



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

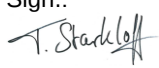
Mulighetsstudie

Flomsikring Nesbyen

Plandato:	19.02.2024	Saksnr.:	202313409
Revidert:		Vassdragsnr.:	012.CZ
Kommune:	Nesbyen	NVE Region Sør	
Fylke:	Buskerud	Postboks 2124, 3103 TØNSBERG	
Prosjektnr.:	21170	Tlf.: 22959740	E-post nve@nve.no



Nesbyen, august 2023 (Foto: Thomas Mørch)

Prosjektnr:	Vassdragsnr.:	Beskrivelse:	
21127	012.CZ	Flomsikring Nesbyen	
Planlegging:	Torsten Starkloff, Jan Eirik Hønsi	Adm.enhet: RS	Sign.: 
Ansvarlig:	Elisabet Rui	Adm.enhet: RS	Sign.:
Prosjektleder	Jan Eirik Hønsi/ Lars Stensbye	Adm.enhet: RS	Sign.:
Fagansvarlig	Eirik Traae	Adm.enhet: RS	Sign.: 
Saksnr:	Arkiv: 411	Kommune: Nesbyen	Fylke: Buskerud

Sammendrag:

Nesbyen er flomutsatt, og fikk under ekstremværet «Hans» i august 2023 store flomskader. Etter anmodning fra Nesbyen kommune har NVE vurdert mulige tiltak for å øke sikkerhet mot flom i Nesbyen.

Alternativene som er vurdert er:

- tiltak for å holde mer vann tilbake i nedbørsfelt til Rukkedøla
- øke kapasitet i Rukkedøla med å senke bunnen
- øke kapasitet i Hallingdalselva, med endringer i tverrsnitt ved Bergheim
- etablere flomverk mot flom i Hallingdalselva og Rukkedøla.

Konklusjonen fra alternativene som ble vurdert for Rukkedøla viste at effekten er minimal i forhold til å redusere flomvannstander i Nesbyen, men at senking av bunnen i Rukkedøla vil ha en positiv effekt. Heller ikke tiltak for å øke kapasiteten i Hallingdalselva gir nødvendig effekt.

Konklusjonen er at lokale sikringstiltak er nødvendig for å sikre Nesbyen tilstrekkelig mot en 200-årsflom med klimapåslag.

Ut fra de undersøkelser og vurderinger som er utført anbefaler NVE at det jobbes videre med alternativet med å etablere et flomverk for Nesbyen.

Flomverk rundt Nesbyen vil øke sikkerhet mot flom. For å være i samsvar med regler for oppføring av ny bebyggelse i Tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven, TEK 17, er det lagt til grunn flomstørrelse med 200-års statistisk gjentakintervall pluss klimapåslag i Hallingdalselva og 200-års gjentakintervall inkl. 20% tillegg for klimaendringer i Rukkedøla.

Flomverket består av en kombinasjon av flomvoll, flommur med en tetning av geomembran eller spunt, dreneringssystem og pumpestasjoner.

Rukkedøla og Hallingdalselva er ikke vernet, og konsekvenser for miljø er vurdert som ubetydelige. Kulturminner i området er ikke negativt berørt av tiltakene. Flomverk mot Hallingdalselva vil bli plassert i god avstand til selve elva, slik at miljøforholdene og kantvegetasjon ikke blir berørt.

Dette er en mulighetsstudie og i det videre arbeidet med et forprosjekt vil en gå mer i detalj på hele konseptet for flomsikringen, samt få fram et kostnadsestimat.

Vernestatus:

Vassdragene er ikke varig vernet

Tiltakets hensikt:

Sikre Nesbyen mot 200-års flom pluss klimapåslag i Hallingdalselva og i Rukkedøla.

Innholdsfortegnelse

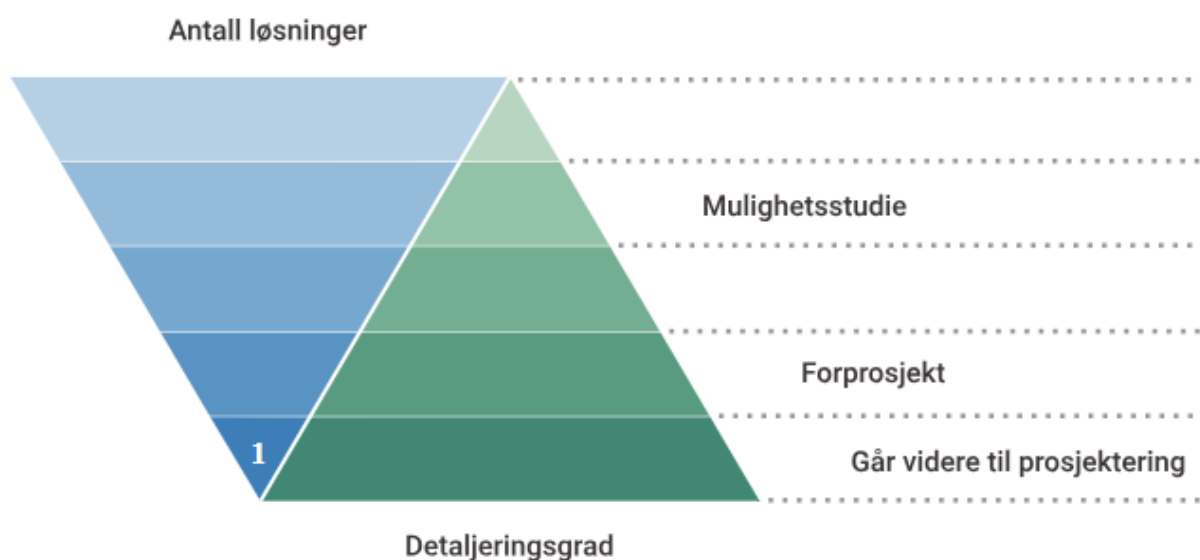
1 Innledning	5
<i>Figur 1: Antall løsninger og detaljeringsgrader.....</i>	<i>5</i>
1.1 Beliggenhet	5
1.2 Bakgrunn	6
2 Flomberegninger - dimensjoneringsgrunnlag	7
3 Hydraulisk modellering	10
4 Vurdering av tiltak – 0-alternativet	14
5 Vurdering av tiltak – vannføring og kapasitet	15
5.1 Endre tverrsnitt ved Bergheim	15
5.2 Grave ut/senke elveløp i Hallingdalselva.....	17
5.3 Tilbakeholde vann i nedbørfelt til Rukkedøla.....	18
5.4 Øke kapasiteten i Rukkedøla.....	18
6 Vurdering av tiltak - mulig flomverk	19
6.1.1 Flomverk	19
6.1.2 Utfordringer med terreng og grunnforhold:	21
6.1.3 Første vurderinger av mulige plasseringer av flomverk.	23
7 Aktuelle hensyn og interesser: Kulturminner	30

1 Innledning

I en mulighetsstudie beskrives forutsetninger og alternativer på et overordnet nivå.

En mulighetsstudie danner grunnlag for videre beslutning om hvilke løsninger som skal utredes mer i detalj i et forprosjekt. Vanligvis benyttes eksisterende grunnlagsdata. Alle relevante valg og løsninger omtales og begrunnes. Det bør vurderes ulike typer tiltak. Det bør også gjøres en vurdering av «0-alternativet».

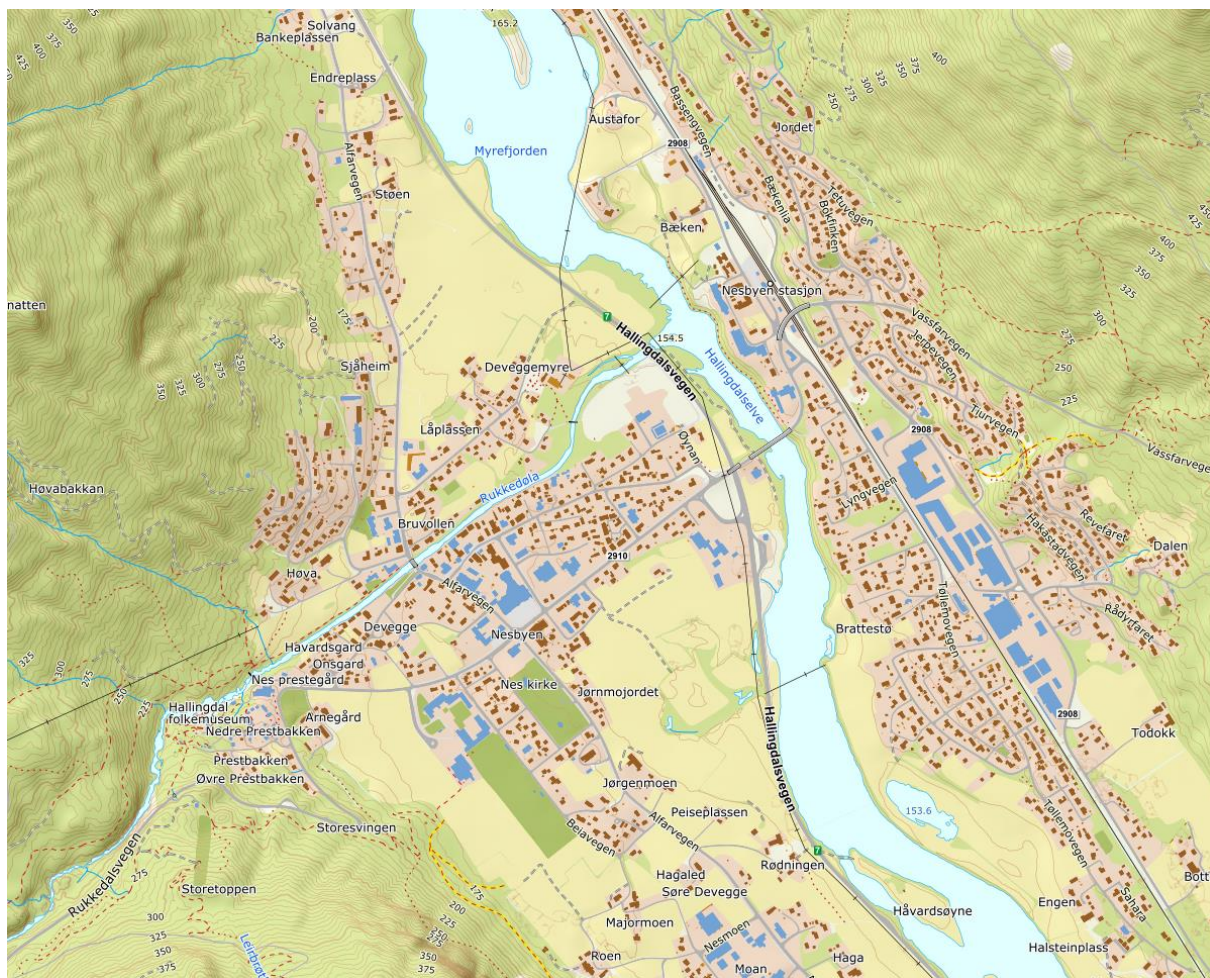
Hvilken løsning som bør velges er blant annet avhengig av nedbørsfeltet, lokale strømningsforhold, arealbruken i området, vassdragsmiljø og hvilket sikringsnivå og type sikring som ønskes.



Figur 1: Antall løsninger og detaljeringsgrader

1.1 Beliggenhet

Nesbyen ligger ved samløpet av elvene Rukkedøla og Hallingdalselva (Fig. 2). Den vestlige delen av Nesbyen er utsatt for flom fra begge elver.



Figur 2: Oversiktskart av Nesbyen

1.2 Bakgrunn

Flomutfordringer i Nesbyen har vært kjent i lang tid. Under ekstremværet «Hans» i 2023 og flommen i 2011 var store deler av området satt under vann. Betydelig skader oppstod på bolighus, forretninger, næringsbygg og kontorlokaler. Flomsonekart, Delprosjekt Nesbyen fra 2002 viser at Nesbyen har store utfordringer knyttet til flom. NVE startet i 2023 arbeidet med oppdatering av flomsonekartet. Arbeidet pågikk da ekstremværet «Hans» inntraff i august 2023.

