
Figur 39. Beregnede vannstander for ulike gjentakintervall for flom for tverrprofil nr. 1839 (på strekningen mellom bru Hunemyrvegen og Stallemovegen).	43
Figur 40. Utklipp av flomsonekart for planområdet for eksisterende situasjon. Komplette kart med tegnforklaring er vist i vedlegg.	44
Figur 41. Bilde av stem sett fra nedstrøms side. Rød strek viser omtrentlig hva som ble fjernet i tverrprofilet.	45
Figur 42. Tverrprofil 749 sett fra oppstrøms side. Eksisterende situasjon (svart linje med prikker) og etter tiltak (rosa linje).	46
Figur 43. Vannlinje beregnet etter tiltak senke stem (blå linje med trekanten), sammenlignet mot eksisterende situasjon (blå linje med fyll).	47
Figur 44. Vannlinje beregnet etter tiltak senke stem (blå linje med trekanten) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) for området påvirket.	47
Figur 45. Utklipp av flomsonekart oppstrøms stem etter tiltak hvor stem er senket. Eksisterende flomsone vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.	48
Figur 46. Heving og tetting av eksisterende flomvoll mot bebyggelse i øst.	49
Figur 47. Vannlinje beregnet etter tiltak flomvoll langs bebyggelse i øst (blå linje med trekanten) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) for området mellom bru Stallemovegen og bru til Setesdalsvegen 781-787.	50
Figur 48. Bru ved Hunemyrvegen for tiltak ble tatt bort i modellen, her vist for eksisterende situasjon.	51
Figur 49. Vannlinje etter tiltak med øke lysåpning ved Hunemyrvegen (blå linje med trekanten) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.	52
Figur 50. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med økt lysåpning ved bru Hunemyrvegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.	53
Figur 51. Eksempel på redigering av eksisterende terrengmodell (svart strek med firkanter viser tiltak og rosa strek eksisterende modell). Her vist for et utklipp av tverrprofil 1742.	54
Figur 52. Vannlinje beregnet etter tiltak hvor elveløpet sør fra Hunemyrvegen er utvidet (blå linje med trekanten) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.	55

Figur 53. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med utvidelse av løp sør for bru ved Hunemyrvegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.	56
Figur 54. Eksempel på editering av eksisterende terrengmodell (svart strek med firkanter viser tiltak og rosa strek eksisterende modell). Her vist for et utklipp av tverrprofil 1814.	57
Figur 55. Vannlinje beregnet etter tiltak med flomvoller mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen (blå linje med trekanter) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet	58
Figur 56. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med flomvoller mellom bru ved Hunemyrvegen og Stallemovegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.	59
Figur 57. Ny bokskulvert 3x2,5 m lagt inn ved siden av eksisterende løp for bru ved Hunemyrvegen.	60
Figur 58. Vannlinje beregnet etter kombinert tiltak utvidelse av elveløp og lysåpning under Hunemyrvegen (blå linje med trekanter) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.	61
Figur 59. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med kombinasjon av økt lysåpning ved bru Hunemyrvegen og utvidet elveløp videre nedstrøms. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.	62

TABELLISTE

Tabell 1. Feltkarakteristikk for Homsåna og nærliggende felt vurdert i flomfrekvensanalysen.	29
Tabell 2. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 200-årsflom for referansestasjonen.	29
Tabell 3. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m^3/s) basert for formel for små nedbørfelt.	30
Tabell 4. Nedbørforløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200-. Maksverdier for flom er markert med fet skrift.	32
Tabell 5. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 200-årsflom ved planområdet.	33
Tabell 6. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentakintervall for Tverreggabekken ved planområdet.	34
Tabell 7. Fordeling av beregnet kulminasjonsvannføringer (m^3/s) for ulike tverrprofiler i den hydrauliske modellen.	39
Tabell 8. Beregning av midlere differanse i vannstand for sensitivitetsvurdering av parameteren Mannings ruhetskoeffisient og vannføring.	40

1. INNLEDNING

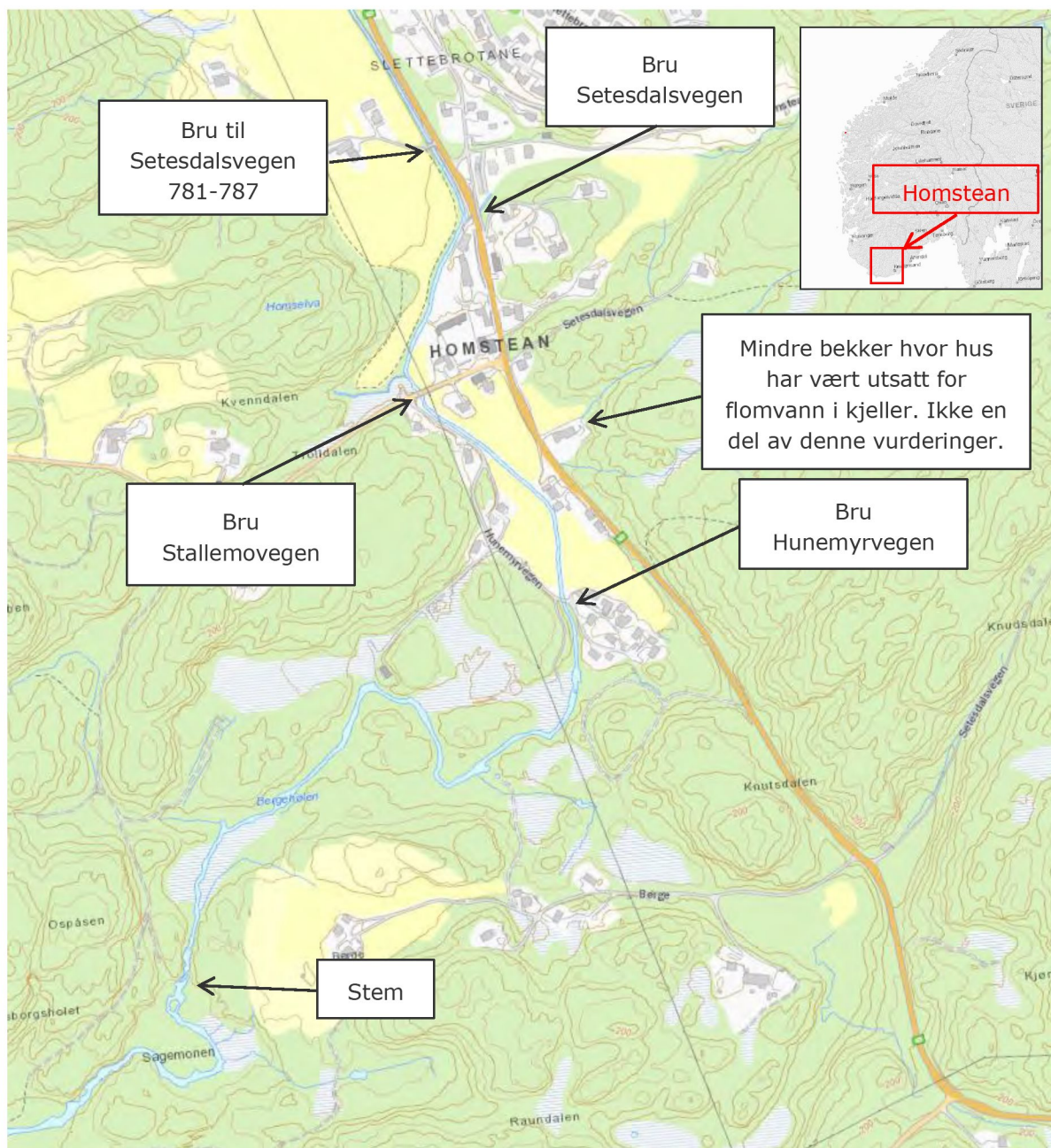
I Homstean, Vennesla kommune, har boliger fått skader som følge av store nedbørmengder de siste årene. Skadene har oppstått som følge av flom i elven Homsåna/Utsognbekken som renner igjennom Homstean.

Vennesla kommune har gjort noen vurderinger av hvilke tiltak som kan bedre flomsituasjonen for boligene langs Homsåna i Homstean. Det er blant annet påpekt to veikrysninger, for mye kantvegetasjon langs elva og en stem/dam litt lenger nedstrøms i elven som kan være årsak til flomskadene.

Rambøll er engasjert for å vurdere flomfaren i Homsåna/Utsognbekken ved Homstean og se på effekt av foreslåtte eller andre tiltak for å redusere omfanget av flomskader.

2. PLANOMRÅDET OG FLOMFARE

Plan- og interesseområdet for vurdering av flomfare langs Homsåna/Utsognbekken i Homsteian er vist i Figur 1. Det er valgt å avgrense området noen hundre meter nedstrøms stem i sør og litt oppstrøms bru til boliger/jordbruksareal nord for Homsteian. Homsåna renner igjennom planområdet som består i stor grad av landbruk og skog, i tillegg til noe bebyggelse som er bygd ut på jordene. Fokusområdet er bebyggelsen i Homsteian, hvor det ønskes at flomfaren reduseres.

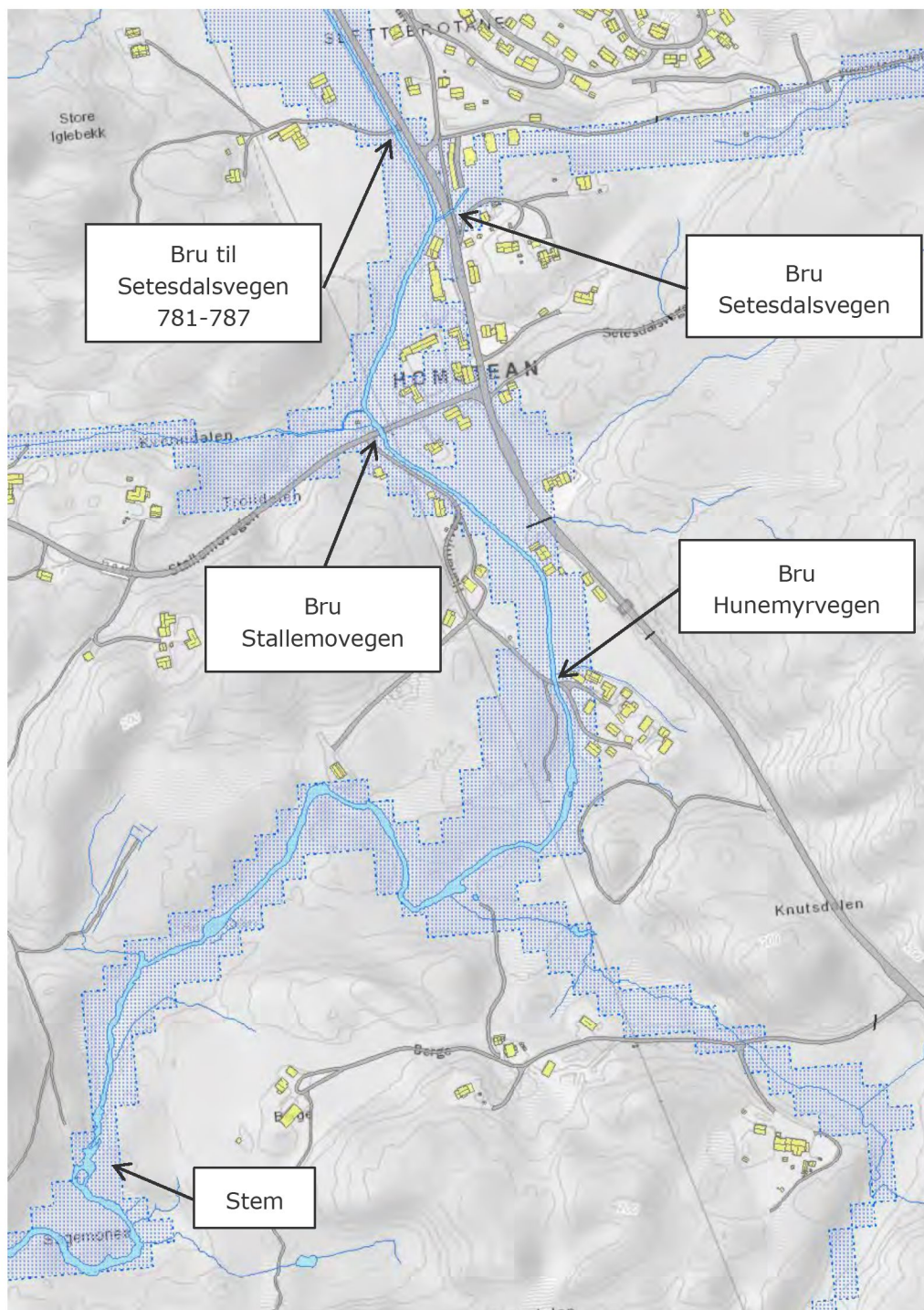


Figur 1. Oversiktskart over planområdet.

Det er en lokal sidebekk i øst hvor stikkrennen under Setesdalsvegen ikke har klart å avlede tilrenningen, og ført til at bygg har fått skade som følge av vann. Bekken er ikke vurdert i denne

rapporten, men det er sett på hvilke områder som vil bli oversvømt ved at stikkrennen er ute av drift og vannet renner på overflate over Setesdalsvegen mot Homsåna/Utsognbekken.

NVEs aktsomhetskart for flom for planområdet er vist i Figur 2 og tilsier at en god del bygg er utsatt for flom. Det vil medføre at en god del av eksisterende bebyggelse vil få krav til å dokumentere flomfare ved endring av bygg/nybygg etter Byggteknisk forskrift (TEK17). Beregning og dokumentering av flomsonekart for planområdet vil øke presisjonsnivået for hvilke bygg og tomter som reelt er utsatt for flom i dag og bør gjøre tiltak ved utbygging.



Figur 2. Aktsomhetskart flom fra NVE for planområdet.

2.1 Bru til Setesdalsvegen 781-787

Bru til Setesdalsvegen 781-787 er utformet hvelvet, hvor bunnbredde er ca. 4,2 m og høyden på midten er 2,6 m. Høyde mellom lysåpning og topp kant på midten er ca. 0,9 m. Bilder av bruene er vist i Figur 3 og Figur 4.



Figur 3. Bru til Setesdalsvegen 781-787. Sett fra nedstrøms side.



Figur 4. Bru Setesdalsvegen til 781-787. Sett fra oppstrøms side.

2.2 Bru Setesdalsvegen

Bru Setesdalsvegen har et løp med lysåpning på ca. bunn- og toppbredde lik 2,2 og 3,5 m. Høyden er 2,3-2,4 m. Overdekningen over gjennomløpet er ca. 0,7 m. Bilder av bruene er vist i Figur 5 til Figur 8.



Figur 5. Bru Setesdalsvegen sett fra oppstrøms side.



Figur 6. Gjennomløp av bru Setesdalsvegen. Sett fra oppstrøms side.



Figur 7. Bru Setesdalsvegen sett fra nedstrøms side.



Figur 8. Utløp av sidebekk i Homsåna. Utløp fra bru Setesdalsvegen.

2.3 Bru Stallemovegen

Bruen ved Stallemovegen er vist i Figur 9, og har en bredde på ca. 6 m og høyde på 3,1-3,2 m. Overdekningen er ca. 0,8 m.



Figur 9. Bru ved Stallemovegen tatt fra oppstrøms side.

2.4 Bru Hunemyrvegen

Bru ved Hunemyrvegen har dimensjonene $B \times H = 4, \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$. Overdekningen er ca. 0,6 m. I tillegg er det et Ø1000 rør som ligger på østsiden av bruene. Bilder av bru og kulvert, samt forhold rundt er vist i Figur 10 til Figur 12.



Figur 10. Oppstrøms bru ved Hunemyrvegen (satt sammen av ulike bilder). Det er lagt en Ø1000 betongrør på venstre side i nyere tid i forsøk på å redusere oppstuvning foran bru/øke avledningskapasiteten.



Figur 11. Bru ved Hunemyrvegen sett fra nedstrøm side. Mye kantvegetasjon gjør det vanskelig å få god oversikt.



Figur 12. Elveleiet nedstrøms bru ved Hunemyrvegen. Mye kantvegetasjon langs elven.

2.5 Stem

Bilder av stem (liten dam) og området rundt er vist i Figur 13 til Figur 19. Oppstrøms stemmen er det en kanal med synlig berg på østsiden. Det ligger flere større steiner/blokker som fører til innsnevringen av elveleiet og høyere vannstand. På vestsiden er det noen meter med vegetasjon før det blir synlig berg.

Selve stemmen er trolig en tørrmur laget av store blokker som er fylt inn mellom berget, som nesten er formet som en kile. Stemmen er på toppen ca. én m lang i strømningsretning og et par m bred. Det er en «kløft», eller nedsenkningen, i stemmen som ligger litt lavere enn stemmen generelt. Den var antageligvis laget til for lavvannføring fra gammelt av. I dag er det en sidekanal på vestsiden, som er gravd/sprenget ut, hvor vannet renner ved lavere vannføringer. Ved flom vil stemmen være det strømningsstyrende elementet, da sidekanalen ikke har så stor kapasitet og hele stemmens bredde vil bli aktivert.



Figur 13. Bekkeløp oppstrøms stem.



«Kløft» i stemmen.

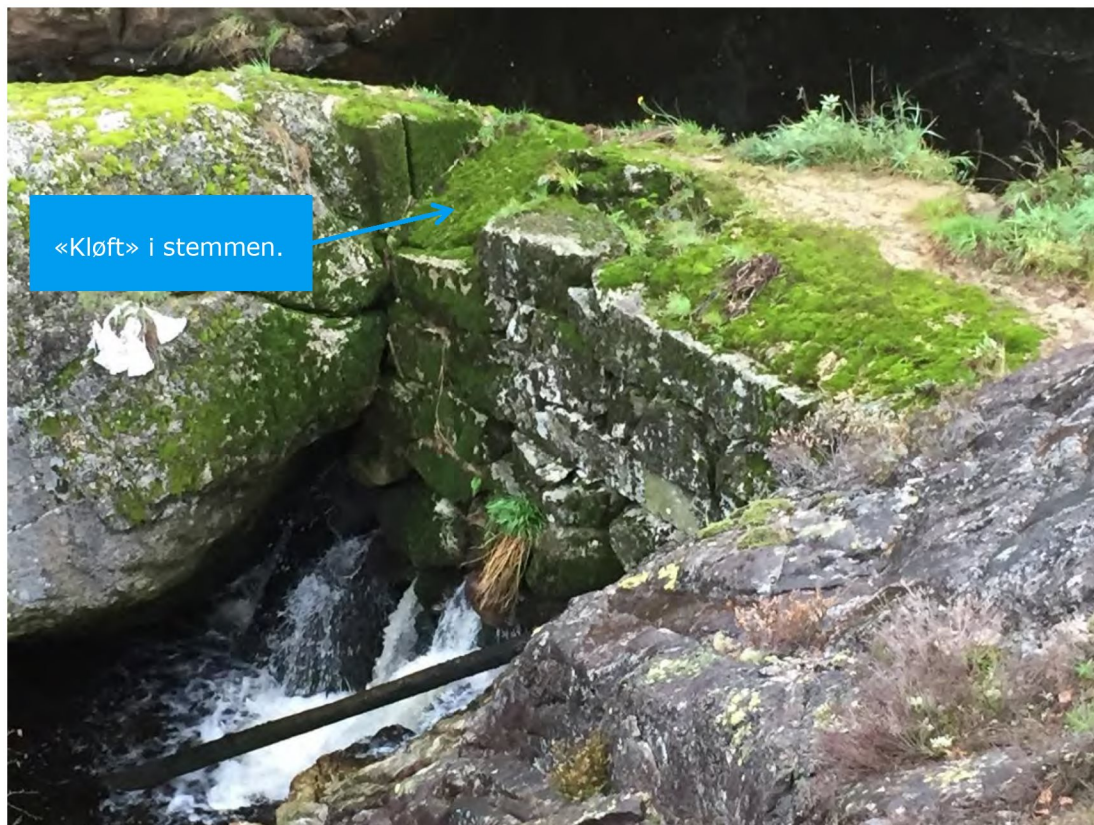
Figur 14. Bekkeløp og stem sett fra oppstrøms side.



Sideløp for lav vannføring.

«Kløft» i stemmen.

Figur 15. Stem sett fra oppstrøms side.



«Kløft» i stemmen.

Figur 16. Stemmen sett fra nedstrøms side.



Figur 17. Sideløp til stemmen, hvor vann renner ved lav vannføring.



Figur 18. Oversiktsbilde av stemmen sett fra nedstrøms side. Sideløp til venstre og stem til høyre.



Figur 19. Stemmen sett fra nedstrøms side. Det var synlig store lekkasjer.

3. MÅL, KRAV OG METODER

3.1 Målsetning

Hovedmålene med denne utredningen er å undersøke flomfare for bebyggelsen langs deler av Homsåna ved Homstean i Øvrebo, samt anbefale tiltak som reduserer flomfaren og sørger for trygg avledning av flom i henhold til gjeldende myndighetskrav og forventede klimaendringer.

3.2 Krav

3.2.1 Dimensjonerende gjentaksintervall for flom

Flomfare for byggverk må følge kravene gitt i Byggteknisk forskrift (TEK 17) vedrørende sikkerhetsklasser. TEK 17 oppgir følgende sikkerhetsklasser for flom:

Sikkerhetsklasse F1 inkluderer bygninger som garasjer og lagerbygg med lite personopphold der oversvømmelse har liten konsekvens. 20-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter bebyggelse med personopphold og gjelder for områder der oversvømmelse får middels konsekvens. 200-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter bygg for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som under flom kan forårsake stor forurensning på omgivelsene. Sikkerhetsklasse F3 gjelder områder der oversvømmelse får store konsekvenser. 1000-årshendelse er dimensjonerende.

Bebyggelsen langs Homsåna består i all hovedsak av boliger, låver og forsamlingslokaler, som tilsvarer sikkerhetsklasse F2. Det vil si at største årlig nominelle sannsynlighet for oversvømmelse settes lik 1/200 (gjentaksintervall på 200 år) for området.

Dimensjoneringskriterium for offentlige veier følger Staten vegvesens krav etter håndbok «N200 Vegbygging», hvor trafikkmengde (ÅDT) og mulighet for omkjøring er styrende for hvilket gjentaksintervall/sikkerhetsklasse for flom som skal legges til grunn for dimensjonering (SVV, 2018a). Stallemovegen er fylkesveg med trafikkmengde på 200 ÅDT, mens Setesdalsvegen er riksveg med 3800 og 4500 ÅDT (sør og nord for Stallemovegen) iht. Statens vegvesens vegkart (SVV, 2019). Det anbefales at SVVs krav legges til grunn for kryssingene av vegene.

Stallemovegen og Setesdalsvegen vil ikke ha omkjøringsmulighet, slik at de havner i sikkerhetsklasse V1 og V3, med en returperiode for flomhendelse på 100 og 200 år.

Tabell 403.1 Sikkerhetsklasser for veg påvirket av flom

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode for flomhendelse	
		Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
V1	0 – 500	50 år	100 år
V2	500 – 4000	100 år	200 år
V3	> 4000	200 år	200 år

Figur 20. Staten vegvesens krav til sikkerhetsklasser/gjentaksintervall for flom (SVV, 2018a).

3.2.2 Klimafaktor

NVE har utarbeidet en rapport (nr. 81-2016) med forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall (NVE, 2016). I NVEs veileder for flomberegninger kommer det frem følgende «20 % økning – Alle nedbørfelt med areal < 100 km² og andre mindre nedbørfelt som reagerer raskt på styrtregn.» (NVE, 2011). Nedbørfeltet til Homsåna ved Homstean er middels stort med stor andel skog og slake gradienter, hvor det er forventet middels rask respons fra styrtregn.

NIFS-rapport 134/2016 Dimensjonerende korttidsnedbør, utarbeidet av NVE, JBV og SVV, har laget en oversikt over forventet endring i 3-timers nedbør etter utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5, se Figur 21. Basert på resultatene for R3: Sørlandet er medianverdien for det verste utslippsscenarioet 1,29, altså en økning i nedbør på 29 %.

Tabell 7.6 Klimafaktorer for endring i 3-timers nedbør fra 1976-2005 til 2071-2100 for de to utslippsscenarioene RCP4.5 og RCP8.5. Resultatene er basert på endring i verdier med returperioder på 200 år, og er gitt for median, lav og høy klimafremskrivning.

Nedbørregion	RCP4.5		RCP8.5	
	Middel	Lav - Høy	Middel	Lav - Høy
R1: Østfold	1,20	1,07 – 1,40	1,51	1,05 – 2,23
R2: Østlandet	1,17	1,09 – 1,32	1,37	1,18 – 1,70
R3: Sørlandet	1,19	1,07 – 1,38	1,29	1,08 – 1,53
R4: Sørvestlandet	1,16	1,02 – 1,42	1,29	1,10 – 1,53
R5: Sunnhordland/Ryfylke	1,16	1,08 – 1,37	1,33	1,21 – 1,46
R6: Nordhordl/ Sogn&Fj.	1,18	1,08 – 1,28	1,32	1,21 – 1,42
R7: Dovre/ Nord Østerdal	1,18	1,05 – 1,24	1,38	1,30 – 1,59
R8: Møre & Romsdal	1,23	1,13 – 1,39	1,39	1,20 – 1,64
R9: Inntrøndelag	1,19	1,05 – 1,37	1,31	1,16 – 1,60
R10: Trøndelag / Helgeland	1,20	1,12 – 1,35	1,35	1,21 – 1,56
R11: Hålogaland	1,19	1,10 – 1,25	1,36	1,23 – 1,41
R12: Finnmarksvidda	1,19	1,12 – 1,35	1,39	1,27 – 1,54
R13: Varanger	1,19	1,07 – 1,37	1,40	1,27 – 1,60

Figur 21. Tabell som viser klimafaktor for ulike geografiske områder. Hentet fra NIFS-rapport 134 (NVE, JBV & SVV, 2015).

