

Flomsikring i Nesbyen kommune

Notat Hydraulikk for sikring av Rukkedøla

22.05.2025

Revidert 30.09.2025

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Forfatter: Lindschulte
Ingenieurgesellschaft mbH Ammersee
Billerberg 10
82266 Inning am Ammersee

Notat

1.	Prosjektansvarlig	1
2.	Formål	1
3.	Undersøkt område	1
4.	Datagrunnlag	5
5.	Hydrologisk grunnlag	6
5.1	Flomverdier	6
5.2	Klimapåslag.....	7
6.	Hydraulisk modellering.....	7
6.1	Modellverktøy og -oppsett	7
6.2	Simuleringer.....	10
6.3	Grensebetingelser	11
6.4	Modellvalidering.....	11
7.	Resultater.....	12
7.1	Modellvalidering.....	12
7.2	Sikkerhetspåslag.....	12
7.3	Vannstander, flomareal, vanndybder og vannhastigheter.....	12
7.3.1	Eksisterende situasjon, 200-årsflom med klimapåslag.....	12
7.3.2	Planlagte og hydraulisk undersøkte tiltak	16
7.3.3	Situasjon etter tiltak, 200-årsflom med klimapåslag.....	22
8.	Oppsummering.....	32

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

2. Formål

I forbindelse med flomsikring av Nesbyen er det gjennomført hydrauliske beregninger. Det er satt opp en todimensjonal hydraulisk modell for hovedelva Hallingdalselva og sideelva Rukkedøla. Målet er å beregne vannstandskoter og flomutbredelse ved dimensjonerende vannføring, og å undersøke den hydrauliske effekten av flomsikringssikringstiltak. Resultatene, blant annet vannspeil, flomareal, strømningshastighet og skjærspenning, gir grunnlaget for plassering og prosjektering av sikringstiltak langsmed Rukkedøla. Elvestrekningen må sikres for å hindre erosjon og at vann går over bredden og renner mot Nesbyen sentrum.

Dette notatet omhandler i hovedsaken resultatene for sideelva Rukkedøla. Resultatene presentert her er begrenset til behovet for planlegging av sikringstiltakene langsmed Rukkedøla. For å ivareta effekten av bakvann fra Hallingdalselva i Rukkedøla er hovedelva modellert og sikring mot flom i Hallingdalselva ved flomvoll på Nesflata er forutsatt for situasjonen etter tiltak. Simuleringsresultatene i forbindelse med sikring mot flom i Hallingdalselva er presentert i et eget notat¹. Eventuell sikring av området nord for samløpet, Steinmogutu, behandles separat i en seinere fase av prosjektet. Eventuell heving av riksvei (rv.) 7 samt ny bru over Rukkedøla er ikke tatt hensyn til i denne prosjektfasen.

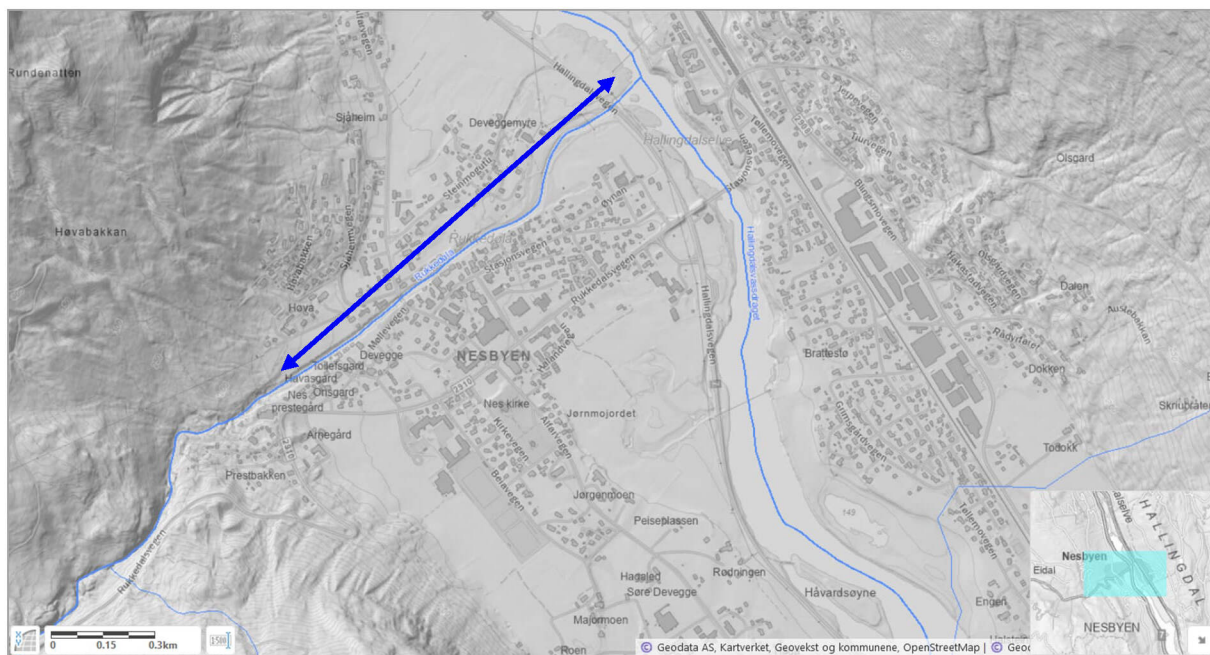
3. Undersøkt område

Sentral i studiens analyseområde er tettstedet Nesbyen med sideelva Rukkedøla. Elva renner gjennom Rukkedalen i retning sør-vest til nord-øst forbi Nesbyen sentrum og ut i Hallingdalselva (Figur 3.1). Oppstrøms tettstedet renner Rukkedøla gjennom et flere hundre meter langt gjel før elva går over i en foss ved Hallingdal museum (Figur 3.2).

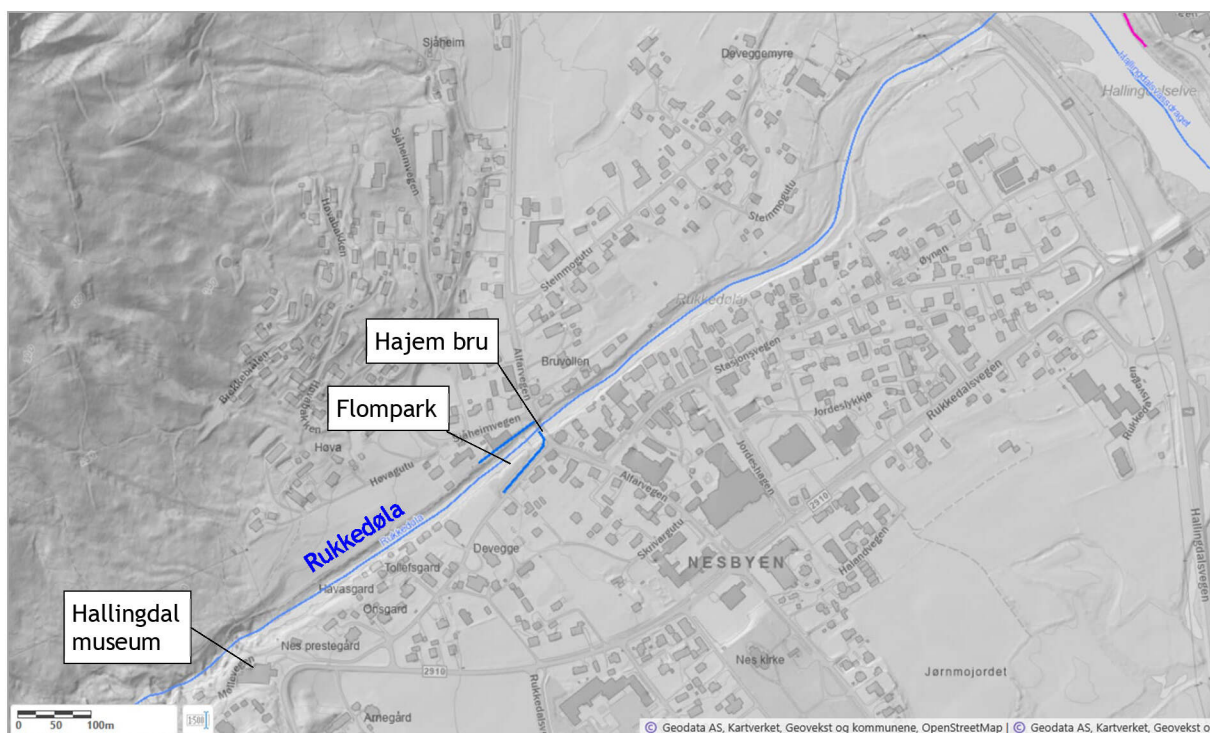
Rukkedølas strekning fra nedstrøms fossen til Hallingdalselva har en gjennomsnittlig elvegradient på 1,2 %. Ved høy vannføring i Hallingdalselva er vannstanden på den nedre strekningen av Rukkedøla påvirket av bakvann fra Hallingdalselva.

Den undersøkte elvestrekningen med en lengde på ca. 1300 m strekker seg fra nedstrøms fossen til utløpet i Hallingdalselva. I den øvre delen ligger Hajem bru, der Alfarvegen krysser elva (Figur 3.3). Brua ligger rett nedstrøms «flomparken», en elvepark / et grøntareal som ble etablert i forbindelse med flomsikring av dette området og som ble ferdigstilt i 2013 (Figur 3.4). I den nedre delen av den gamle elveviften har Rukkedølas bunn slakere helning. Rv. 7 krysser elva før samløpet med Hallingdalselva. I dag ledes vannet gjennom veifyllingen ved fire rør av korrugert stål med en diameter på ca. 3600 mm (Figur 3.5).

¹ Hydraulikk for sikring av Nesflata. Notat datert 31.01.2025, revidert 14.03.2025, Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH



Figur 3.1: Oversiktskart over Nesbyen og den undersøkte elvestrekningen: Rukkedøla renner i retning vest til øst ut i Hallingdalselva. Kart fra NVE Atlas²



Figur 3.2: Kart over Rukkedøla og Nesbyen sentrum; eksisterende sikringstiltak er avmerket med blå og fiolett linje. Kart fra NVE Atlas²



Figur 3.3: Hajem bru sett fra oppstrøms, 07.05.2024 og 19.06.2024

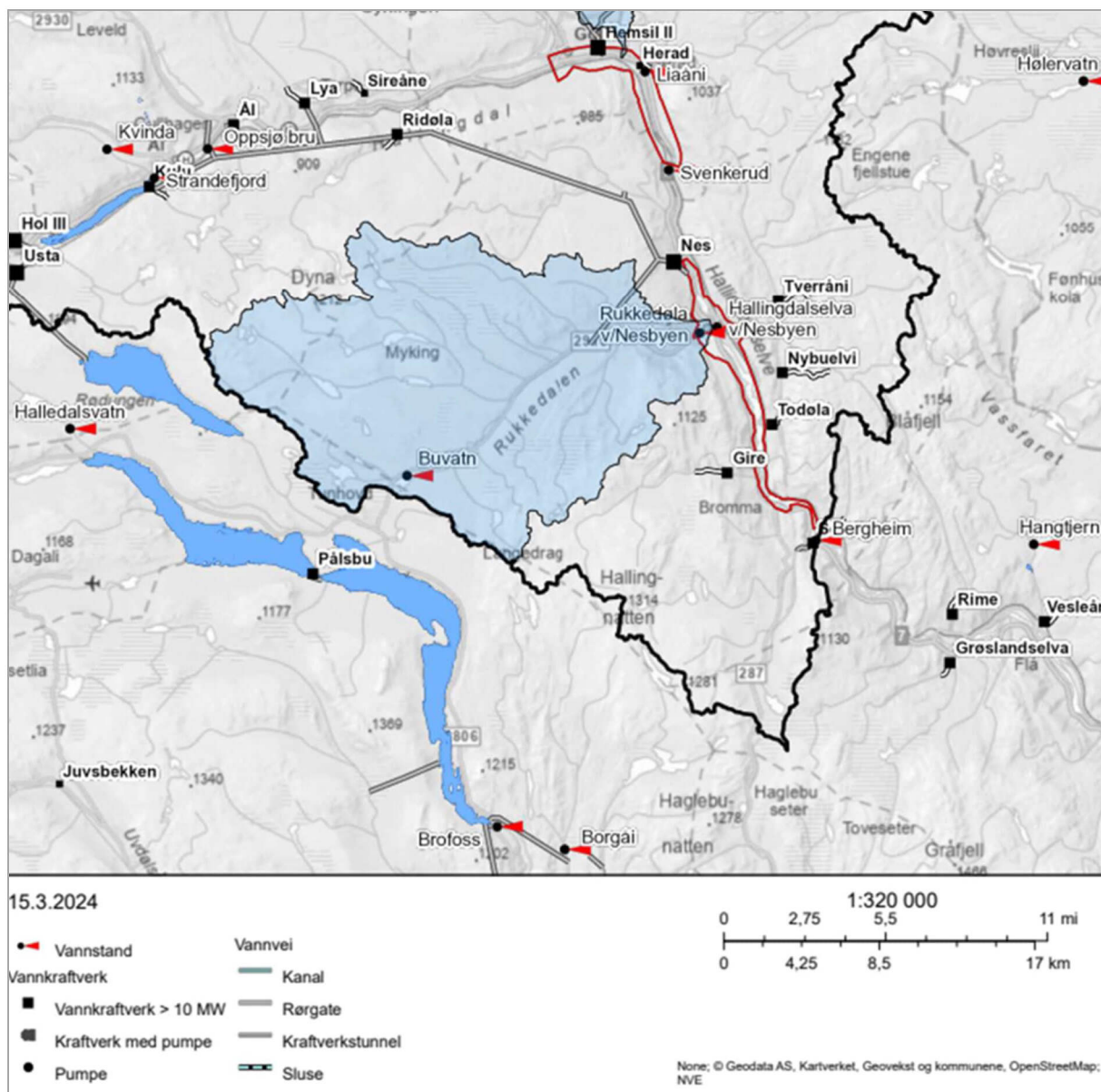


Figur 3.4: Flomparken sett fra Hajem bru, 07.05.2024 og 10.04.2025



Figur 3.5: Rukkedøla, kulverter gjennom veifyllingen av rv. 7, 07.05.2024 og 26.11.2024.