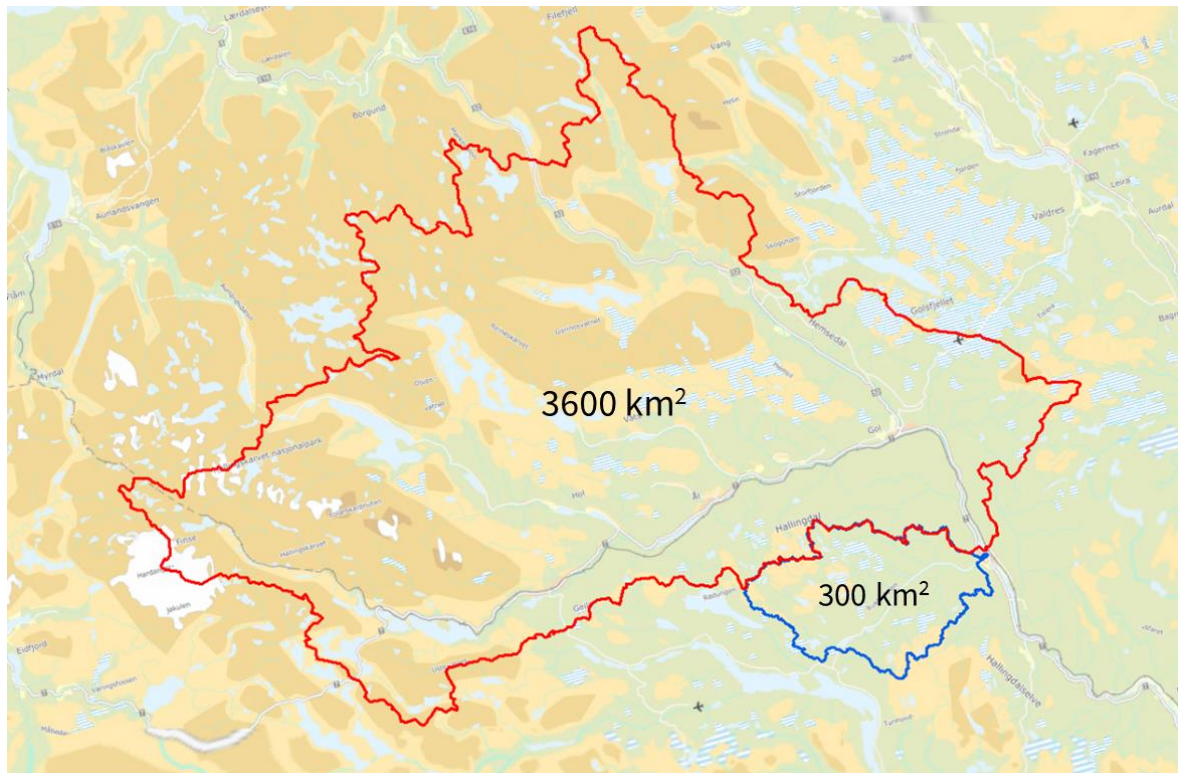
Deler av Rukkedøla ble flomsikret (Elveparken) oppstrøms Hajem bru i 2013. Dette sikringsprosjektet beskyttet Nesbyen sentrum i 2023 mot flom fra Rukkedøla, mens Hallingdalselva gikk over sine bredder og gjorde skade i sentrum.

For å lage et nytt flomsonekart trengs det oppdaterte flomberegninger. Etter «Hans» ble vannføringskurvene i flere målestasjoner oppdatert, Arbeid med nye flomberegninger pågår. Vannføringer som ble brukt i modellering for dette notatet basere seg både på måledata fra Hans og vannføringer fra flomberegninger utført i 2002, altså den beste tilgjengelige kunnskapen per nå.

Dette notatet skal gi en oversikt over mulige tiltak for å redusere flomfaren i Nesbyen som utgangspunkt for beslutninger om videre detaljarbeid. NVE har tatt på seg oppgaven med utarbeidelse av denne mulighetsstudien.

2 Flomberegninger - dimensjoneringsgrunnlag

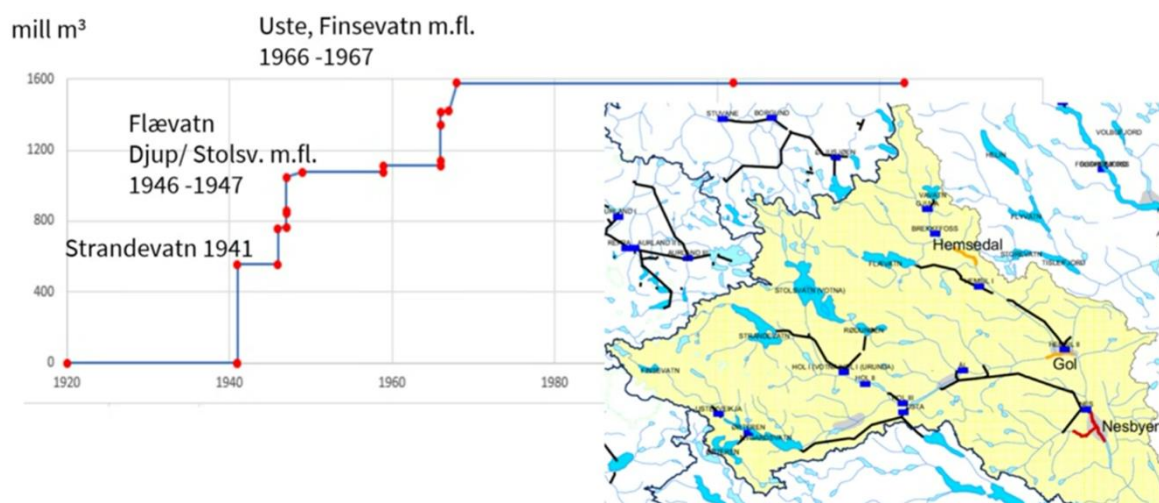
I Nesbyen sentrum møtes Rukkedøla med et nedbørfelt på 300 km² og Hallingdalselva med et nedbørfelt på 3600 km².



Figur 3: Nedbørfelt til Hallingdalselva og Rukkedøla ved Nesbyen

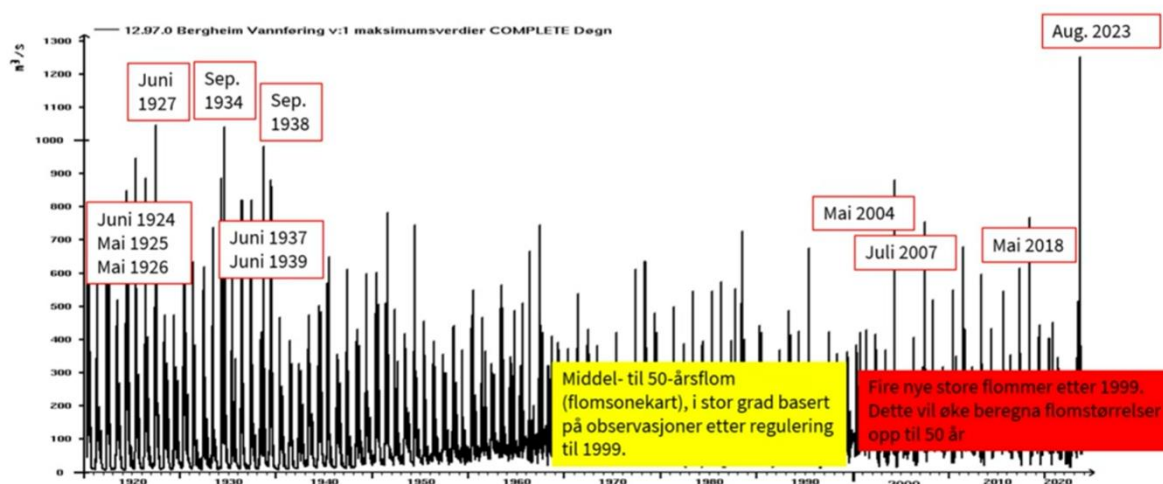
Rukkedøla er en bratt elv med store vannhastigheter som reagerer relativt raskt på nedbør, og med et flomforløp hvor vannstanden øker og faller relativt rask. Hallingdalselva har et nedbørfelt som er ca. 12 ganger større enn nedbørfeltet til Rukkedøla med en stor andel av regulering (se figur 4). Flommen i Hallingdalselva er derfor relativ saktegående, med sakte stigende og fallende vannstander. I flomberegningene fra 2002 ble det antatt at flomtoppen ikke opptrer samtidig i Rukkedøla og Hallingdalselva. Under «Hans» var kulminasjonen (altså det tidspunkt flommen har nådd sitt høyeste punkt) i Hallingdalselva bare 15 timer etter kulminasjon i Rukkedøla. I dette mulighetsstudiet velger vi å ta utgangspunkt i samtidig flom i Rukkedøla og Hallingdalselva når det skal dimensjoneres flomtiltak i Nesbyen.

«Hans» resulterte i en 200-årsflom i Rukkedøla og en 100-årsflom i Hallingdalselva. Reguleringen i nedbørfeltet til Hallingdalselva reduserte vannføring ved kulminering med ca. 800 m³/s til 1414 m³/s ved målestasjon Bergheim. Uten denne reduksjon ville vannføringen i Nesbyen tilsvart en 500-årsflom.



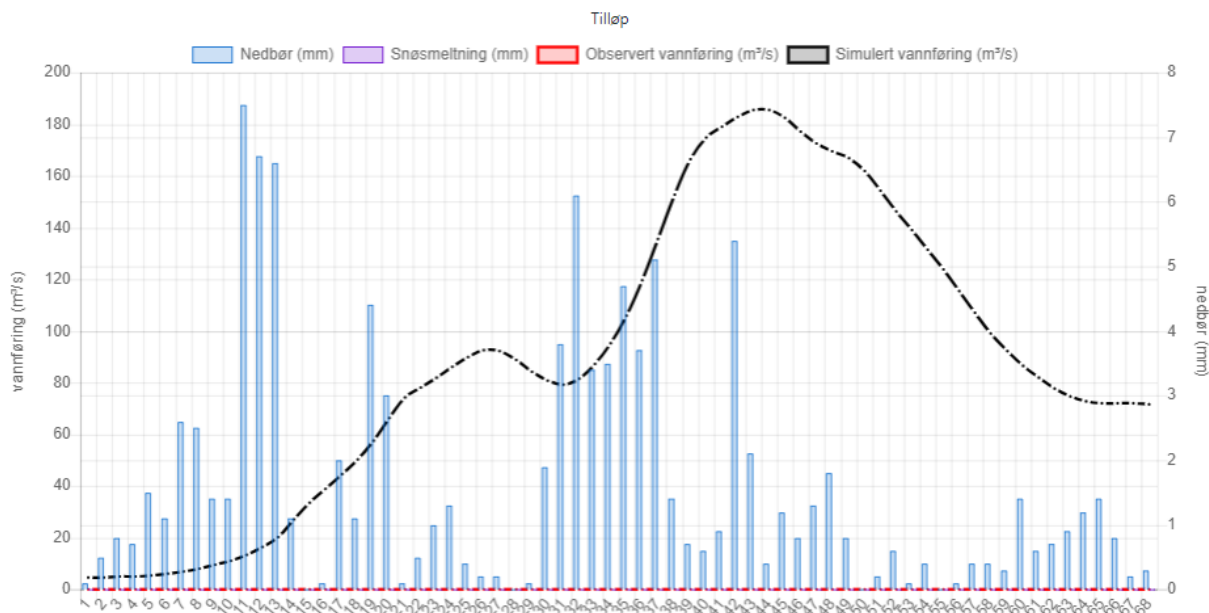
Figur 4: Utvikling av regulering i Hallingdalsvassdraget med totalt magasinivolum i mill. m³

Påvirker «Hans», tidligere beregna flomstørrelser?