Klimaprofil for Agder, rapport utarbeidet av Norsk klimaservicesenter, anbefaler klimapåslag for flomvannføring fram mot 2100 på minst 20 % for mindre nedbørfelt. For regnskyll (nedbør) med kortere varighet enn 3 timer foreslås et klimapåslag på 40 % (Norsk klimaservicesenter, 2017).

Klimaservicesenter kom med en ny rapport i år, Klimapåslag for korttidsnedbør, hvor klimapåslagene er blitt revidert (Norsk klimaservicesenter, 2019). Klimapåslagene skal nå vurderes etter varighet for nedbørhendelser, gjentaksintervaller og om områder ligger i våte eller tørre områder. Homstean er vurdert som et vått område, hvor M5 (gjentaksintervall er likt 5 år) for 3 timers varighet er høyere enn grenseverdien på 30 mm (38 mm avlest fra IVF-kurven til Sømskleiva). I Figur 22 er de nye klimapåslagene som Norsk klimaservicesenter anbefaler. For Homsåna blir anbefalt klimapåslag dermed 30 % for en 200-årsflom.

Tabell 3: Anbefalte klimapåslag (%) for endring i dimensjonerende korttidsnedbør fram til 2071-2100. M5 = 5-års returverdi, M50 = 50-års returverdi.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Figur 22. Tabell som viser klimapåslag for ulike varigheter, gjentaksintervall og våte/tørre områder (Norsk klimaservicesenter, 2019).

Statens vegvesen kom med nye krav til klimafaktor i Håndbok N200 Vegbygging i 2018, hvor de skiller på ulike fylker og størrelsen på nedbørfeltet (større eller mindre enn 10 km²) (SVV,2018a). Klimafaktorene som skal benyttes er vist i Figur 23. For Vest-Agder og store nedbørfelt er klimafaktoren 1,2 eller 20 %.

Tabell 404.1 Klimafaktor F_k for fylker [55]

Fylke	Små nedbørfelt F_k	Store nedbørfelt F_k
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Vestfold	1,2	1,2
Tabellen oppsummerer anbefalinger fra klimaprofiler for de forskjellige fylkene, utarbeidet av Norsk Klimaservicesenter. Klimaprofilene inneholder mer detaljert informasjon om forventede endringer i klimatiske forhold og flomvannsføring. De inneholder også anbefalte påslag for flere større vassdrag i hvert fylke der det foreligger flomsonekart.		

Figur 23. Tabell som viser anbefalte klimafaktorer for små og store nedbørfelt for hvert fylke (SVV, 2018a).

3.2.3 Usikkerhetspåslag ved hydrologiske beregninger

Statens vegvesens håndbok «N200 Vegbygging» krever at det skal benyttes en sikkerhetsfaktor for usikkerheter ved de hydrologiske beregningene, F_u . Faktoren er avhengig av sikkerhetsklasse (SVV, 2018a). Stallemovegen er plassert i sikkerhetsklasse V1, noe som tilsvarer en

sikkerhetsfaktor på 1,0, Setesdalsvegen er plassert i V3, tilsvarende $F_u = 1,2$ og bygg i F2 som gir $F_u = 1,1$.

Tabell 404.2 Sikkerhetsfaktor for håndtering av usikkerhet ved hydrologiske beregninger - F_u

Sikkerhetsklasse	F_u
V1 eller F1*	1,0
V2 eller F2*	1,1
V3 eller F3*	1,2

* Sikkerhetsklassene F1, F2 og F3 henviser til sikkerhetsklasse i Plan og bygningsloven § 7.

Figur 24. Påslagsfaktor for usikkerheter i hydrologiske beregninger (SVV, 2018a).

3.2.4 Dimensjonerende flom

Basert på ovenstående settes dimensjonerende flom for planområdet til $Q_{DIM} = Q_{200} + 30 \% \text{ klimapåslag} + 10 \% \text{ sikkerhetsfaktor}$.

3.3 Metoder

3.3.1 SCALGO LIVE

Nedslagsfeltet er beregnet ved bruk av det internettbaserte, GIS-verktøyet SCALGO Live (<https://scalgo.com/>) som baserer seg på terrengmodellen fra NDH (Nasjonal detaljert høydemodell) med gridceller på 1 x 1 m. Verktøyet kan blant annet beregne nedslagsfelt, avrennings-/flomveier, volum av groper og magasin og feltlengder og høydeforskjeller. I tillegg kan man legge inn egne GIS-filer og editere/redigere terrenget, for så å gjøre nye beregninger etter tiltak. Funksjonaliteten til programvaren ligner i stor grad på verktøyet Arc Hydro Tools for ArcGIS. Leseren henvises til hjemmesiden SCALGO Live for mer informasjon. Det kreves lisens for tilgang til terrengmodell basert på NDH.

3.3.2 Flomberegninger

For å vurdere dimensjonerende flomverdi for vassdraget har det blitt benyttet metoder og formler anbefalt i NVE-veilederen 7/2015 «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt». Under er det gitt en kort forklaring av de ulike metodene benyttet, men for mer detaljert lesning om formelverket henvises leseren til veilederen. I tillegg er SVVs håndbok «N200 Vegbygging» lagt til grunn for beregning av avløpsmengde, hvor beregnet flom skal tillegges en klimafaktor og sikkerhetsfaktor for usikkerhet i de hydrologiske beregningene (SVV,2018a).

Observasjoner i vassdrag/flomfrekvensanalyse

Det er knyttet usikkerhet ved middelsflommen ($l/s \cdot km^2$) beregnet i NEVINA, slik at en sammenligning mot middelsflomverdier fra nærliggende og sammenlignbare felt med målestasjoner for vannføring må gjennomføres. Målestasjoner med lignende feltkarakteristika som planområdets nedbørfelt kan benyttes for å vurdere om beregnet middelflomverdi er for lav eller høy.

Formelverk for små nedbørfelt

For beregning av vannmengder ved flom for nedslagsfelt i størrelse opp mot 50 km² anbefales det at det nasjonalt formelverk for små nedbørfelt benyttes. Formelverket baserer seg på parameterne feltstørrelse, middelvannføring og andel sjø, og beregner kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall (fra middelflom til 1000-årsflom), samt et troverdighetsintervall representert ved en høy og lav verdi. Ved bruk av NVEs lavvannsapplikasjon NEVINA kan nedslagsfelt, feltkarakteristika og flomverdier genereres og beregnes. Beregnede verdier er

sammenlignet og justert ved bruk av GIS-analyse og SCALGO, for deretter å beregne nye flomverdier.

Rasjonale formel

Konsentrasjonstider er beregnet etter formel gitt i Statens vegvesens rapport/lærebok 681 (SVV, 2018b), og er gjengitt i Figur 25. Hvor verdier for overflatetype settes ut ifra Figur 26.

$$t = K \cdot (L/I)^{0.5} \quad [\text{minutt}]$$

t = Konsentrasjonstid	[minutt]
K = K-verdi (Tabell 3.7)	[minutt/m ^{0.5}]
L = Nedbørsfeltets lengde	[m]
I = Nedbørsfeltets helning	[m/m]

Figur 25: Formler hentet fra Statens vegvesens rapport 681 (SVV, 2018b).

Tabell 3.7: Forslag til valg av konstant til ligning 3.15 for beregning av konsentrasjonstid basert på forskjellige terrengetyper.

Overflatetype	K-verdi
Tett skog	0,6
Høy vegetasjon og busker	0,4
Plen og kort gress	0,25
Bart fjell	0,12
Asfalt og betong	0,08

Figur 26. K-verdier basert på ulike overflatetyper (SVV, 2018b).

Den rasjonell formel for å beregne vannmengder for hvert enkelt nedbørsfelt, og brukes primært for overslagsberegninger og dimensjonering for små urbane felt opp mot 50 ha (0,5 km²). For felt med areal i området 0,5 - 2 km² må den rasjonelle formel benyttes med varsomhet (større naturlige eller kombinerte naturlige/urbane felt). Se formel under:

$$Q = C \cdot i \cdot A \cdot K_f$$

Q = vannføring (l/s)
i = Nedbørs intensitet (l/s*ha)
A = Areal av nedbørsfelt (ha)
K_f = Klimafaktor (-)

Nedbørs intensitet velges utifra IVF kurve etter returperiode og regnvarighet = konsentrasjonstid.

PQRUT

Nedbør-avrenningsmodellen PQRUT er en forenkling av HBV-modellen, som benyttes for større vassdrag og ofte i vannkraftsammenheng. Modellen krever feltkarakteristikkene areal, effektiv sjøprosent, hypsografisk kurve (H25 og H75), feltlengde og spesifikk normalavrenning for å «kalibrere» modellparameterne K1, K2 og T1. I tillegg må det estimeres og legges inn en konsentrasjonstid og et nedbørsforløp. Konsentrasjonstid ble estimert ved sammenligning av resultat ved bruk av ulike formler for konsentrasjonstid presentert i NIFS-rapport 28/2016 «Drenering for veg og jernbane» (NVE, JBV og SVV, 2016).

Nedbørforløpet ble konstruert basert på medianverdien for nedbørmengde for en 200-årsflom med en gitt varighet, tabell 4 (NVE, 2015b), og verdi for total døgnnedbør med 200 års gjentaksintervall, figur 9 (NVE, 2015b). Nedbørmengdene i tabellene gjelder kun for gjentaksintervall opp mot 200 år, derfor har konstruert nedbørsforløp blitt justert med forholdstallet Q_{1000}/Q_{200} . Det konstruerte nedbørforløpet ble lagt inn sammen med resten av inputverdiene i den nettbaserte versjonen av PQRUT.

3.3.3 Hydrauliske beregninger

HEC-RAS

Programvaren HEC-RAS 5.0.7 er benyttet ved beregning av vannlinjer. HEC-RAS er et anerkjent 1- og 2-dimensjonal elvemodell program som beregner vannlinjer ved ulike hydrauliske forhold og har spesielle funksjoner for å beregne effekt av blant annet bruer (landkar og pilarer) og kulverter.

3.3.4 Flomsonekart

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs vassdraget. Oversvømmelse langs kantene til elva fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen. Flomsonekartene er basert på NVEs presentasjonsregler for flom. Flomutsatte bygg er definert som bygg som har direkte kontakt med vannspeilet i elven. Ikke flomutsatte bygg har ikke direkte kontakt med flomvannet, men ved nærhet til vassdraget og kjeller er det en risiko for at vann kan komme inn i kjellere. Risiko vil være avhengig av grunnforhold, hvor lengde vannstanden er høyere enn kjellernivå, etc. Bygg i lavpunkt kan være flomutsatt og må vurderes mer konkret for hvert tilfelle.

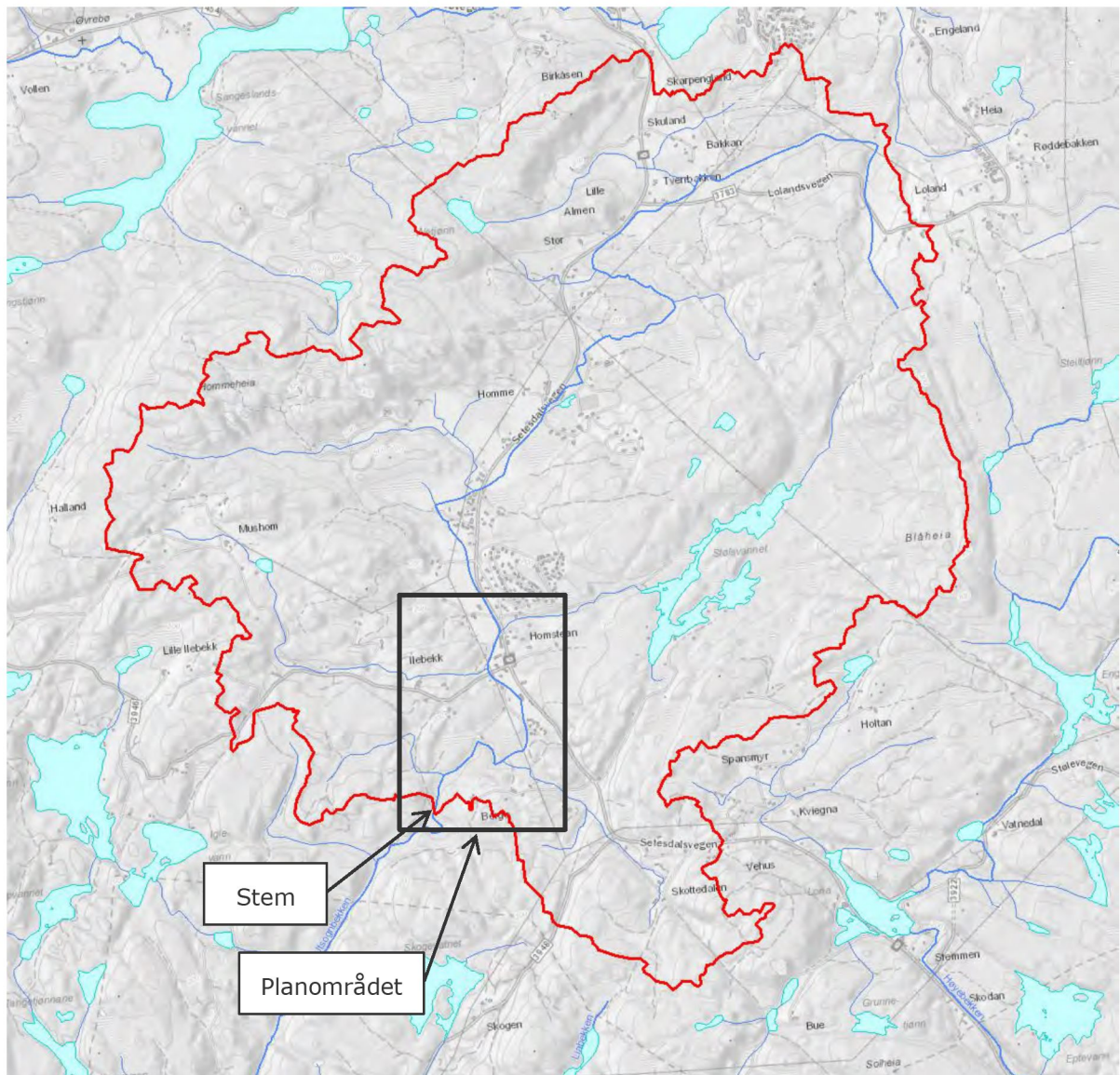
4. FLOMBEREGNING

For å beregne utbredelsen av flom ved Homstean er det nødvendig å beregne dimensjonerende flomverdi. Det er beregnet flomverdier for Homsåna nederst i planområdet ved stemmen. I tillegg er det beregnet flomverdier for sidebekker som har tilrenninger til Homsåna innenfor planområdet. Det er gjort for å se på stedlig variasjon langs Homsåna.

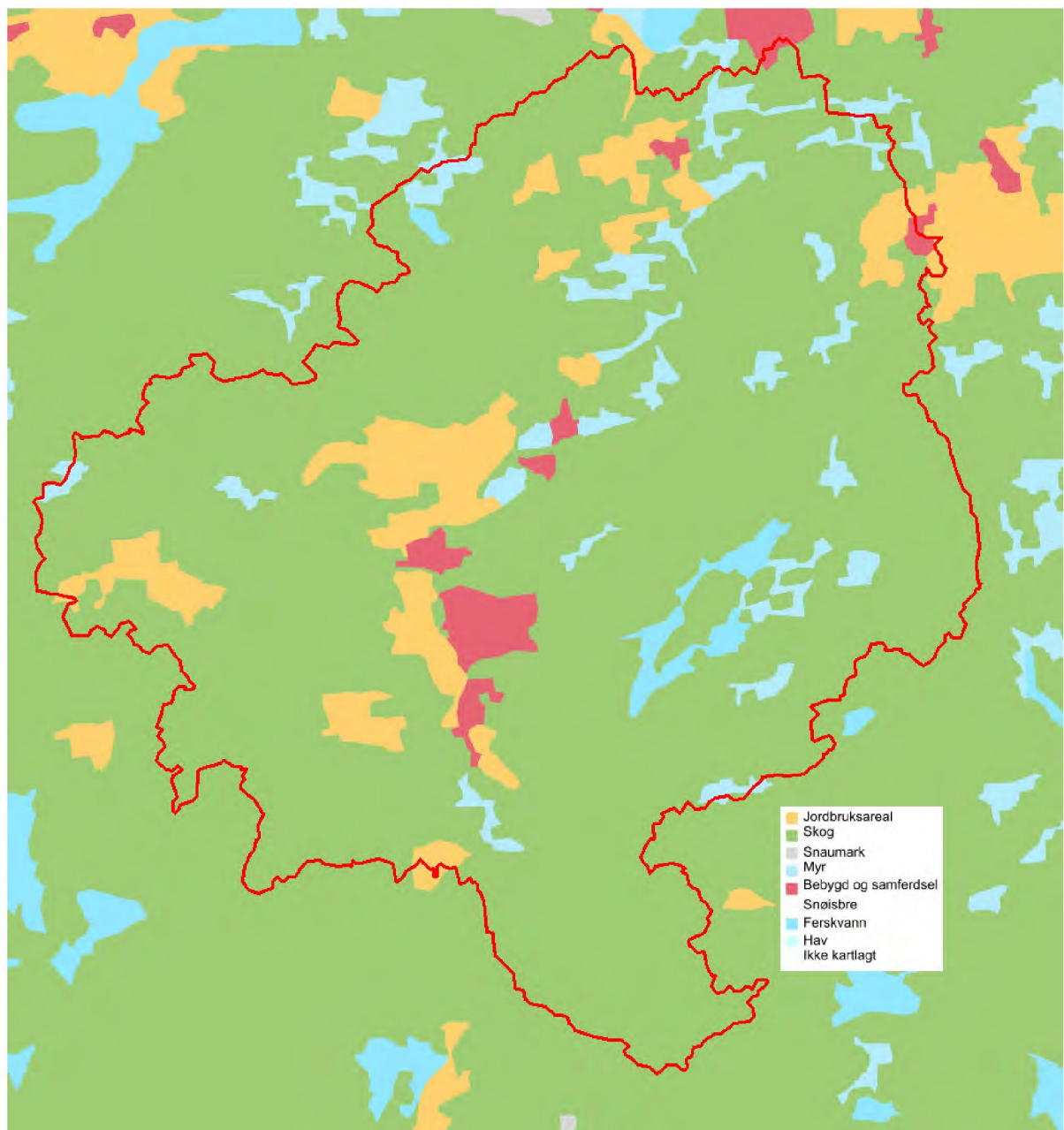
4.1 Nedbørfelt

Homsånas nedbørfelt ved stem er beregnet i SCALGO, hvor to nasjonale høydemodeller (Manda-Marnadal-Vennesla 5pkt 2017 og Birkenes-Grimstad 5pkt 2017) er satt sammen for å dekke hele nedbørfeltet med nyeste laserskanninger. Nedbørfeltet er vist i Figur 27.

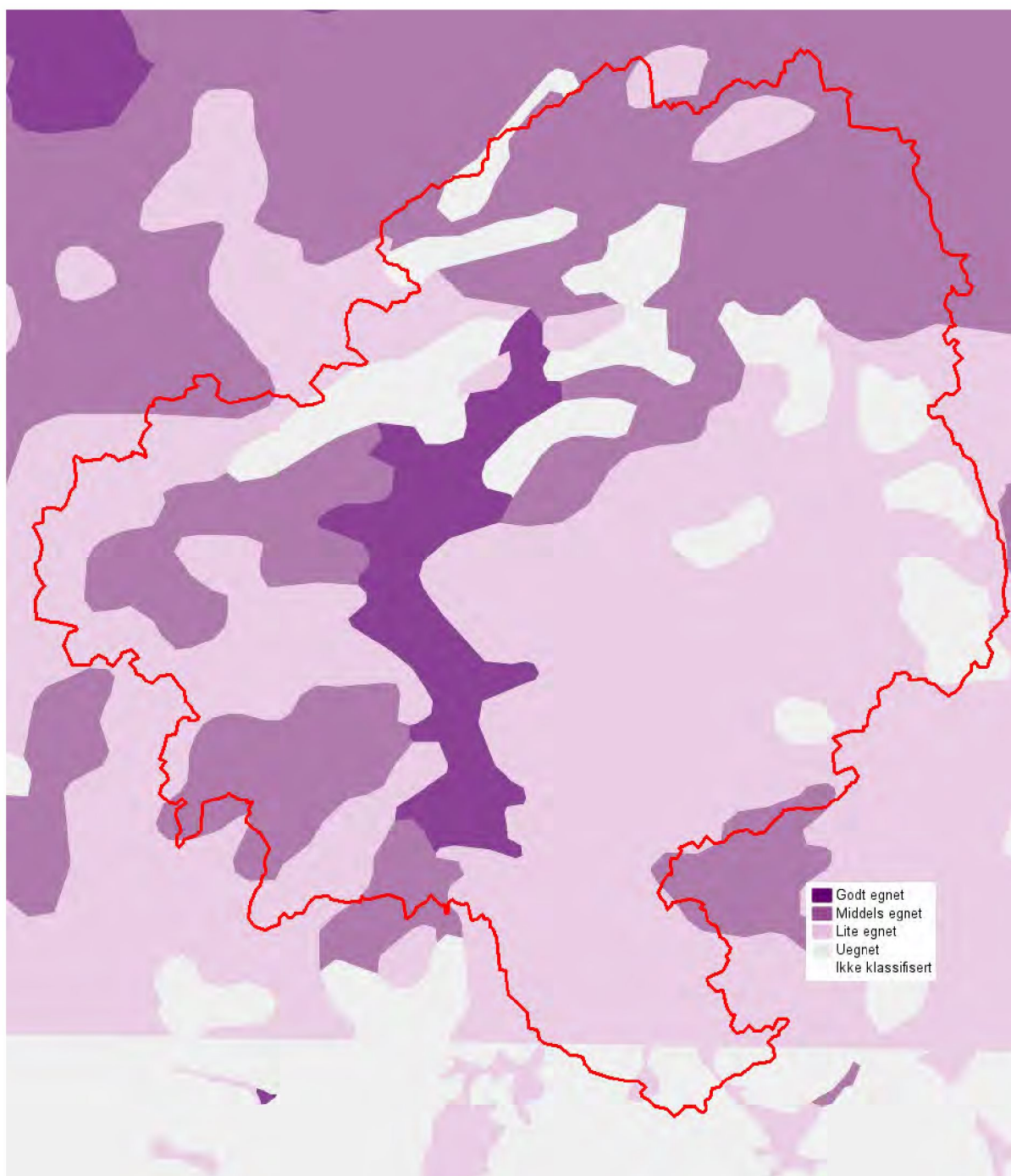
Nedbørfeltet for Homsåna ved stem er beregnet til 14,4 km². Feltet er dominert av skog (79 %), en del myr (7 %) og dyrket mark (7 %). Urbane areal (4 %), innsjø (2 %) og åpen fastmark (1 %) utgjør det resterende av feltet. Innsjøarealet ligger i et sidefelt og gir begrenset dempningseffekt, effektiv sjø tilsvarer 0,2 %. Se arealtypene i Figur 28. Høydene i feltet strekker seg fra 153-355 moh. Infiltrasjonskart tilsier at feltet ligger i områder med både meget egnet, egnet og lite egnede masser for infiltrasjon, se Figur 29. Feltet vil med andre ord ha noe dempning ved styrtregn og flom. Middelavrenning, beregnet i NEVINA (se vedlegg), er 32,5 l/s*km².



Figur 27. Nedbørfelt (rød strek) for Homsåna ved stem. NVEs elvenett og innsjødatabase er vist i mørkeblått og lyseblått.



Figur 28. Arealtyper (AR50 fra NIBIO) i nedslagsfeltet til Homsåna. Forklaring til de ulike typene er vist i tekstboks i figuren. Rød strek viser nedslagsfelt.



Figur 29. Infiltrasjonskart fra NGU viser at nedbørfeltet har både egnede og ikke-egnede masser for infiltrasjon.

4.2 Observasjoner i vassdrag/flomfrekvensanalyse

Det måles ikke vannføring i Homsåna, og det er derfor utført en flomfrekvensanalyse for å estimere dimensjonerende vannføring basert på nærliggende nedbørfelt med målestasjon for vannføring, se plassering i Figur 30.



Figur 30. Oversiktsbilde av nærliggende målestasjoner for flomfrekvensanalyse.

I Tabell 1 er feltkarakteristikk for det aktuelle vassdraget og den utvalgte nærliggende målestasjonen med noenlunde lik karakteristikk vist. Informasjonen om feltene er hentet fra NVEs hydrologiske database HYDRA II (NVE, 2019). Av de nærliggende stasjonene er det stasjon 19.80.0 Stigvassåi som har blitt vurdert som sammenlignbar, og er nøyere beskrevet under.

Tabell 1. Feltkarakteristikk for Homsåna og nærliggende felt vurdert i flomfrekvensanalysen.