Nedbørfeltet til Rukkedøla ved samløpet med Hallingdalselva har et feltareal på 300 km² (Figur 3.6) og er regulert. For en nærmere beskrivelse av vassdraget samt vannkraftreguleringen henvises det til NVEs flomberegningsrapport³.



Figur 3.6: Oversikt over Rukkedølas nedbørfelt (blå polygon). I tillegg viser kartet utbygd vannkraft, vannmerker med vannstandsmåling og analyseområder av tidligere flomsonekartlegginger (rød). Kilde: NVE (2024a)³

³ NVE (2024a) Flomberegning for Hallingdalsvassdraget (012.CZ). Del 1 Rukkedøla, Trøimsåni, Ruståni, Liaåni, Todøla og bekk gjennom Bromma Del 2: Hallingdalselva, Hemsil, Grøndøla og Mørkdøla. Rapport nr. 8/2024, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, mai 2024

4. Datagrunnlag

Som grunnlag for modellverktøy er det brukt både ferdig opparbeidete digitale terrengmodeller (dtm), innmålinger og kilder fra tidligere studier. Lasermålte terrenghøyder ble hentet fra Høydedata.no⁴. Innmåling av bunndata i elver ble gjennomført av innmålingsfirmaer.

De hydrauliske analysene bygger på følgende datasett:

- Laserdatasett, dtm: NDH Flå-Nes 5pkt 2018⁴, GeoTIFF, oppløsning 1 m, lastet ned 02.07.2024
- Bruddkanter som bygninger, veier, vassdragskant etc.: FKB-datasett for Nesbyen kommune
- Arealbruk: AR5 i FKB-datasettet for Nesbyen kommune
- Konstruksjoner som bruer og kulverter: Hentet fra NVE sin HEC-RAS-modell fra mulighetsstudien⁵
- Bunndata Hallingdalselva:
 - Punktsky fra innmåling med grønn laser, innmålt etter ekstremværet «Hans», september 2023
 - Punktsky fra ekkoloddmålinger, innmålt av Styvehavn AS juli og august 2024
- Innmålinger med RTK GPS:
 - Hajem bru og terskel flompark, innmålt av Hallingkonsult mellom 23. og 30. oktober 2024
 - Elvebredd Rukkedøla, topp elvekant nedstrøms Hajem bru, 8 tverrprofiler, bruddkanter flompark: innmålt av Hallingkonsult 8. november 2024

Alle koordinater og høyder er i koordinatsystemet ETRS 1989 UTM Zone 32N og høydesystemet NN2000.

4 www.hoydedata.no, Kartverket

5 NVE (2024b) Mulighetsstudie Flomsikring Nesbyen. Saksnr. 202313409, Norges vassdrags- og energidirektorat Region Sør, Tansberg, 19.02.2024

5. Hydrologisk grunnlag

5.1 Flomverdier

NVE utarbeidet i 2024 ny flomberegning for Hallingdalsvassdraget³. Del 1 omfatter beregning av flomverdier for 6 sidevassdrag, med følgende 6 beregningspunkter: Rukkedøla ved Hallingdalselva, Trøimsåni ved Hemsil, Ruståni ved Hallingdalselva, Liaåni ved Hallingdalselva, Todøla ved Hallingdalselva og bekken gjennom Bromma ved Hallingdalselva. Del 2 omfatter beregning av flomverdier for Hallingdalselva ved 13 punkter, for Hemsil ved 5 punkter og for to av de største sideelvene til Hemsil, Grøndøla og Mørkdøla. Det hydrologiske datagrunnlaget for flomberegningen vurderte NVE å være i klasse 2 for Hallingdalselva.

For de hydrauliske beregningene for Rukkedøla er kulminasjonsvannføringer ved følgende beregningspunkter viktigst: Rukkedøla ved Hallingdalselva og Hallingdalselva nedenfor Rukkedøla (Tabell 5.1).

Flomverdiene for punktet Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla er beregnet ved å trekke Rukkedølas flomverdier fra dem for punktet Hallingdalselva nedenfor Rukkedøla. Det betyr at flomverdiene for Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla tilsvarer lavere vannføringer / gjentaksintervall enn verdiene angitt for Hallingdalselva før samløpet i flomberegningsrapporten (beregningsspunkt utløp Nes kr.v., ndf. Dokkelvi). Grunnen til dette er hvordan en behandler samtidigheten av flom i Hallingdalselva og Rukkedøla. I flomberegningsrapporten er det vurdert at det ikke kan utelukkes samtidig flomtopp i Hallingdalselva og Rukkedøla ved Nesbyen, men at det er lite sannsynlig.

For dimensjonering av sikringstiltakene ble det bestemt at det brukes 200-årsflom i Rukkedøla samtidig med 200-årsflom i Hallingdalselva nedstrøms samløpet med Rukkedøla.

Tabell 5.1: Kulminasjonsvannføringer i Hallingdalsvassdraget for aktuelle beregningspunkter uten klimapåslag.

Beregningspunkt	QM [m ³ /s]	Q5 [m ³ /s]	Q10 [m ³ /s]	Q20 [m ³ /s]	Q50 [m ³ /s]	Q100 [m ³ /s]	Q200 [m ³ /s]	Q500 [m ³ /s]	Q1000 [m ³ /s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	69	99	126	146	179	199	218	245	266
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla*	436	558	654	753	873	1160	1254	1558	1644
Hallingdalselva ndf. Rukkedøla	505	657	780	899	1052	1359	1472	1803	1910

* Gjentaksintervallene for Hallingdalselva før samløp med Rukkedøla er lavere enn angitt i kolonnenes overskrift grunnet at det ikke er antatt samtidig flomtopp i Hallingdalselva og Rukkedøla.

5.2 Klimapåslag

NVE vurderte klimapåslaget for Hallingdalselva og sideelvene i flomberegnerapporten³ og valgte 20 % for Hallingdalselva, Rukkedøla og andre sideelver. For to små, raske sidefelt, Trøimsåni og bekken gjennom Bromma, valgte NVE 40 % klimapåslag. Flomvannføringerne med klimapåslag vises i Tabell 5.2).

Tabell 5.2: Kulminasjonsvannføringer i Hallingdalsvassdraget for aktuelle beregningspunkter med klimapåslag.

Beregningspunkt	QM [m ³ /s]	Q5 [m ³ /s]	Q10 [m ³ /s]	Q20 [m ³ /s]	Q50 [m ³ /s]	Q100 [m ³ /s]	Q200 [m ³ /s]	Q500 [m ³ /s]	Q1000 [m ³ /s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	86	129	152	183	214	238	262	294	319
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla*	541	716	850	1165	1324	1624	1733	1870	1973
Hallingdalselva ndf. Rukkedøla	627	845	1002	1348	1538	1862	1995	2164	2292

* Gjentakintervallene for Hallingdalselva før samløp med Rukkedøla er lavere enn angitt i kolonnenes overskrift grunnet at det ikke er antatt samtidig flomtopp i Hallingdalselva og Rukkedøla.

6. Hydraulisk modellering

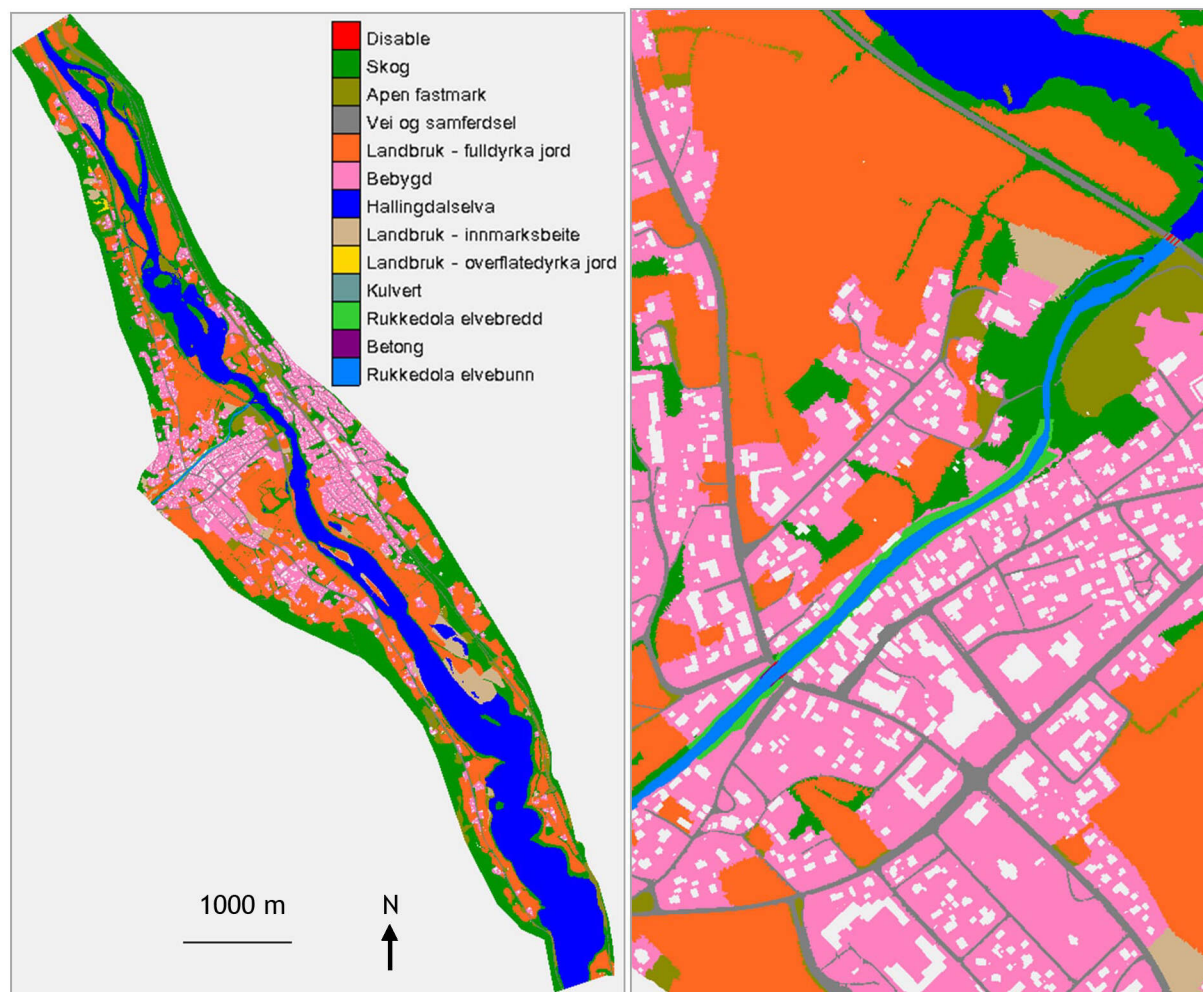
6.1 Modellverktøy og -oppsett

De hydrauliske beregningene ble gjennomført ved bruk av den hydrauliske modellen HYDRO_AS-2D. Det er tatt utgangspunkt i modellen som ble satt opp for simuleringer i forbindelse med sikring av Nesflata. For beskrivelse av modellen og modelloppsettet henvises det til notatet om hydraulikken for sikring av Nesflata¹. Denne modellen ble kuttet til relevant strekning av Hallingdalselva. Den nedre modellkanten ble plassert ca. 6 km nedstrøms tettstedet Nesbyen. Hallingdalselva ble modellert fra Nedre Sjong i nord til oppstrøms Liudden bru (fv. 2906) i sør. Rukkedøla ble modellert fra nedstrøms fossen ved Hallingdal museum til samløpet med Hallingdalselva.