Figur 5: Observerte flommer ved Bergheim målestasjon

Vannføring i Rukkedøla ble beregnet i 2023 fra nedbørsforløp (registrert av 8 private nedbørstasjoner fordelt i nedbørsfelt til Rukkedøla) og feltparameter til nedbørsfelt med hjelp av en nedbørs-avløpsmodell (PQrute, Figur 6). Resulterende kulminerende vannføring på 185 m³/s samsvarer med den beregnede kulminerende vannføring for en 100-årsflom fra flomsone rapporten fra 2002.



Figur 6: Simulert flomforløp i Rukkedøla modellert med PQrute fra målte nedbørmengder

Som dimensjoneringsgrunnlag for dette mulighetsstudiet ble det valgt en 200-årsflom med 20 % klimapåslag (Q200K) i Rukkedøla med en samtidig 200 årsflom i Hallingdalselva (Q200), basert på vannføringen fra flomberegningen fra 2002. Per i dag ivaretar dette kravene til sikkerhet mot flom i TEK 17 §7-2 fordi Hallingdalselva regnes som ikke påvirket av klimaendring pga. reduksjon i snøsmeltflommer. «Hans» har imidlertid startet en ny diskusjon om Hallingdalselva også burde ha et klimapåslag. Dette utredes med den pågående flomberegning av den hydrologiske avdeling i NVE. Ut fra disse nye beregninger og vurderinger rundt klimapåslag må detaljene i de forslåtte sikringstiltakene eventuelt endres. Men det er gjennomført en beregning av vannstander med 20% klimapåslag på 200-årsflom i Hallingdalselva for å kunne estimere endringer i vannstander og dermed resulterende høyde på flomverket.

I tabell 1 er vannføringen og vannstander som er brukt til den hydrauliske modellering (kapt. 3) og dimensjonering av sikringstiltakene presentert.

	Q200 [m³/s]	Q200K [m³/s]	Hans [m³/s]	Vannstand ved Q200 i Nesbyen sentrum [moh] basert på flomsonekart fra 2002
Rukkedøla	185	220	ca. 185	-
Hallingdalselva	1422*	1708*	1032*	159.13

Tabell 1: Dimensjonerende vannføringene brukt til hydraulisk modellering

* vannføring i Hallingdalselva er fra flomsone rapporten fra 2002 og må reduseres med mengden som kommer fra Rukkedøla for å få riktig vannføring i Nesbyen før samløpet med Rukkedøla som input i modellen. Akkurat nedstrøms samløpet tilsvare Q200 i Hallingdalselva 1607 m³/s, ved Q200K 1928 m³/s og under «Hans» ca. 1217 m³/s (Bergheim vannføring 1337 m³/s minus Rukkedøla og arealjustert til Bergheim)

3 Hydraulisk modellering

For å kunne beregne vannstandene i Nesbyen ved kulminering av Q200K i Rukkedøla, samt Q200 og Q200K i Hallingdalselva, og hvordan ulike alternativer til å sikre Nesbyen mot flom vil påvirke vannstandene, trengs det en detaljert hydraulisk modell. Modellen som ble brukt til å lage flomsonekartet fra 2002 var en endimensjonal modell (HecRas) basert på tverrprofiler i Rukkedøla og Hallingdalselva. Dagens verktøy er en todimensjonal modell (HecRas 6.4) som baserer seg på detaljerte terrengmodeller med mulighet for å simulere effekten av infrastruktur, broer, samspill mellom Rukkedøla og Hallingdalselva og tiltakenes effekt på vannstandene i detaljer. Det er brukt SWE-ELM ligningssettet i denne modellen. Det modellerte området strekker seg fra litt oppstrøms av Campingplassen ved Nedre Skjong til rett nedstrøm Bergheim målestasjon (Figur 7).

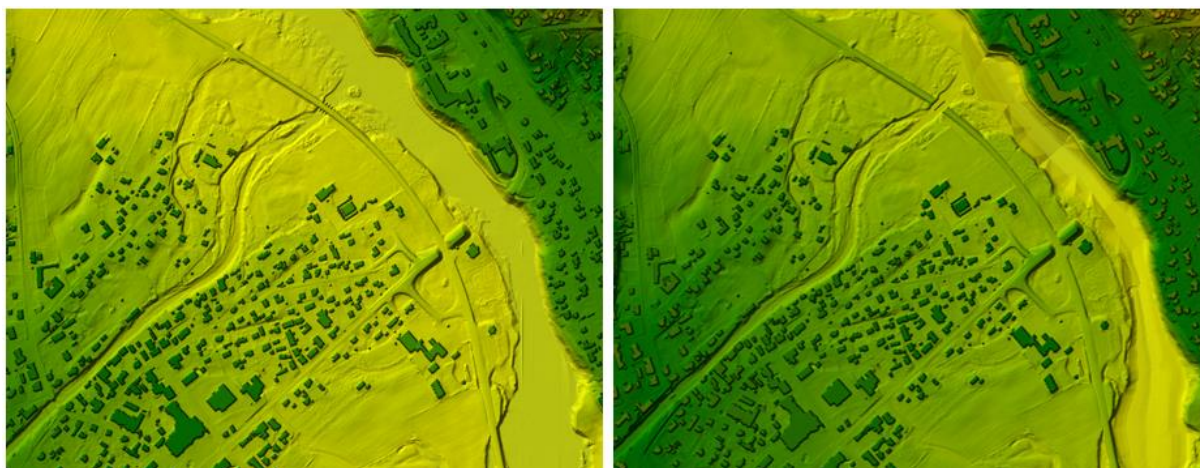


Figur 7: Utstrekning av 2d hydrauliske modell

Effekten av de tiltakene som er vurdert i mulighetsstudiet på vannstand og vannhastighet, er vist i forbindelse med gjennomgangen av de enkelte tiltak.

Terrengmodellen som ble brukt er en kombinasjon av terrengmodellen fra hoydedata.no fra 2018 med «innbrent» tverrprofilene innmålt i 2002 i Hallingdalselva (Figur 8). Ny elvebunnskartlegging for Hallingdalselva ble gjennomført med grønn laser kort tid etter «Hans», og data forventes våren 2024. Hvis disse viser store endringer i de (hydraulisk) bestemmende tverrprofilene i Hallingdalselva må modellen tilpasses etter det. Per i dag antas endringene pga. «Hans» i Hallingdalselva å være minimale.

Rukkedøla ble kartlagt kort tid etter «Hans» med LIDAR. Dette viste store avsetninger av masser sammenlignet med terrengdataene fra 2018. Disse massene skal fjernes som et krisetiltak, og bunnen tilbakeføres til 2018-nivå for å sikre Nesbyen før neste vårflokk i 2024. Derfor blir bunndataene fra 2018 brukt som modellerings og dimensjoneringsgrunnlag.



Figur 8: Terrengmodell 2018 og optimert terrengmodell høyre side

Den nye modellen er kalibrert mot vannstandene som ble målt etter «Hans» i Nesbyen (Figur 9). Vannstandene ble målt inn på tydelige markeringer langs husvegger eller avsetninger langs elvekanten. Kalibrering ble gjort ved å tilpasse ruhefaktorene (Figur 10) til de modellerte vannstandene, som samsvarte best mulig med de innmålte vannstandene under «Hans».



Figur 9: Vannstander innmålt etter «Hans» i Nesbyen



Figur 10: De kalibrerte ruhetstallene (Manning's n) brukt til modellering.

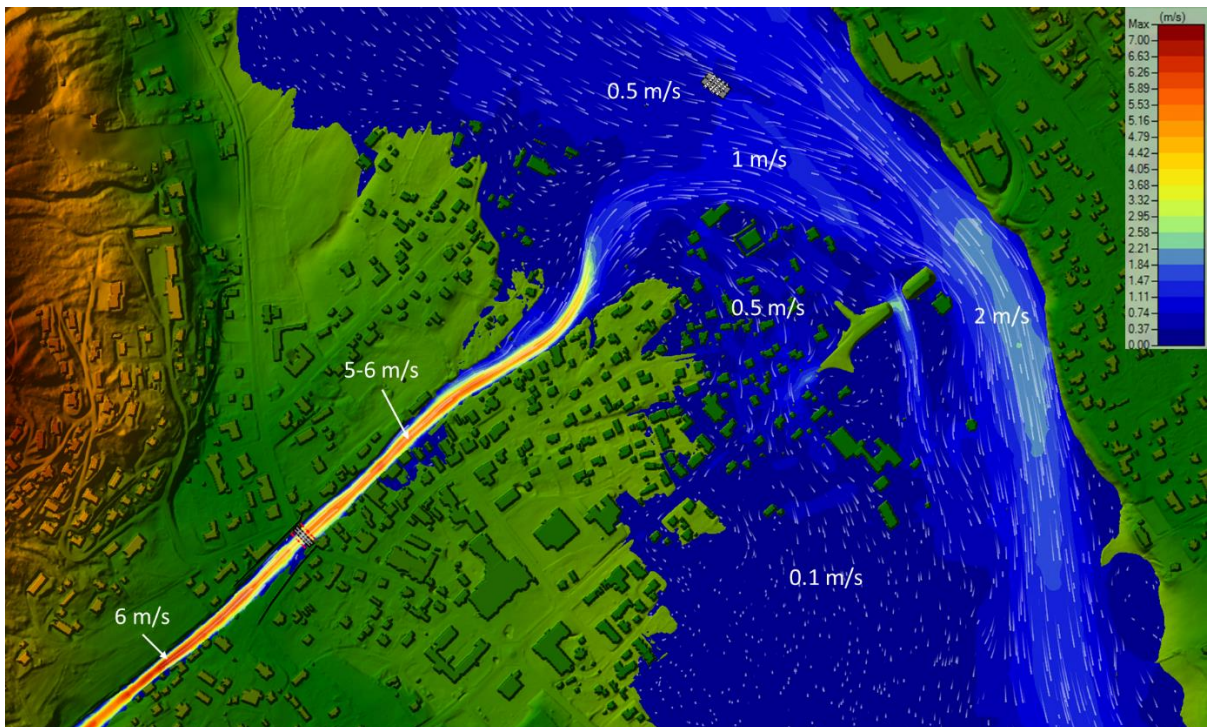
Forskjellen mellom vannstandene beregnet med den nye modellen og vannstandene målt inn etter «Hans» variere fra ± 1 til ± 20 cm litt avhengig hvor disse ligger (se figur 11). Et typisk sikkerhetspåslag anbefalt for slike modelleringer ligger ofte på 30 til 40 cm. I flomsoner rapporten fra 2002 anbefales et sikkerhetspåslag på 0.5 m på de beregnede vannstander for å dekke opp usikkerhet i beregningen. De nye resultatene ligger godt innenfor denne margin.

Siden flomrapporten ble gitt ut har utviklingen av modelleringsverktøyet tatt et stort skritt framover som nå gjør det mulig å modellere hele området i 2D.