Felt nr.	Felt navn	Areal	Effektiv sjø	Sjø	Snaufjell	Skog	Urbaniseringsgrad	Dyrkningsgrad	Myr	Hmin-Hmax	Elvegradient	Middelavrenning
		km ²	%	%	%	%	%	%	%	m	‰	l/s*km ²
	Homsåna/ Utsognbekken	14,4	1,4	0,2	0,1	82	0,8	5	5,6	153-355	14	32,5
19.80.0	Stigvassåi	14	1,79	0,24	0	91	0	1	4,4	148-429	32	27,3

19.80.0 Stigvassåi ligner mest på feltet til Homsåna/Utsognbekken. Målestasjonen har 44 år med målinger, og ligger i underkant av 70 km fra planområdet. Det kan forventes en omtrentlig lik spesifikk middelflom for Stigvassåi og Homsåna, til tross for at Stigvassåis felt er noe brattere og elvegradienten er høyere. Samtidig har nedbørfeltet til Homsåna en lavere andel skog og har litt høyere middelavrenning.

Spesifikk middelflom og forholdstall Q_{200}/Q_M er vist i Tabell 2 for målestasjonen til Stigvassåi. Statistiske fordelinger som er lagt til grunn for vurdering av forholdstall er basert på fordelinger benyttet for samme målestasjoner i NVE-rapport 13/2015 Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt (NVE, 2015a).

Tabell 2. Spesifikk middelflom (kulminasjonsverdier) og forhold mellom middel- og 200-årsflom for referansestasjonen.

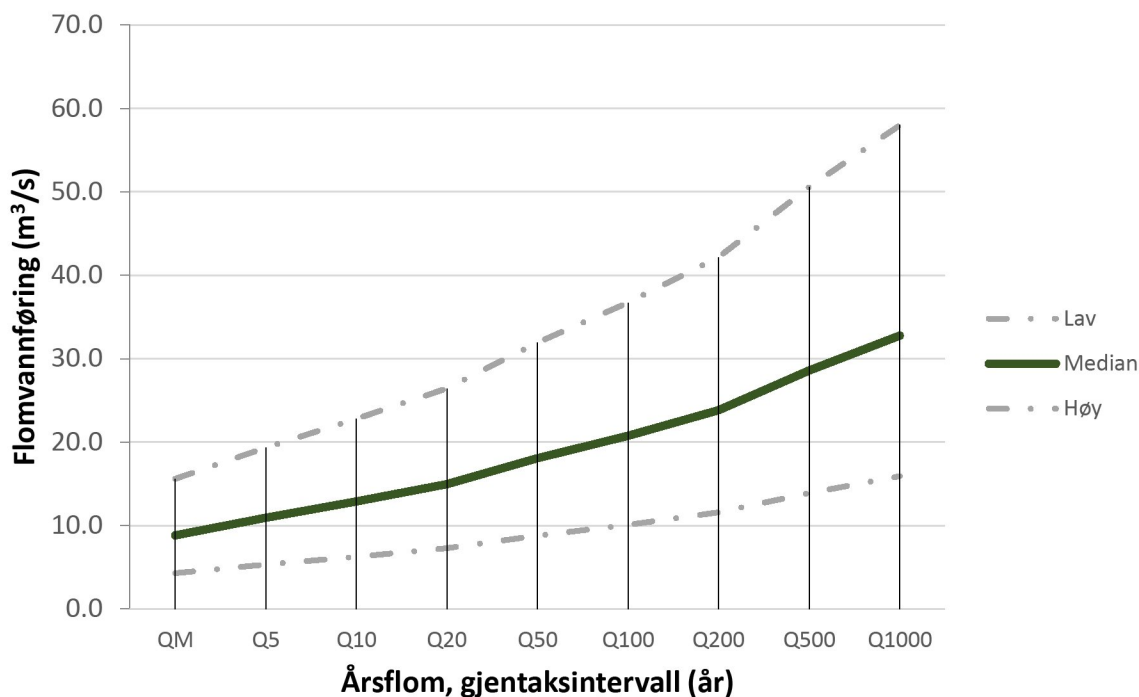
Felt nr.	Felt navn	Q_M kulm. (l/s*km ²)	Q_{200}/Q_M	Kilde	Fordeling
19.80.0	Stigvassåi	679	2,79	HYDRA II 14.10.2019	GEV (max)

På bakgrunn av flomverdier for Stigvassåi settes kulminerende spesifikk middelflom for Homsåna til 680 l/s*km². Ved bruk av forholdstall mellom middelflom og 200-årsflom, $Q_{200}/Q_M = 2,71$, beregnet ved bruk av formelverk for små felt, kan 200-årsflom beregnes:

$$Q_{100, \text{ flomfrekvens}} = 680 \text{ l/s*km}^2 \times 2,71 = 1843 \text{ l/s*km}^2 = 26,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

4.3 Formelverk for små nedbørfelt

Det er utført beregninger av vannføringer basert på formler for små nedbørfelt. Figur 31 og Tabell 3 viser de beregnede flom med ulike gjentakintervall for Homsåna. I tillegg er øvre og nedre konfidensintervall for flomverdiene beregnet. Resultatene viser en beregnet årsflom på 8,8 m³/s og en 200-årsflom på 23,8 m³/s som tilsvarer spesifikke verdier på henholdsvis 611 l/(s*km²) og 1653 l/(s*km²).



Figur 31. Beregning av flom med ulike gjentakintervall basert på formler for små nedbørfelt (NVE, 13/2015).

Tabell 3. Beregnede kulminasjonsverdier for flom (m³/s) basert for formler for små nedbørfelt.

Gjentaksintervall (år)	Flomverdi kulminasjon (m³/s)		
	Lav	Median	Høy
1 (middel)	4,3	8,8	15,6
5	5,3	10,9	19,3
10	6,2	12,9	22,8
20	7,2	14,9	26,4
50	8,8	18,0	31,9
100	10,1	20,7	36,7
200	11,6	23,8	42,2

4.4 Rasjonale formel

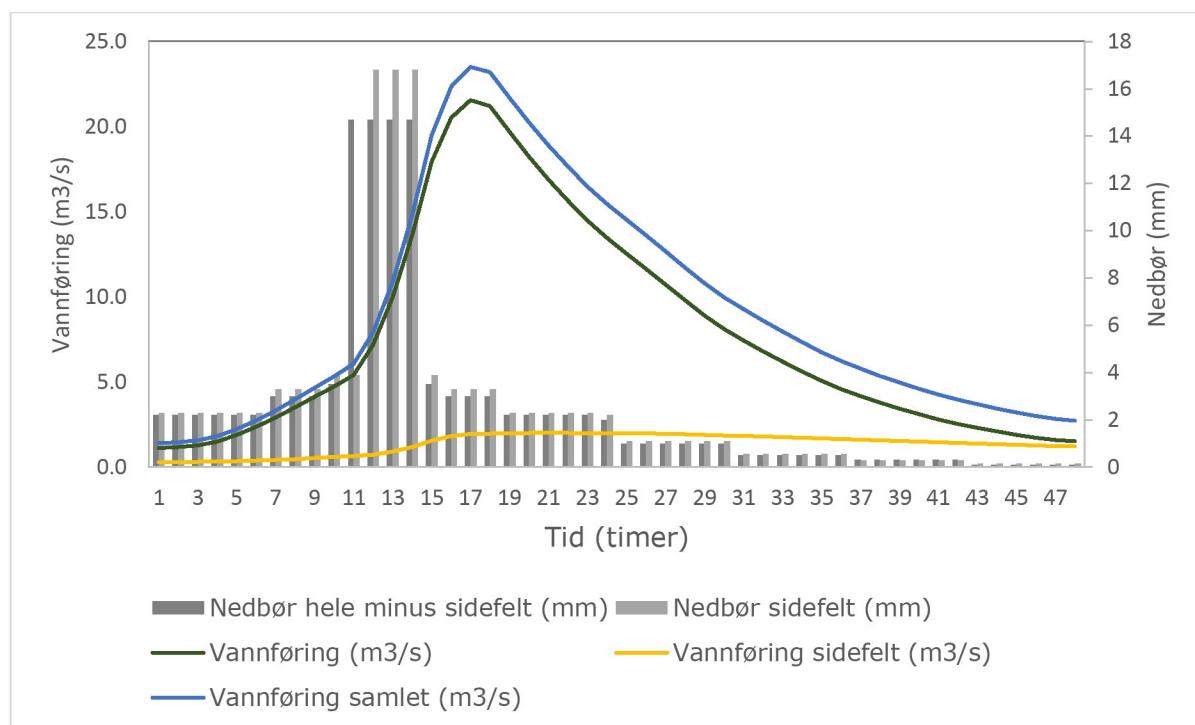
Den rasjonale formel skal i utgangspunktet brukes på urbane felt med et areal på 0,2 – 0,5 km², og helst ikke på felt større enn 2-5 km² etter anbefalinger i NVE-veileder 7/2015 (NVE, 2015b). Homsåna har et areal som er godt over øvre grense av hva som er anbefalt for bruk av den rasjonale formel (14,4 km²). Det er derfor valgt å se bort i fra denne metoden for beregning av dimensjonerende flomverdi for Homsåna.

4.5 PQRUT

Flommodellen i PQRUT er en nedbør-avløpsmodell til bruk i flomberegninger. Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen og den beregner avløp fra et fastlagt nedbørforløp. Det ble gjort en inndeling av to nedbørfelt, hvor sidefeltet til Stølsvatnet som renner inn i Homsåna ved Setesdalsvegen ble trukket fra hele nedbørfeltet for stemmen i sør. Konsentrasjonstiden ble

beregnet til 4 timer for hele feltet og 3 timer for sidefeltet til Stølsvatnet, hvor det ble lagt hovedvekt på ny ligning for konsentrasjonstid (NVE, SVV og JBV, 2016) i vurdering av konsentrasjonstid (samme som ble brukt i rasjonale formel). Det ble konstruert nedbørserier for en periode på 48 timer for de to feltene basert på verdien for aktuell konsentrasjonstid og dognverdi fra tabell 4 i NVEs veileder for flom i små nedbørfelt (NVE, 2015b).

I Figur 32 og Tabell 4 er nedbørforløpene vist sammen med beregnede kulminerende 200-årsflommer for hele nedbørfeltet (utenom sidefelt for Stølsvatnet som skiller seg ut med høy effektiv sjøprosent), sidefeltet til Storvatnet og samlet verdi. Maksimalverdi for kulminerende 200-årsflom ble beregnet til henholdsvis 23,5 m³/s.



Figur 32. Nedbørforløp og beregnet kulminert 200-årsflom i PQRUT.

Tabell 4. Nedbørforløp benyttet i PQRUT-modellen og beregnede kulminerende 200-. Maksverdier for flom er markert med fet skrift.

Tid (time)	Nedbør hele minus sidefelt (mm)	Vannføring (m3/s)	Nedbør sidefelt (mm)	Vannføring sidefelt (m3/s)	Vannføring samlet (m3/s)
1	2,2	1,1	2,3	0,29	1,41
2	2,2	1,2	2,3	0,30	1,47
3	2,2	1,3	2,3	0,31	1,58
4	2,2	1,5	2,3	0,33	1,82
5	2,2	1,9	2,3	0,35	2,23
6	2,2	2,4	2,3	0,38	2,74
7	3,0	2,9	3,3	0,42	3,33
8	3,0	3,5	3,3	0,47	3,99
9	3,0	4,1	3,3	0,53	4,65
10	3,5	4,7	3,9	0,59	5,33
11	14,7	5,4	3,9	0,66	6,06
12	14,7	7,2	16,8	0,73	7,93
13	14,7	10,0	16,8	0,91	10,9
14	14,7	13,6	16,8	1,18	14,8
15	3,5	17,9	3,9	1,55	19,5
16	3,0	20,5	3,3	1,81	22,3
17	3,0	21,6	3,3	1,95	23,5
18	3,0	21,2	3,3	1,98	23,2
19	2,2	19,7	2,3	2,00	21,7
20	2,2	18,2	2,3	2,01	20,2
21	2,2	16,9	2,3	2,01	18,9
22	2,2	15,6	2,3	2,01	17,6
23	2,2	14,5	2,3	2,00	16,5
24	2,0	13,4	2,2	2,00	15,4
25	1,0	12,5	1,1	1,99	14,5
26	1,0	11,6	1,1	1,98	13,6
27	1,0	10,7	1,1	1,96	12,7
28	1,0	9,8	1,1	1,92	11,7
29	1,0	8,9	1,1	1,89	10,8
30	1,0	8,1	1,1	1,86	9,98
31	0,5	7,4	0,55	1,83	9,28
32	0,5	6,8	0,55	1,80	8,60
33	0,5	6,2	0,55	1,76	7,96
34	0,5	5,6	0,55	1,72	7,34
35	0,5	5,1	0,55	1,69	6,75
36	0,5	4,6	0,55	1,65	6,23
37	0,3	4,2	0,28	1,61	5,78
38	0,3	3,8	0,28	1,58	5,36

Tid (time)	Nedbør hele minus sidefelt (mm)	Vannføring (m ³ /s)	Nedbør sidefelt (mm)	Vannføring sidefelt (m ³ /s)	Vannføring samlet (m ³ /s)
39	0,3	3,4	0,28	1,54	4,97
40	0,3	3,1	0,28	1,50	4,60
41	0,3	2,8	0,28	1,46	4,26
42	0,3	2,5	0,28	1,42	3,96
43	0,1	2,3	0,14	1,39	3,70
44	0,1	2,1	0,14	1,35	3,44
45	0,1	1,9	0,14	1,31	3,20
46	0,1	1,7	0,14	1,28	3,00
47	0,1	1,6	0,14	1,24	2,84
48	0,1	1,5	0,14	1,21	2,73

4.6 Oppsummering og valg av dimensjonerende flom

Flomberegningene som er gjort for Homsåna for aktuelt planområde er basert på samtlige metoder i «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (NVE, 2015b). For nabofelt er det observert spesifikke årsflom som ligger høyere enn det som er beregnet ved bruk av formelverk for små nedbørfelt (medianverdien). Spesifikk årsflom valgt basert på flomfrekvensanalyse ligger høyere enn medianverdien fra formelverk for små nedbørfelt lik 680 mot 611 l/s*km². Verdien fra flomfrekvensanalysen ligger fortsatt godt innenfor troverdighetsintervallet til formelverk for små nedbørfelt. Resultatene fra PQRUT-modellen gir spesifikk 200-årsverdi som er svært like verdien for formelverk for små nedbørfelt. I Tabell 5 er de ulike beregnede kulminasjonsverdiene for 200-årsflom oppsummert.

Tabell 5. Sammenligning av beregnede kulminasjonsverdier for middelflom og 200-årsflom ved planområdet.

Metode/formel	Spesifikk middelflom (l/s*km ²)	Middelflom (m ³ /s)	Spesifikk 200-årsflom (l/s*km ²)	200-årsflom (m ³ /s)
Formelverk for små nedbørfelt	611	8,8	1653	23,8
PQRUT	-	-	1631	23,5
Flomfrekvens/ Sammenligning med nabofelt	680	9,8	1840	26,5

Godt samsvar mellom resultatene fra formelverk for små nedbørfelt og PQRUT-modellen tilsier at flomverdiene ligger rundt medianverdiene beregnet i formelverk for små nedbørfelt.

Flomfrekvensanalysen, basert på nærliggende målestasjon, tyder på en høyere spesifikk middelflom enn både formelverk for små nedbørfelt og PQRUT-modellen. Det legges vekt på beregningene for formelverk for små nedbørfelt og PQRUT-modellen for valg av dimensjonerende flomverdier.

Basert på ovenstående settes årsflommen, QM, til 610 l/s*km² eller 8,8 m³/s. Dimensjonerende flomverdi, Q200+30%+10%, blir da 34 m³/s. I Tabell 6 er beregnede kulminasjonsverdier for flom basert på formelverk for små nedbørfelt med ulike gjentaksintervaller vist.

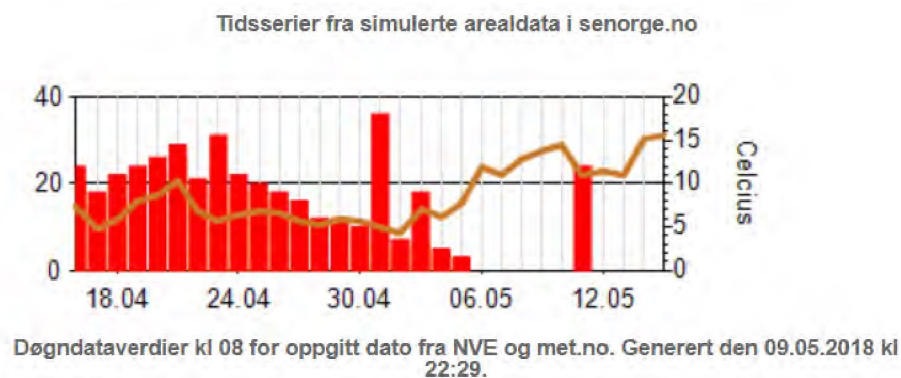
Tabell 6. Beregnede kulminerende flomverdier for ulike gjentaksintervall for Tverreggabekken ved planområdet.

Gjentaksintervall (år)	Spesifikk flomverdi kulminasjon (l/s*km²)	Flomverdi kulminasjon (m³/s)
QN	33	0,47
QM	610	8,8
Q5	757	10,9
Q10	891	12,8
Q20	1034	14,9
Q50	1250	18,0
Q100	1437	20,7
Q200	1650	23,8
Q200 + 30 % klimapåslag	2145	30,9
Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor	2360	34,0

5. HYDRAULISKE BEREGNINGER

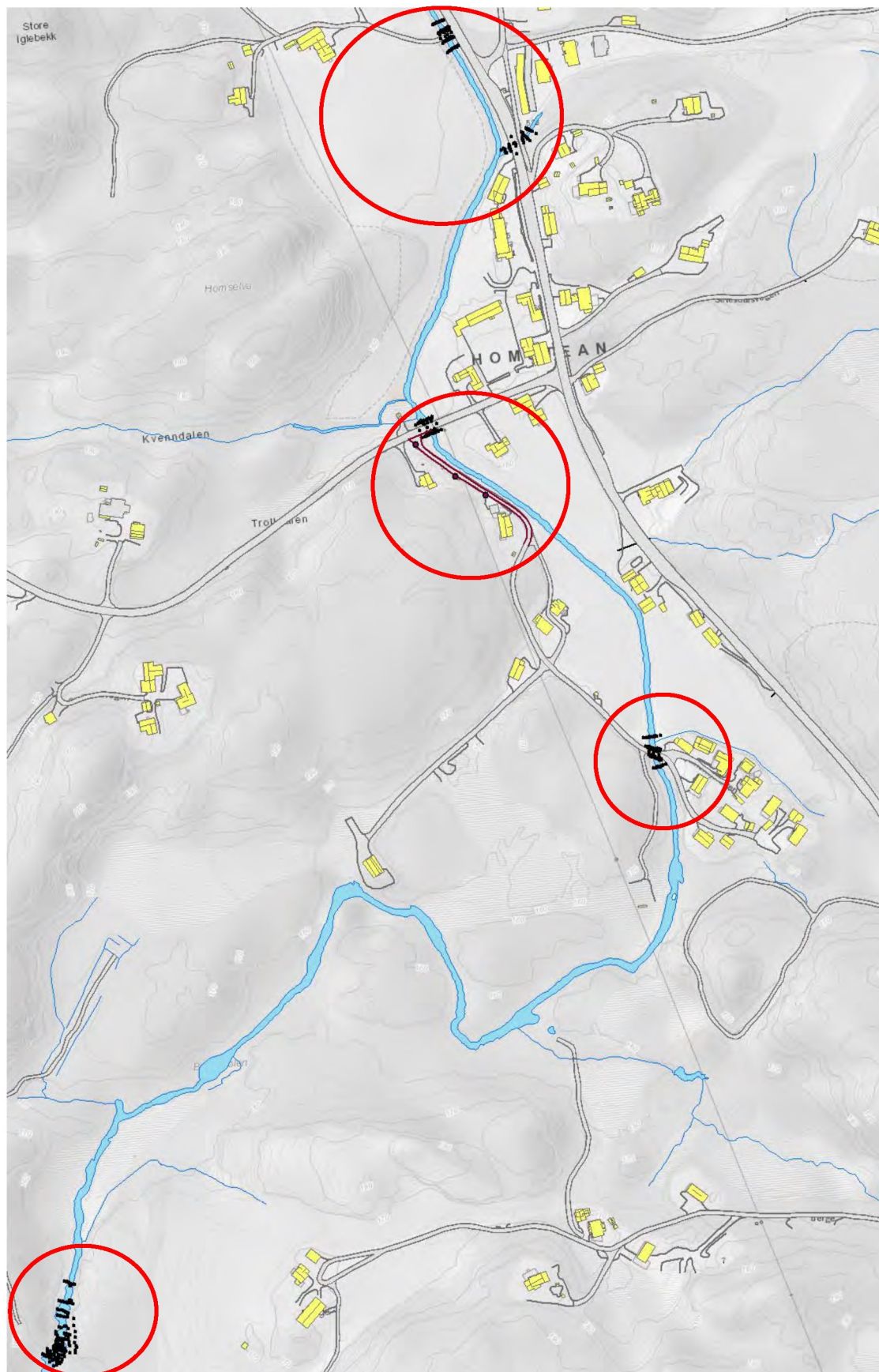
5.1 Topografiske data

Den hydrauliske modellen i HEC-RAS er basert på en generert høydemodell (i NN2000) for Homsåna, generert fra Nasjonal Detaljert Høydemodell (prosjekt Mandal-Marnadal-Vennesla 5pkt 2017). Tidspunktet skanningene av aktuelt prosjekt ble gjennomført på for planområdet var 08.05.2017, og det hadde vært vått og kaldt dagene før flyvningen, se Figur 33. Det kan tyde på at forholdene var middels for scanningen, og en middels vannstand i Homsåna/Utsognbekken. Noe støy ved vannspeilet og bunn av elven må påberegnes og føre til usikkerhet i terrenggrunnet.



Figur 33. Nedbørserie ved tidspunkt (08.05.2017) scanning for prosjekt Manda-Marnadal-Vennesla ble utført.

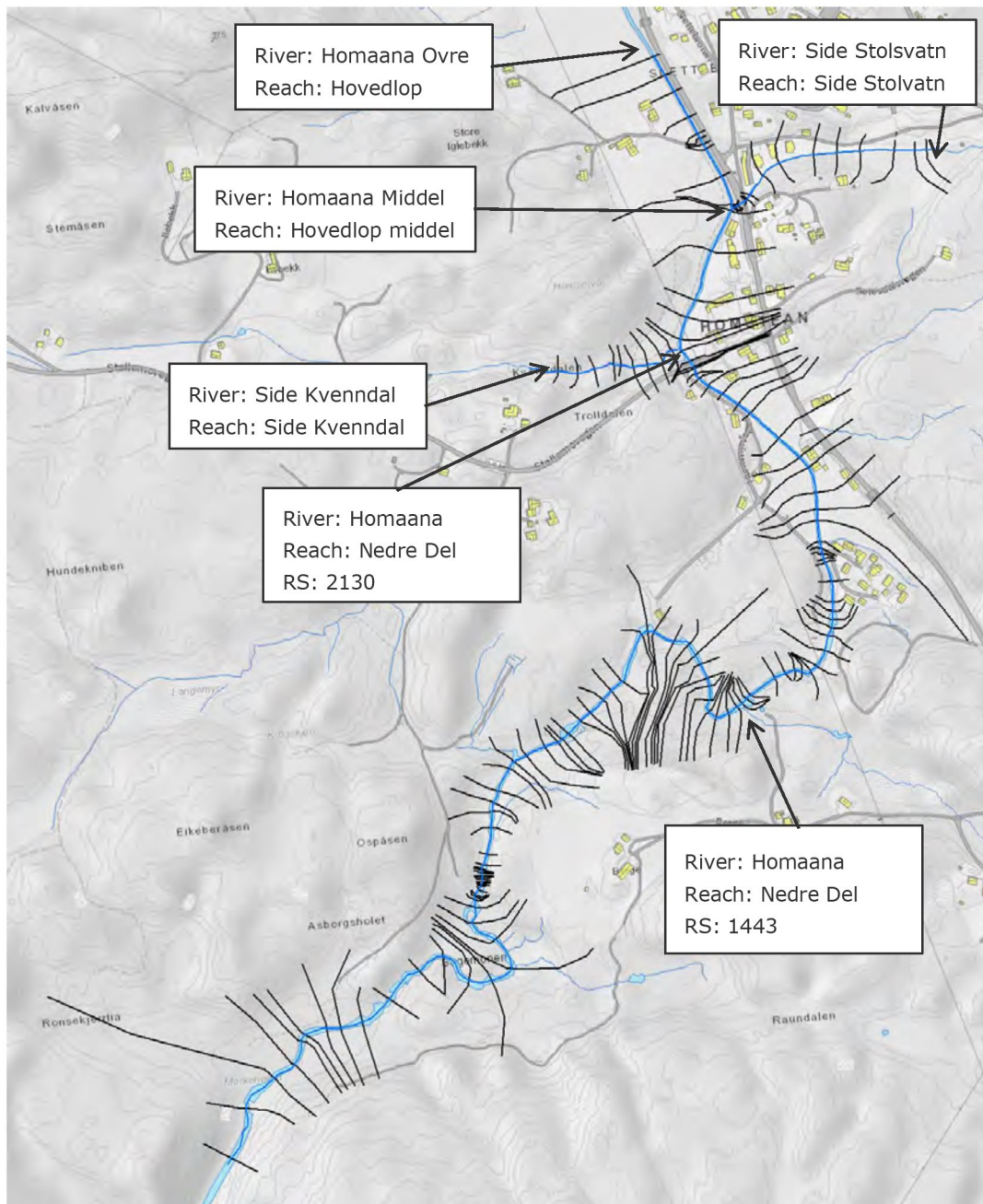
Deler av Hunemyrvegen har i løpet av høsten 2019 blitt hevet. Innmålinger av veien i ettertid har blitt gjort av Vennesla kommune, og viser at veien ligger på 159,68 moh. eller høyere. Veien har hatt et lavbrekk tidligere ca. mellom husene ved Stallemovegen 7 og Hunemyrvegen 2. Hevingen av veien vil trolig føre til at den er mindre utsatt for flom. I tillegg er det lagt inn innmålingene for terrengpunkter av utvalgte tverrprofiler, fundamenter, over- og underkant bruer, kulverter med mer. Plasseringen innmålingene ble utført er vist i Figur 34.