Ruhetskoeffisientene tilsvarer dem NVE brukte i sin hydrauliske modell i mulighetsstudien⁵, med følgende justeringer: vei og samferdsel, åpen fastmark og Rukkedølas elvebunn / elvebredd var vurdert for glatte (100, 50 og 33,33). Følgende verdier ble lagt til: kulverter i Rukkedøla under rv. 7, Rukkedølas elvebredd, og betong i Rukkedøla ved Hajem bru og terskelen i flomparken. Bygninger ble modellert som ikke gjennomstrømbare ved hull i beregningsnettet for disse. Oversikt over ruhetskoeffisientene vises i Figur 6.1 og Tabell 6.1.

For Rukkedølas bunn ble det brukt 2018 laserdatasettet fra Høydedata.no. Høyder på flomslette og øvrig terreng er basert på samme terrengdata fra Høydedata.no.

Masseavsetningene i Rukkedøla under ekstremværet «Hans» i august 2023 ble fjernet i løpet av våren 2024, med målet å oppnå nivået fra før denne flommen. 2018 laserdatasettet er derfor vurdert som de beste tilgjengelige data for Rukkedølas bunn. I februar 2025 ble et nytt laserdatasett publisert på Høydedata.no. Dette datasettet er ikke brukt fordi modellen var ferdig bygd før publiseringen av dette datasettet.



Figur 6.1: Ruhet i hydraulisk modell; hele modellen (venstre) og utsnitt Rukkedøla i Nesbyen (høyre).

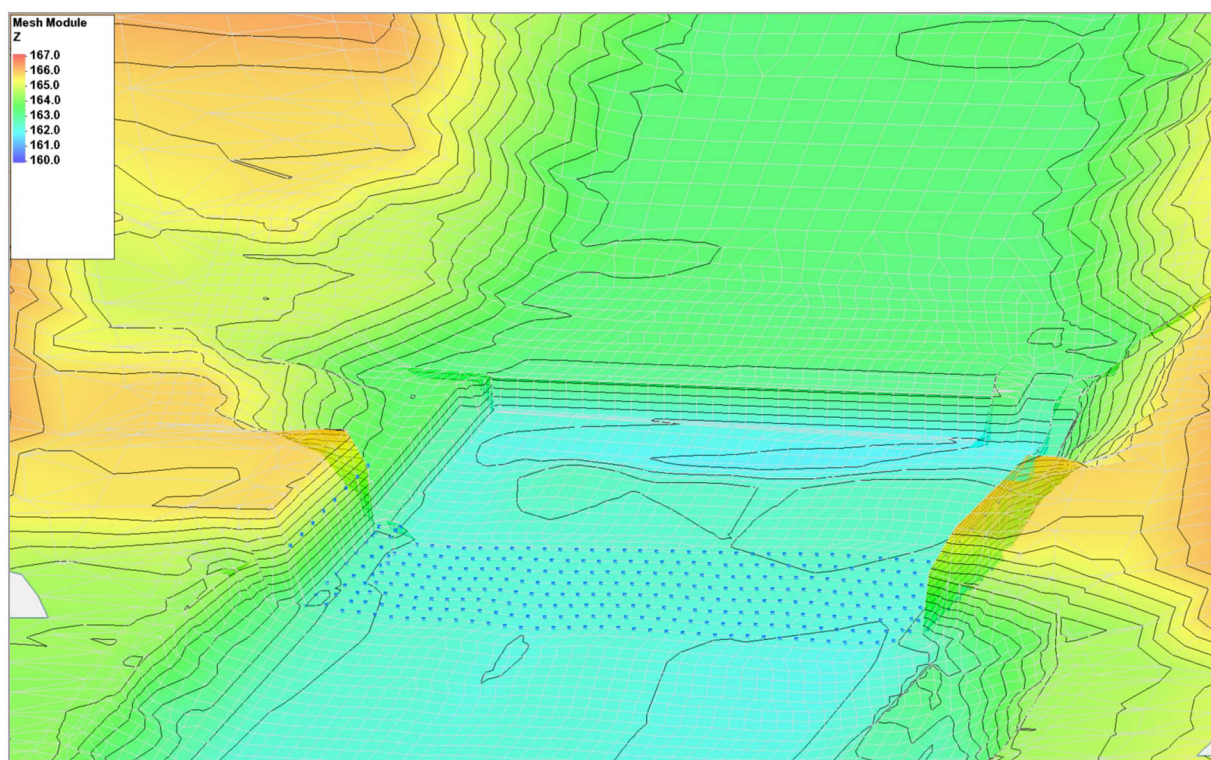
Hallingdalselva er modellert med trekant-elementer som har en gjennomsnittlig kantlengde på 3 m. Rukkedølas elveløp er modellert med rektangulære elementer med bredde og lengde på ca. 1 m og 3 m, unntatt rundt terskelen ved flomparken og Hajem bru, hvor det er brukt mindre elementer på 0,5 m ganger 1,5 m. Elvebunnen rundt Hajem bru, bruas landkar, terskelen samt bruddkanter i flomparken og toppen av Rukkedølas sørlige og nordlige elvekanter er detaljert bygd inn i modellens dtm (jf. kapittel 4, Figur 6.2).

Beregningsnettet omfatter totalt omtrent 929 000 noder og 1 806 000 elementer med et areal på 11 222 000 m².

Nesbyen kommune har et organisatorisk tiltak for flomsikring langs Rukkedøla ved Hajem bru og flomparken. Kommunen setter i en flomsituasjon opp betongelementer tett med duk på begge sider av elva. Dette tiltaket ble tatt hensyn til i modellsimuleringene gjennom justering av terrengmodellen langs sikringslinjen.

Tabell 6.1: Valgte ruhetskoeffisienter etter Manning-Strickler for ulike arealtyper.

Type flate	$k_{st} [m^{1/3}/s]$
Bygninger - ikke gjennomstrømbar	-
Bebyggd	20
Vei og samferdsel	40
Hallingdalselva	33,33
Rukkedøla - elvebunn	28
Rukkedøla - elvebredd	20
Rukkedøla - kulverter rv. 7	77
Rukkedøla - betongoverflate ved terskel, bru	50
Landbruk - fulldyrka jord	20
Landbruk - overflatedyrka jord	20
Landbruk - innmarksbeite	18
Skog	14,28
Åpen fastmark	28



Figur 6.2: 3D-visning av terrenget og beregningsnettet i den hydrauliske modellen. Hajem bru og flompar-
ken med terskelen sett fra nedstrøms brua. Bruas underkant ligger på kote +164,48 m til +164,61 m (blå
noder i beregningsnettet).

6.2 Simuleringer

Hovedscenariene her er dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene, 200-årsflom med klimapåslag, for situasjonene før og etter tiltak. For situasjonen etter tiltak er flomvollen på Nesflata i denne prosjektfasen bygd inn i modellen ved blokkerte elementer langs sikringslinjen. Tabell 6.1 gir en oversikt over simuleringene som er valgt å vise resultater for i kapittel 7. Tiltakene er beskrevet i kapittel 7.3.2.

Mange flere simuleringer ble gjennomført i tillegg til de her presenterte, for å komme frem til endelig løsningsforslag for sikringstiltakene, og på bakgrunn av endrete flomverdier, nye innmålinger, oppdaterte bunndata i løpet av forprosjektet og grunnlag for grunnvannsmodelleringene. Det ble også simulert flere vannføringer enn dimensjonerende vannføring.

Til slutt, etter prosjektering av tiltakene langs Rukkedølas sørlige bredd nedstrøms Hajem bru, ble den hydrauliske virkningen av tiltakene kontrollert ved en simulering med tiltakene lagt inn i modellen som prosjektert.

I tillegg ble det gjennomført en simulering med bunndata i Rukkedøla målt etter «Hans». Datasettet, målt med grønn laser i september 2023 (jf. kapittel 4), inkluderer masseavsetningene i Rukkedøla under flommen. I simuleringen er det tatt med avsetningene i Rukkedølas nedre del, før samløpet med Hallingdalselva. Simuleringsresultatene skal vise følsomheten av beregnede vannstander for redusert kapasitet i elveløpet som følge av masseavsetninger under flom.

Tabell 6.2: Oversikt over de viktigste simuleringene.

Simulering, nummer og betegnelse	Beskrivelse / endring / tiltak
20 Eksisterende tilstand	Dagens tilstand før oppdatering av beregningsnettet og dtm i hydraulisk modell
22 Bru +1 m	Hajem bru hevet med 1 m
24 Bunnsenking 1	Som 22 med senking av elvebunnen på 110 m rundt brua
26 Bunnsenking 1+2	Som 24, i tillegg bunnsenking på 275 m nedstrøms
410 Eksisterende tilstand, ny bunn	Dagens tilstand, dtm for Hallingdalselva og Rukkedøla oppdatert med innmålinger
436 Bru +1m, MurSør, UtvNord	Hajem bru hevet med 1 m, sikring langs Rukkedølas sørlige elvebredd ved mur og sidesikring, utvidet nordlig bredd i nedre del (nedstrøms hager)
437 Ny linjeføring bru +1 m 22 m, MurSør, UtvNord	Som 436, men med ny veilinje Alfarvegen og ny bruprofil utvidet til 22 m
439 Ny bru +1 m 22 m, MurSør, UtvNord	Som 436, dagens veilinje Alfarvegen, men ny bruprofil utvidet til 22 m
450 Tiltak som prosjektert	439 med oppdatert forløp av mur langs sørlig bredd
460 Følsomhet for avsetninger	450 med høyere bunn på nedstrøms strekning

6.3 Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelse er dimensjonerende flomvannføring for sikringstiltakene i henhold til TEK 17, 200-årsflom med klimapåslag. I Rukkedøla ved Nesbyen og i Hallingdalselva ved Nedre Sjong tilsvarer dette en vannføring på henholdsvis 262 m³/s og 1733 m³/s. Tilløp til Hallingdalselva fra sidefelt på strekningen mellom Rukkedøla og Liodden (Tabell 6.3) ble lagt inn i modellen ca. i midten mellom de to stedene.

Tabell 6.3: Flomvannføringer med gjentakintervall på 200 år og klimapåslag lagt inn i modellen.

Tilløp i modellen	Q200k [m ³ /s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	262
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla*	1733
Sidefelt ovf. Todøla	4

* Gjentakintervallet for Hallingdalselva før samløp med Rukkedøla er lavere enn 200 år, mellom 50- og 100-årsflom, grunnet at det ikke er antatt samtidig flomtopp i Hallingdalselva og Rukkedøla (jf. kapittel 5.1).

Som nedstrøms grensebetingelse er det brukt vannstanden ved Liodden hentet fra simuleringene med modellen ned til Bergheim i forbindelse med sikring av Nesflata¹. Ved 200-års flomvannføring inklusive klimapåslag på 1999 m³/s ved Liodden er vannstanden 159,83 moh (NN2000).

For bruer er underkanten kote lagt inn på noder i beregningsnettet, dvs. det er strømming under trykk når vannstanden overstiger denne høyden. Ved bruer der det er antatt sannsynlig at vannstanden overstiger bruas overkant, beregnes vannmengden som strømmer over bruene ved hjelp av endimensjonalt modellerte overløp.

Kulvertene i Rukkedøla under rv. 7 er modellert todimensjonalt, på samme måte som bruer, ved å sette høyder på nodene i beregningsnettet for den nedre halvdelen av rørene, og ved å legge kotene for innvendig overkant som lokk på nodene for den øvre halvdelen av rørene. Når vannstanden overstiger nivået av rv. 7, beregnes vannmengden som strømmer over veien ved hjelp av endimensjonalt modellerte overløp.

6.4 Modellvalidering

Hydro_AS-2D modellen ble ikke kalibrert, men modellresultatene ble sammenlignet med resultatene fra NVE sin HEC-RAS modell og med observerte vannstander under flommen i forbindelse med ekstremværet «Hans» i august 2023. HEC-RAS modellen er kalibrert til vannstander observert under «Hans»⁵.

Vannføringer for flommen under «Hans» er 1187 m³/s i Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla (1414 m³/s ved Bergheim³ minus Rukkedøla samt sidefelt mellom Nesbyen og Bergheim) og 186 m³/s i Rukkedøla.

7. Resultater

7.1 Modellvalidering

Langs Rukkedøla gir Hydro_AS-2D vannstander med avvik på mellom -25 cm og +60 cm sammenlignet med observerte verdier. Det gjennomsnittlige avviket er 21 cm (basert på absolutte avviksverdier).

Dette er et godt og noe konservativt resultat. For en slik relativt bratt elvestrekning med høy vannhastighet, bølger og delvis overkritisk strømning er avvik fra målinger av flomvannstander i denne størrelsesorden forventet. Modellens kvalitet vurderes å være i klasse A i henhold til NVEs veileder 3/2022⁶. Den er justert opp fra klasse B (kalibrert for vannføring større enn 20-årsflom, avvik mellom 10 cm og 30 cm) til A med bakgrunn i at grunnlaget for geometrien er svært godt, at den hydrauliske modellen er vurdert godt egnet til utredningen, at forskjellen mellom flomstørrelsen som utredes og som er validert mot er liten, og at de observerte vannstandene ligger innenfor analyseområdet.