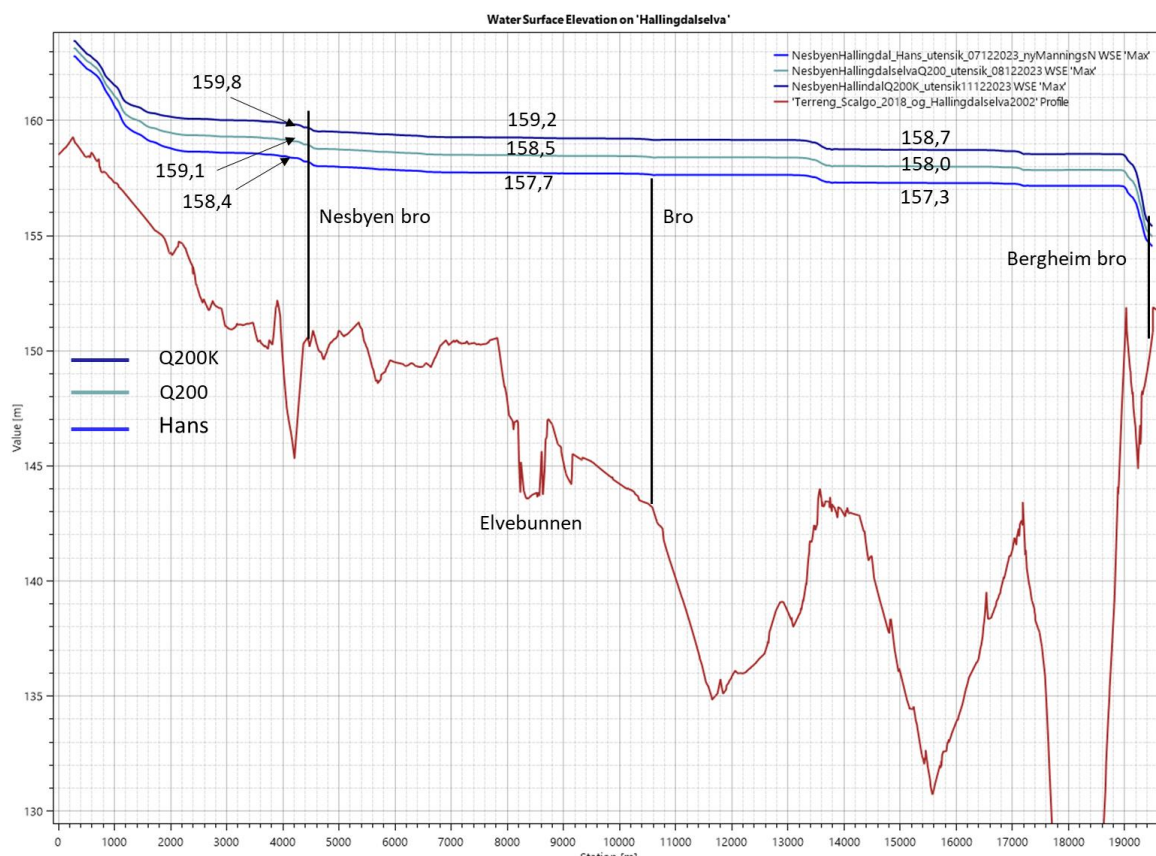
Figur 11: Sammenligning av modellert og målte vannstander under «Hans»

Kunnskap om vannhastighetene er viktig for å kunne estimere faren for økt erosjon pga. endringer i strømningsforholdene. I figur 12 vises det et vannhastighetskart med modellerte vannhastigheter under «Hans». Som utsnittet viser, er det relativt lave vannhastigheter i Hallingdalselva og store hastigheter i Rukkedøla.



Figur 12: Simulerte vannhastigheter i Nesbyen under Hans

Etter kalibrering ble det utført en vannlinjeberegning for vannføringen ved en 200-års flom med klimapåslag (+20%) både i Rukkedøla og Hallingdalselva for å se hvordan et mulig klimapåslag vil påvirke vannstandene i Nesbyen. I figur 13 vises vannlinjene modellert for «Hans», 200-årsflom (Q200) og 200-årsflom med klimapåslag (Q200K).



Figur13: Simulerte vannlinjer for Q200K, Q200 og Hans for langs Hallingdalselva langs hele den modellerte strekning, som er vist i figur 7.

En økning med vannføring med 20% i Hallingsdalselva øker vannstand med ca. 70 cm langs hele elvestrekning som ble modellert.

4 Vurdering av tiltak – 0-alternativet

Uavhengig av årsak til sikringsbehov, bør flomfaren utredes i det aktuelle området før man går videre med planlegging av tiltak. Som oftest identifiseres sikringsbehov på tre måter:

- **Hendelse:** Flom har skadet eller truer eksisterende bebyggelse. Før videre planlegging av eventuelle sikringstiltak, bør flomfaren utredes i området i henhold til NVEs veiledere. Dette er viktig for å vurdere farenivået, også fordi det kan være andre aktuelle prosesser som må tas hensyn til ved planlegging av tiltak.

- **Fareutredning:** Resultater fra fareutredning av eksisterende bebyggelse viser at et område er utsatt for flom, og at risikoen for bebyggelsen er høyere enn ønsket.
- **Arealplan, byggesak:** Ved terrenginngrep, bruksendring eller utbygging må det dokumenteres at det er tilstrekkelig sikkerhet mot naturfare. Dette er lovfestet i [plan- og bygningsloven](#) § 28-1. første ledd. [Byggteknisk forskrift TEK17 kapittel 7](#) beskriver sikkerhetskravene for ulike typer byggverk. Det følger av de generelle kravene i § 7 at det fortrinnsvis bør unngås å tilrettelegge for utbygging i fareområder. Dersom fareutredningen viser at området ikke oppfyller sikkerhetskravene i TEK17, og det ikke er mulig å styre utbyggingen bort fra fareområder, må det utføres sikringstiltak, og dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet er oppnådd.

Nesbyen oppfyller samtlige tre kriterier for flomsikring. Dette viser både situasjonen under «Hans», eksisterende flomsonekart, samt at Nesbyen har restriksjoner mot videre utvikling. Dersom det ikke skal gjennomføres tiltak i Nesbyen, er konsekvensen at det ikke blir noen utvikling i området. 0-alternativet vurderes derfor ikke som aktuelt.

5 Vurdering av tiltak – vannføring og kapasitet

Kapasitetsøkende tiltak

Prinsippene for kapasitetsøkning er følgende:

- Øke vannhastigheten.
- Effektivisere strømningsforholdene - glattere strømningslinjer og mindre turbulens
- Gi elva mer plass – for eksempel ved senkning eller utvidelse.

I forbindelse med arbeidet med mulighetsstudiet har vi fått innspill fra flere hold om ulike tiltak i vassdragene for å øke sikkerheten mot flom i Nesbyen. Følgende innspill ble belyst:

4.1 Endre tverrsnitt ved Bergheim

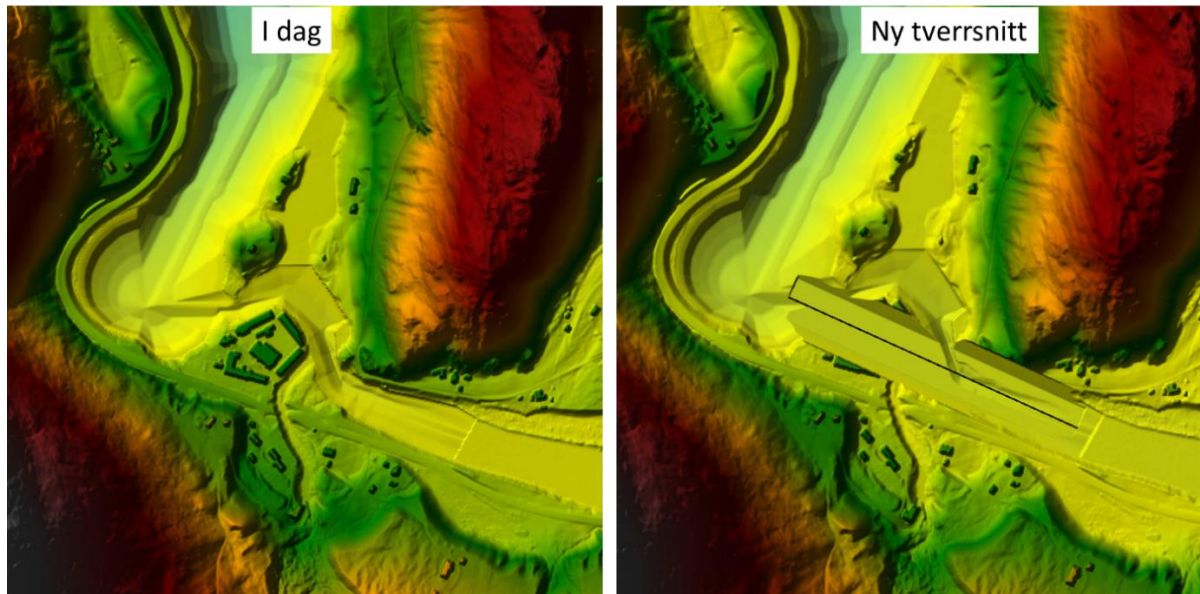
4.2 Øke kapasitet i Hallingdalselva ved å senke elvebunnen

4.3 Endre vannføring i Rukkedøla ved å holde vann tilbake i nedbørsfeltet til Rukkedøla

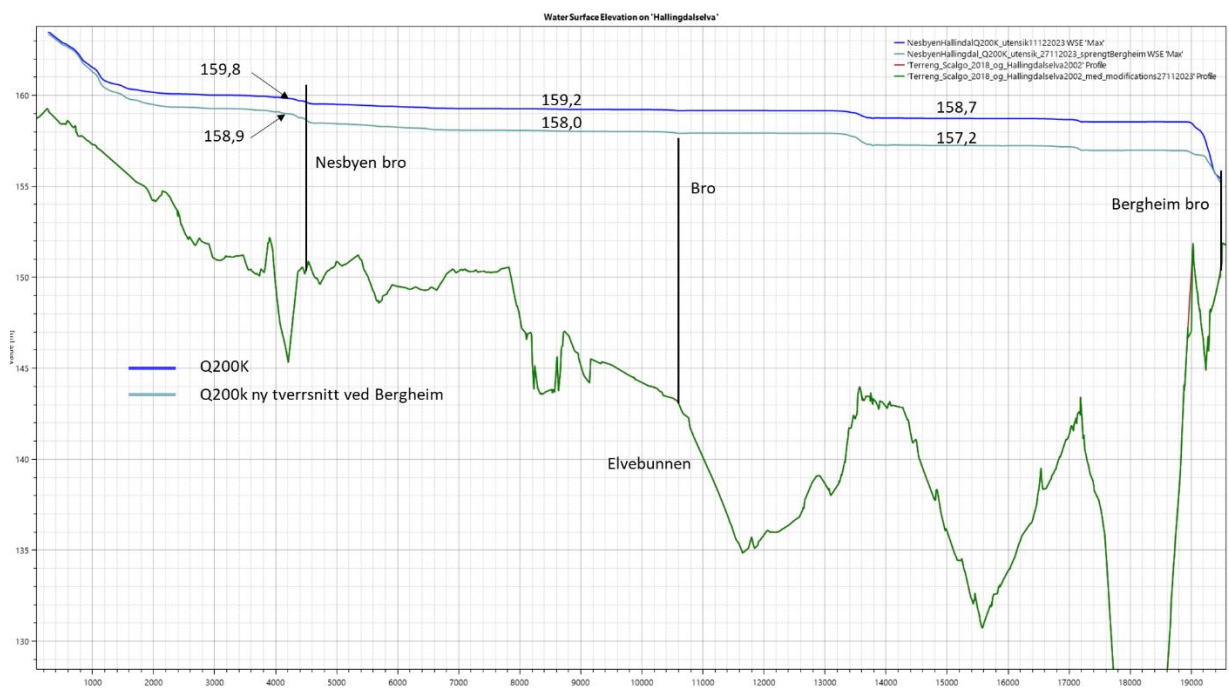
4.4 Øke kapasitet i Rukkedøla ved å senke elvebunnen i Rukkedøla nedstrøms Hajembrua

5.1 Endre tverrsnitt ved Bergheim

En betydelig utvidelse av tverrsnittet ved Bergheim er lagt inn i den hydrauliske modellen (Figur 14). Effekten med å utvide tverrsnittet med ca. 60 m er størst like oppstrøms Bergheim, men avtar betydelig opp mot Nesbyen sentrum (Figur 15). Beregningene viser at effekten ved Nesbyen sentrum ved en Q200K er ca. 1 m.



Figur 14: Endret tverrsnitt ved Bergheim, vente dagens terreng og høyre nytt tverrsnitt.



Figur 15: Effekten på vannstand av utvidelsen av tverrsnitt ved Bergheim sammenlignet med Q200 K uten endring

En senkning av vannstand med ca. 1 m er en betydelig reduksjon, men likevel vil vannstanden være ca. 0.5 m over vannstanden under «Hans» i en 200-årsflom. Redusert vannstand vil bety tilsvarende reduksjon i flomverkets høyde, men vil ha mindre betydning for kostnader.