Figur 34: Innmålinger som ble gjort av vassdraget som er benyttet i oppbygging av den hydrauliske modellen.

5.2 Modelloppbygging

Det er etablert en ca. 3 km lang hydraulisk 1D modell i HEC-RAS for Homsåna, inkludert sidebekker. Tverrprofiler er tegnet inn etter topografien og innmålinger som ble gjort. Videre ble høyder generert for tverrprofilene basert på høydemodellen. Fokusområdet for modellen ligger langs planområdet, hvor det er gjort innmålinger. Bruer og kulverter er bygget opp ved bruk av verktøyet «bridge/culvert» og dekket over er digitalisert ved hjelp av «deck/roadway». Mannings ruhetskoeffisient, n , dimensjoner (lengde, bredde, tykkelse) og koeffisienter er bestemt for bruene og kulvertene. Det er lagt til grunn konservative parametere basert på erfaring og HEC-RAS-manualen. Stemmen ble lagt inn ved bruk av «inline structure», hvor bredden på terskelen ble satt til 1 meter og terskelkoeffisienten ble satt til 1,48. Terskelkoeffisienten er satt basert på verdier for bredt overløp i Vassdragshåndboka (s. 98-99 og 291, Sæterbø, Syvertsen og Tesaker, 1998). Deler av stemmen vil være som et vanlig overløp (overløpskoeffisient ca. 1,7), mens ca. 1/3 vil være en lang bergknaus hvor undervannet vil påvirke strømningsforholdene. Verdien ble derfor valgt konservativt ($\mu=0,5$ som kan omregnes til $C = 1,48$).



Figur 35: Utstrekning av den hydrauliske modellen vist med blå linje for senter bekk og svarte linjer for tverrprofiler. I tillegg er tverrprofiler hvor vannmengden er bestemt.

Flomverdien som er beregnet for planområdet gjelder ikke for hele vassdraget, da det er sidebekker. Det er derfor gjort en skjønnsmessig vurdering basert på vektning av nedslagsfeltareal (forutenom feltet fra Stolsvatn som er vektet basert på resultatene fra PQRUT-modellen). Vannmengder er videre definert i tverrprofil etter påslipp fra sidevassdrag/-bekker. Fordeling av vannføringer i de ulike tverrprofilene er vist i Tabell 7 og plassering er vist i Figur 35.

Tabell 7. Fordeling av beregnet kulminasjonsvannføringer (m^3/s) for ulike tverrprofiler i den hydrauliske modellen.

River	Homaana Middel	Homaana Ovre	Homsa ana	Homsa ana	Side Kvenndal	Side Stolstvatn
Reach	Hovedlop middel	Hovedlop	Nedre Del	Nedre Del	Side Kvenndal	Side Stolstvatn
RS	214	247	2130	1443	190	311
Q200+30%+ 10%	23,7	20,8	29,0	34,1	5,3	2,9
Q200+30%	21,5	18,9	26,3	31,0	4,8	2,6
Q200	16,6	14,6	20,3	23,8	3,7	2
Q100	14,4	12,7	17,6	20,7	3,2	1,7
Q50	12,5	11	15,3	18,0	2,8	1,5
Q20	10,4	9,1	12,7	14,9	2,3	1,3
Q10	8,9	7,9	10,9	12,9	2	1,1
Q5	7,6	6,68	9,3	10,9	1,69	0,92
QM	6,1	5,38	7,5	8,8	1,37	0,74
Qn	0,33	0,29	0,40	0,47	0,073	0,039
Qlav	0,0042	0,0031	0,0050	0,0058	0,00080	0,0012

5.3 Start- og grensebetingelser

- Oppstrøms betingelse: Det er lagt til grunn normaldybde, hvor helning for normalstrømning oppgis. Helningene er estimert basert på lengdeprofil ved øverste tverrprofil og ca. 50-100 meter lenger oppstrøms.
 - For Homsåna ble det lagt inn en helning på 5 promille.
 - For sidebekken fra Stølsvatnet ble det benyttet en helning på 2,5 promille.
 - For sidebekk fra Kvenndalen ble det lagt inn en helning på 60 promille.
- Nedstrøms betingelse: Det er lagt inn en helning på 2,5 promille i nedre del av modellen. Helningen er basert på terrengets helning i bekken i og ved nedstrøms tverrprofil.
- Mannings ruhetskoeffisienter, n , er hentet fra tabell 3.1 i Vassdragshåndboka (Sæterbø, Syvertsen og Tesaker, 1998). For bunn og delvis opp på sidekantene er n satt til 0,03, for sidekanter med vegetasjon (busker, høyt gress og trær) er n satt til 0,045, for sidekanter hvor det er synlig berg er n satt til 0,03 og for skogsområder er n satt lik 0,05.

5.4 Kalibreringsdata

Det foreligger ingen kalibreringsdata, og kalibrering av modellen har dermed ikke blitt gjort. Dette må tas hensyn til i vurdering av usikkerhet og valg av sikkerhetsmarginer.

5.5 Sensivitetsanalyse

Det er utført en sensitivitetsanalyse av parameteren Mannings ruhetskoeffisient, n , og vannføring, Q . Det er gjort ved å øke/reducere koeffisientene $\pm 20\%$. Vurderingen av sensitivitet i modellen er gjort ved å beregne midlere endring i vannstand før og etter økning/reduksjon av Mannings ruhetskoeffisienter og vannføringer. Differansen i midlere vannføring er kun basert på elvestrekningen i Homsåna, og ikke sidebekkene som også er en del av hele modellen. Resultatene av sensitivitetsvurderingen er vist i Tabell 8 og viser at usikkerhet i vannføring påvirket resultatene mest, ca. 20 cm. Mannings ruhetskoeffisient påvirker noe mindre, omtrent 6-7 cm.

Tabell 8. Beregning av midlere differanse i vannstand for sensitivitetsvurdering av parameteren Mannings ruhetskoeffisient og vannføring.

	n+20%	n-20%	Q+20%	Q-20%
Midlere differanse (m)	0.072	-0.063	0.19	-0.22

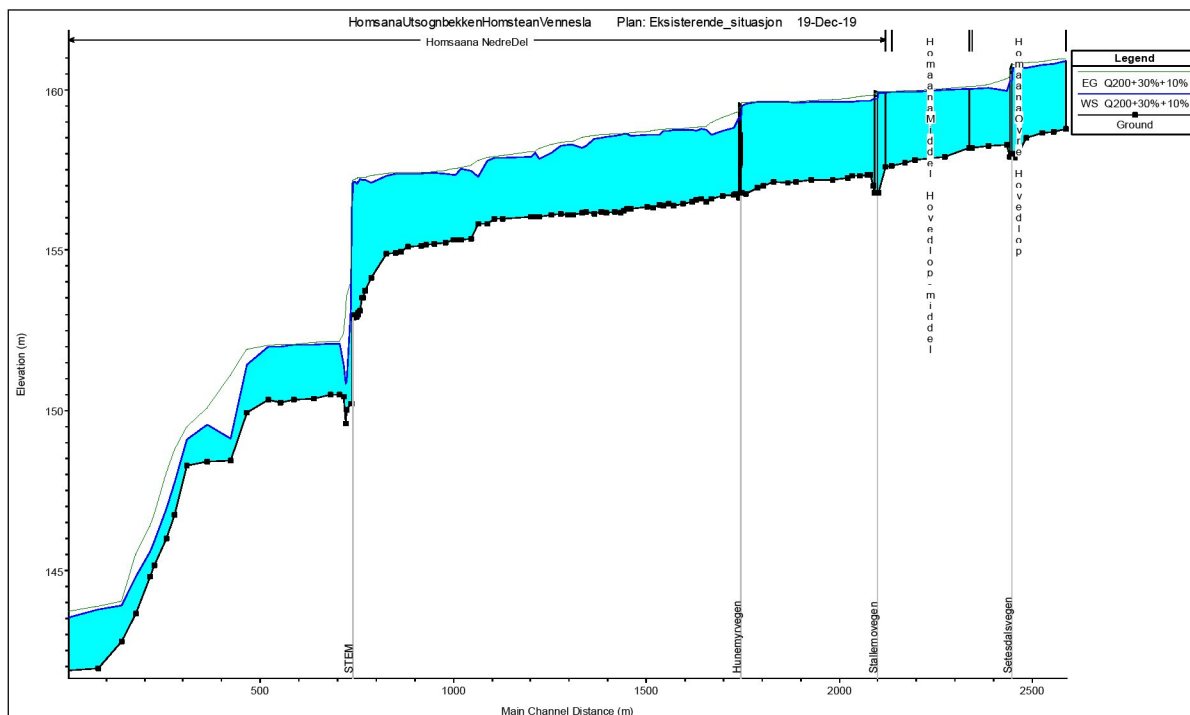
6. DAGENS SITUASJON

6.1 Vann- og energilinjje

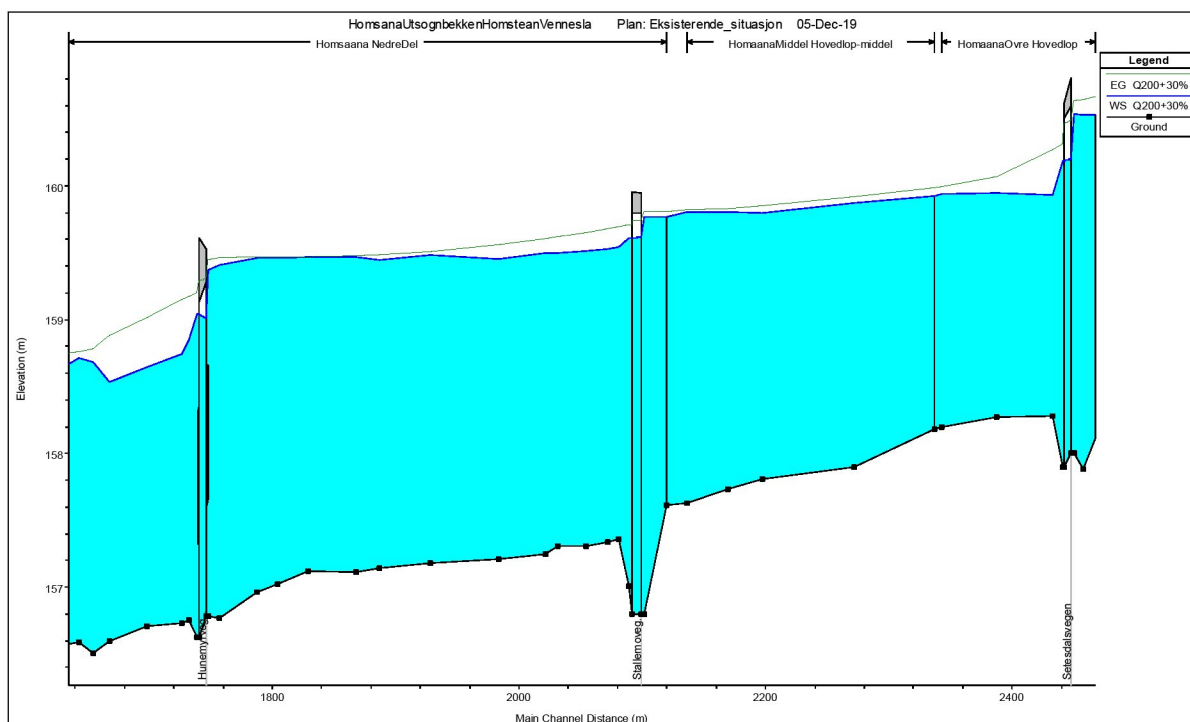
Beregnet vann- og energilinjje ved dimensjonerende flom, $Q_{200}+30\%+10\%$, for hele modellområdet og for planområdet (hovedløp og sidebekk) er vist i henholdsvis Figur 36, Figur 37 og Figur 38. Homsåna/Utsognbekken er stort sett slak (1-2 promille fall i lengderetning), noe som resulterer i høye vannstander og relativt lave vannhastigheter. Typiske verdier for dybder og hastigheter er 2-3 m og 1-2 m/s.

Bruene/kulvertene har alle kapasitet i varierende grad til å avlede dimensjonerende flom uten at veiene overtoppes. Avledningskapasiteten er dårligst for bru under Hunemyrvegen og bru til Setesdalsvegen 781-787. For bru ved Hunemyrvegen er vannstanden oppstrøms kun et par cm under topp dekke, og tyder på at kapasiteten ikke er tilstrekkelig hvis man legger til grunn usikkerhet i flomberegningene og modellen. Oppstuvning foran bru Hunemyrvegen medfører at vannstanden øker lenger oppstrøms. Bru ved Stallemovegen vil også ha kun noen cm fribord, noe som kan tyde på lav kapasitet. Samtidig er bruene/kulvertene påvirket av oppstuvning lenger nedstrøms, slik at det er ikke åpenbart at kapasiteten nødvendigvis er dårlig.

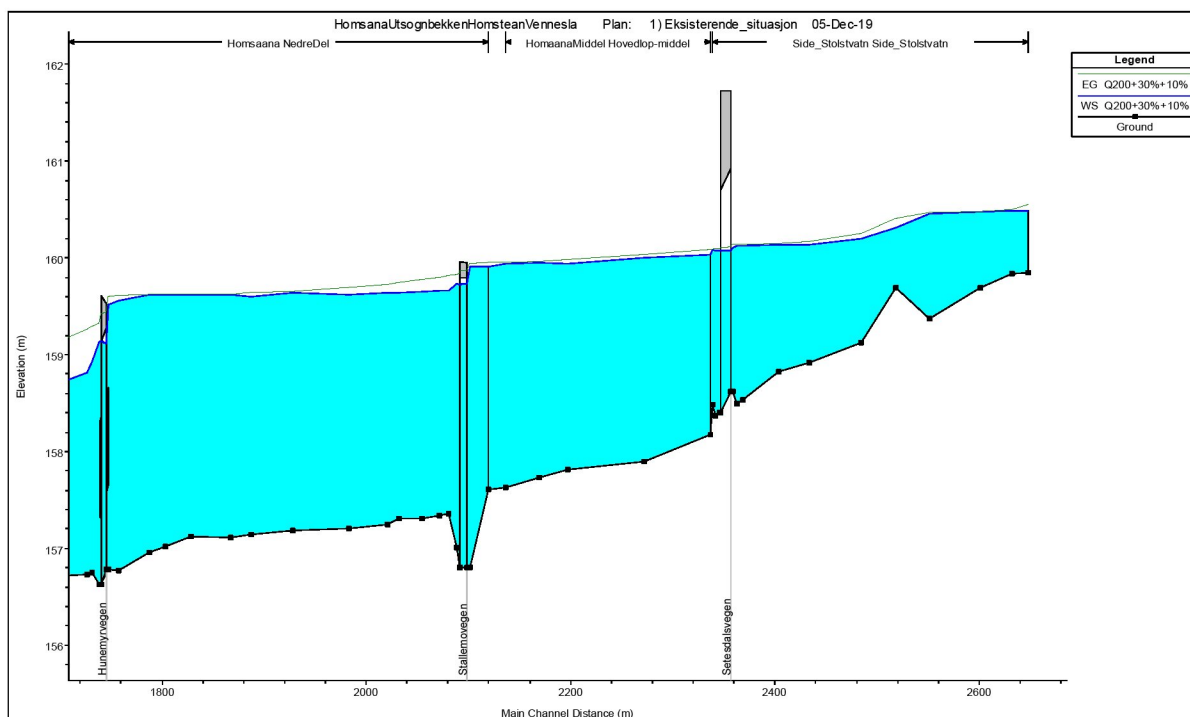
Bru under Setesdalsvegen som avleder vannet fra bekk fra Stølsvatnet har god kapasitet og en lysåpning på ca. 80 cm og fribord på 1,6 m. Ingen tiltak er nødvendig her. Bru til Setesdalsvegen 781-781 har et fribord på ca. 10 cm ved dimensjonerende flom, noe som tyder på at kapasiteten er for lav. Som for bru ved Stallemovegen er bruens avledningsevne påvirket av høy vannstand/energinivå nedstrøms, og det er ikke gitt å konkludere om tiltak bør gjøres før videre undersøkelser er gjort.



Figur 36. Vann- og energilinjje for eksisterende situasjon for hele modellen.



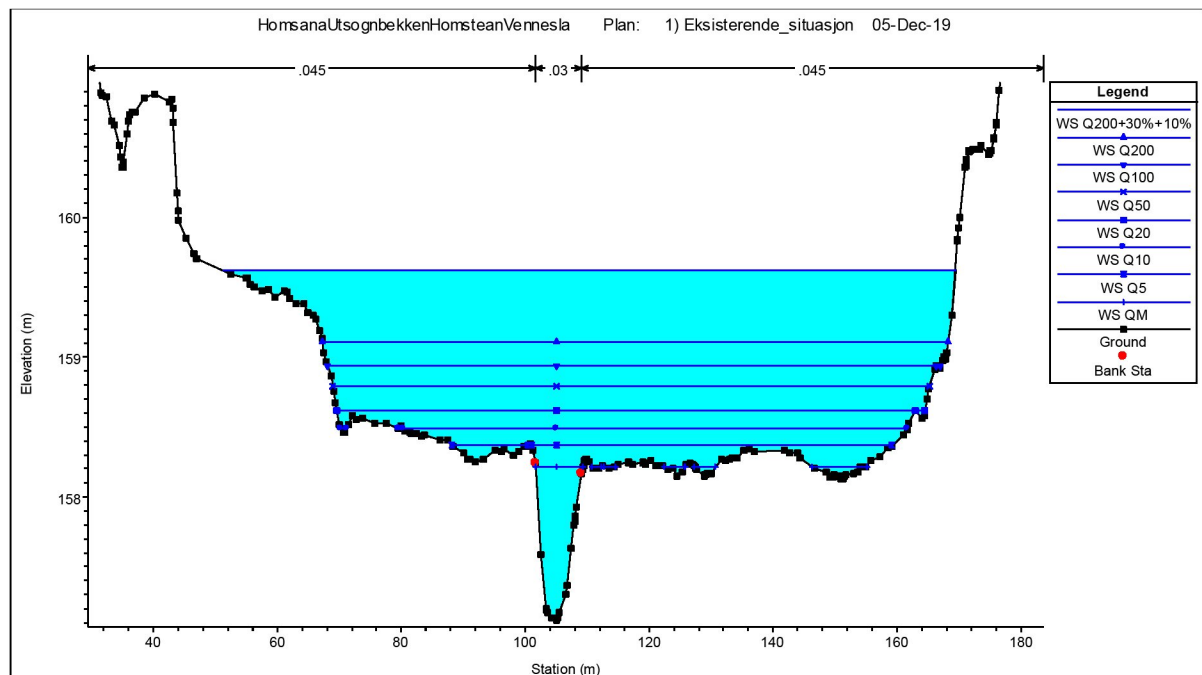
Figur 37. Vann- og energilinje for eksisterende situasjon for Homsåna/Utsognbekken fra bru ved Hunemyrvegen til bru til Setesdalsvegen 781-787.



Figur 38. Vann- og energilinje for eksisterende situasjon for planområdet og sidebekk fra Stølsvatnet.

Kapasiteten til Homsånas/Utsognbekkens elveløp på strekningen mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen er beregnet til så vidt å kunne håndtere en årsflom før vannet går over elvens bredder. Dette er vist for tverrprofil nr. 1839 i Figur 39, hvor vannstand fra årsflom til

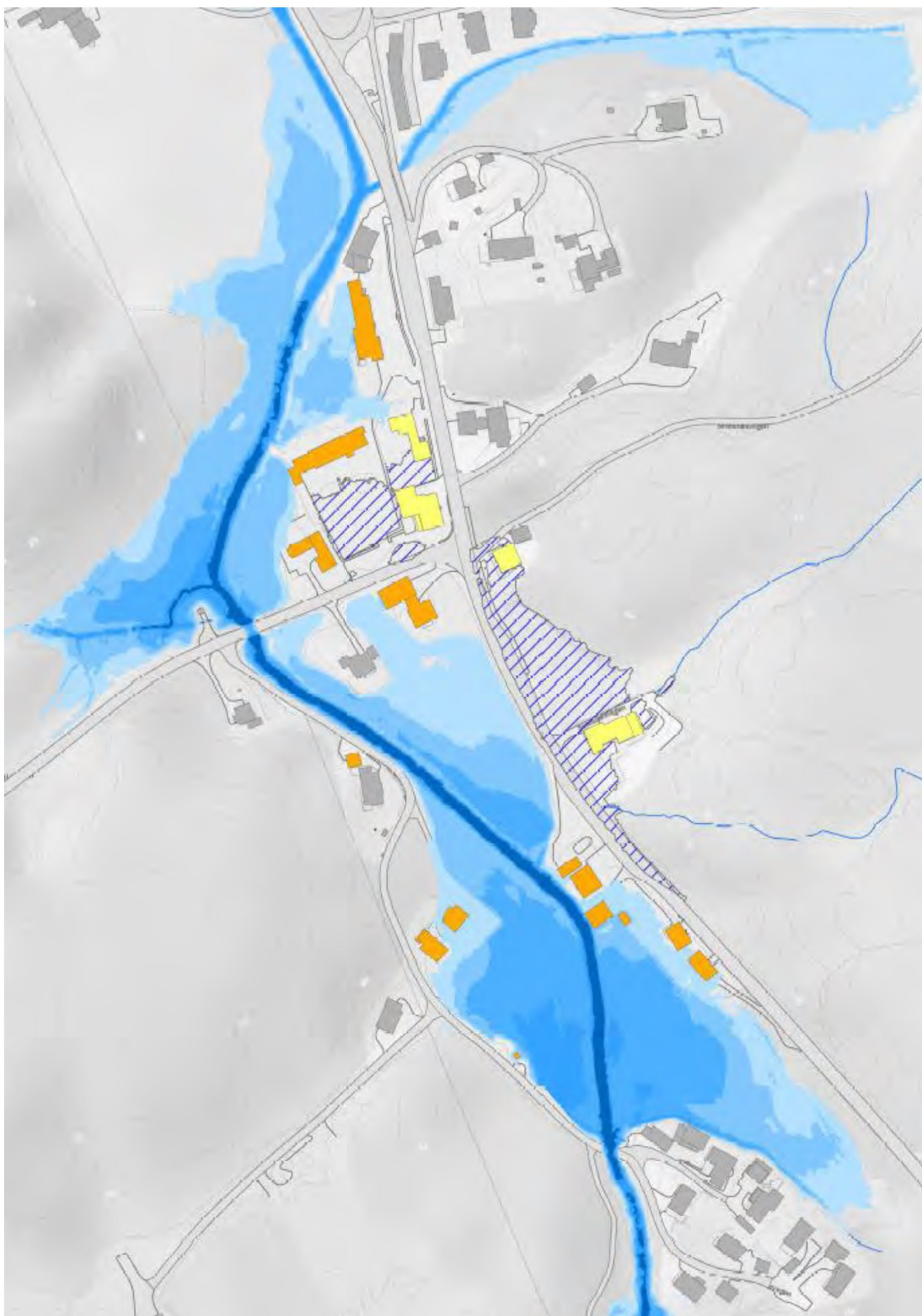
dimensjonerende flom er beregnet, og viser hvor viktig flombreddene er for elvens kapasitet for å avlede flomvannet.



Figur 39. Beregnede vannstander for ulike gjentaksintervall for flom for tverrprofil nr. 1839 (på strekningen mellom bru Hunemyrvegen og Stallemovegen).

6.2 Flomsonekart

I Figur 40 er utklipp av flomsonekart for Homstean basert på flom i Homsåna/Utsognbekken vist. I tillegg er et lavpunkt, terreng som ligger lavere enn beregnet vannlinje i elva, som også har tilrenning fra en sidebekk i øst lagt inn. Det er 14 bygg som står i direkte kontakt med vannspeilet ved dimensjonerende flom og antas å være spesielt utsatt ved en flomhendelse i Homsåna/Utsognbekken (oransje farge). Fire bygg er ligger i lavpunkt (gul farge), hvor vannet har vanskelig for å renne videre nedstrøms, og kan ha være påvirket av flomvann fra Homsåna/Utsognbekken eller sidevassdrag. Grad av påvirkning er ikke undersøkt nærmere. Det er ikke tatt hensyn til sluk og overvannsystem, da dette antas å ha for lav kapasitet ved dimensjonerende flom. De mest utsatte bygningene ligger på strekningen mellom bru ved Hunemyrvegen og Stallemovegen, samt oppstrøms Stallemovegen. Årsaken til at byggene ligger utsatt til kommer nok av at utbygging i området er gjort i det som er elvens naturlige flombredder, uten at tilstrekkelig sikringstiltak er gjort.