7.2 Sikkerhetspåslag

Inntil annet er bestemt i prosjektet brukes beregnet vannstand for dimensjonerende vannføring pluss 0,5 m for prosjektering av sikringstiltak. Det henvises til eget notat skrevet av NVE om fastsetting av sikkerhetspåslag og fribord for sikring av Rukkedøla.

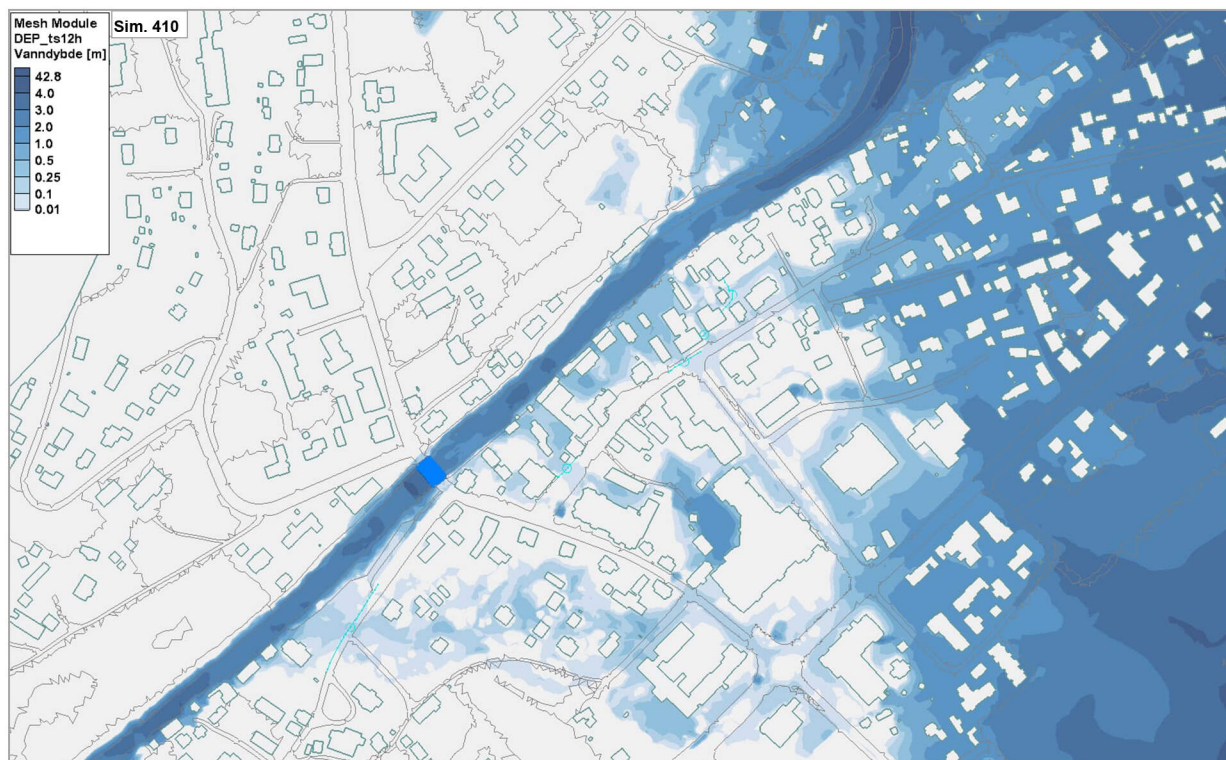
7.3 Vannstander, flomareal, vanndybder og vannhastigheter

7.3.1 Eksisterende situasjon, 200-årsflom med klimapåslag

I situasjonen før gjennomføring av sikringstiltak langs Rukkedøla har elva ikke tilstrekkelig kapasitet til avledning av dimensjonerende flomvannføring. Elva går over den sørlige bredden på flere steder (Figur 7.1). Ved Tollefsgard oppstrøms flomparken renner vann over Mølleveien og fortsetter gjennom bebyggelsen til kommunehuset og videre til området rundt rundkjøringen i sentrum og Rukkedalsvegen. Ved Hajem bru når vannet underkanten og det er oppstuvning foran brua. Vannet renner ikke ut, siden det er forutsatt at det organisatoriske tiltaket som kommunen setter opp under flomfare virker. Nedstrøms brua renner vann ut mellom bygninger. Vann krysser Stasjonsvegen nær Alfarveien, samler seg på vestsiden av kjøpesenteret og renner videre forbi nordsiden til supermarkedet og Rukkedalsvegen. Mellom Stasjonsvegen 5 og 15 går vann over bredden og renner ned Stasjonsvegen og mot Rukkedalsvegen.

Vanndybder knyttet til flomvann som renner over Rukkedølas sørlige elvekant er stort sett lavere enn 0,5 m, med unntak av plassen vest for kjøpesenteret med vanndybder opptil 1,2 m. I Rukkedøla varierer vanndybder i dypålet stort sett mellom 2 m og 3 m, lokalt opptil 4 m. Fra stedet der elva møter bakvannet fra Hallingdalselva er dybden over 4 m. Kulvertene under rv. 7 er dukket.

6 NVE (2022) Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. Veileder nr. 3/2022, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, desember 2022

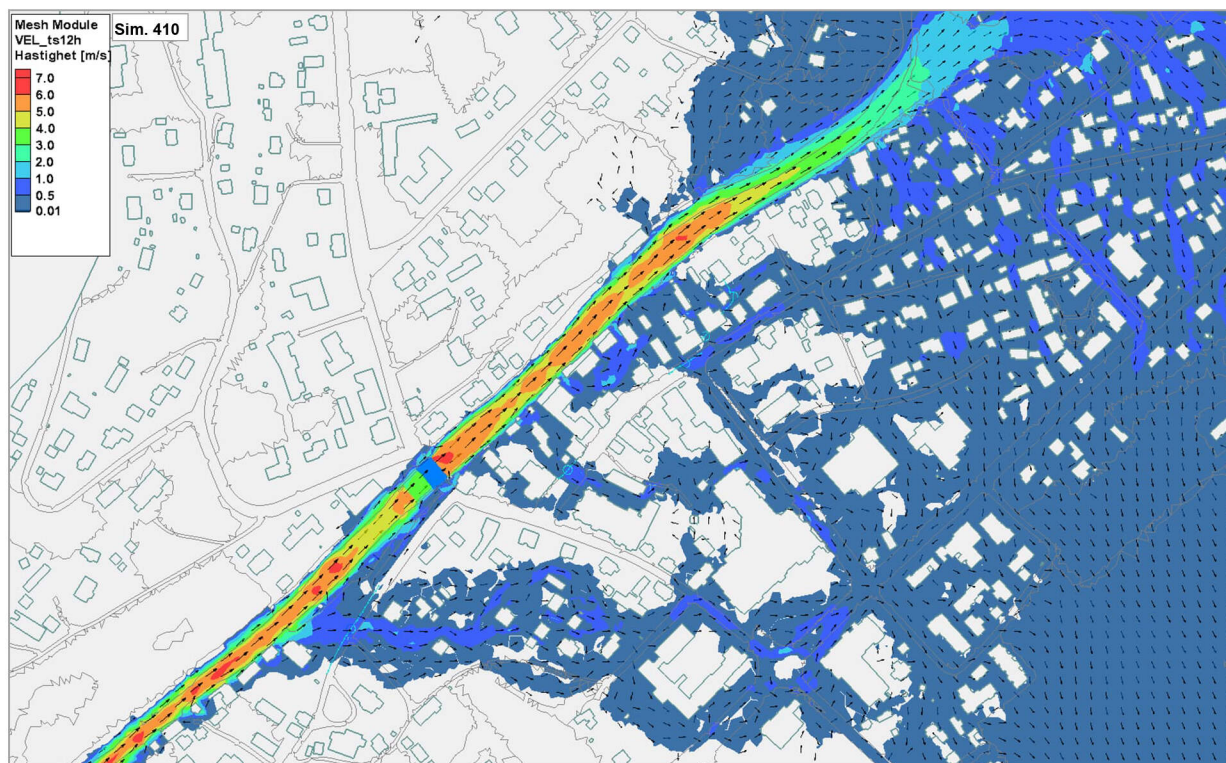


Figur 7.1: Flomareal og vandedybder [m] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak. Det er forutsatt at det organisatoriske tiltaket som kommunen setter opp ved Hajem bru virker.

Ved flomparken og Hajem bru viser simuleringsresultatene noen forskjell i flomareal sammenlignet med NVEs flomsone fra flomsonekartleggingen⁷. Grunner til at vann går over bredden på andre steder i dette området er terrengmodellen, beregningsnettet og forutsetningen om det organisatoriske tiltaket. Terrengmodellen ble oppdatert med oppmålte terreng- og bunnhøyder, beregningsnettet ble detaljert med høyere oppløsning / mindre elementer (jf. kapittel 4 og 6.1).

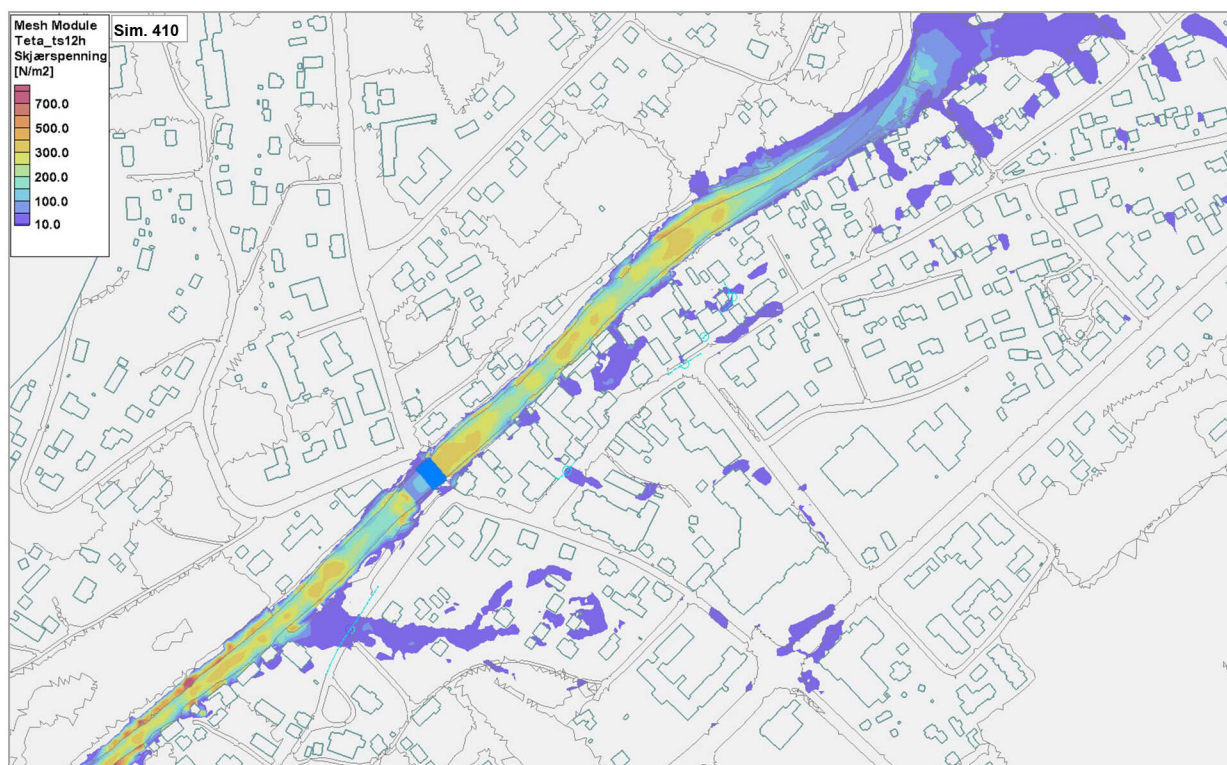
7 NVE (2025) Flomsonekart Delprosjekt Nesbyen. Rapport nr. 11/2025 Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, april 2025

Strømningshastigheter i Rukkedøla er høye, stort sett mellom 4 m/s og 6 m/s, og på flere steder større enn 6 m/s (Figur 7.2). Hastigheten reduseres først hvor vannet møter bakvannet fra Hallingdalselva. Vannet som renner fra Rukkedøla mot sentrum har i hovedsaken lav hastighet under 0,5 m/s. Langs hovedavrenningslinjene er vannhastigheter opptil ca. 1 m/s.



Figur 7.2: Vannhastigheter [m/s] og strømningsretning ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak. Det er forutsatt at det organisatoriske tiltaket som kommunen setter opp ved Hajem bru virker.

Skjærspenninger i elveløpet er stort sett høyere enn 200 N/m^2 , med unntak av området mellom terskelen og Hajem bru, hvor redusert hastighet gjennom oppstuvningen foran brua medfører skjærspenninger mellom 70 N/m^2 og 130 N/m^2 (Figur 7.3). Områder med de største kreftene opptil 380 N/m^2 er ved den øvre enden av flomparken, rett nedstrøms Hajem bru og før vannet møter bakvannet fra Hallingdalselva.