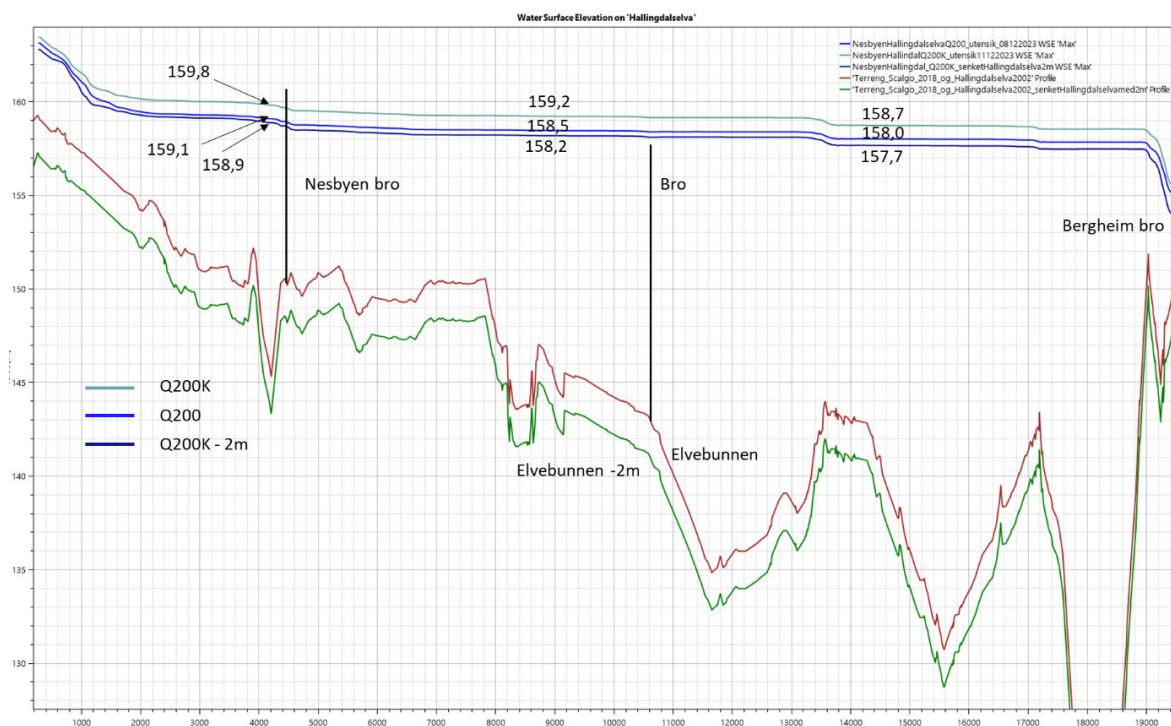
Det er ikke foretatt beregning av kostnader med etablering av det nye tverrsnittet, og riving og bygging av en ny bru ved Bergheim.

Et så vidt inngripende tiltak vil ha så mange negative virkninger både for vassdragsmiljø, kantvegetasjon, naturmangfold og landskap at det ikke er vurdert nærmere. I tillegg ville det vært

betydelige kostnader.

5.2 Grave ut/senke elveløp i Hallingdalselva

Tiltak for å øke vassdragets hydrauliske kapasitet er en type tiltak som kan ha god effekt. Effekten er størst på strekningen der elveløpet senkes og avtar oppover til et punkt der effekten er borte. Vi har sett på senkning av elvebunnen i Hallingdalselva med 2,0 m over en strekning på ca. 20 km, fra øvre del ved Nedre Skjong til og med Bergheim hvor modellen slutter. Antageligvis må bunnen senkes til og med Veøyne nedstrøms Bergheim. Beregningene viser at dette tiltaket vil redusere vannstanden med ca. 1 m ved Nesbyen bro for Q200K (Figur 16).



Figur 16: Endring i vannstand pga. senking av elvebunnen i Hallingdalselva sammenlignet med vannstander for Q200K og Q200 uten endret elvebunn

Senkning av elvebunnen vil redusere høyden på sikringstiltak tilsvarende effekten på flomvannstanden. Omfattende tiltak er likevel nødvendig for å oppnå sikkerhet mot Q200 eller Q200K. Konfliktnivået i forhold til vassdragsmiljø, naturmangfold og brukerinteresser i denne type tiltak er betydelig. Dette er derfor tiltak som NVE ikke anbefaler å gå videre med. Det er heller ikke gjort noen kostnadsoverslag.

5.3 Tilbakeholde vann i nedbørfelt til Rukkedøla



Figur 17: Nedbørfelt ved utløp til Mykingsjøen

Nedbørfeltet til Mykingsjøen er på 52.1 km², dette utgjør 17.4 % av det totale Nedbørfelt til Rukkedøla (300km²).

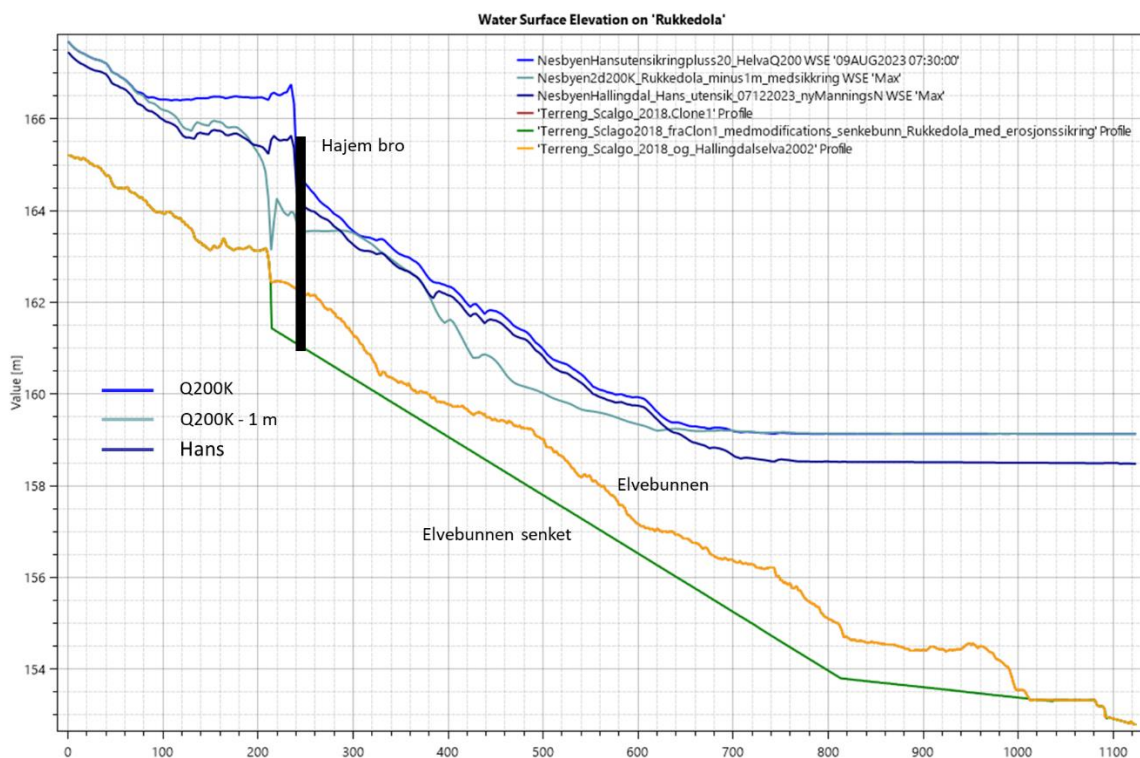
Overslagsberegning:

- Kan redusere vannføring i Rukkedøla til et nivå på ca. 182 m³/s (220 m³/s – 38.3 m³/s) over 14 timer, da trengs et magasinivolum på ca. 1.2 mill. m³ → Mykingsjøen er på ca. 0.55 km² → trengs en 2.5 til 3 m høy dam.
- kan gi en liten positiv effekt (tilsvarende at det tar bort klimapåslaget) → må være tomt for vann før nedbøren inntreffer!!
- Nedbøren må treffe jevnt over hele nedbørfeltet til Rukkedøla
- Konesjonspliktig tiltak, høy kostnad, dampsikkerhet, behov for å flytte hytter, stort miljøinngrep
- Løser ikke problemet med høye vannhastigheter i Rukkedøla
- Flomvannstand i Nesbyen styres stor sett av Hallingdalselva

Ut fra at tiltaket vil ha liten effekt i forhold til flere negative effekter, herunder omfattende inngrep i naturmiljøet og i hytteområdet, anbefaler ikke NVE å gå videre med forslaget.

5.4 Øke kapasiteten i Rukkedøla

Vi har sett på hvordan en kapasitetsøkning i Rukkedøla, med en senkning av elvebunnen med ca. 1,0 m over en strekning på ca. 800 m, fra terskelen oppstrøms Hajembrua ned til kulvertene under riksvei 7, vil påvirke vannstandene for en Q200K flom i Rukkedøla (Figur 18). En slik senkning innebærer en økning av lysåpningen med ca. 40 m² under Hajembrua, som bidrar mye med å senke vannstanden oppstrøms brua.



Figur 18: Endring av vannstand for Q200K med 1 m senket elvebunnen i Rukkedøla sammenlignet med vannstander under Hans og Q200K uten endret elvebunn

En senkning vil ha betydning for vassdragsmiljøet, men Rukkedøla er uansett berørt av massetransport og stadige endringer i bunnforholdene. Effekten av tiltaket er stor, og det anbefales derfor at man utreder dette alternativet videre.

Som en del av videre utredning av tiltak i Rukkedøla vil en også se på om en mulig heving av Hajembrua i kombinasjon med tiltakene nevnt over kan være aktuelle løsninger.

6 Vurdering av tiltak - mulig flomverk

Flomverk er konstruksjoner med høyde over dimensjonerende flomnivå, som bygges med formål å hindre flomskader på bebyggelsen bak.

Det er viktig å være oppmerksom på at flomverkene kun gir sikkerhet mot flomstørrelser opp mot dimensjonerende gjentakintervall. Ved større flommer er risikoen for skader stor, og konsekvensene må utredes og vurderes. Tiltak som reduserer skade, bør ivaretas i prosjekteringen.

Det er også viktig å sikre at flomverkene ikke gir en forverring av flom- og erosjonsforholdene andre steder i vassdraget.

6.1.1 Flomverk

Flomverkene bygges ofte som flomvoller av tilgjengelige løsmasser i nærområdet, med tetning av leire/morene, foliebelagt fiberduk eller gummimembran. På vannsiden må vollen sikres mot erosjon.



Alternativt kan flomverkene bygges av for eksempel plasstøpt betong, betongelementer, natursteinsmur, stål eller glass i tilfeller der det er for smalt til å få plass til flomvoller av løsmasser.

I tilfeller der grunnen består av permeable løsmasser må tiltak mot lekkasje vurderes – for eksempel ved å føre tetningen ned i undergrunnen, f.eks. med spunting. For å håndtere større lekkasjer og lokaltilsig på baksiden av vollen kreves noen ganger dreneringsanlegg og pumpestasjoner. Dette er som regel store og kostbare konstruksjoner.

For de områder som er vurdert i dette forprosjektet må lekkasje- og overvann håndteres via pumpestasjoner i en flomsituasjon. Plasseringen av flomvoll og pumpestasjonene er foreløpig vurdert og må følges opp i en eventuell detaljprosjektering av tiltak etter at grunnboringer og resultatene fra testing av grunnvannsbrønner er vurdert.