Figur 40. Utklipp av flomsonekart for planområdet for eksisterende situasjon. Komplette kart med tegnforklaring er vist i vedlegg.

7. AVBØTENDE TILTAK

I dette kapittelet er det sett på ulike tiltak som kan bedre flomsituasjonen i planområdet, det vil si hva kan man gjøre for å redusere antall bygg/utbyggingsområder som blir påvirket og se på hvor godt tiltakene klarer å oppfylle formålet.

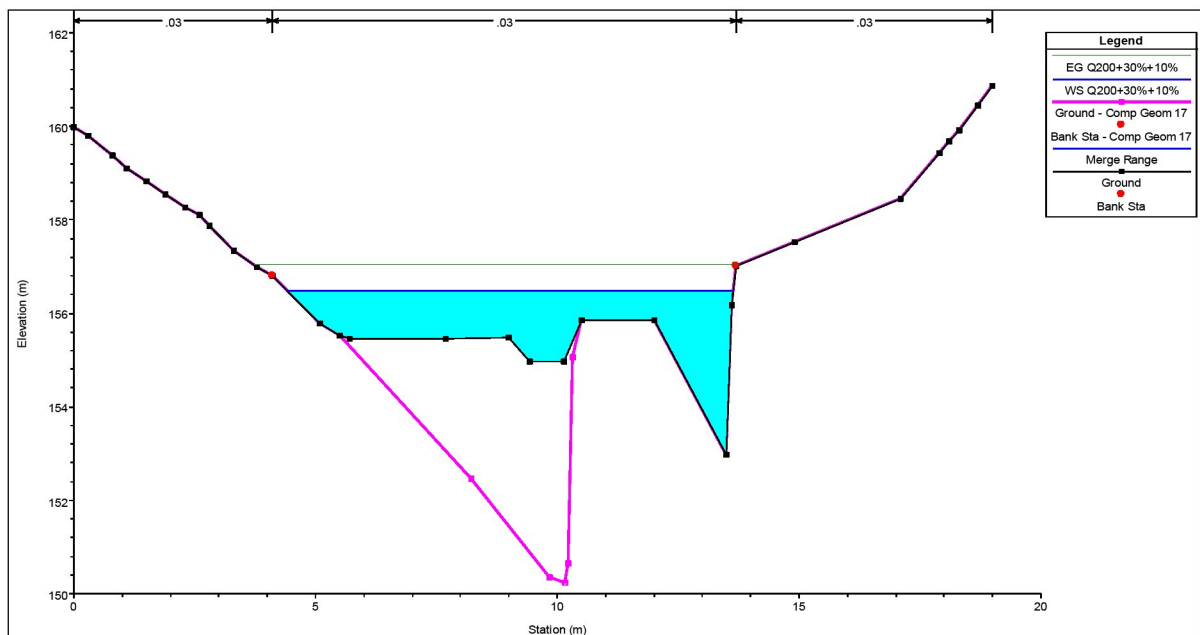
7.1 Senkning av stem

7.1.1 Kort beskrivelse av tiltak

Stemmen som ligger ca. 1 km nedstrøms bebyggelsen i Homstean har blitt identifisert som en mulig årsak til problemene med flomvann i kjellere. For å gjøre en vurdering om stemmen påvirker forholdene ved Homstean er det gjort en modifisering av modell for eksisterende situasjon hvor stemmen er fjernet og terrenget oppstrøms er senket noe, se bilde av tenkt fjerning av stem i Figur 41 og endring i modellen i Figur 42. Fjerningen av stemmen ble gjort ved at tverrprofilene ble senket og tilpasset slik at nytt terreng går langs bergskråningen.



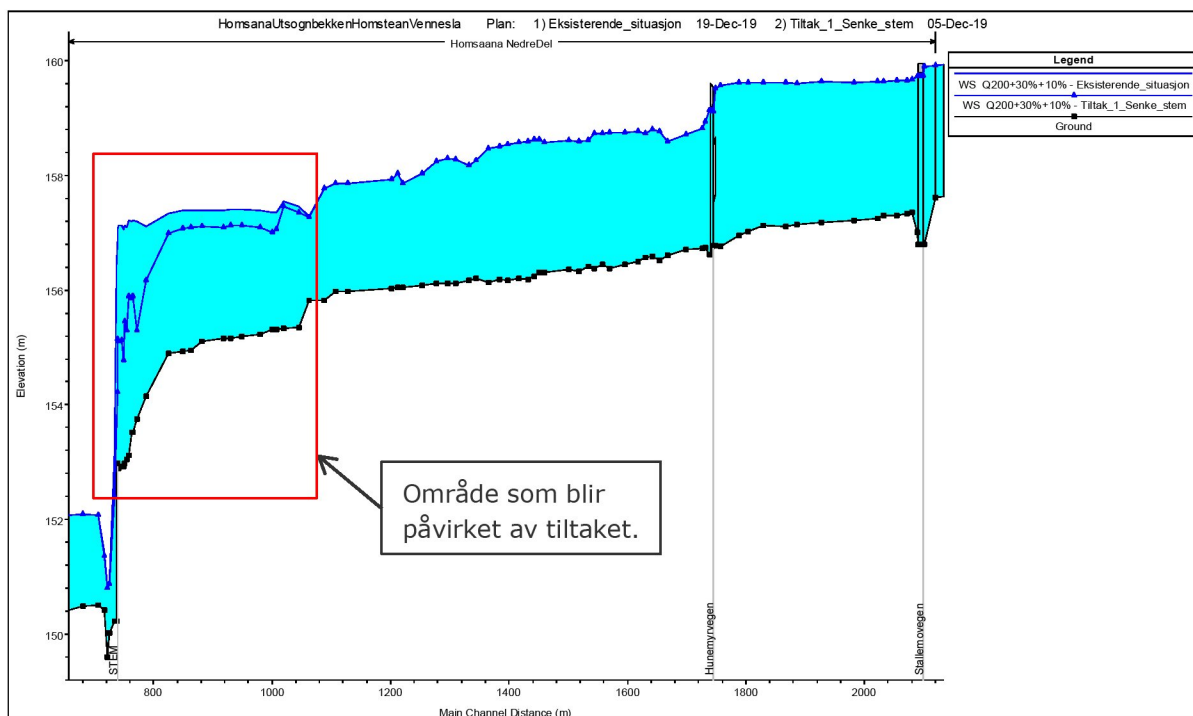
Figur 41. Bilde av stem sett fra nedstrøms side. Rød strek viser omtrentlig hva som ble fjernet i tverrprofilet.



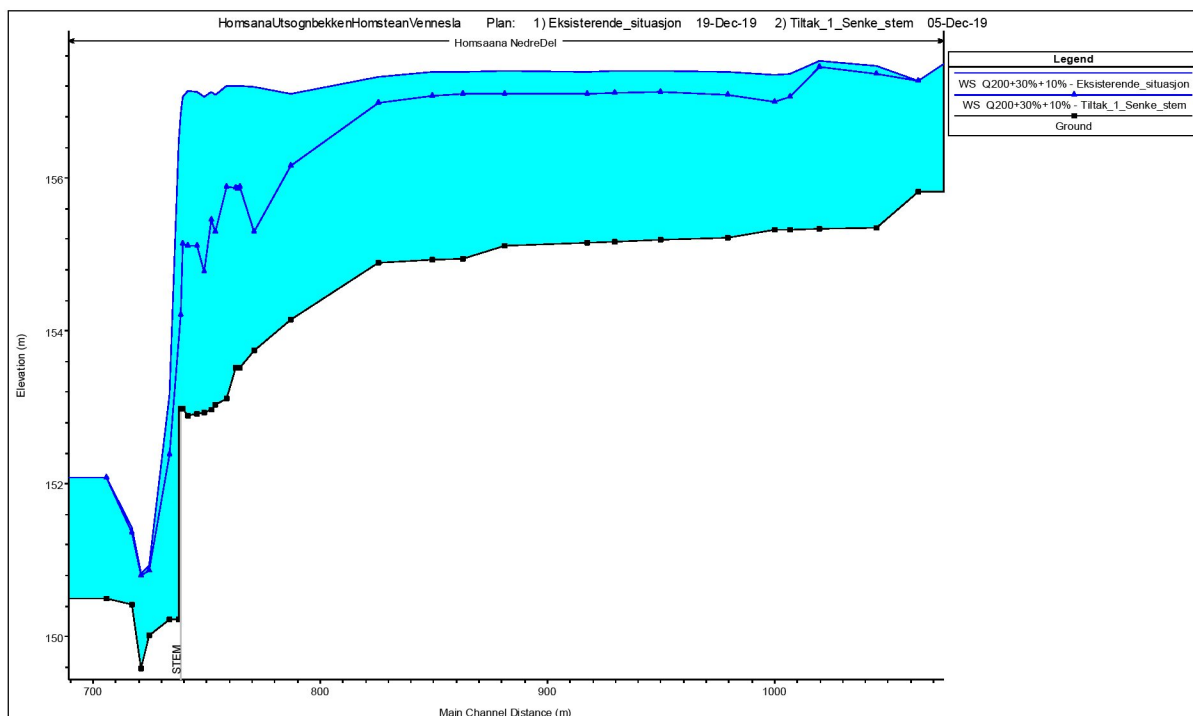
Figur 42. Tverrprofil 749 sett fra oppstrøms side. Eksisterende situasjon (svart linje med prikker) og etter tiltak (rosa linje).

7.1.2 Resultater

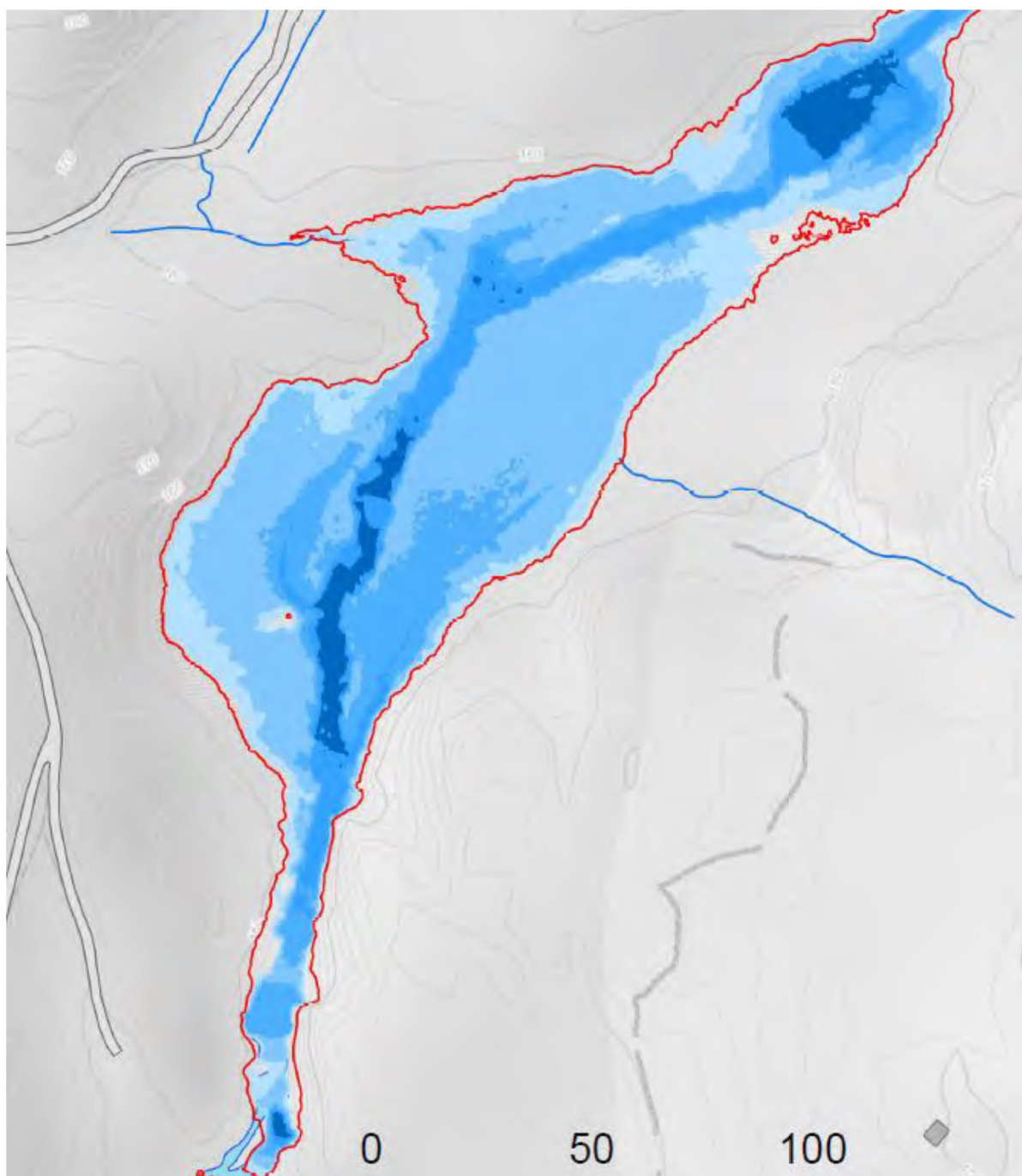
Vannlinjen for tiltaket og eksisterende situasjon er vist fra stem til planområdet i Figur 43 og lokalt ved stem i Figur 44. Figurene viser en endring i vannstand i overkant av 300 meter oppstrøms og ca. 40 meter nedstrøms stemmen. Strømningsforhold mellom stemmen og planområdet gjør at effekten fra stemmen ikke vil påvirke forholdene ved planområdet. Et utklipp av flomsonekartet for påvirket området er vist i Figur 45. Det er minimale endringer i flomutbredelsen, som er mest synlig i kanalen før stemmen.



Figur 43. Vannlinje beregnet etter tiltak senke stem (blå linje med trekanten), sammenlignet mot eksisterende situasjon (blå linje med fyll).



Figur 44. Vannlinje beregnet etter tiltak senke stem (blå linje med trekanten) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) for området påvirket.



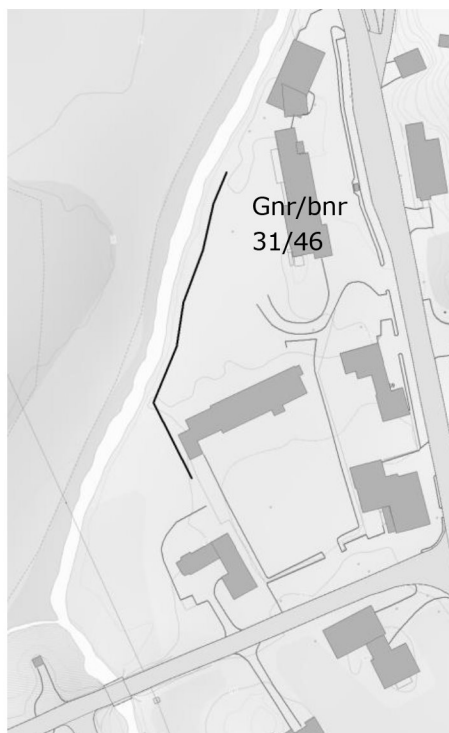
Figur 45. Utklipp av flomsonekart oppstrøms stem etter tiltak hvor stem er senket. Eksisterende flomsone vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.

Ovenstående resultater gjelder for en situasjon med konstant vannføring lik dimensjonerende flom. I en reell flomsituasjon vil flomforløpet være omentrent som beregnet og vist i Figur 32, og selve flomtoppen vil vare i 1-2 timer. I tillegg må det derfor vurderes om stemmen/dammens volum kan bidra til flomdemping videre nedstrøms i vassdraget. Det er valgt å ikke utrede mulige konsekvenser ved fjerning av stemmen nedstrøms som følge av at det er et tiltak som frarådes å gjennomføre. Skulle man av andre grunner ønske å fjerne stemmen bør konsekvenser vurderes ved f.eks. en dynamisk modell.

7.2 Flomvoll mot bebyggelse i øst mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen

7.2.1 Kort beskrivelse av tiltak

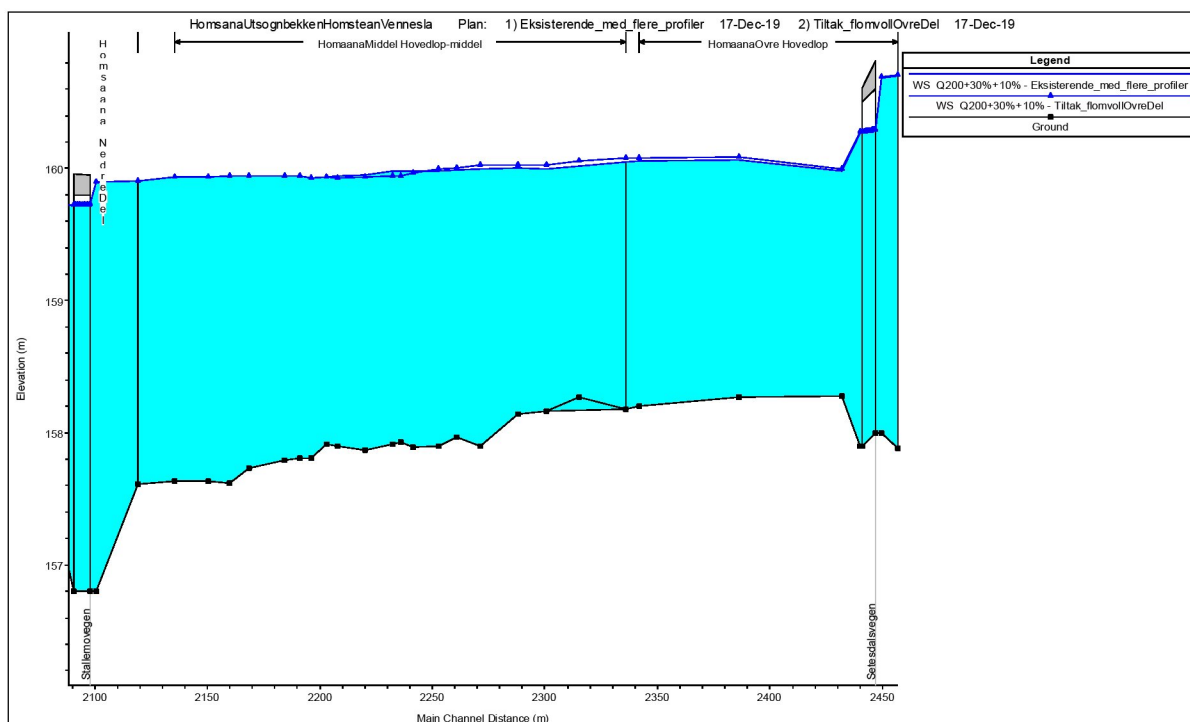
Det er en flomvoll mot bebyggelse i øst på strekning mellom bru ved Stallemovegen til utløp av sidebekken fra Støltsvatnet i Homsåna/Utsognbekken, se skisse i Figur 46. Kapasiteten er beregnet å være for liten for eksisterende flomsituasjon, og fører til at noen bygg risikerer å få flomvann inn mot husveggen og/eller ned i kjellere. For å hindre dette foreslås det at flomvollen heves og tettes langs bekken slik at vann ikke vil trenge inn i lavpunkt. En hevet flomvoll vil føre til at vannet har mindre plass å gjøre av seg, og føre til at vannstanden stiger noe. Dette tiltaket er vurdert for å undersøke hvor mye en heving av voll vil utgjøre for vannlinjen.



Figur 46. Heving og tetting av eksisterende flomvoll mot bebyggelse i øst.

7.2.2 Resultater

Vannlinjen for tiltaket og eksisterende situasjon er vist i Figur 47, og viser at vannstanden stiger 2-4 cm en del av området. Negativ påvirkningen av å etablere en flomvoll anses som marginal. Det vil derfor være et godt tiltak for å beskytte bebyggelsen i øst langs Homsåna/Utsognbekken mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen. Flomvollen bør heves 0,5-1 meter langs aktuell strekning, hvor flomvollen mot eiendom med gårdsnummer/bruksnummer 31/46 er spesielt viktig å heve og tette. Dette tiltaket er innarbeidet i videre vurderte avbøtende tiltak.



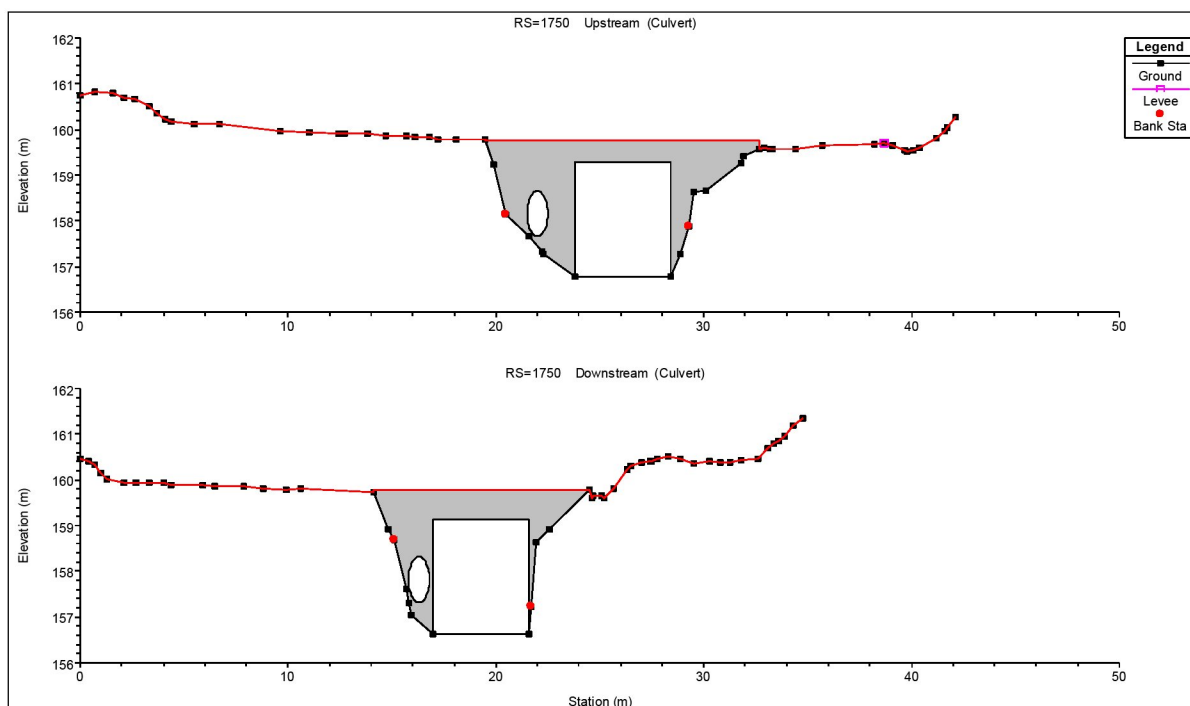
Figur 47. Vannlinje beregnet etter tiltak flomvoll langs bebyggelse i øst (blå linje med trekkanter) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) for området mellom bru Stallemovegen og bru til Setesdalsvegen 781-787.

7.3 Øke lysåpning under Hunemyrvegen

Tiltak med flomvoll langs bebyggelse i øst langs Homsåna/Utsognbekken mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen, beskrevet i kapittel 7.2.1, er lagt til grunn for dette tiltaket også.

7.3.1 Kort beskrivelse av tiltak

Basert på resultatene for den eksisterende situasjonen er bru ved Hunemyrvegen identifisert som et område hvor kapasiteten er for liten. I Figur 37 ser man at vannstanden står opp mot vegdekke på bruene, uten at bruene overtoppes. Lav kapasitet ved bruene vil forplanter seg lenger oppstrøms i vassdraget, i form av høyere vannstand. For å motvirke oppstuvningen er det derfor sett på et alternativ med å øke lysåpningen ved Hunemyrvegen. Det ble testet i modellen ved å fjerne hele brukonstruksjonen, slik at det kun var terrenget igjen. For å kunne oppnå en slik situasjon vil det være nødvendig å erstatte eksisterende bru med ny, slik at lysåpningen blir som dagens terreng (eller bredere). Tverrprofilene oppstrøms og nedstrøms bruene er vist i Figur 48, hvor det grå feltet er brukonstruksjonen som ble fjernet for dette tiltaket.