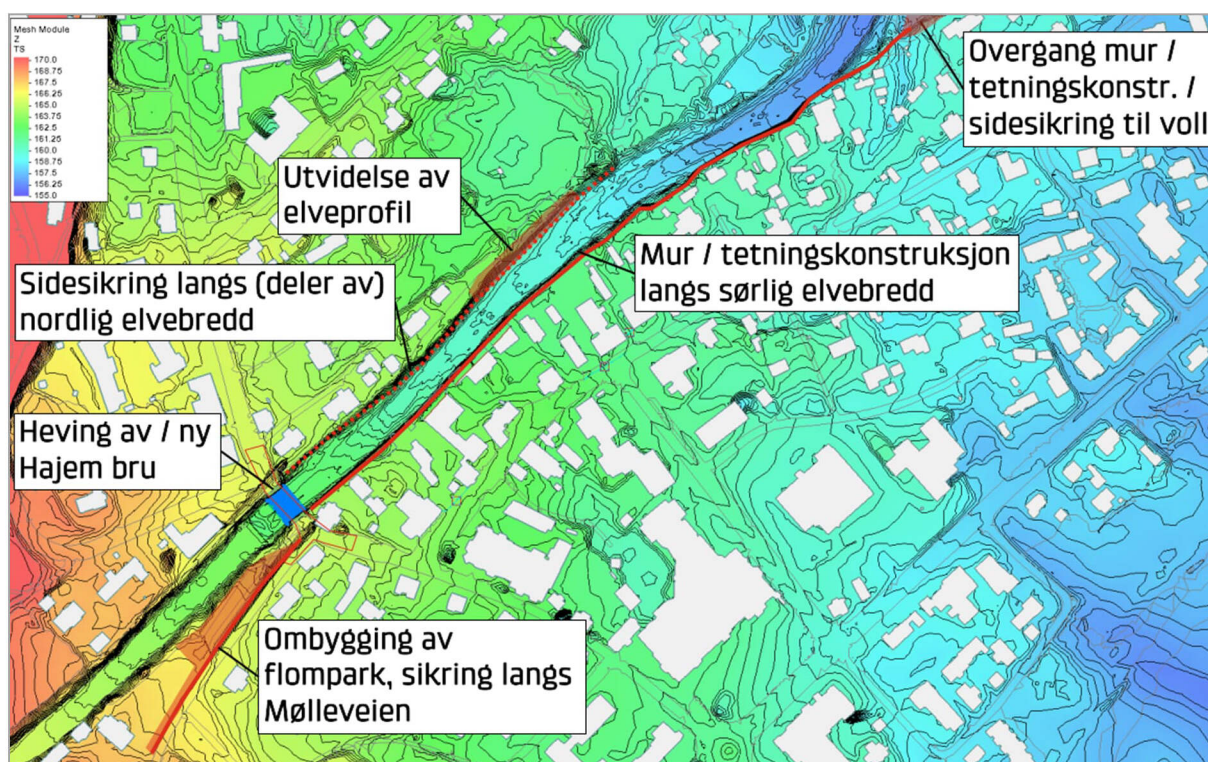


Figur 7.3: Skjærspenninger [N/m^2] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak. Verdier fra 10 N/m^2 er vist.

7.3.2 Planlagte og hydraulisk undersøkte tiltak

Tiltak for sikring av Nesbyen sentrum langs Rukkedøla omfatter følgende deler (Figur 7.4; se forprosjektrapport for detaljert beskrivelse):

- Flommur med tetningskonstruksjon og drensledning for håndtering av lekkasjevann langs den sørlige elvekanten fra Hajem bru nedover; forbygning av skråningen på innsiden. Ved nedstrøms ende overgang til flomvollen på Nesflata, plassering av overgangen er uavklart.
- Sidesikring av deler av den nordlige elvebredden med samme profil som i dag. Terrenget er tilstrekkelig høy, med mindre man gjennomfører tiltak som øker vannstanden.
- Utvidelse av elveprofilen på den nordlige bredden nedstrøms bebyggelsen på en strekning på ca. 85 m.
- Heving eller nybygg av Hajem bru; heving med 1 m til underkant kote +165,5 m; nybygg enten med dagens veilinje eller ny plassering ca. 10-15 m nedstrøms, ved nybygg utvidelse av bruprofilen til 22 m.
- Sikring langs flomparken, sannsynligvis ved påbygg av flommur på utsiden av eksisterende mur og eiendom / hage langs Mølleveien.



Figur 7.4: Skisse over planlagte tiltak langs Rukkedøla; bakgrunnen viser et utsnitt fra den hydrauliske modellens terreng med 0,25 meters høydekurver.

På bakgrunn av flomsikringen er målet med tiltakene å senke vannstanden i elva ved å øke kapasiteten av tverrsnittet, der profilen er smalest ved bebyggelse tett inn til elva, og ved tiltak på og rundt Hajem bru. Brua har i dag for liten kapasitet for dimensjonerende vannføring. Under ekstremværet «Hans», som tilsvarte ca. en 100-årsflom i Rukkedøla, nådde vannet opp til underkanten av brua, men brua ble ikke skadet.

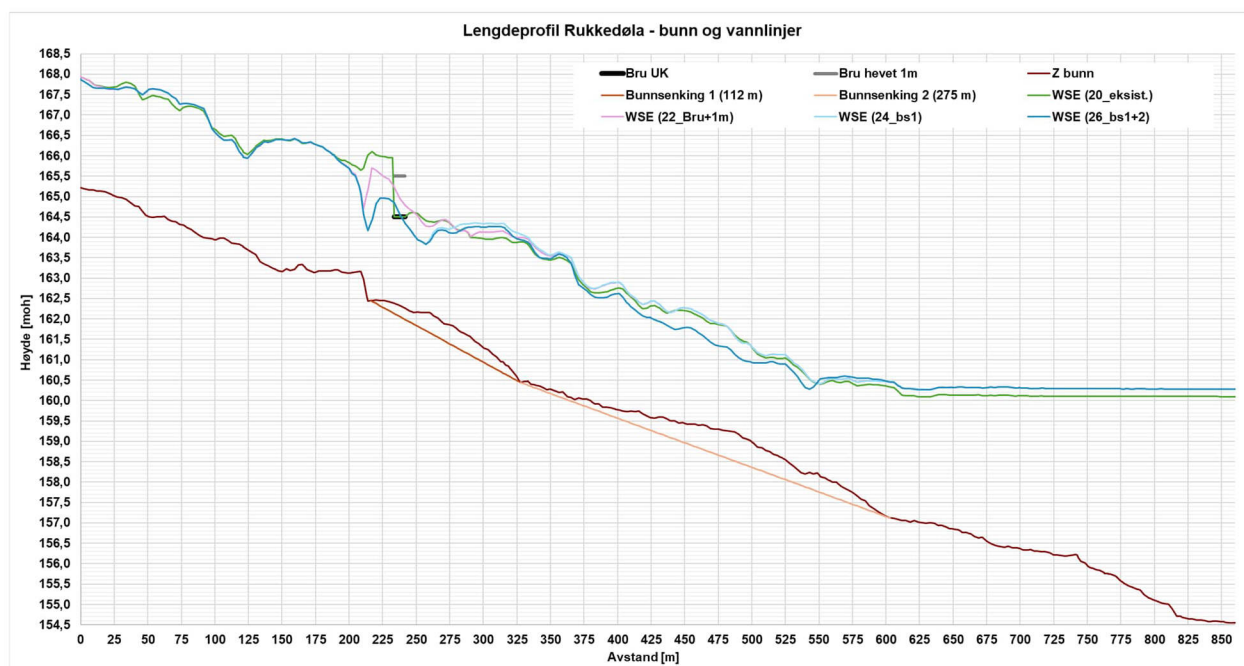
Utover ovennevnte tiltak ble det undersøkt flere alternativer i løpet av forprosjektet:

- Bunnsenking oppstrøms, ved og nedstrøms Hajem bru
- Fjerning / endring av terskelen i flomparken
- Utvidelse av elveprofilen fra Hajem bru nedover til minste bunnbredde på henholdsvis 20-22 m og 25 m.
- Kombinasjoner av disse tiltakene

Alle alternativer ble simulert med dimensjonerende vannføring, 200-årsflom med klimapåslag. Resultatene er oppsummert nedenfor.

Bunnsenking

Siden heving av Hajem bru med 1 m, som er vurdert den størst mulige hevingen i forhold til tilknyttet veisystem, er ikke tilstrekkelig for å oppnå fribord ved dimensjonerende vannstand, ble senking av elvebunnen ved og nedstrøms brua undersøkt.



Figur 7.5: Lengdeprofil Rukkedøla fra Tollefsgard til Føie trafostasjon med vannlinjer for 200-årsflom med klimapåslag for alternativene eksisterende tilstand (grønn), underkant Hajem bru hevet med 1 m (rosa), og bunnsenking på to strekninger ved og nedstrøms brua i tillegg til hevet bru (lyseblå og blå). Dagens underkant Hajem bru ligger på ca. 165,5 moh (svart); underkant hevet med 1 m (grå); elvebunnen og strekninger med senket bunn er vist med brune linjer.

Bunnsenkning fra terskelen i flomparken oppstrøms brua på en lengde på rundt 110 m gir 40 cm til 50 cm lavere vannstand ved brua (Figur 7.5). Bunken er senket med inntil 50 cm. Et fribord på ca. 50 cm til underkant bru er oppnådd, som er lite for en stri elv som Rukkedøla. I den nedre delen av den senkede strekningen, fra ca. 40 m nedstrøms brua, øker vannstanden med opptil 30 cm som følge av slakere helning enn før.

Bunnsenkning på ytterligere 275 m nedstrøms senker vannstanden med opptil 60 cm. Bunken er senket med inntil 70 cm (Figur 7.5). I den nedre delen av den senkede strekningen øker vannstanden noe ved overgangen til bakvannet fra Hallingdalselva.

Bunnsenkning gir ønsket effekt, dvs. lavere vannstand på store deler av elvestrekningen. Imidlertid medfører tiltaket behovet for omfattende sikring av elvebunken mot erosjon. Ved utgraving er det sannsynlig at man treffer på finere masser som ikke er egnet, stabilt bunnmateriale. Det nye bunns-ubstratet vil være utsatt for erosjon. Det antas at store deler av elvestrekningen må plastres. Dette medfører utgraving langt ned, og er både kostbart og ikke målrettet fra et miljø- og landskapsperspektiv. Det ble derfor bestemt at bunnsenkning i Rukkedøla ikke er aktuelt, eller skal begrenses til et minimum.

Hydraulisk analyse av lokal bunnsenkning ved brua i midten av elva med avstand til brufundamentene viste liten virkning på vannstanden. Totalt sett har tiltaket negative konsekvenser, siden det medfører økt vannstand nedstrøms, behov for bunnsikring og sparer ikke for tiltak på brua.

Fjerning / endring av terskelen

Det ble løftet idéer om fjerning av eller endring på terskelen i flomparken. Ved et regulerbart overløp ville det være mulig å senke terskelen ved høy vannføring, mens man opprettholder funksjonen av økt vanddekt areal oppstrøms terskelen ved normal- og lavvannføring. Endring på posisjonen og formen av terskelen kunne akselerere vannstrømmen gjennom brua og senke vannstanden ved brua. En ulempe er at en slik løsning krever omfattende bunnsikring ved og nedstrøms brua som følge av høyere vannhastighet og overgang fra overkritisk til underkritisk strømning.

Fjerning av terskelen og senking av bunnen på 65 m lengde oppstrøms senker vannstanden med inntil ca. 50 cm. Bunken er senket med inntil 60 cm. Tiltaket bedrer de hydrauliske forholdene ved brua noe ved mer jevn vannlinje og noe lavere vannstand.

Endring på terskelen ved å lage en rampe med jevnt fall mot brua viste ingen positiv effekt i forhold til vannstanden.

De hydrauliske analysene og observasjoner under «Hans» flommen tilsier at elveprofilen ved brua er bestemmende (hydraulisk kontrollpunkt). På bakgrunn av de hydrauliske resultatene, ulempene med bunnsenkning og endringer på den i dag stabile bunnen ved brua, at terskelen var etablert som konsekjonspålagt tiltak, og forventede kostnader, ble det bestemt at verken fjerning, endring eller flytting av terskelen er aktuelt. Med tanke på gjennomføring og kostnader flomsikres strekningen ved flomparken heller ved påbygg på utsiden av flomparken langs Mølleveien enn ved fjerning av terskelen og bunnsenkning.

Økt bunnbredde

Hajem bru har i dag en lysåpning på ca. 20 m. For å øke elvas kapasitet ble elveprofilen nedstrøms utvidet til en bunnbredde på minst 20 m på en strekning på 180 m fra Hajem bru. Tiltaket senker vannstanden med 10 cm til 30 cm på store deler av strekningen og med opptil 60 cm lokalt.