For mer informasjon om flomverk med tilhørende pumpestasjoner viser vi til Sikringshåndboka med fokus på disse modulene:

[Modul F2.301: Flomvoll – Prosjektering \(nve.no\)](#)

[Modul F2.302: Flommur – Prosjektering \(nve.no\)](#)

[Modul F2.304: Pumpeanlegg – Prosjektering \(nve.no\)](#)

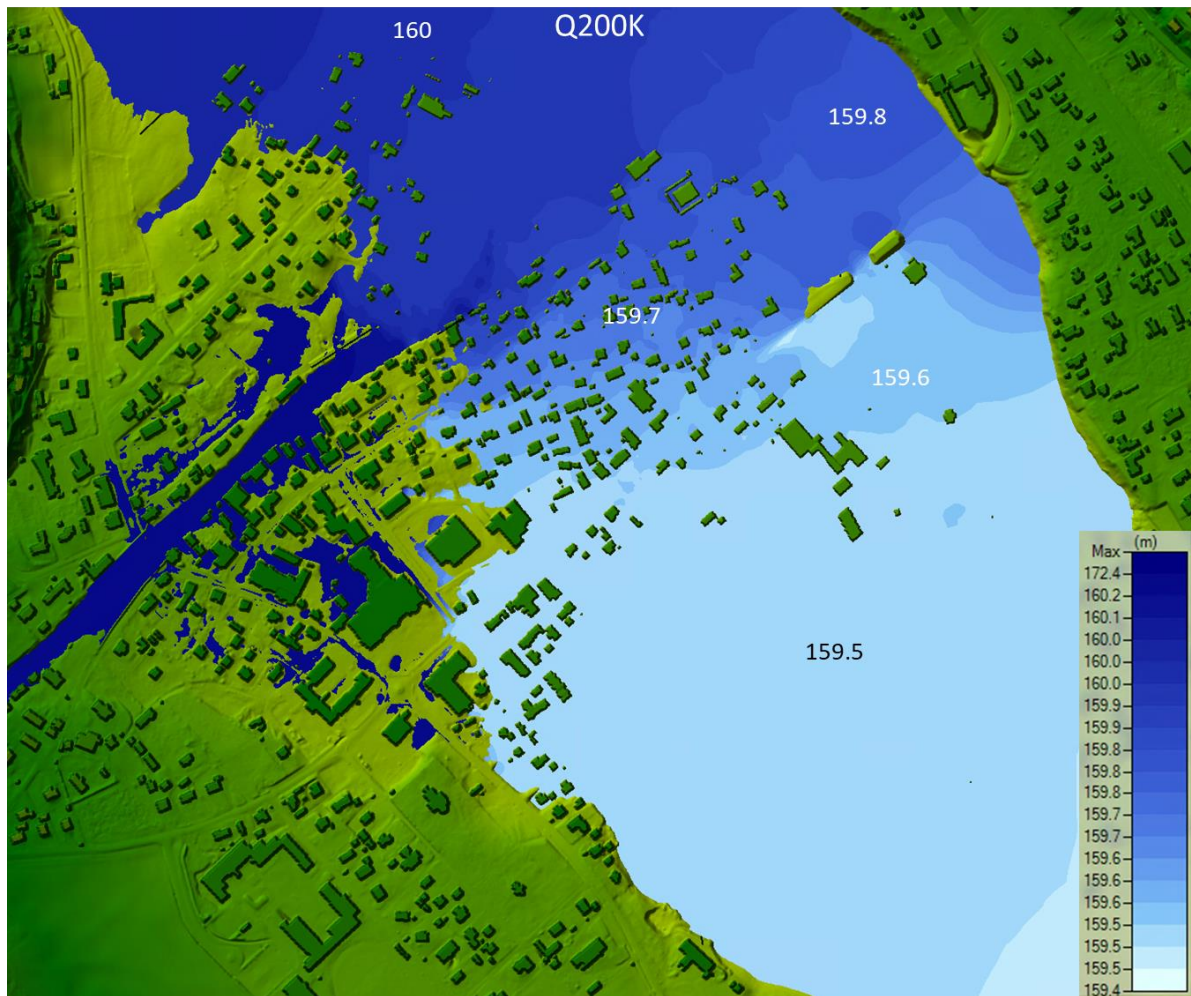
[Modul F2.305: Alternative flomtiltak – Prosjektering \(nve.no\)](#)

[Modul F0.101: Miljøtilpassing av sikring i vassdrag \(nve.no\)](#)

Flomverket som er vist i denne mulighetsstudien ivaretar kravene for flom i tekniske forskrifter til Plan- og bygningsloven, TEK 17 § 7-2, når det gjelder sikkerhet for ny bebyggelse for området bak flomvollen

Lovverket forutsetter per i dag at flomsikringstiltak skal være etablert permanent før byggetillatelse kan gis i flomutsatt område. Tiltaket som er vist, er planlagt som permanent. Vi har tatt utgangspunkt i vannstander for Q200K som dimensjonerende.

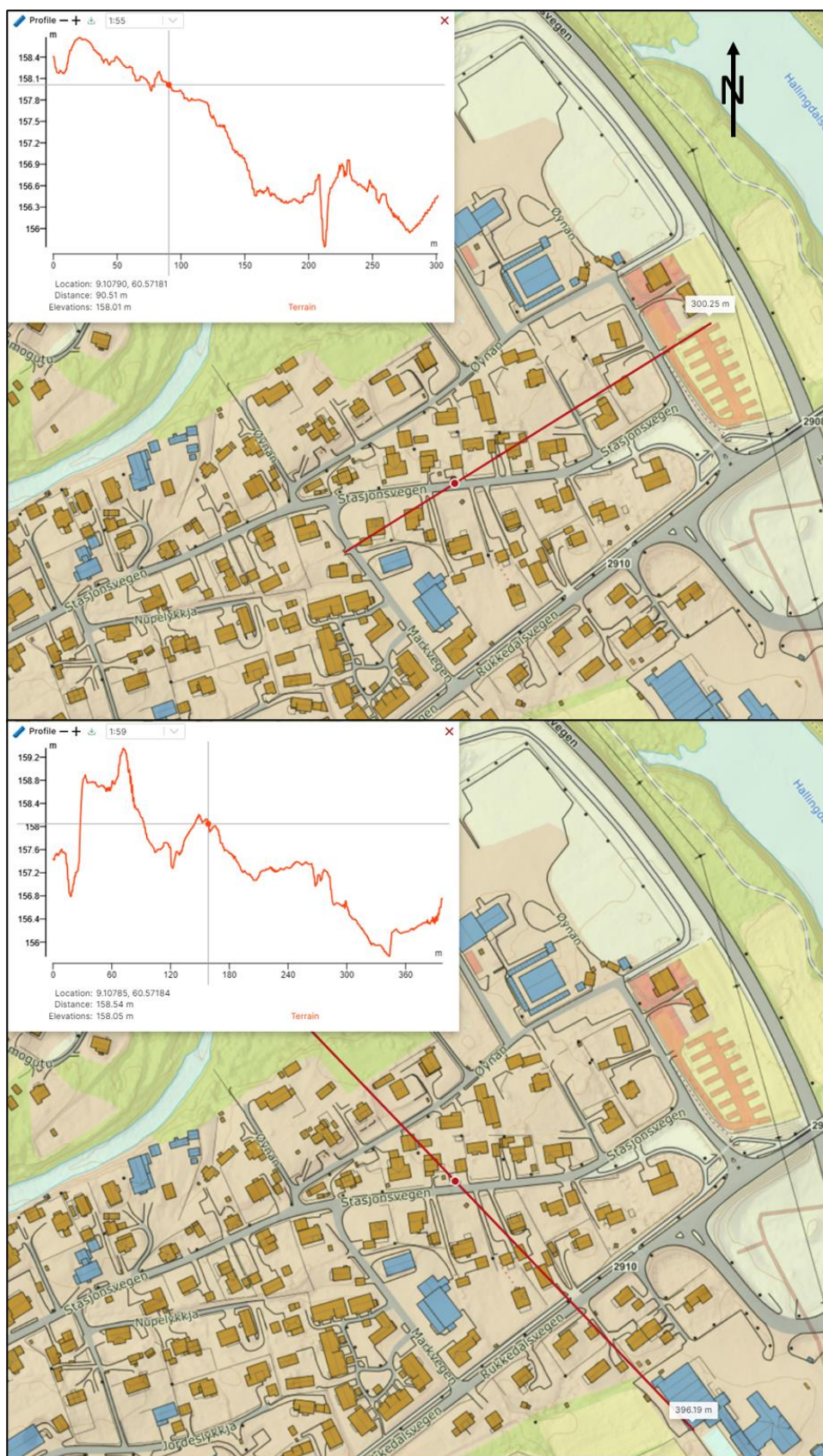
Vannlinjeberegninger angir vannstand for $Q_{200} + 20\%$ fra kote 160 (NN2000) til kote. 159.5 (159.3 til 158.8 ved Q_{200}) langs Nesbyen sentrum (Figur 19). Pga. små endring i vannlinjen ble det valgt en dimensjonerende vannstand ved kote 160 i dette mulighetsstudiet. Som tommelfingerregel kan det antas at hvis man bare vil sikre for Q_{200} i Hallingdalselva, så reduseres topphøydene til vollene med ca. 70 cm. Det er anbefalt en sikkerhetsmargin med 0,5 m i flomrapporten til Nesbyen. Dagens modellering tar imidlertid utgangspunkt i gode kalibrerings- og grunnlagsdata fra «Hans». Dermed kan sikkerhetsmargin senkes til 0,3 m.



Figur19: Flomsonekart for Q200K med utvalgte vannstander

6.1.2 Utfordringer med terreng og grunnforhold:

Høye vannstander og et flatt terreng på flomsletten gir utfordringer for plassering av flomvullen. Figur 20 viser at den nedre delen av Nesbyen sentrum er relativt flat både fra vest til øst og fra nord til sør, med kote 158 ved Stasjonsvegen 53 ned til kote 156.3 ved Rv7, og fra kote 158.8 ved Øynanvegen 15 ned til kote 156.8 ved Rukkedalsvegen 23. I et slikt flatt terreng blir flomverket som skal sikre Nesbyen mot en Q200K gjerne 3-4 m høyt.



Figur 20: Terrengprofiler gjennom Nesbyen fra vest til øst (øverst) og nord til sør (nederst)

Prøvesjaktning på fire lokasjoner i desember 2023 viste at løsmassene på elveviften i Nesbyen er ganske grovt med lite finstoff. I figur 21 vises noen bilder tatt under prøvesjaktning.



Figur 21: Bilder av løsmasser fra prøvesjaktning ved 4 lokasjoner

Med større avstand fra Rukkedøla er de grove massene til dels dekket av en 1-1,5 m tykt sjikt av sandige masser. Grunnvannstand var ved ca. 3 m under bakken under prøvesjaktning. Mer detaljerte grunnundersøkelser er bestilt og resultater forventes i løpe av mars 2024. Disse vil gjøre det mulig å beregne lekkasjevolumen under flomerket som kan forventes under flom.

Ut fra dagens kunnskap om grunnforholdene med tanke på lekkasje som kan forventes under flom er det krevende med et flomverk som er 3 – 4 m høyt over flere 100 m, med tilhørende vanntrykk under flom.