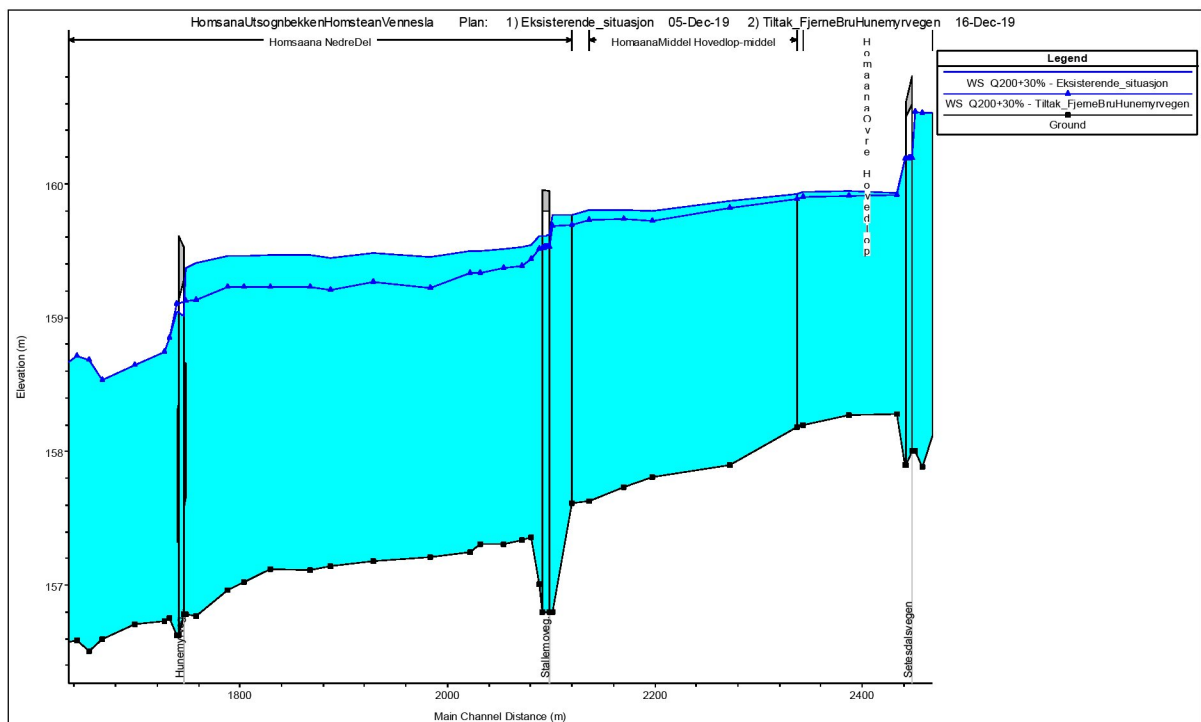
Figur 48. Bru ved Hunemyrvegen for tiltak ble tatt bort i modellen, her vist for eksisterende situasjon.

7.3.2 Resultater

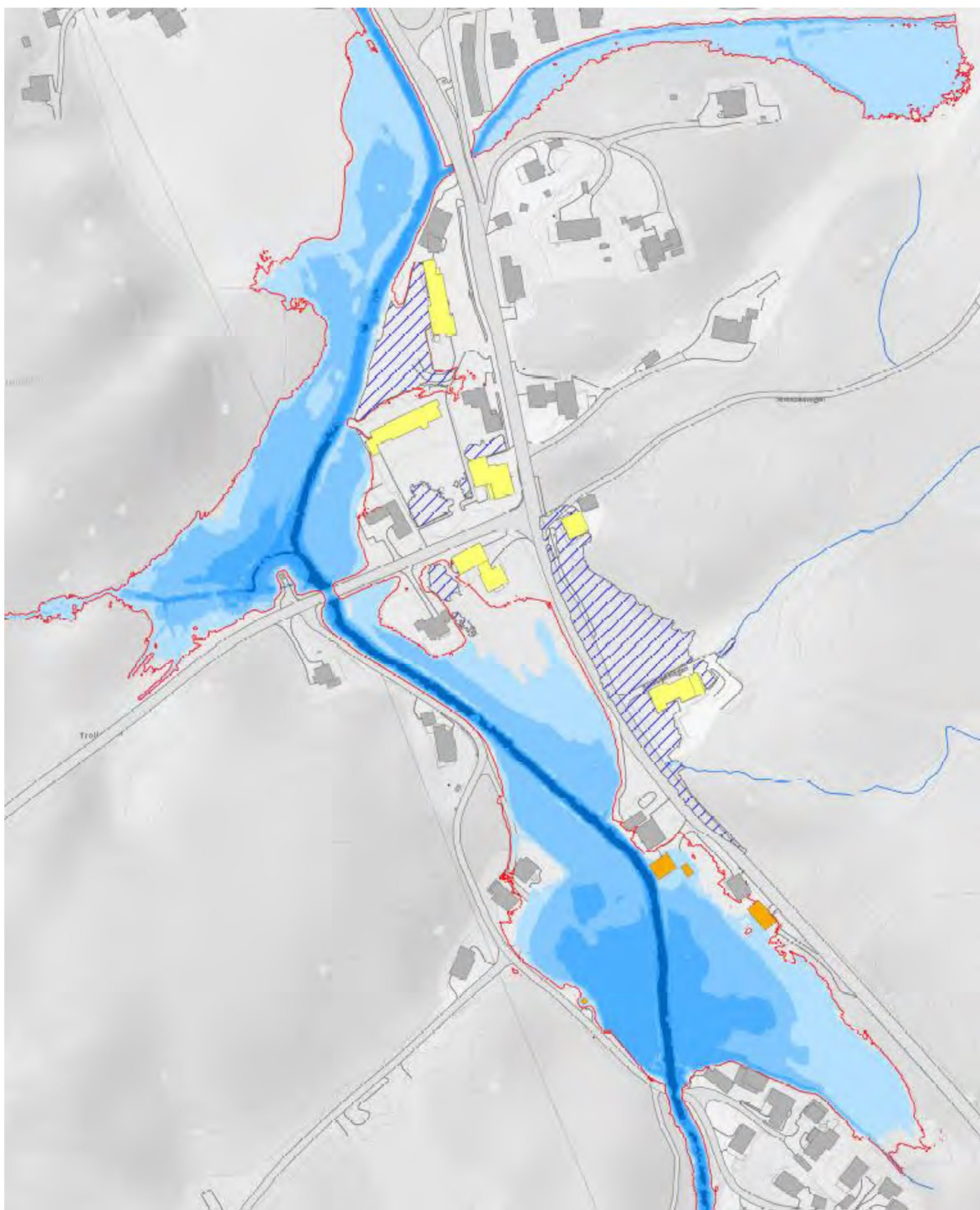
Den beregnede vannlinjen for tiltaket og eksisterende situasjon er vist i Figur 49, og viser at det gir god effekt å øke lysåpningen. Vannlinjen vil senkes helt opp mot bruene til Setesdalsvegen 781-787. Vannstanden ved fjerning av bru er beregnet å være noen cm lavere enn ved overkant topp innløp til dagens brukulvert, noe som tilsier at bruens kulvertløp i dag har et for lite areal.

Mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen senkes vannstanden ca. 20 cm, med avtakende effekt lenger oppstrøms. Vannstanden oppstrøms bru ved Stallemovegen senkes slik at den er ca. i samme høyde som toppen av kulvertløpet. Altså vil avledningskapasiteten for bru ved Stallemovegen øke ved å gjøre tiltak med bru ved Hunemyrvegen. Oppstrøms bru til Setesdalvegen 781-787 er vannstanden ikke endret, noe som tyder på at det er innløpsforholdene og bruens tverrsnitt som begrenser kapasiteten.

Et utklipp av flomsonekartet for planområdet for gjeldende tiltak er vist i Figur 50. Det er vurdert at fire bygg vil være direkte utsatt for flom, mens seks bygninger vil ligge i lavpunkt, med en potensiell fare for skader av flomvann. Tiltaket medfører en reduksjon i åtte bygninger som er flomutsatte og en økning på to bygninger som vil bli liggende i et lavpunkt.



Figur 49. Vannlinje etter tiltak med øke lysåpning ved Hunemyrvegen (blå linje med trekantar) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.



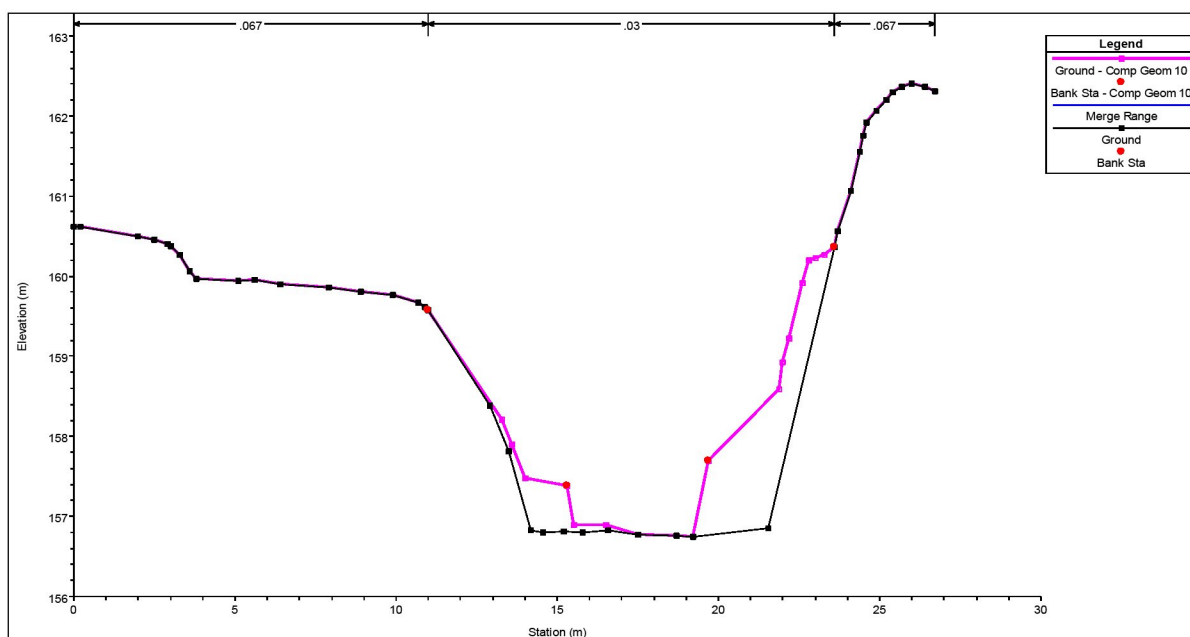
Figur 50. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med økt lysåpning ved bru Hunemyrvegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.

7.4 Utvide elveløpet sør for Hunemyrvegen

Tiltak med flomvoll langs bebyggelse i øst langs Homsåna/Utsognbekken mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen, beskrevet i kapittel 7.2.1, er lagt til grunn for dette tiltaket også.

7.4.1 Kort beskrivelse av tiltak

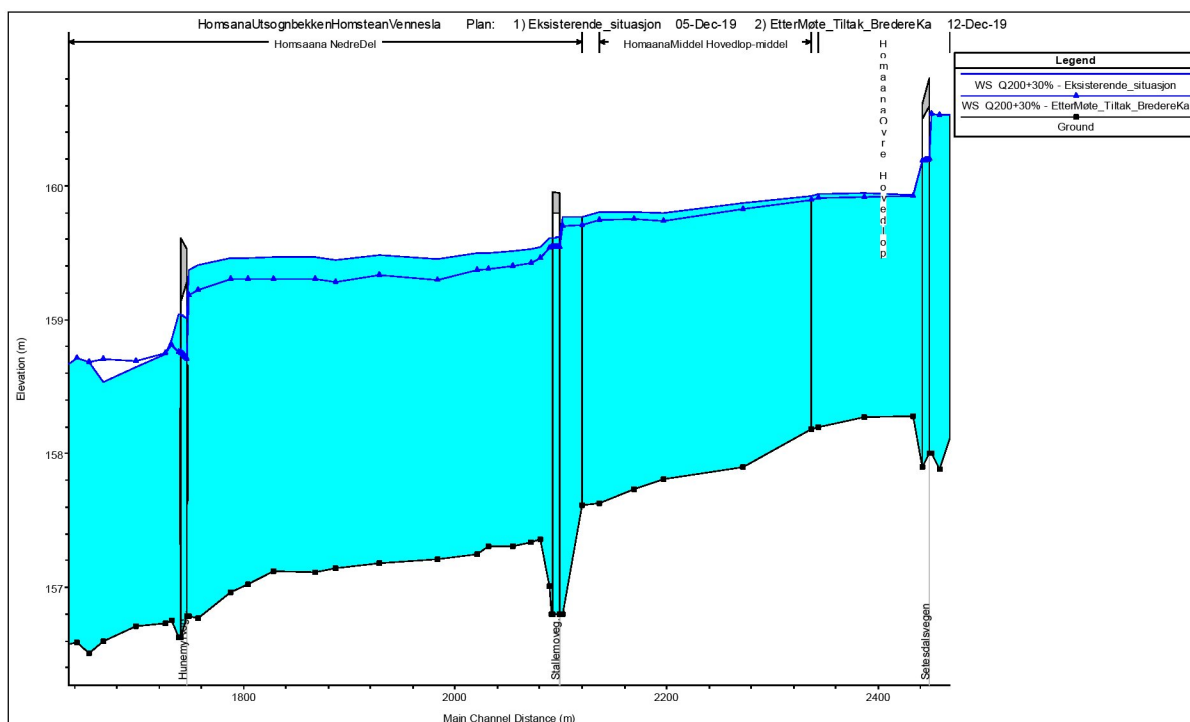
I forrige tiltak ble sett på å øke lysåpningen til bru ved Hunemyrvegen som medfører senkning av vannlinjen oppstrøms. Fra Figur 49 kan man se at det er en betydelig nivåforskjell oppstrøms og nedstrøms bruene ved Hunemyrvegen, uansett om man har bru eller fjerner den. Det tyder på at elveløpet videre er for smalt for å avlede dimensjonerende flom. Derfor har det blitt undersøkt hva det vil si om man utvider elveleiet sør for Hunemyrvegen. Generelt er det et trangt løp som er låst med tilkomstvei til boliger i øst og en vei til jordbruksareal i vest. Figur 12 i kap. 2.4 viser et bilde av nedstrøms forhold: mye vegetasjon (trær, busker og kratt) og antydning til synlig berg. En utvidelse av løpet er forventet å bestå av vegetasjonsrydding, graving og noe fjellsprenghing. Et eksempel på redigering av terrengprofilene er vist i Figur 51. Bruen ved Hunemyrvegen er ikke endret fra eksisterende situasjon i dette tiltaket.



Figur 51. Eksempel på redigering av eksisterende terrengmodell (svart strek med firkanter viser tiltak og rosa strek eksisterende modell). Her vist for et utklipp av tverrprofil 1742.

7.4.2 Resultater

De beregnede flomlinjene for tiltaket, se Figur 52, viser at en utvidelse av elveløpet vil gi positiv effekt og vannstanden oppstrøms bru ved Hunemyrvegen senkes. Effekten vil forplante seg helt opp mot bru til Setesdalsvegen 781-787. Vannstanden mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen er senket ca. 15 cm, og vannstandssenkningen blir mindre lenger oppstrøms. Tiltaket vil med andre ord gi litt mindre effekt sammenlignet med å øke lysåpningen til bru ved Hunemyrvegen.



Figur 52. Vannlinje beregnet etter tiltak hvor elveløpet sør fra Hunemyrvegen er utvidet (blå linje med trekkanter) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.

I flomsonekartet for tiltaket, utklipp for planområdet vist i Figur 53, er det seks bygg som er markert som flomutsatt og seks bygg med potensiell risiko, da de ligger i lavpunkt. Dette er en bedring av forholdene i form av åtte mindre flomutsatt bygg. Bygg som ligger i lavpunkt har økt med to, som følge av etablering av flomvoller i tidligere flomutsatte områder.



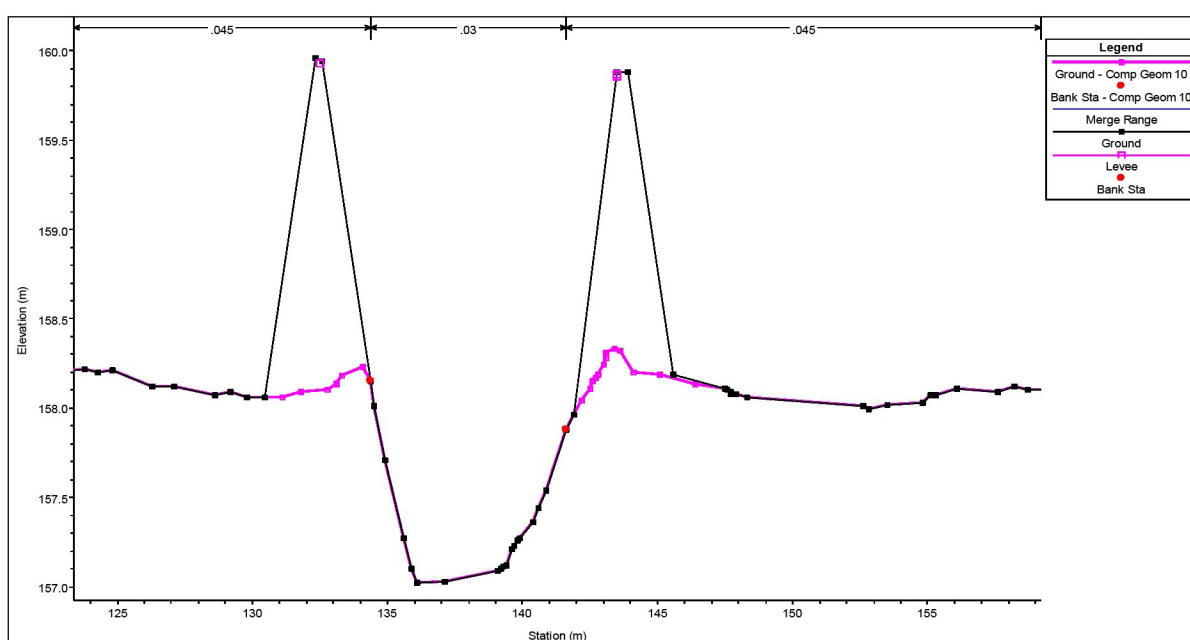
Figur 53. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med utvidelse av løp sør for bru ved Hunemyrvegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.

7.5 Flomvoller mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen

Tiltak med flomvoll langs bebyggelse i øst langs Homsåna/Utsognbekken mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen, beskrevet i kapittel 7.2.1, er lagt til grunn for dette tiltaket også.

7.5.1 Kort beskrivelse av tiltaket

For å beskytte bebyggelsen langs Homsåna/Utsognbekken er et alternativ å bygge opp flomvoller som sørger for at vannet ikke tar uønskede veier. Det ble lagt inn flomvoller ved å heve eksisterende terreng langs elveleie 1-2 meter over dagens nivå mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen. Et eksempel på redigeringen som ble gjort i modellen er vist i Figur 54. Det må blant annet lages en voll/støpt murkant langs Hunemyrvegen som går parallelt med elveleie fra Stallemovegen. Denne blir liggende ca. 0,5-1 meter over dagens vei. En voll vil bli et veldig synlig element i landskapet.

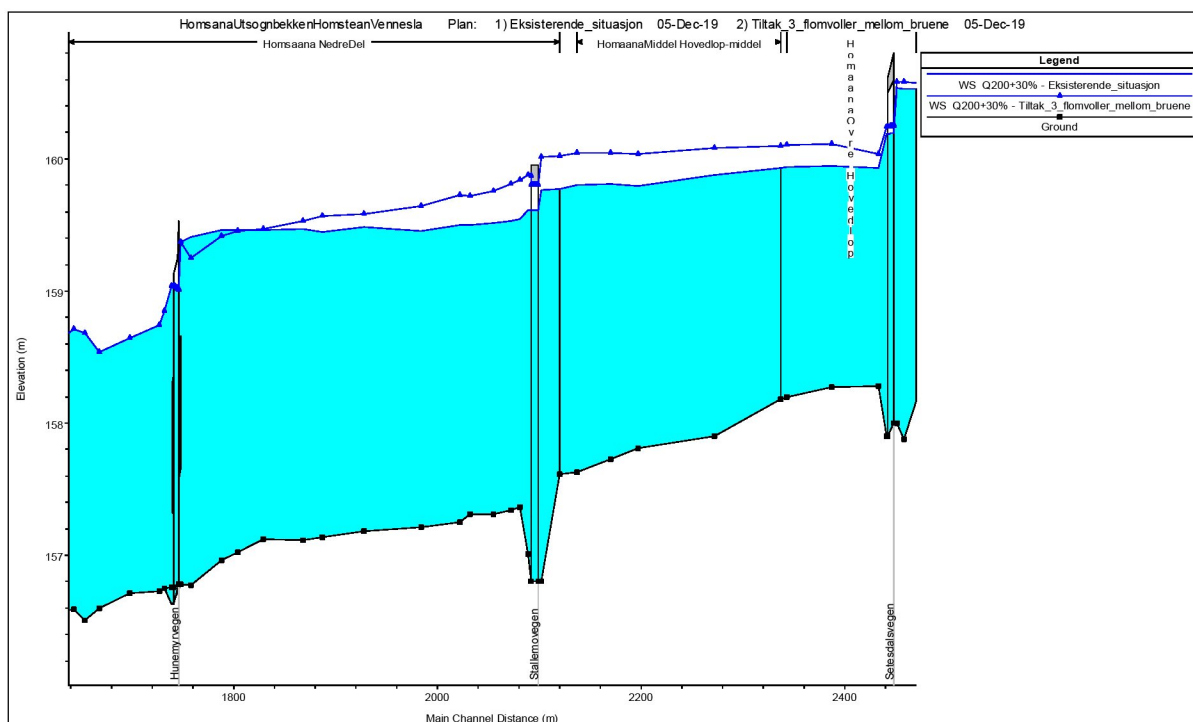


Figur 54. Eksempel på editering av eksisterende terrengmodell (svart strek med firkanter viser tiltak og rosa strek eksisterende modell). Her vist for et utklipp av tverrsnitt 1814.

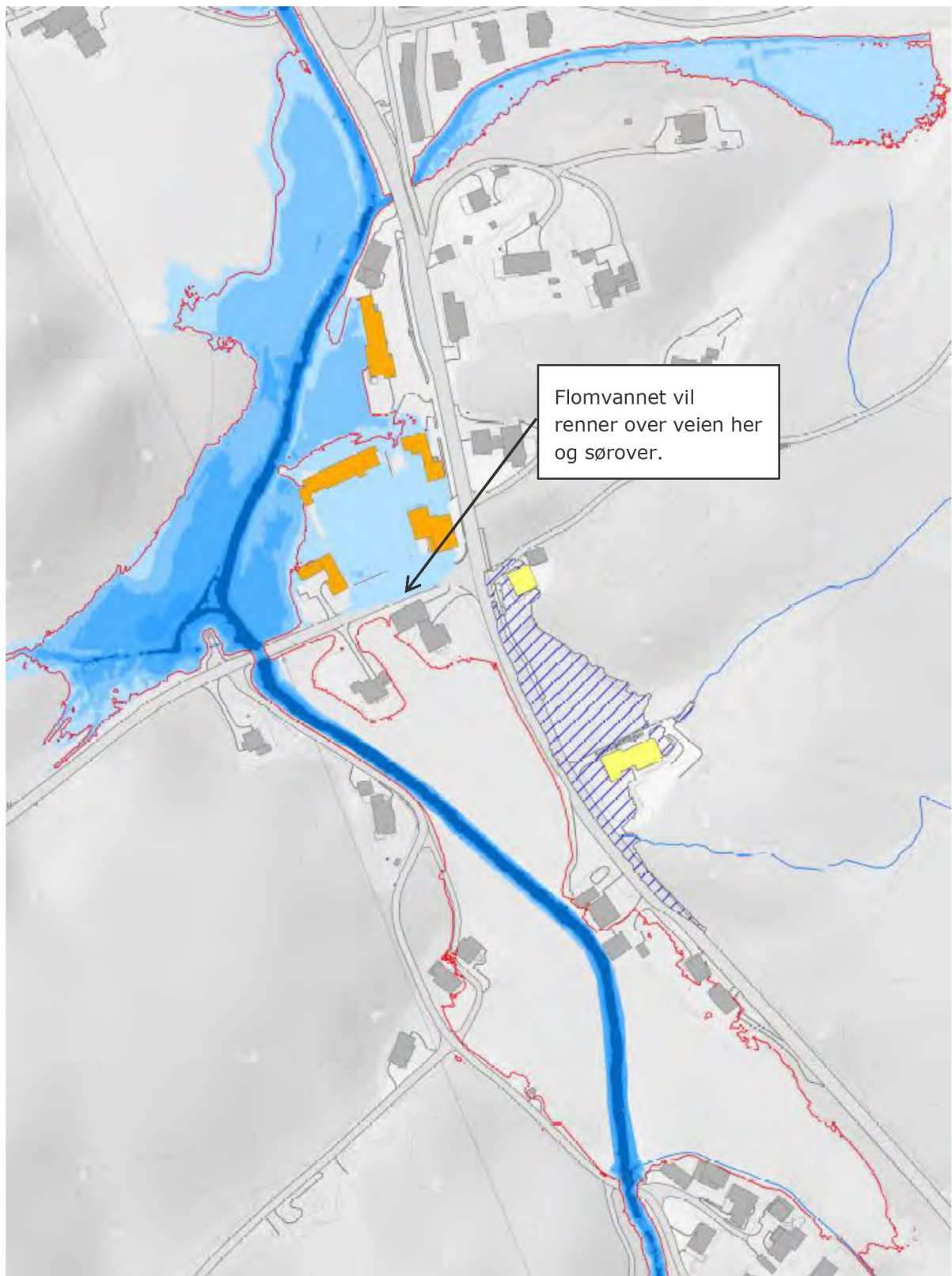
7.5.2 Resultater

Vannlinjen i Figur 55 tilsier at tiltak med flomvoller vil heve vannstanden generelt og forverre forholdene betydelig oppstrøms Stallemovegen uten ekstra tiltak der også. Kun rett oppstrøms bru ved Hunemyrvegen er det beregnet at vannstanden vil være lavere enn ved eksisterende situasjon. Selv om vannstanden stiger mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen vil vannet være håndtert i elveløpet og ikke føre til skade for bebyggelsen. Flomvollene må erosjonssikres da vannhastigheten vil øke noe når elveløpet blir mer kanalisert, uten flombredder. Det som derimot blir en utfordring med dette tiltaket er økt vannstand oppstrøms Stallemovegen, som fører til at vannet tar nye veier og renner over veier lenger mot øst, se flomsonekart i Figur 56.