En minste bunnbredde på 25 m fra Hajem bru 470 m ned ble også undersøkt, selv om det er usannsynlig met tanke på gjennomførbarhet på grunn av plassbehovet og eksisterende bebyggelse. Økt kapasitet i elveløpet gir opptil 190 cm lavere vannstand, hvor effekten er størst på den øvre, trange halvdelen av strekningen (> 100 cm). Dette tiltaket senker vannstanden tilstrekkelig, slik at vann ikke går over den sørlige elvebredden.

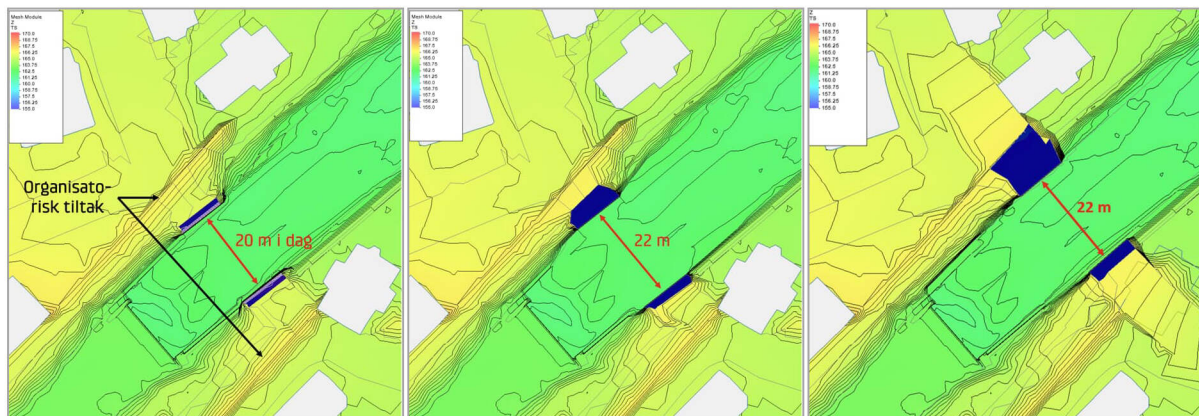
Økt bunnbredde på nordlig elvebredd på en lengde på rundt 85 m (utvidelse med 3 m til 7 m, skråningshelning mellom 1:2 og 1:3) gir opptil 60 cm lavere vannstand på denne strekningen.

Beregningene viser at det er nyttig å utvide elveprofilen så mye som mulig, fordi tiltaket har stor virkning på vannlinjen. Følgelig kan høyden av flomsikringen langs den sørlige elvebredden bygges lavere. Utfra forutsetninger rundt eksisterende bebyggelse ble det vurdert at en utvidelse av bunnbredden på mellom 20 m og 22 m bør være mulig. Økning av elvetverrsnittets kapasitet har stor positiv virkning, men forutsetter at deler av bygningene nærmest elvekanten henholdsvis fjernes eller tas ned og bygges opp igjen.

Heving eller nybygg av Hajem bru

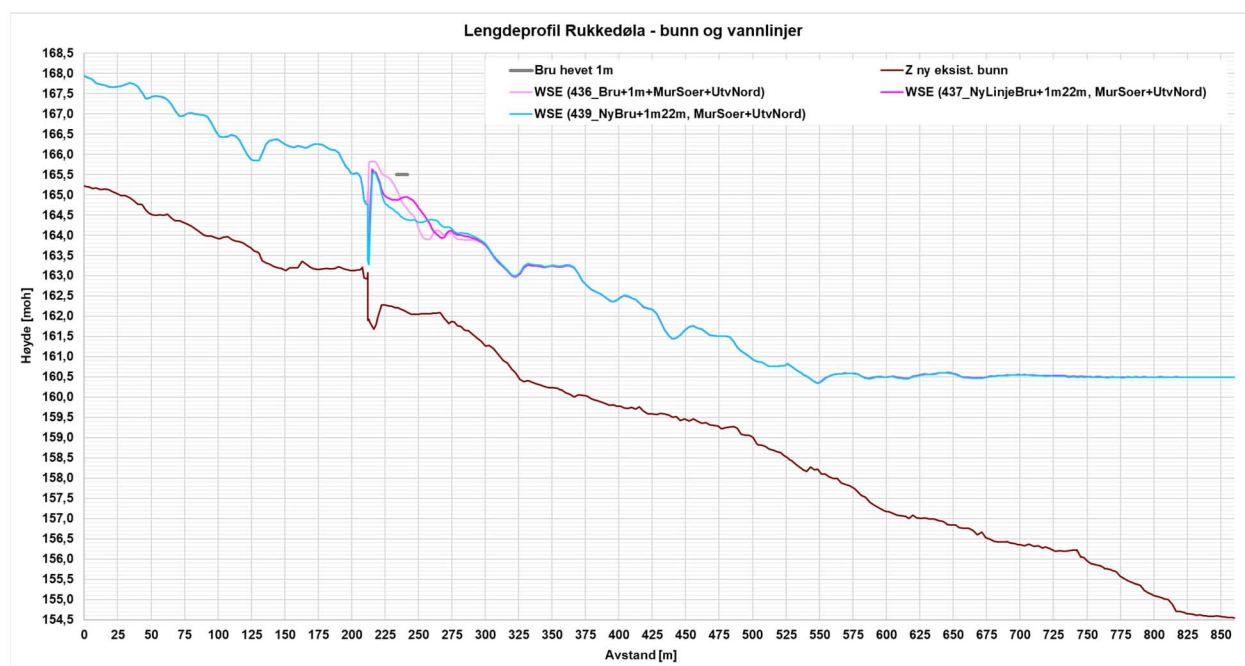
Mest sannsynlige muligheter for tiltak på brua er heving eller nybygg. Hydraulisk sett har nybygg den store fordelen å kunne øke kapasiteten av brua ved både høyere underkant og utvidet bredde på brua. Ved nybygg er også muligheten for ny veilinje ca. 10-15 m nedstrøms dagens veilinje under utredning. Følgende tre alternativer ble undersøkt ved hydrauliske simuleringer (Figur 7.6):

- Dagens bru hevet med 1 m
- Nybygg av brua med dagens veilinje og utvidet profil henholdsvis til 22 m og 23 m
- Nybygg av brua med ny veilinje og utvidet profil til 22 m



Figur 7.6: Dagens bru i hydraulisk modell (venstre), ny bru med dagens veilinje (i midten) og ny bru med ny veilinje (høyre).

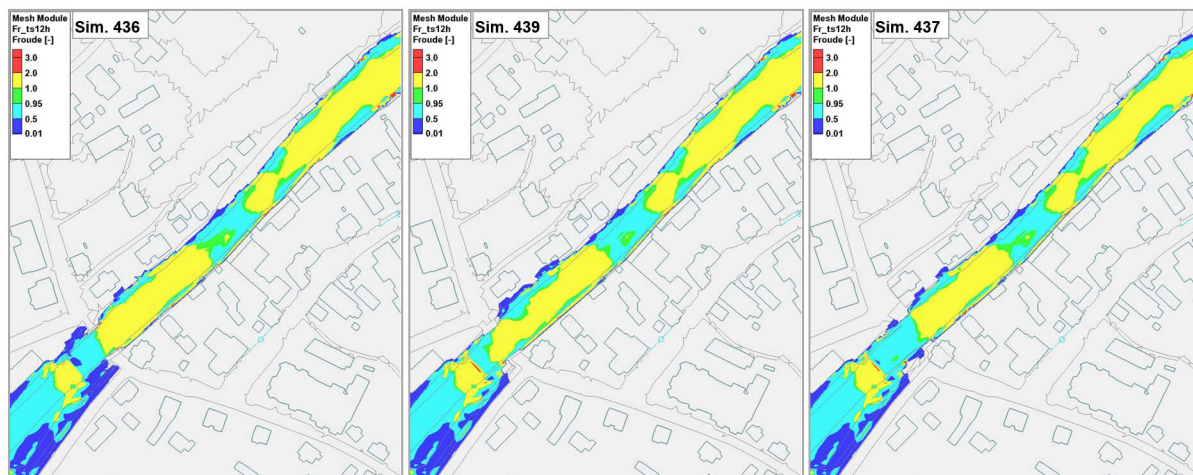
For alternativet ny bru utvidet til 22 m på dagens veilinje er vannstanden lavere oppstrøms og ved brua sammenlignet med dagens bru hevet (Figur 7.7). Modellresultatene viser en relativt jevn vannlinje nedstrøms terskelen i flomparken. Fribordet til underkanten av brua er ca. 100 cm. Ved ny bru med 22 m på ny veilinje er vannstanden ca. 50 cm høyere ved brua enn for alternativet ny bru med 22 m på dagens veilinje. Dette henger sammen med strømningsforholdene kritisk og overkritisk strømming.



Figur 7.7: Lengdeprofil Rukkedøla fra Tollefsgard til Føie trafostasjon med vannlinjer for 200-årsflom med klimapåslag for alternativene Hajem bru hevet 1 m (rosa), ny bru med dagens veillinje og bredde på 22 m (blå), og ny bru med ny veillinje og bredde på 22 m (fiolett); elvebunnen oppdatert med innmålinger ved flomparken og brua er vist med brun linje.

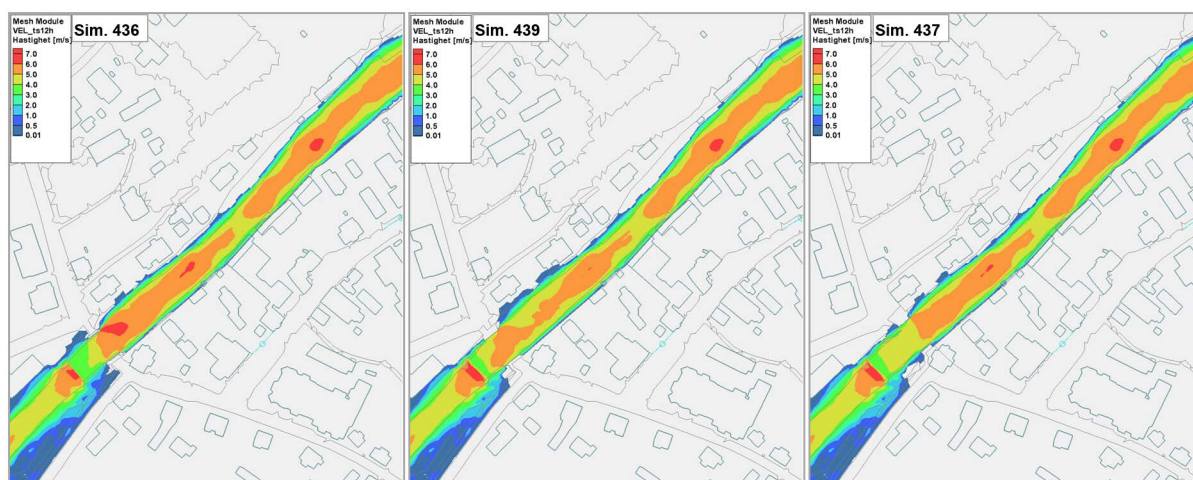
For alle alternativer viser modellen en overgang fra under- til overkritisk strømning foran terskelen og tilbake til underskritisk rett nedstrøms (Figur 7.8). Alternativene har også til felles overkritisk strømning på strekningen nedstrøms brua. Forskjellen mellom alternativene er hvor overgangen fra underkritisk til overkritisk strømning ligger.

For dagens bru hevet viser modellen overgangen fra under- til overkritisk strømning under brua, mens den ligger oppstrøms brua for ny bru med 22 m på dagens veillinje (Figur 7.8). For det tredje alternativet, ny bru med 22 m på ny veillinje, tilsier modellresultatene at skiftet tilbake til overkritisk strømning ligger lengre nedstrøms, ved nedstrøms enden av brua. Derfor er vannstanden høyere ved brua for alternativet ny bru med 22 m på ny veillinje enn for alternativet med dagens veillinje.



Figur 7.8: Froudetall i Rukkedøla ved flomparken, Hajem bru og nedstrøms brua for dagens bru (venstre), ny bru med dagens veilinje (i midten) og ny bru med ny veilinje (høyre); overkritisk strømning i gul og rød.

Ovenfor beskrevet strømningsmønster medfører ca. 50 cm lavere vannstand for alternativet ny bru med 22 m på dagens veilinje, men høyere hastigheter under brua enn for alternativet med ny veilinje (Figur 7.9). Hastighetene er opptil ca. 0,5 m/s høyere. Den høyeste hastigheten for alternativet ny bru med 22 m på dagens veilinje er beregnet til 5,5 m/s under brua.



Figur 7.9: Strømningshastighet i Rukkedøla ved flomparken, Hajem bru og nedstrøms brua for dagens bru (venstre), ny bru med dagens veilinje (i midten) og ny bru med ny veilinje (høyre).

Skjærspenninger under brua er høyere for alternativet ny bru med 22 m på dagens veilinje enn for alternativet med ny veilinje, men rett nedstrøms brua er skjærspenninger lavere enn for alternativet med ny veilinje. Simuleringsresultatene tilsier skjærspenninger ved og rundt brua på mellom 150 N/m² og 280 N/m² for dagens veilinje og mellom 170 N/m² og 330 N/m² for ny veilinje.