6.1.3 Første vurderinger av mulige plasseringer av flomverk.

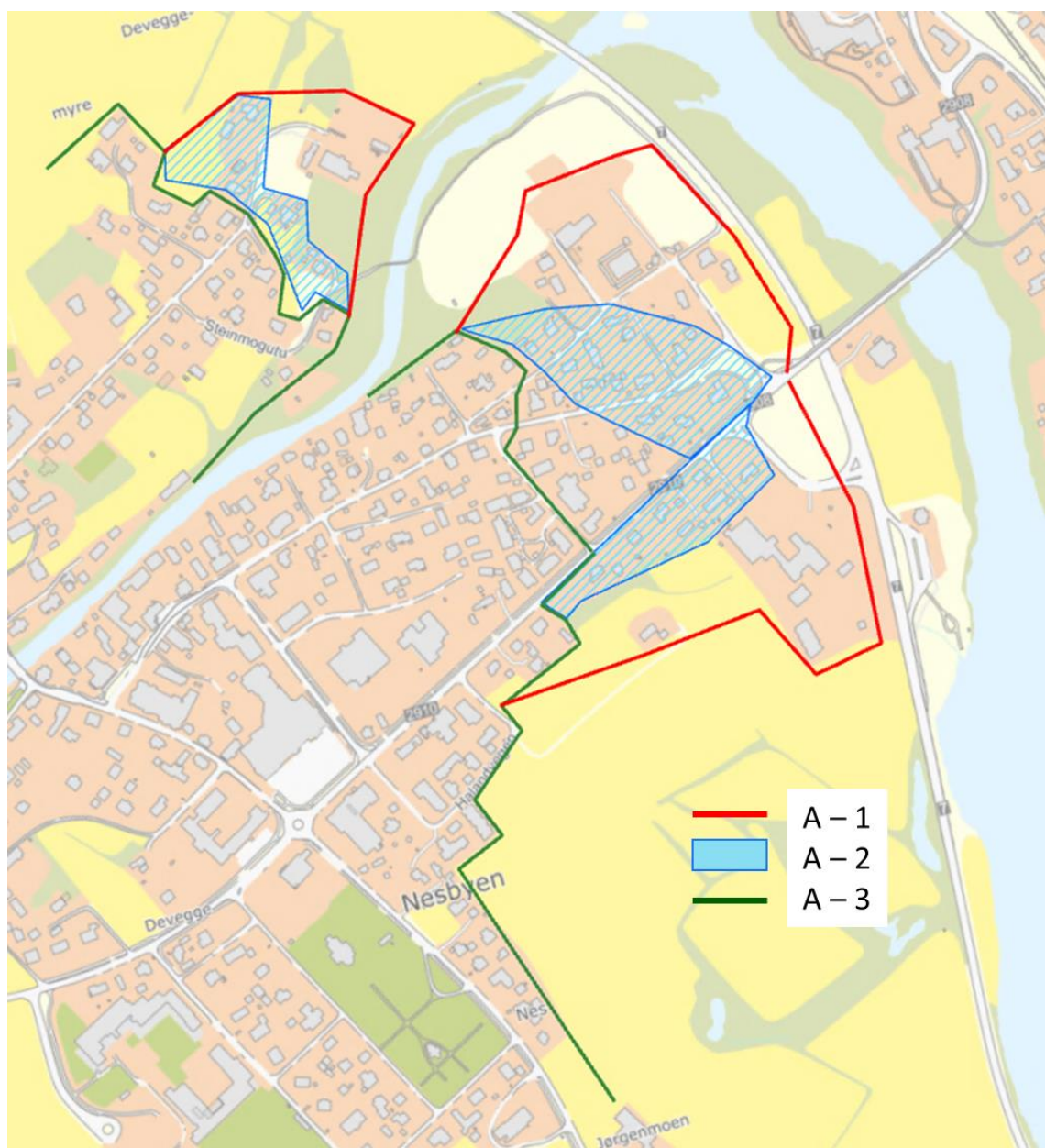
Sikring av Nesbyen vil sannsynligvis skje med voller av løsmasser med en tett kjerne. Det er usikkert om det er mulig å bruke spunt som tetning – alternativt kan en benytte tetning med duk. Ved tetning med duk vil det være vanskelig å tette til dypere enn 3 m, siden det er behov for store arealer under grøftesjaktning. Ut fra terreng- og grunnforholdene i kombinasjon med vanntrykket som kan forventes under flom er det antageligvis ikke å anbefale 3-4 m høye voller over en flere 100 m strekning uten at pumpestasjonene blir veldig store og kostbare.

Mer detaljerte vurderinger belyses i følgende 3 alternativer for en mulig plassering av flomverket (Figur 22).

Alt. A – 1: Totalsikring av hele Nesbyen

Alt. A – 2: Mulig plassering av flomverk ut fra vurderinger rundt terreng og forventet lekkasje

Alt. A – 3: Minimalsikring



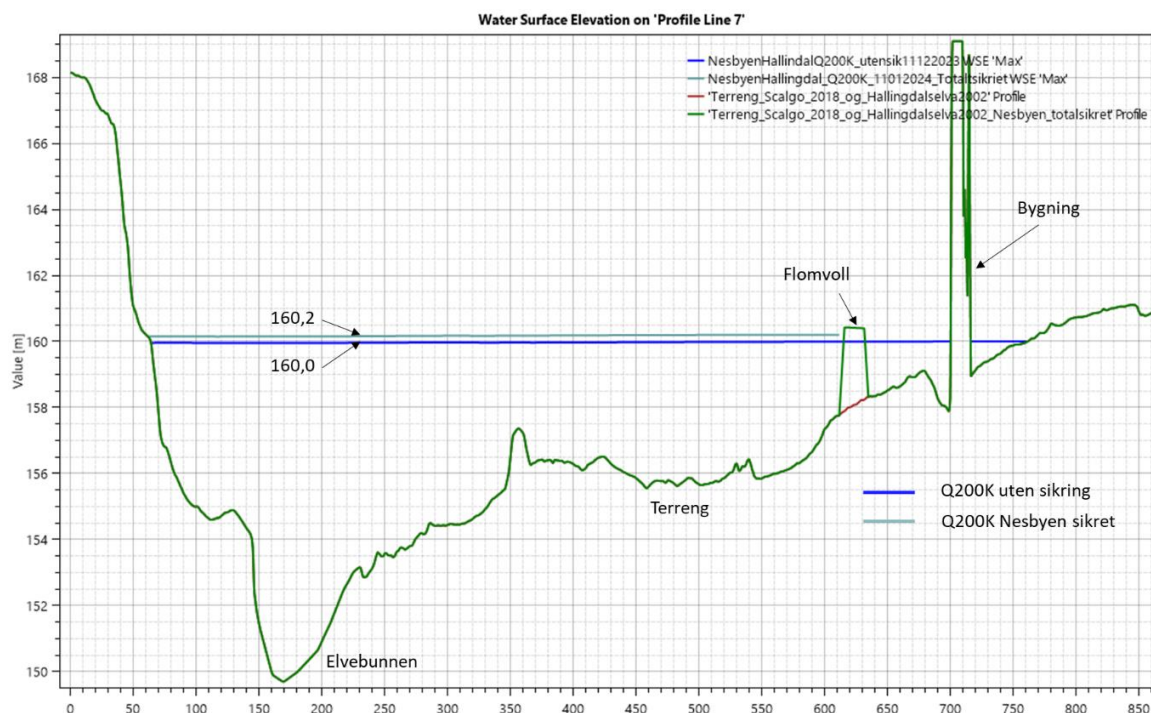
Figur 22: Kart som illustrere omtrentlig posisjon av de vurderte 3 alternativer

A – 1: Totalsikring av hele Nesbyen

Tiltak på begge sider av Rukkedøla mot Hallingdalselva hvor alle bygninger i Nesbyen sikres (unntatt renseanlegget), vil medføre en økning av vannstanden pga. oppstuvning, fordi flomløpet innsnevres og tilgjengelig areal hvor vannet kan fordele seg under flom, reduseres. Vannstanden øker med inntil 0,2 m, oppstrøms Nesbyen sentrum (Figur24).



Figur 23: Flomsonekart for A-1 med markering av tverrprofil som vises i figur 24



Figur 24: Sammenligning av vannstander med og uten sikring som tenkt i A-1.

Sikring av Nesbyen vil mest sannsynlig være aktuelt med hjelp av flomvoller av løsmasser med en tett kerne. Slike voller er utsatt for setninger. Dermed må det legges på et fribord med 0,5 m. Ut fra dette beregnes de nødvendige toppkotene av flomverket slik; dimensjonerende pluss oppstuvning og sikkerhetsmargin: $160 + 0,3 + 0,5 = \text{kote } 160,8$.

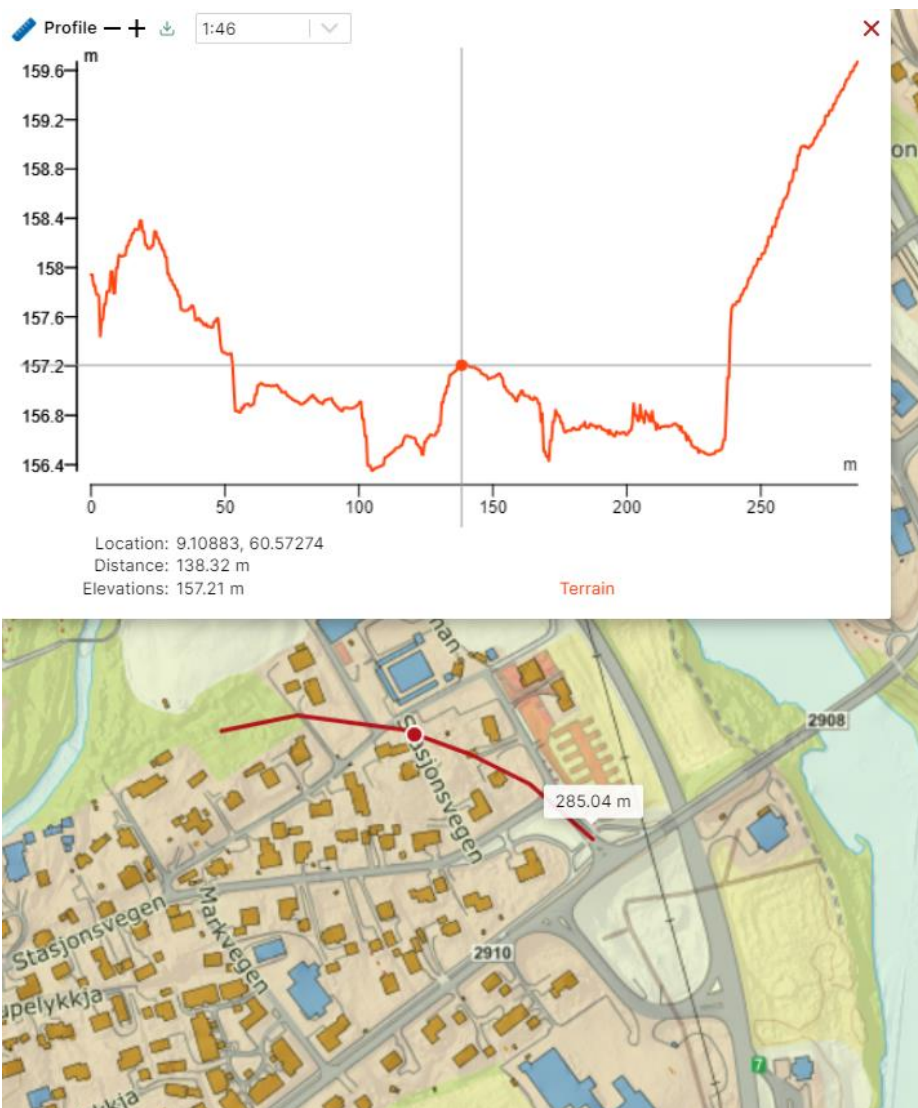
Et slikt flomverk ville innebære en 4-5 m høy voll langs Rv7 og ved trafostasjonen (Figur 25). En voll med slike høyder over flere hundre meter vil antageligvis kreve store pumpestasjoner for å kunne håndtere lekkasjevannet. Dette vil øke kostnadene betraktelig for en slik løsning. Samtidig vil en sikring av hele Nesbyen ha den største kost/nytt. Avstanden til bebyggelsen er også slik at de visuelle effektene dempes noe. Detaljene rund en slik løsning må utredes i forprosjektet.



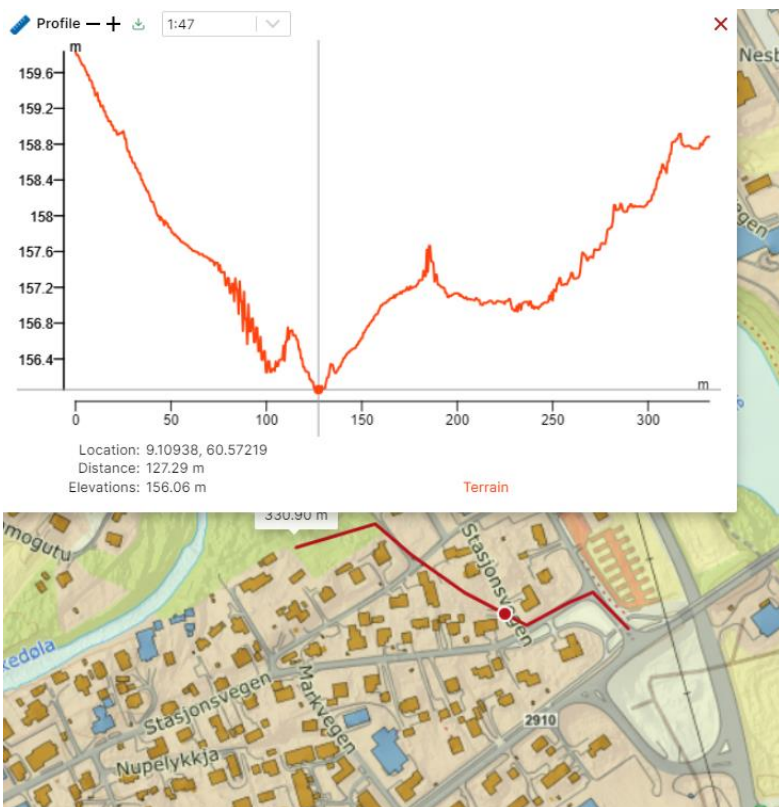
Figur 25: Terrengprofiler langs volltrasene for A-1.