Flomsonekartet tilsier at minst fem bygg vil være flomutsatt. Som følge av modellbegrensninger er ikke flomvannet som vil renne over Stallemovegen og videre sørover beregnet. Trolig vil nærmest bygg også være utsatt for flom. To bygg vil ligge i lavpunkt som følge av sidevassdrag med lav avledningskapasitet. Tiltaket har ført til en reduksjon av flomutsatte bygg med ni og bygg i lavpunkt med to, samtidig som Stallemovegen nå blir oversvømt.



Figur 55. Vannlinje beregnet etter tiltak med flovvoller mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen (blå linje med trekanter) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet



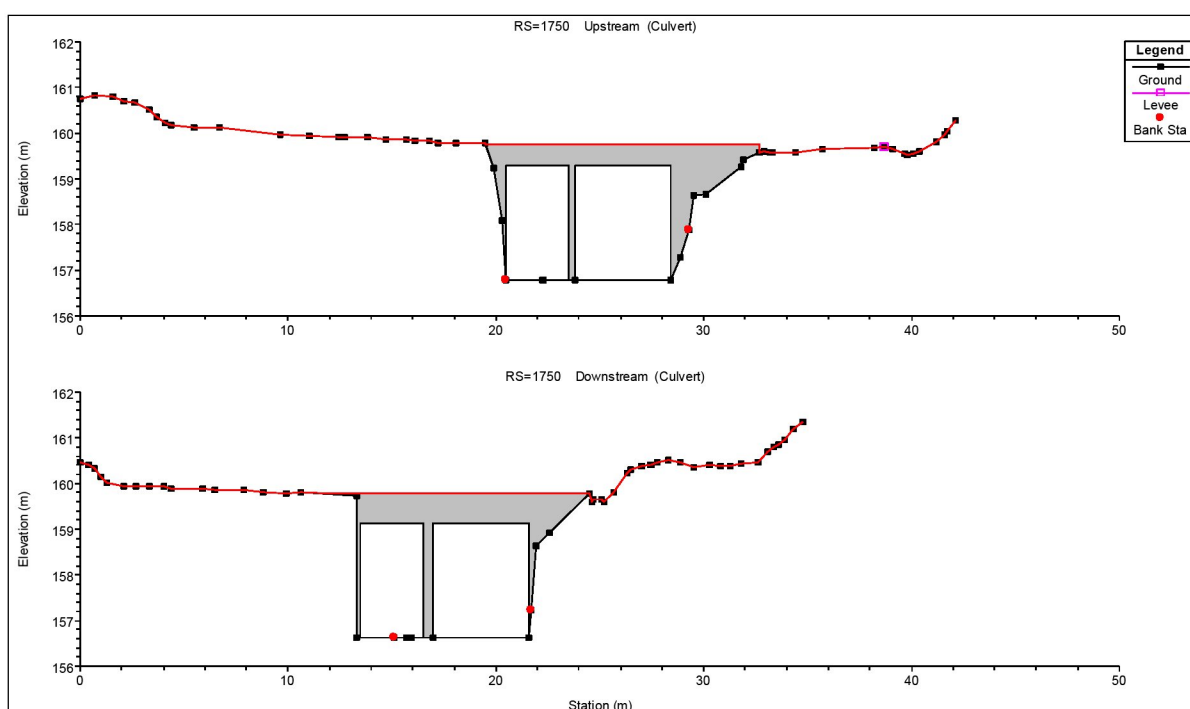
Figur 56. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med flomvoller mellom bru ved Hunemyrvegen og Stallemovegen. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.

7.6 Kombinasjon - øke lysåpning under Hunemyrvegen og utvide elveløpet

Tiltak med flomvoll langs bebyggelse i øst langs Homsåna/Utsognbekken mellom Stallemovegen og Setesdalsvegen, beskrevet i kapittel 7.2.1, er lagt til grunn for dette tiltaket også.

7.6.1 Kort beskrivelse av tiltaket

Tiltak med å øke lysåpning og utvide bredden på elveløpet sør for bruene ved Hunemyrvegen er to tiltak som selvstendig forbedrer forholdene for planområdet, uten å forverre andre steder, slik som flomvoller vil medføre. I dette tiltaket er det derfor sett på en kombinasjon av begge de tidligere tiltakene. Istedenfor å fjerne hele bruene er det i dette tiltaket sett på effekten av å legge en 3 m bred og 2,5 m høy prefabrikkert bokskulvert i tillegg til dagens bru, se Figur 57. Det er gjort av hensyn for å redusere anleggstiden, for at veien skal være stengt kortest mulig tid. En prefabrikkert kulvert vil kunne legges og settes i drift raskere enn f.eks. å støpe en bru med fundamenter.



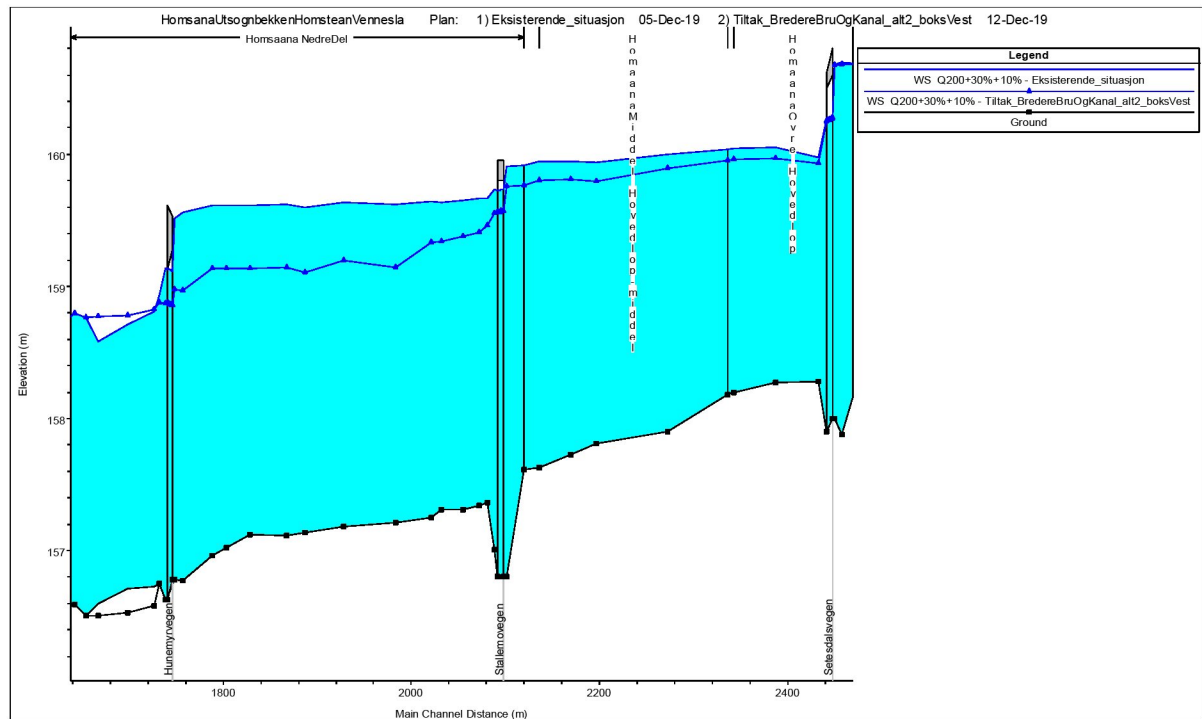
Figur 57. Ny bokskulvert 3x2,5 m lagt inn ved siden av eksisterende løp for bru ved Hunemyrvegen.

I tillegg har det blitt etablert to lokale flomvoller i søndre del av planområdet da det viste seg vanskelig å senke flomvannstanden tilstrekkelig, slik at et fysisk hinder har blitt vurdert som eneste mulige tiltak for å beskytte byggene mot flomvann. Byggene vil fortsatt være potensielt utsatt ved at det er fare for høyt grunnvannsnivå ved langvarig høy flomvannstand.

7.6.2 Resultater

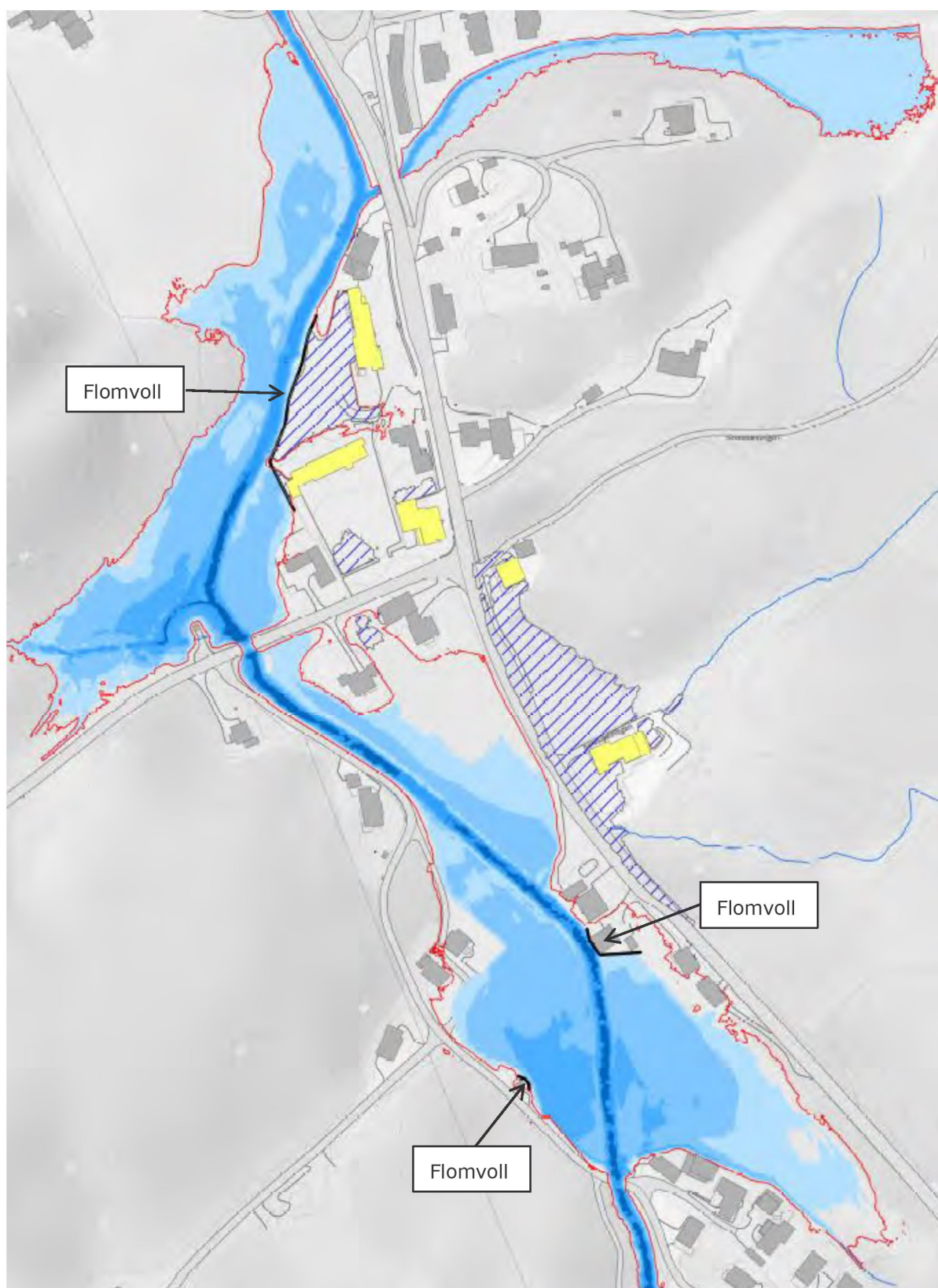
En kombinasjon av økt lysåpning under Hunemyrvegen og utvidelse av elveløpet i sør gir en bedre effekt enn tiltakene hver for seg. Vannstanden mellom Hunemyrvegen og Stallemovegen senkes i underkant av 50 cm, med størst endring nedstrøms og avtagende endring lenger oppstrøms. Beregnet vannstand oppstrøms bru/kulvert under Hunemyrvegen ligger ca. 30 cm lavere enn topp underkant bru/kulvert, og betyr at det vil være lysåpning ved flom. Det vil med andre ord være en sikkerhetsmargin og god kapasitet til å avlede flomvannet.

Senkning av vannstanden mellom bruene ved Hunemyrvegen og Stallemovegen medfører at kapasiteten til stikkrenner som renner inn til Homsåna/Utsognbekken vil øke, da vannet møter mindre motstand i form av lavere vannstand og energilinje i forhold til eksisterende situasjon. Dette vil trolig bedre forholdene i en viss grad for boligene i Setesdalsvegen 752 og 760.



Figur 58. Vannlinje beregnet etter kombinert tiltak utvidelse av elveløp og lysåpning under Hunemyrvegen (blå linje med trekantar) og eksisterende situasjon (blå linje med fyll) ved planområdet.

Et utklipp av flomsonekart for planområdet for tiltaket er vist i Figur 59, og viser at med foreslåtte avbøtende tiltak kan man fjerne faren for flomutsatte bygg helt. Bygg som blir liggende i lavpunkt er vurdert til fem, ett bygg mer enn i dag. Tiltaket medfører at færre bygg blir påvirket totalt sett.



Figur 59. Utklipp av flomsonekart for planområdet etter tiltak med kombinasjon av økt lysåpning ved bru Hunemyrvegen og utvidet elveløp videre nedstrøms. Eksisterende flom er vist med rød linje. Komplette flomsonekart med tegnforklaring er vist i vedlegg 2.

8. USIKKERHET

Denne type analyser og beregningsresultater vil alltid være heftet med usikkerhet. Faktorer som nevnt nedenfor vil påvirke sluttresultatet og dermed påvirke beregnede vannlinjer og flomutbredelser.

Usikkerheten i flomberegningene er vurdert etter NVE-veileder 7/2015. Observasjoner i nært vassdrag gjør flomberegningene noe mindre usikre, men med lite data i vassdraget settes usikkerheten til flomberegningene til stor: «Brukbart hydrologisk datagrunnlag i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området alternativt begrenset hydrologisk datagrunnlag.» (tabell 8, NVE, 2015b).

Datagrunnlaget for vassdraget kan karakteriseres som godt da det er anvendt filtrert laserdata i tillegg til nøyaktige innmålinger (GPS og totalstasjon). Likevel er det noe usikkerhet knyttet til beregnede flomutbredelser som følge av støy som ikke har blitt filtrert ut.

Viktige faktorer som påvirker usikkerheten av vannlinjeberegningene er nøyaktighet i tverrprofiler, avstand mellom tverrprofiler, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva. Det ligger usikkerhet knyttet til manglende kalibreringsdata, mens gode grunnlagsdata eksempelvis innmålinger, laserdata og ruhet styrker modellens nøyaktighet. Basert på resultatene fra sensitivitetsanalysen (basert på Mannings ruhetskoeffisient og vannføring) kan man forvente en usikkerhet på 10-30 cm som følge av ulike valg i modellen.

Vurdering av flomutsatte bygg er skjønnsmessig vurdert basert på byggets nærhet til beregnet vannspeil. Antall bygg påvirket av flom må ikke ansees som 100 % sikkert, og lokal kunnskap vil være viktig for å verifisere om kartet er korrekt. Spesielt bygg i lavpunkt kan være ukorrekt om det finnes grøfter som ikke er fanget godt nok opp av terrengdata, eller store nok stikkrenner som kan få flomvannet ut fra områdene.

Det anbefales at det legges til grunn en sikkerhetsmargin på 30 cm på beregnet vannstand for veiene som krysser Homsåna/Utsognbekken for å ta hensyn til usikkerhet i beregning av flomverdi og hydrauliske forhold.

9. OPPSUMMERING OG ANBEFALINGER

I denne rapporten er flomfare for bebyggelsen langs Homsåna/Utsognbekken ved Homstean i Vennesla kommune vurdert. Dimensjonerende flom er satt til en 200-årsflom med 30 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor for å ta hensyn til usikkerhet i de hydrologiske beregningene, og ble beregnet til 34 m³/s.

Det er bygd opp en endimensjonal modell i HEC-RAS 5.0.7 for å beregne de hydrauliske forholdene og flomfaren for interesseområdet. Resultatene fra dagens situasjon viser at 14 bygg er flomutsatt og fire ligger i lavpunkt og kan være flomutsatte. Bru ved Hunemyrvegen er identifisert som en tydelig årsak til problemet med høy vannstand og store areal som blir påvirket av dimensjonerende flom.

For å undersøke hvilke avbøtende tiltak som kan gjøres for å bedre flomsituasjonen ble det bygd opp flere ulike modeller med forskjellige oppsett. F.eks. stemmen (liten dam) som ligger ca. 1 km sør for bebyggelsen var identifisert av kommunen som en mulig årsak til høy vannstand. Ved å bygge opp en modell hvor stemmen ble fjernet viste det seg at den kun påvirket ca. 300 meter oppstrøms og ikke i nærheten av bebyggelsen. Dermed anbefales å ikke gjøre noen tiltak med stemmen. Hvis det mot formodning ønskes å gjøre noe med stemmen, bør konsekvenser for nedstrøms forhold og dempningseffekt vurderes. Det antas at stemmen vil ha effekt for mindre flommer, men ikke for dimensjonerende flom.

Det ble sett på et tiltak hvor det bygges flomvoller (1-2 m høyere enn dagens terreng) langs Homsåna/Utsognbekken mellom bru ved Hunemyrvegn og Stallemovegen. Resultatene fra beregningen tilsier faren for flomutsatte bygg reduseres noe sør for Stallemovegen, men at vannstanden oppstrøms Stallemovegen øker betydelig og forverrer forholdene. Generelt anbefales det ikke at det etableres flomvoller da jordbruksarealene er naturlige flomsletter. Ved å konsentrere vannet i et løp vil hastigheter øke og problemer med erosjon kan oppstå. Samtidig vil avledningskapasiteten til bruene ved Stallemovegen reduseres og vannstanden oppstrøms vil renne over vegen lenger mot øst og trolig føre til skader for nærliggende bygg.

Både tiltak med å øke lysåpning/tverrsnitt bru/kulvert ved Hunemyrvegen og utvidelse av elveløp rett nedstrøms bruene viste seg å gi positiv effekt i form av senkning av vannstanden helt opp mot bru til Setesdalsvegen 781-787. Effekten ble derimot størst ved å implementere begge tiltakene samtidig, hvor vannstanden ble senkes ned mot en 0,5 m oppstrøms bru ved Hunemyrvegen. Det vil fortsatt være enkelte bygg som er utsatt for flom, og lokale flomvoller er trolig eneste alternativ for å sikre byggene tilstrekkelig. Med flomvoller kan antall flomutsatte bygg i Homstean reduseres til null. En del bygg vil fortsatt ligge i lavpunkt og potensielt være utsatt for flomvannet.

Det anbefales at tiltak med økt lysåpning/tverrsnitt for bru ved Hunemyrvegen, breddeutvidelse av elveløpet sør for Hunemyrvegen og tre flomvoller gjennomføres. Nytt kulvertløp bør være minst 3 m bredt og 2,5 m høyt. En prefabrikkert bokskulvert vil være anbefalt for å redusere anleggstiden, slik at tilkomst til boliger blir i kortest mulig tid berørt. Hva som er reell mulig utvidelsen av elveløpet videre nedstrøms bru/kulverten bør vurderes nærmere, da det er veier på begge sider. Jo bredere bunn og brattere sidekanter, jo høyere kapasitet har man. Geotekniske forhold og erosjonsfare bør bli spesielt vurdert ved utvidelse av elveløpet. Begge tiltakene bør gjøres samtidig da effekten blir størst. De lokale flomvollene bør også etableres for å sikre samtlige bygg i Homstean. Flomvoller bør ligge minst 1 meter over dagens terreng.

Landbruksarealene er naturlige flomsletter som det i utgangspunktet ikke bør bygges ut på. Før det gjøres tiltak i Homsåna/Utsognbekken må flomsonekartet for eksisterende situasjon legges til

grunn som gjeldende. Det betyr at endring av/påbygg til eksisterende boliger innenfor dagens flomsone bør behandles som det ligger i en, og lokale tiltak må vurderes og må iverksettes.

10. REFERANSER OG KILDER

- Norsk klimaservicesenter, 2017. Klimaprofil Agder. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.
- Norsk klimaservicesenter, 2019. NCCS report no. 5/2019. Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.
- NVE, 2011. Rapport nr. 4-2011. Retningslinjer for flomberegninger (versjon 3: NVEs flomsonekartliggning - retningslinjer for flomberegninger, godkjent 19.03.2013).
- NVE, 2015a. Rapport nr. 13-2015. Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt.
- NVE, 2015b. Veileder nr. 7-2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.
- NVE, 2016. Rapport nr. 81-2016. Klimaendringer og framtidige flommer i Norge.
- NVE, 2019. Hydra II programvare (lisensbelagt).
- NVE, JBV & SVV, 2015. Rapport nr. 134-2015. Dimensjonerende korttidsnedbør.
- Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie.
- NVE, JBV & SVV, 2016. Rapport nr. 28-2016. Overvannshåndtering og drenering for veg og jernbane. Naturfareprosjektet Delprosjekt 5 Flom og vann på avveie.
- SVV, 2014. Håndbok N200 Vegbygging.
- SVV, 2018a. Håndbok N200 Vegbygging.
- SVV, 2018b. Rapport nr. 681. Lærebok: Drenering og håndtering av overvann. Vegdirektoratet. Februar 2018.
- SVV, 2019. Vegkart. Lenke:
<https://www.vegvesen.no/nvdb/vegkart/v2/#kartlag:geodata/@600000,7225000,3> [Funnet 14. oktober 2019].
- Sæterbø, Syvertsen og Tesaker, 1998. Vassdragshåndboka. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Tapir forlag, Trondheim 1998.

11. VEDLEGG

VEDLEGG 1 NEVINA-RAPPORT



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk

Kartdatum: EUREF89 WGS84

Projeksjon: UTM 33N

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 022.1B5B
Kommune: Vennesla
Fylke: Vest-Agder
Vassdrag: Utsognbekken

Feltparametere

Areal (A)	14,8 km ²
Effektiv sjø (S_{eff})	0,2 %
Elvelengde (E_L)	8,0 km
Elvegradient (E_G)	13,6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G_{1085})	7,0 m/km
Feltlengde (F_L)	4,8 km
Middelvannføring (61-90)	32,5 l/(s*km ²)
Alminnelig lavvannføring	0,4 l/(s*km ²)
5-persentil (hele året)	0,7 l/(s*km ²)
5-persentil (1/5-30/9)	0,2 l/(s*km ²)
5-persentil (1/10-30/4)	4,8 l/(s*km ²)
Base flow	10,7 l/(s*km ²)
BFI	0,3
Klima	
Klimaregion	Sor
Årsnedbør	1554 mm
Sommernedbør	571 mm
Vinternedbør	983 mm
Årstemperatur	5,9 °C
Sommertemperatur	12,0 °C
Vintertemperatur	1,6 °C
Temperatur Juli	14,2 °C
Temperatur August	13,7 °C
H_{min}	153 moh.
H_{10}	177 moh.
H_{20}	189 moh.
H_{30}	198 moh.
H_{40}	206 moh.
H_{50}	218 moh.
H_{60}	233 moh.
H_{70}	244 moh.
H_{80}	259 moh.
H_{90}	277 moh.
H_{max}	355 moh.
Bre	0,0 %
Dyrket mark	5,4 %
Myr	5,6 %
Sjø	1,4 %
Skog	82,4 %
Snaufjell	0,1 %
Urban	0,8 %

1) Verdien er editert

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindeks. 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.

Flomberegning

Vassdragsnr.: 022.1B5B

Kommune: Vennesla

Fylke: Vest-Agder

Vassdrag: Utsognbekken

Flomverdiene viser størrelsen på kulminasjonsflommer for ulike gjentakintervall. 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 7/2013 «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.