Ny bru på dagens veilinje ble også undersøkt med bruprofil utvidet til 23 m. Modellresultatene for dette alternativet ga ingen positiv virkning.

Resultatene fra de hydrauliske analysene for de undersøkte alternativene tilsier at nybygg av Hajem bru er bedre enn heving av brua fra et hydraulisk perspektiv, fordi nybygg gir muligheten til å utvide tverrsnittet. I tverrsnittet ved brua reduseres eller fjernes oppstuvningen mot terskelen oppstrøms.

Ved nybygg anbefales det å utvide bruprofilen til 22 m. Blant alternativene med hensyn til plassering av ny bru er dagens veilinje å foretrekke ny veilinje nedstrøms. Simuleringsresultatene gir lavere vannstand og gunstigere skjærspenning rundt brua på dagens veilinje.

7.3.3 Situasjon etter tiltak, 200-årsflom med klimapåslag

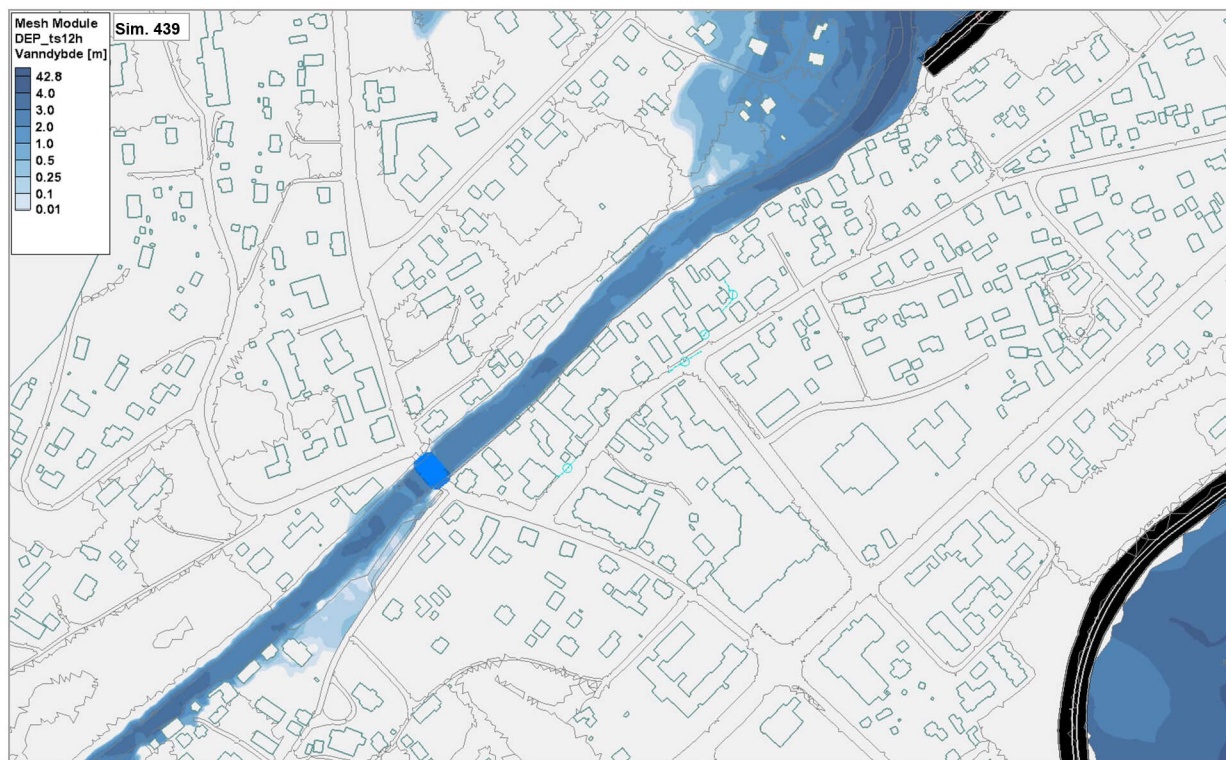
Utdredning som grunnlag for tiltakskonseptet

Det endelige hydrauliske scenariet ble modellert med følgende tiltak (se også kapittel 7.3.2, Figur 7.4): Flommur langs den sørlige elvekanten fra Hajem bru nedover med minste bunnbredde på 20 m til 22 m og skråningshelning på utsiden mot elva på 1:1, utvidelse av elveprofilen på den nordlige bredden nedstrøms bebyggelsen (bredde økt med 3 m til 7 m, skråningshelning lignende dagens skråning mellom 1:2 og 1:3), nybygg av Hajem bru, og sikring langs Mølleveien ved påbygg av flommur på utsiden av eksisterende mur og langs eiendom / hage. Status på tiltak på Hajem bru er uavklart, men her er det forutsatt den hydraulisk anbefalte løsningen med ny bru på dagens veilinje.

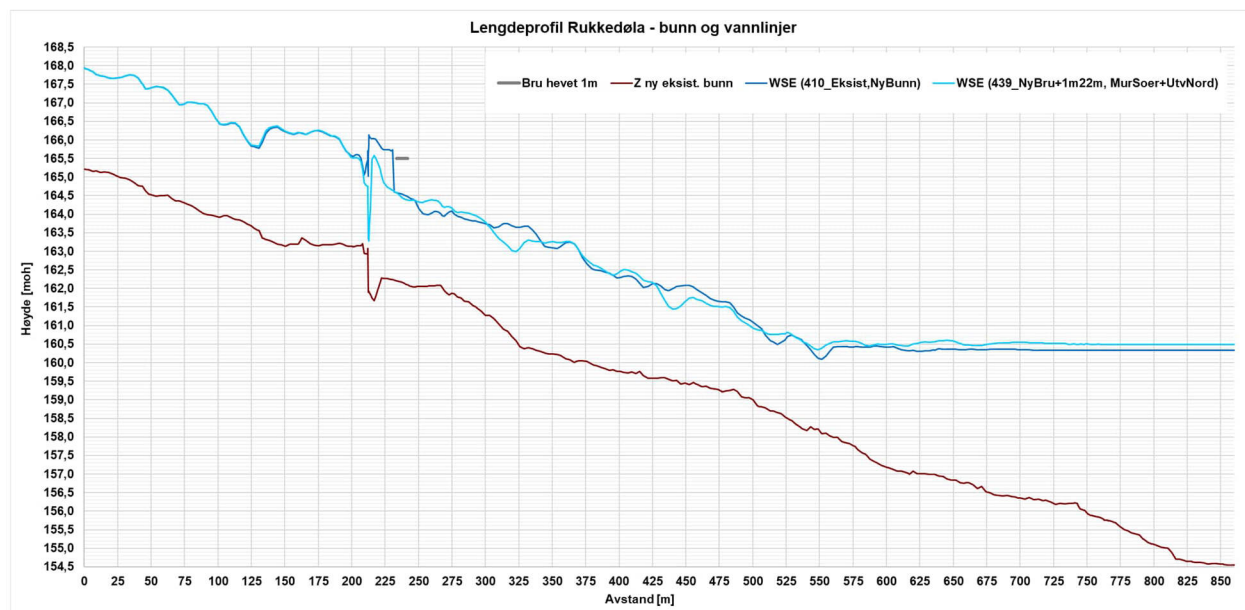
Oppstrøms Hajem bru sikrer tiltakene alle bygninger øst for Mølleveien, nedstrøms Hajem bru alle bygninger sør for Rukkedølas elvekant (Figur 7.10).

I flomparken og oppstrøms er vannstanden uendret (Figur 7.11). Fra terskelen nedover senkes vannstanden på store deler av elvestrekningen. Vannlinjen ligger opptil 65 cm under den for situasjonen før tiltak.

Lokalt er vannstanden imidlertid beregnet 10 cm til 30 cm høyere for situasjonen etter tiltak. Disse stedene må det spesielt ses på i detaljprosjekteringsfasen. Etter hydraulisk kontroll må tiltakene eventuelt tilpasses for å sikre at eiendommer langs Rukkedølas nordlige bredd ikke har negative konsekvenser.

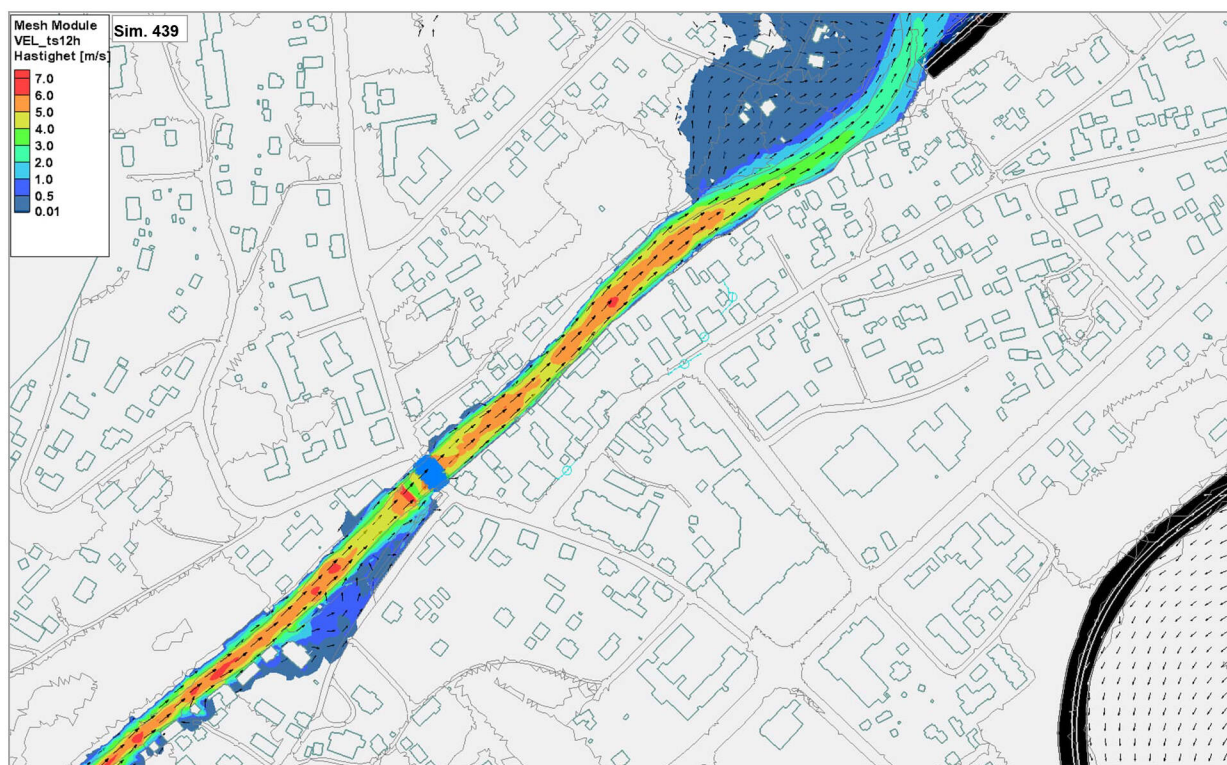


Figur 7.10: Flomareal og vanndybder [m] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak på Nesflata og langs Rukkedøla.

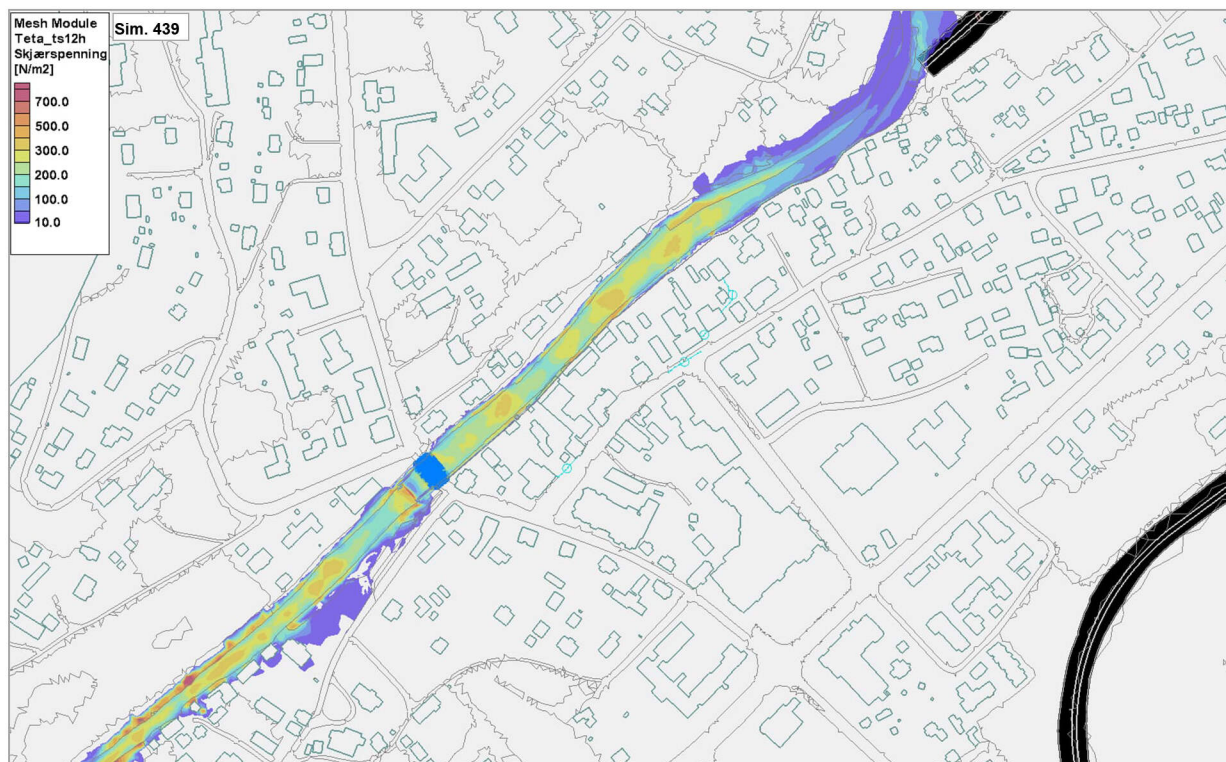


Figur 7.11: Vannlinjer i Rukkedøla for 200-årsflom med klimapåslag før og etter tiltak.