A - 2: Plassering av flomverk ut fra vurderinger rundt terreng og forventet lekkasje

Alternativ 2 er tenkt mer som et område hvor flomverket kan plasseres ut fra bl.a. grunneierinteresser, landskapsplanlegging, endringer i veger m.m. Et flomverk i dette området vil også ha en betydelig lavere oppstuvende effekt en A-1. Høyden til flomverket i dette området er relativt likt, uavhengig av den endelig trasen, men reduserer lengden til flomverket betraktelig. Dette vil redusere mengde lekkasjevann som må håndteres. Men på de laveste områdene blir vollen fortsatt 3 - 4 m høy, over flere 100 m, på deler av strekningen gjennom sentrum. Samtidig sikres fortsatt store deler av Nesbyen som trolig kan resultere i en brukbar kost/nytte beregning. I Figurene 26 og 27 presenteres 2 mulige traser. Men også her må det utredes detaljer i forprosjektet.

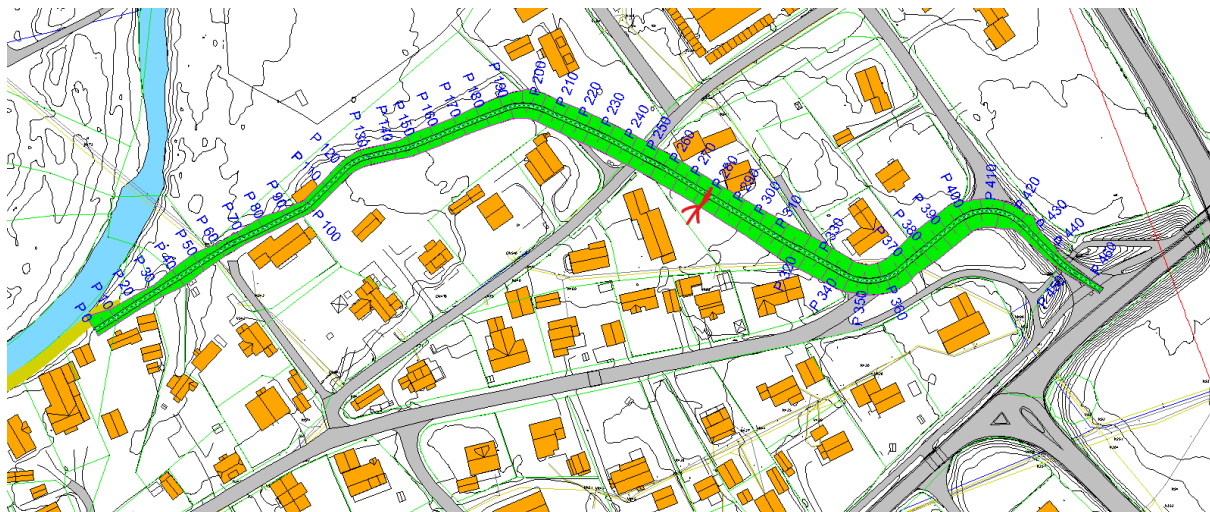


Figur 26: Terrengprofil langs en mulig trase i A-2.

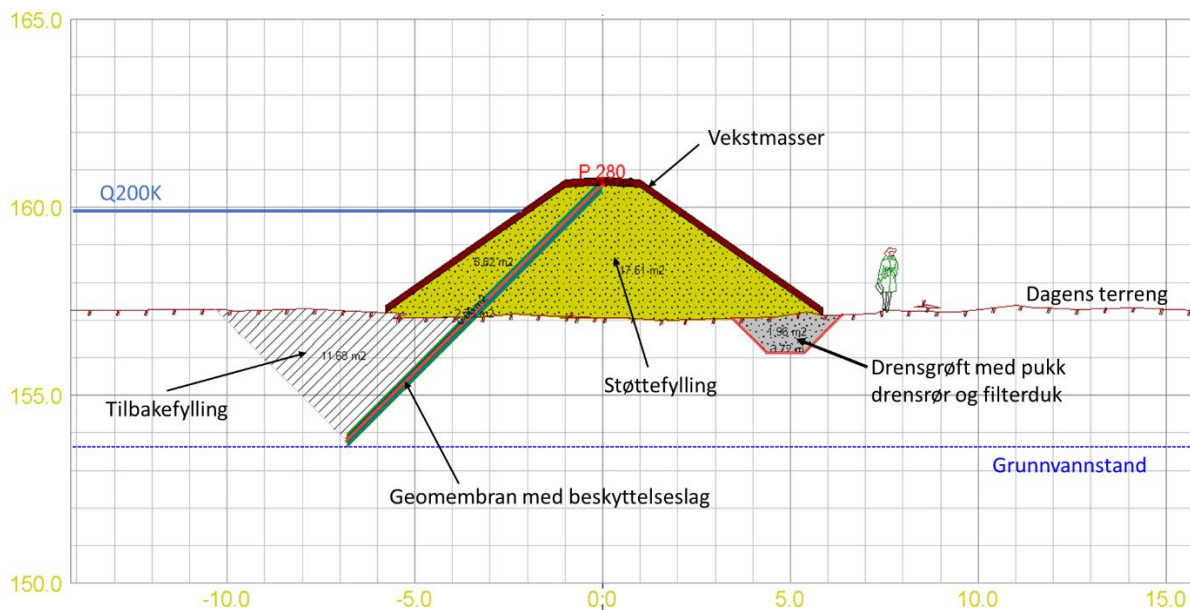


Figur 27: Terrengprofil langs en mulig trase i A-2.

Figur 28 viser en mulig trase som utnytter det høyereliggende areal ved Øynanveien 15, 17 og 19 og avsluttes mot oppkjøring til Nesbyen bro.



Figur 28: Skisse av flomvoll langs en mulig trase i A-2. Trasen går langs terrengprofilen presentert i figur 27. Pelnummer 280 er markert med en rød pil (Figur 29).



Figur 29: Prinsippskisse av flomvollen ved P280 for pelinjen som vises i figur 28

Her er det tenkt en flomvoll av løsmasser med en tetning av geomembran som dras ned til grunnvannstand, som er antatt 3 m under bakken (vurdering fra prøvesjaktning). Skissen illustrerer høyden av nødvendig flomverk på 3-4 m. En slik voll vil har et fotavtrykk på ca. 20 m under bygging (inkl. grøft til tetning), med de utfordringer det vil være med å finne tilstrekkelig areal. Dette vil også få noen visuelle effekter for enkelte hus.

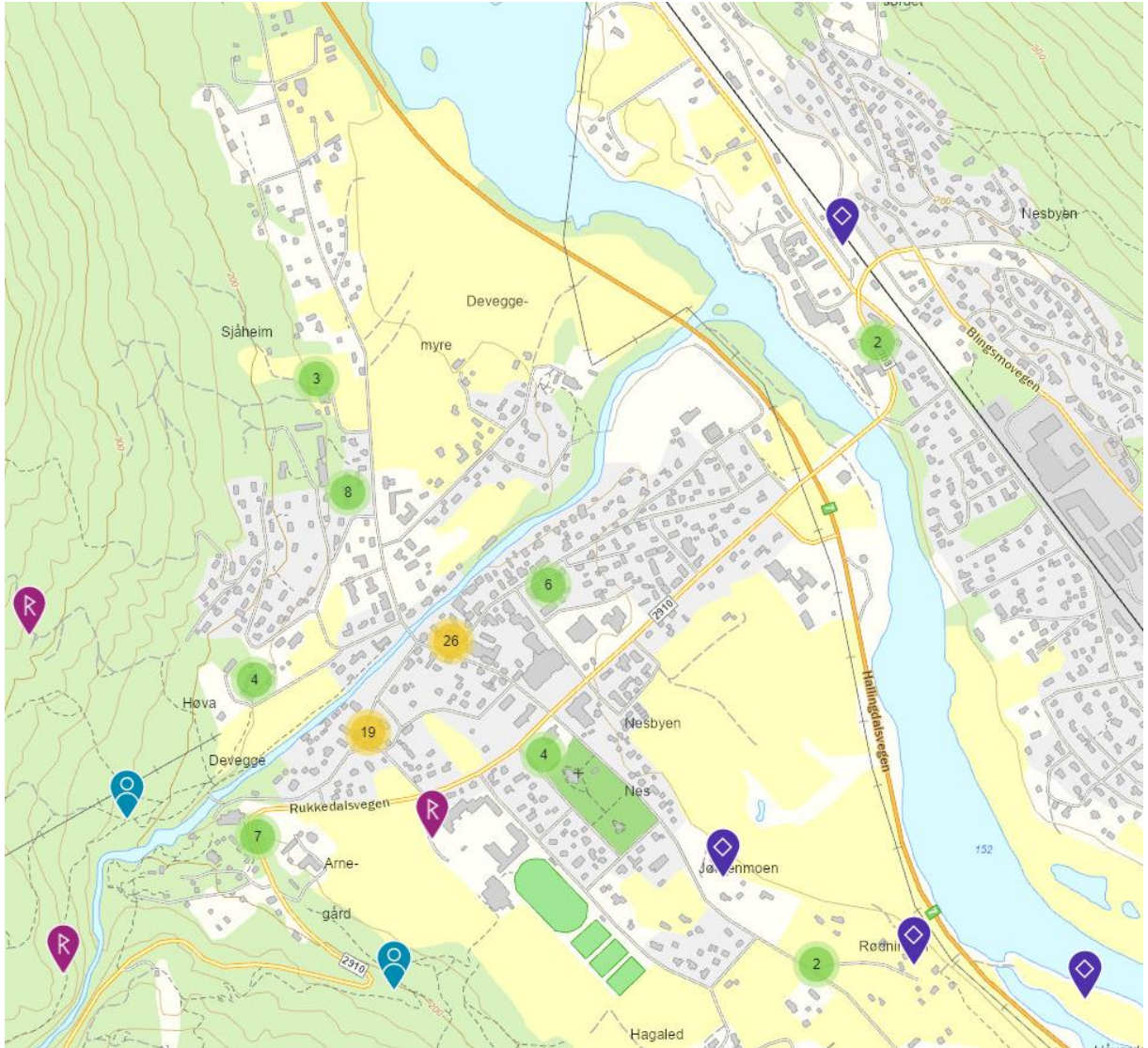
A - 3: Minimalsikring

Alternativ 3 viser en minimalsikring av Nesbyen hvor flomverket er på 1,5 til 2 høyt på store deler av strekningen. Også må de andre alternativene kan eventuelt avsluttes mot A-3 som er illustrert i figur 22. Dette alternativet reduserer høyden til flomverket betraktelig og dermed også de visuelle negative effektene. Dette reduserer også kostnader til bl.a. pumpestasjoner. Men samtidig blir mange hus ikke sikret, noe som redusere nytten av dette alternativet.

7 Aktuelle hensyn og interesser: Kulturminner

Nes kommune har regulert følgende områder til bevaring gjennom bruk av hensynssoner:

- Del av Gamle Nes – verneverdige bygninger (reguleringsplan for deler av Nesbyen sentrum planID 01200904, vedtatt 08.09.2011)
- 9 hensynssoner i Nesbyen sentrum – verneverdige bygninger (kommunedelplan Nesbyen planID 00201201, vedtatt 13.08.2015)



Figur30: Utklipp fra kulturminnesøk.no som viser kjente kulturminner i Nesbyen

Ut fra dette ser det ikke ut til at de kjente kulturminnene i Nesbyen blir negativt berørt av noen av flomsikringsalternativene.