Utsognbekken

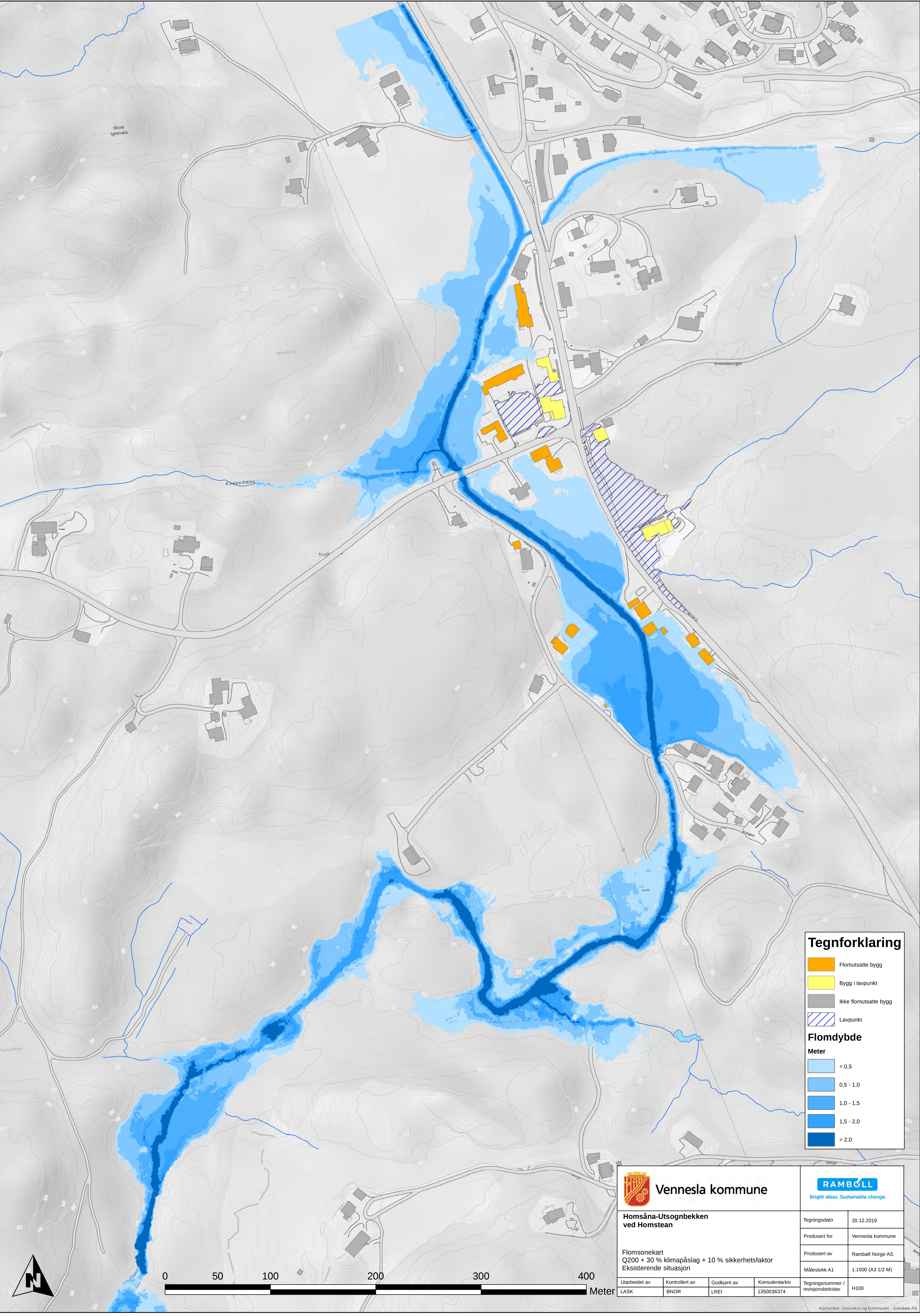
Areal (km ²)	14,76
Klimafaktor	1,4

	Q^M	Q^5	Q^{10}	Q^{20}	Q^{50}	Q^{100}	Q^{200}
	m ³ /s	l/(s*km ²)					
Flomfrekvensfaktorer	-	-	1,24	1,46	1,70	2,05	2,36
95% intervall øvre grense (m ³ /s)	15,7	1064,9	19,9	24,0	28,5	35,5	41,9
Flomverdier (m ³ /s)	8,9	602	11,0	13,0	15,1	18,2	20,9
95% intervall nedre grense (m ³ /s)	5,0	340	6,1	7,0	8,0	9,3	10,5
Flommer med klimapåslag (m ³ /s)	12,4	842,3	11,0	18,2	21,1	25,5	29,3

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

FLOMSONEKART H100-H105



Tegnforklaring

- Flomutsatte bygg
- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt

Flomdybde

Meter

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0



Vennesla kommune



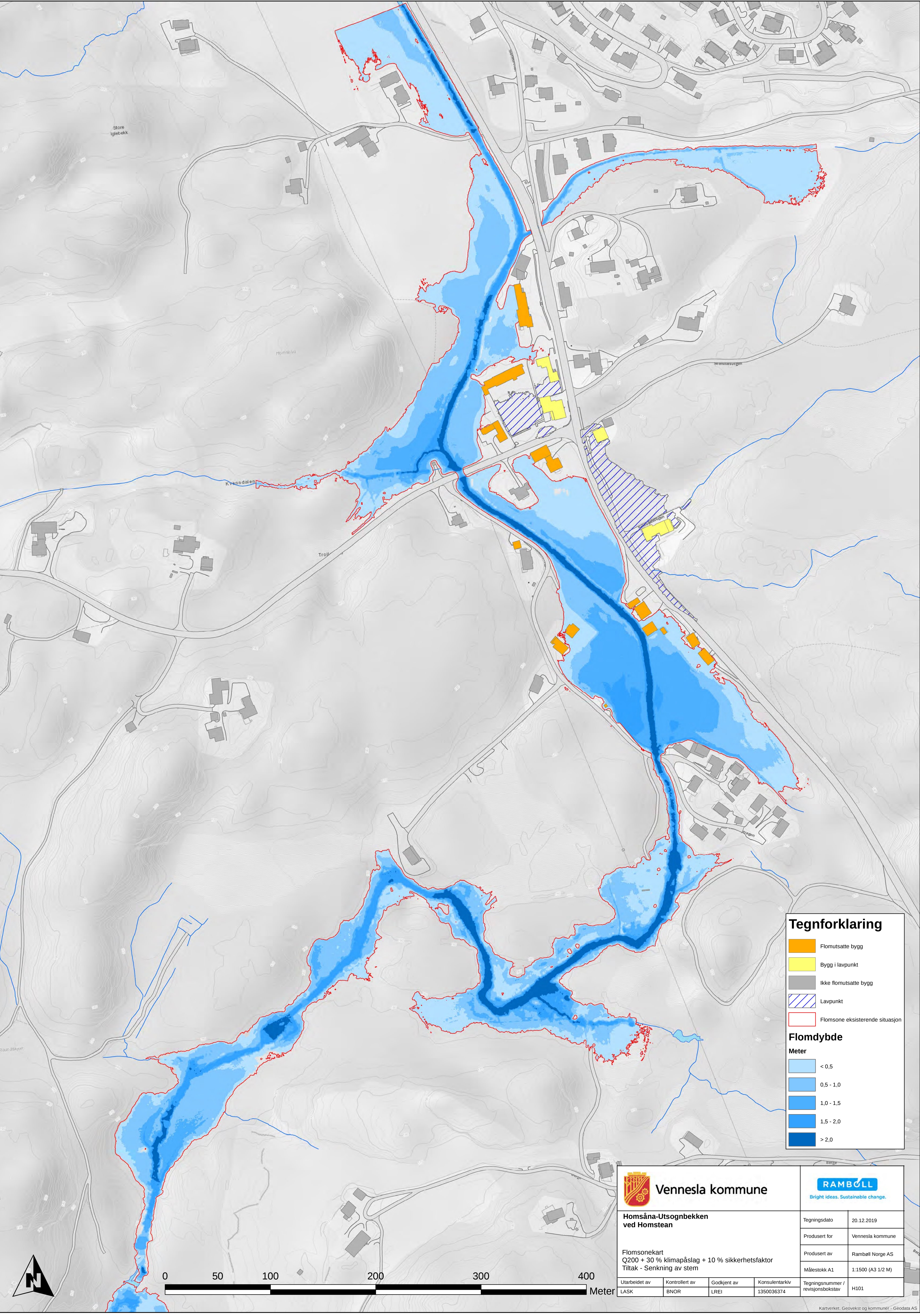
Bright ideas. Sustainable change.

Homsåna-Utsognbekken ved Homstean

Flomsonekart
Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor
Eksisterende situasjon

Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H100

Tegningsdato	20.12.2019
Produsert for	Vennesla kommune
Produsert av	Rambøll Norge AS
Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)



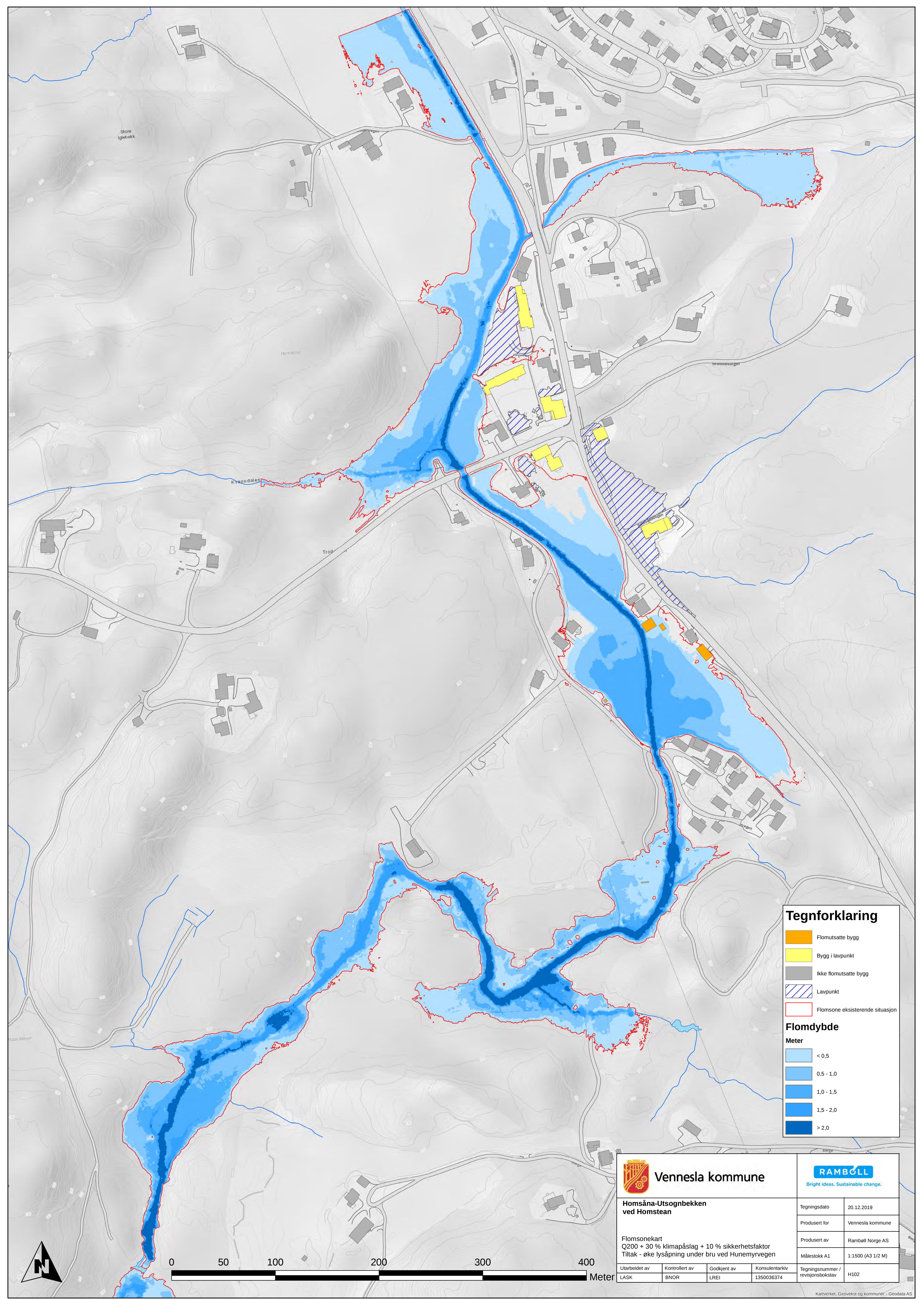
Tegnforklaring

- Flomutsatte bygg
- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt
- Flomsone eksisterende situasjon

Flomdybde

- Meter
- < 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - 1,5 - 2,0
 - > 2,0

 Vennesla kommune				 RAMBOLL Bright ideas. Sustainable change.	
Homsåna-Utsognbekken ved Homstean				Tegningsdato	20.12.2019
Flomsonekart Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor Tiltak - Senkning av stem				Produsert for	Vennesla kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H101	



Tegnforklaring

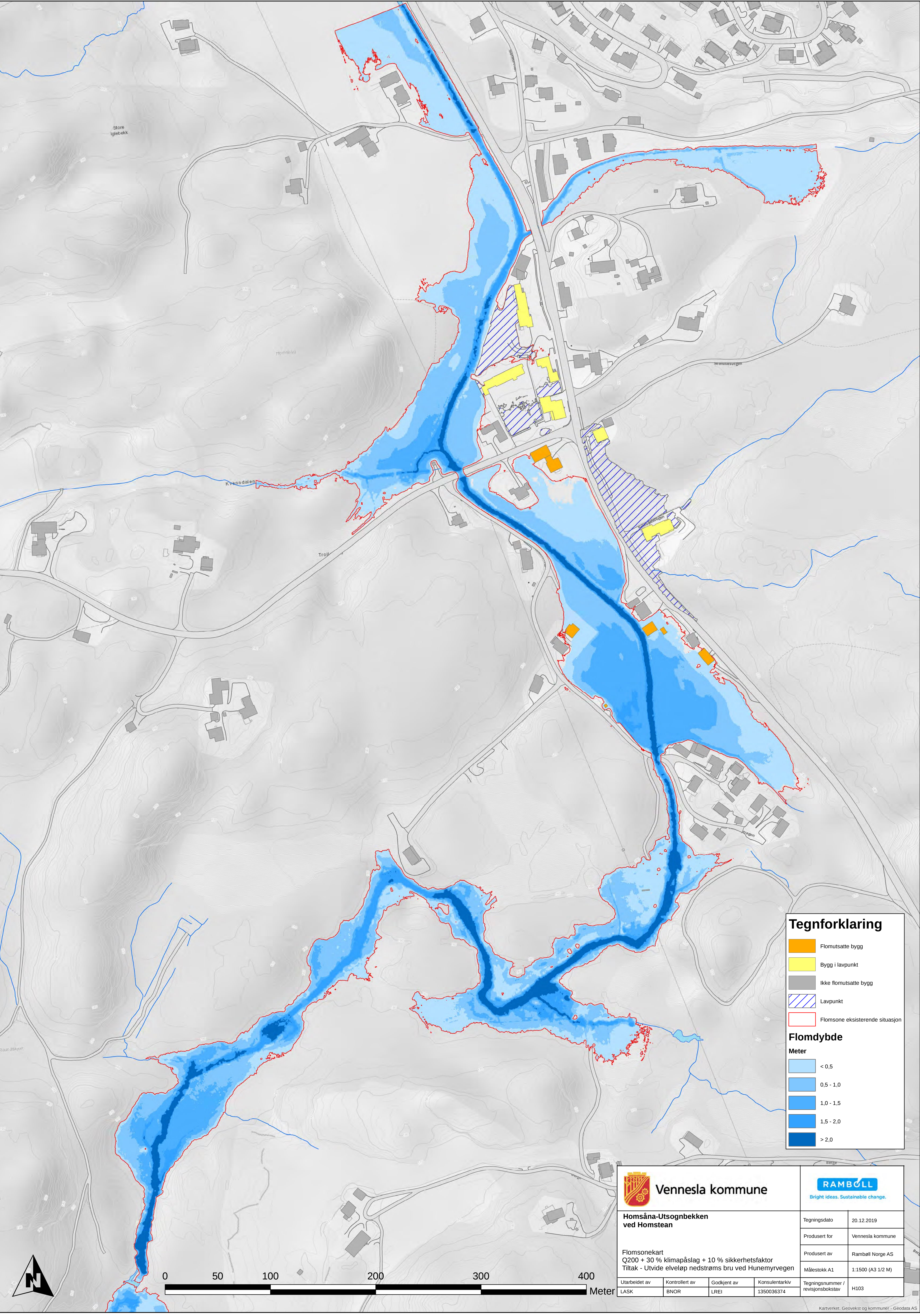
- Flomutsatte bygg
- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt
- Flomsone eksisterende situasjon

Flomdybde

Meter

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

 Vennesla kommune				 RAMBØLL Bright ideas. Sustainable change.	
Homsåna-Utsognbekken ved Homstean Flomsonekart Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor Tiltak - øke lysåpning under bru ved Hunemyrvegen				Tegningsdato	20.12.2019
				Produsert for	Vennesla kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H102	



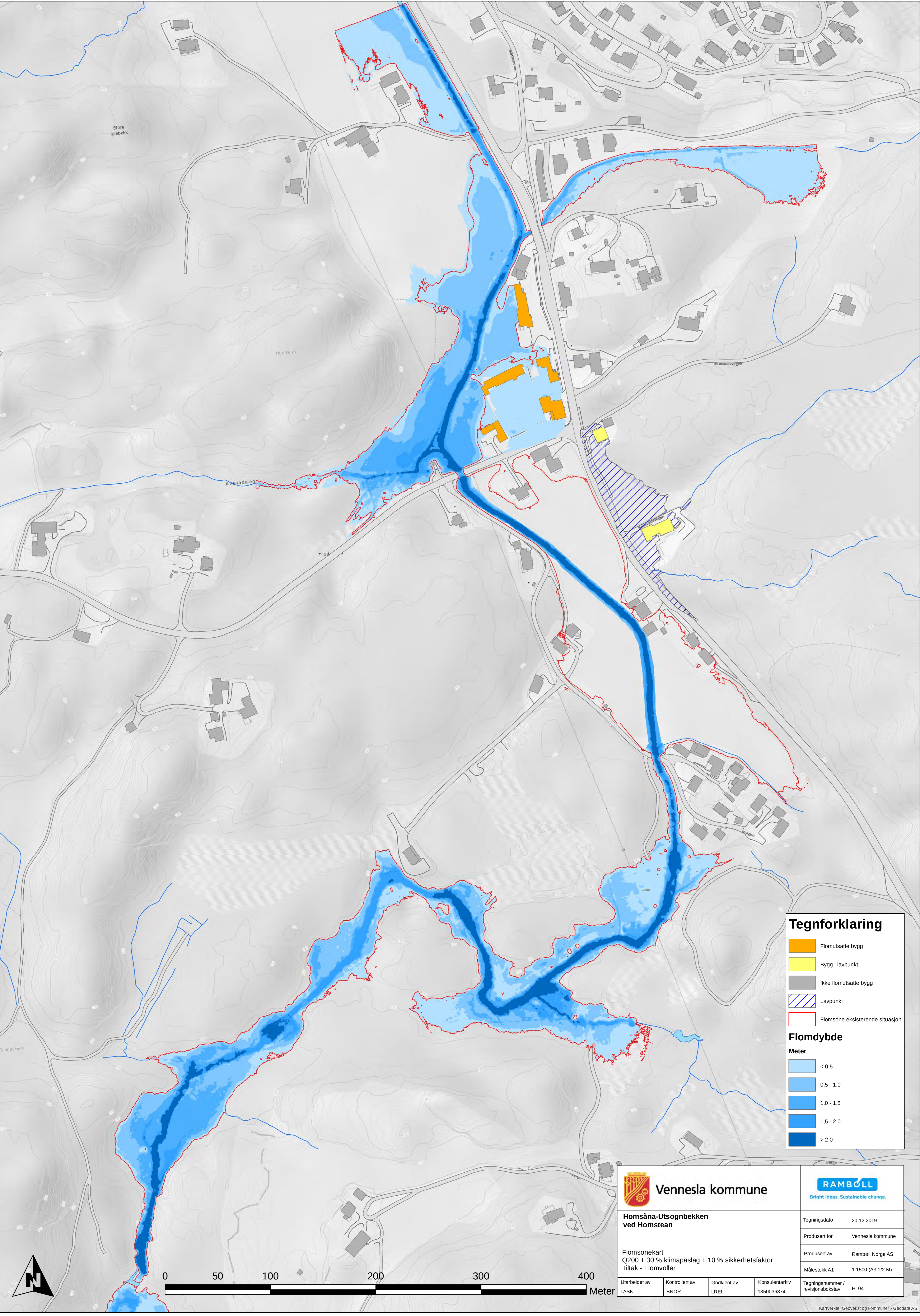
Tegnforklaring

- Flomutsatte bygg
- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt
- Flomsone eksisterende situasjon

Flomdybde

- Meter
- < 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - 1,5 - 2,0
 - > 2,0

 Vennesla kommune				 RAMBOLL Bright ideas. Sustainable change.	
Homsåna-Utsognbekken ved Homstean Flomsonekart Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor Tiltak - Utvide elveløp nedstrøms bru ved Hunemyrvegen				Tegningsdato	20.12.2019
				Produsert for	Vennesla kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H103	



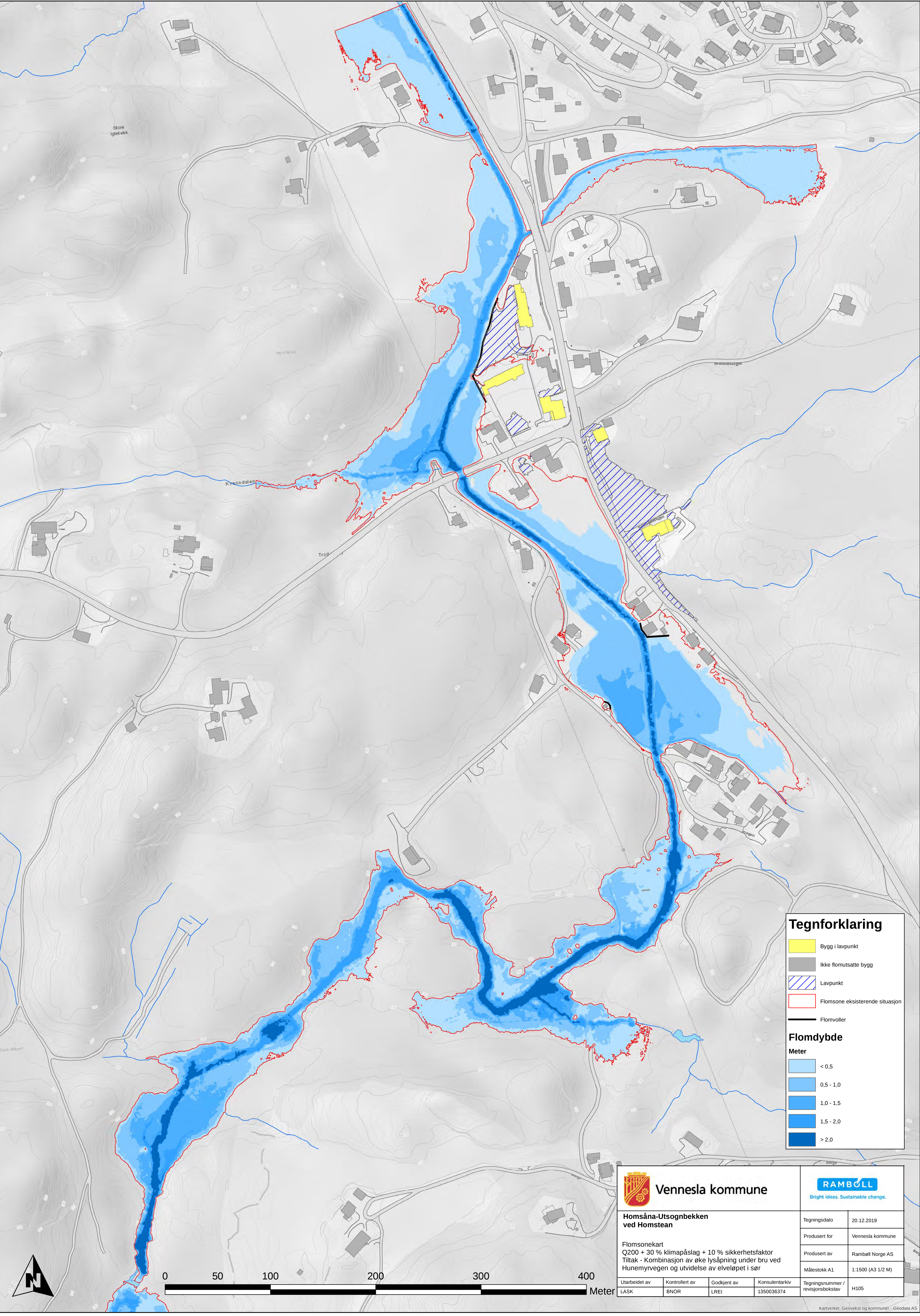
Tegnforklaring

- Flomutsatte bygg
- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt
- Flomsone eksisterende situasjon

Flomdybde

- Meter
- < 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,0 - 1,5
 - 1,5 - 2,0
 - > 2,0

 Vennesla kommune				 Bright ideas. Sustainable change.	
Homsåna-Utsognbekken ved Homstean Flomsonekart Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor Tiltak - Flomvoller				Tegningsdato	20.12.2019
				Produsert for	Vennesla kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H104	



Tegnforklaring

- Bygg i lavpunkt
- Ikke flomutsatte bygg
- Lavpunkt
- Flomsone eksisterende situasjon
- Flomvoller

Flomdybde

Meter

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

 Vennesla kommune				 Bright ideas. Sustainable change.	
Homsåna-Utsognbekken ved Homstean Flomsonekart Q200 + 30 % klimapåslag + 10 % sikkerhetsfaktor Tiltak - Kombinasjon av øke lysåpning under bru ved Hunemyrvegen og utvidelse av elveløpet i sør				Tegningsdato	20.12.2019
				Produsert for	Vennesla kommune
				Produsert av	Rambøll Norge AS
				Målestokk A1	1:1500 (A3 1/2 M)
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnummer / revisjonsbokstav	
LASK	BNOR	LREI	1350036374	H105	