Strømningshastigheter i Rukkedøla er like høye etter tiltak enn før tiltak, mellom 4 m/s og 6 m/s, og større enn 6 m/s på flere steder (Figur 7.12). Ved terskelen i flomparken er hastigheter høyere som følge av at det ikke er bakvann fra oppstuvningen i bruprofilen etter tiltak. Nedstrøms Hajem bru er hastigheter lavere i noen områder og høyere i andre. Lignende er resultatet for skjærspenninger (Figur 7.13).



Figur 7.12: Vannhastigheter [m/s] og strømningsretning ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak på Nesflata og langs Rukkedøla.



Figur 7.13: Skjærspenninger [N/m^2] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak. Verdier fra 10 N/m^2 er vist.

Kontroll av tiltak som planlagt

Siden de hydrauliske forholdene og vannspeilet i Rukkedøla er følsomme for utformingen av tiltakene langs Rukkedølas bredder, ble tiltaket langs elvas sørlige bredd nedstrøms Hajem bru endret i modellen for situasjonen etter tiltak til tilstanden som prosjektert (planlagt tilstand). Tiltaket omfatter en betongmur langs den sørlige elvekanten fra Hajem bru ned til flomvollen på Nesflata. Betongmuren er ikke forblendet med stein. På vannsiden er eksisterende elvebunn knyttet til muren ved bruk av bunnmaterial fra stedet med en skråningshelning på 1:4.

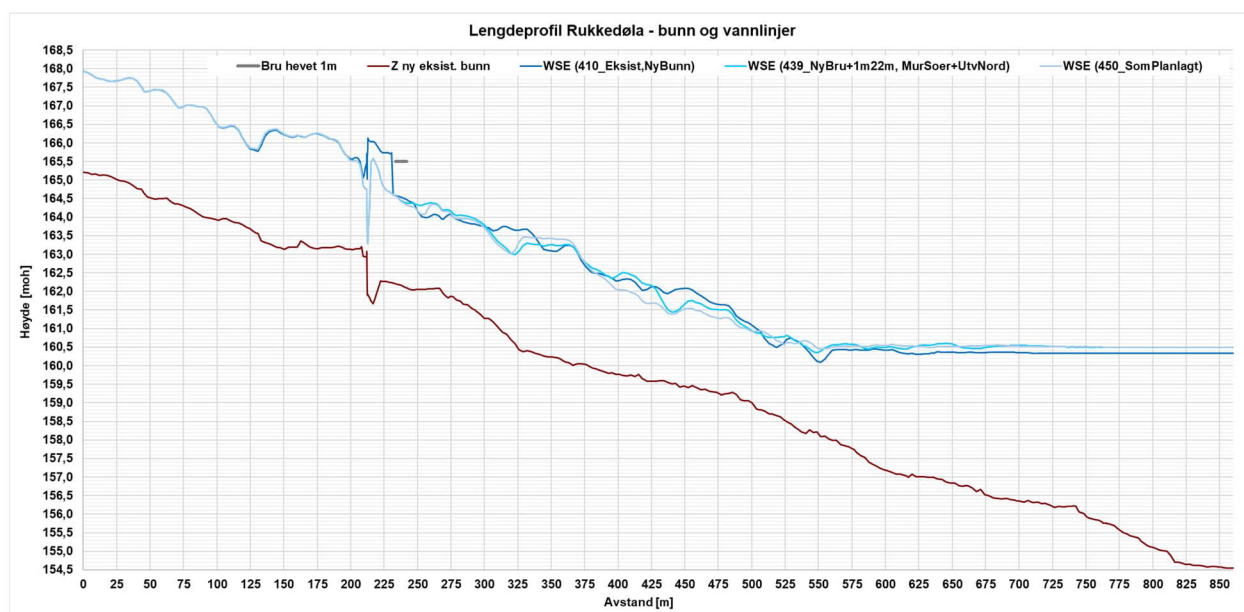
Oppstrøms Hajem bru sikrer tiltakene alle bygninger øst for Mølleveien, nedstrøms Hajem bru alle bygninger sør for Rukkedølas elvekant (Figur 7.14).

I flomparken og oppstrøms er vannstanden uendret (Figur 7.15). Fra terskelen nedover senkes vannstanden på store deler av elvestrekningen. Vannlinjen ligger opptil ca. 70 cm under den for situasjonen før tiltak.

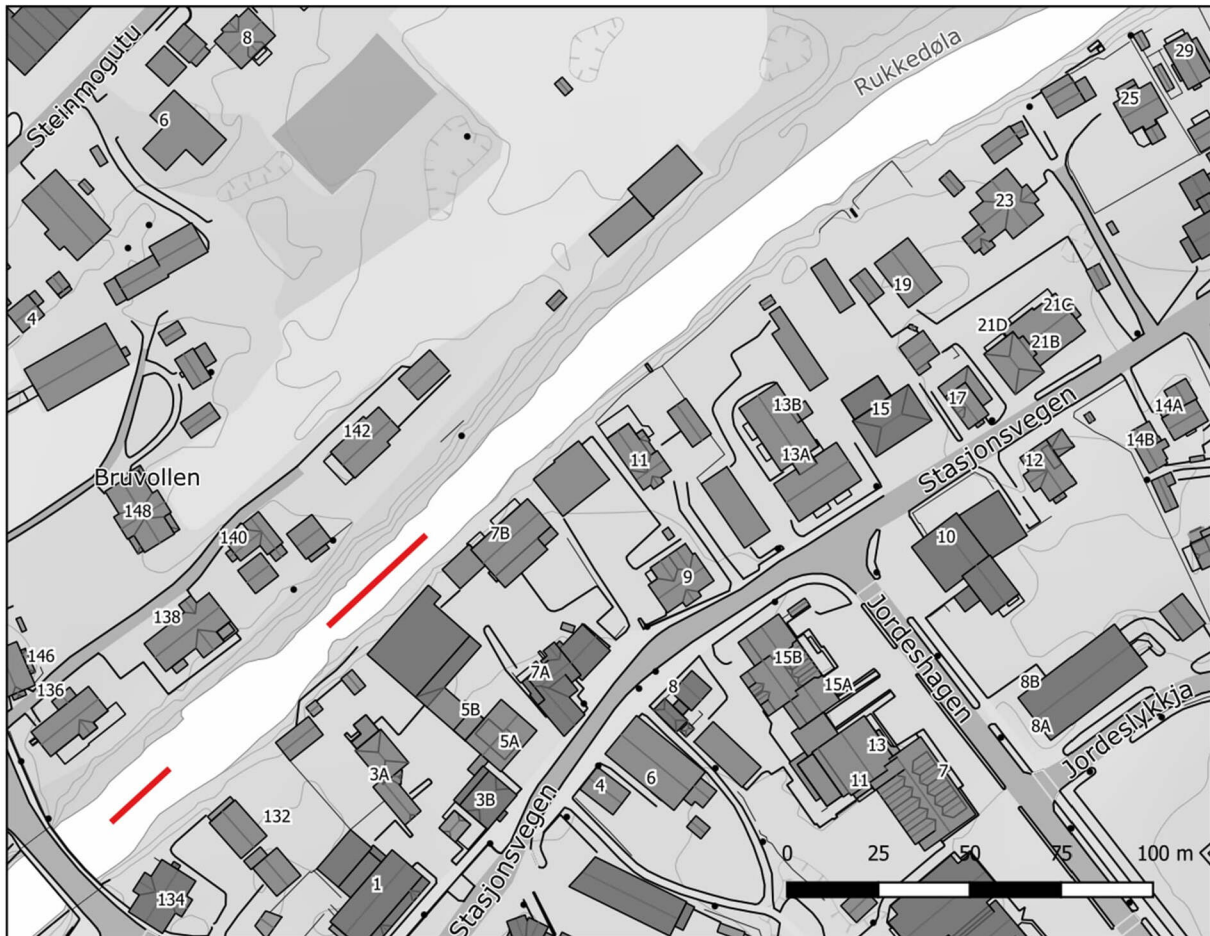
Lokalt er vannstanden imidlertid beregnet 10 cm til 30 cm høyere for planlagt tilstand sammenlignet med situasjonen før tiltak. Dette gjelder hovedsakelig to strekninger: (1) fra ca. 15 til 35 m nedstrøms Hajem bru, og (2) fra ca. 95 til 130 m nedstrøms brua (Figur 7.16). Disse stedene må det spesielt ses på i detaljprosjekteringsfasen og når løsningen for Hajem bru foreligger. Etter hydraulisk kontroll må tiltakene eventuelt tilpasses for å sikre at eiendommer langs Rukkedølas nordlige bredd ikke har negative konsekvenser.



Figur 7.14: Flomareal og vandedybder [m] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag for planlagt tilstand.



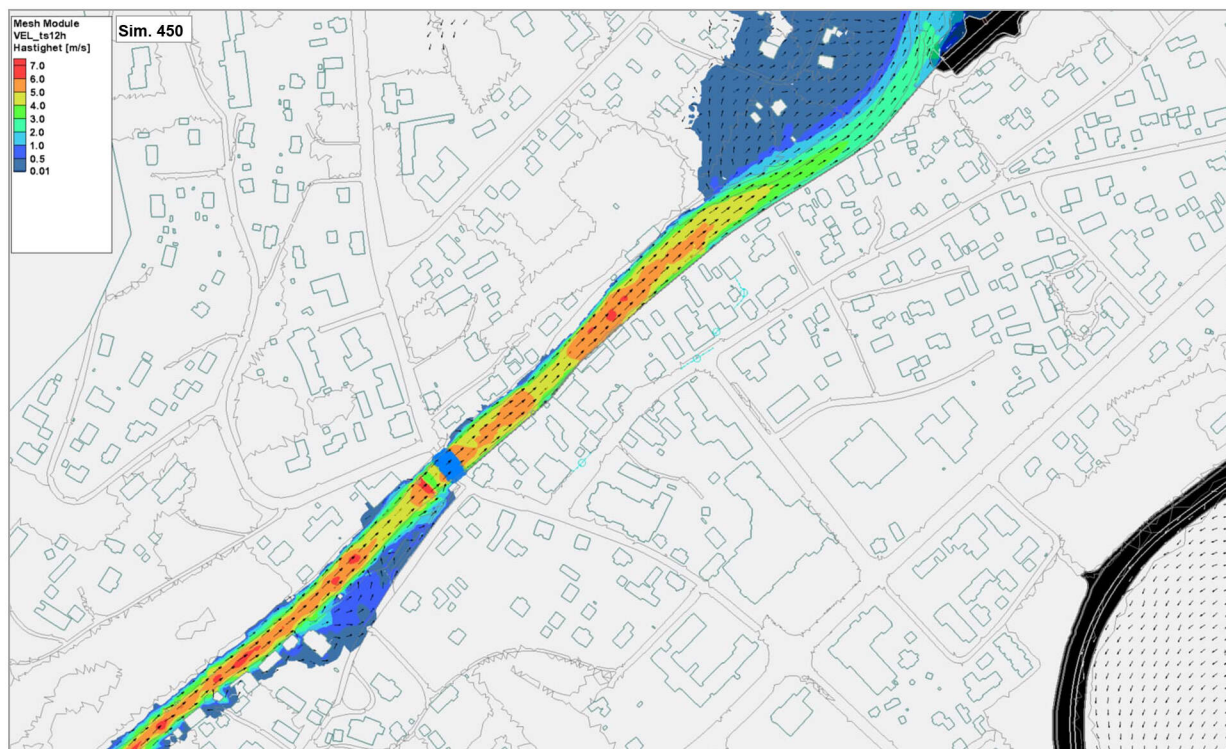
Figur 7.15: Vannlinjer i Rukkedøla for 200-årsflom med klimapåslag før (mørkeblå linje) og etter tiltak (lyseblå linje: planlagt tilstand; blå linje: grunnlag for tiltakskonseptet).



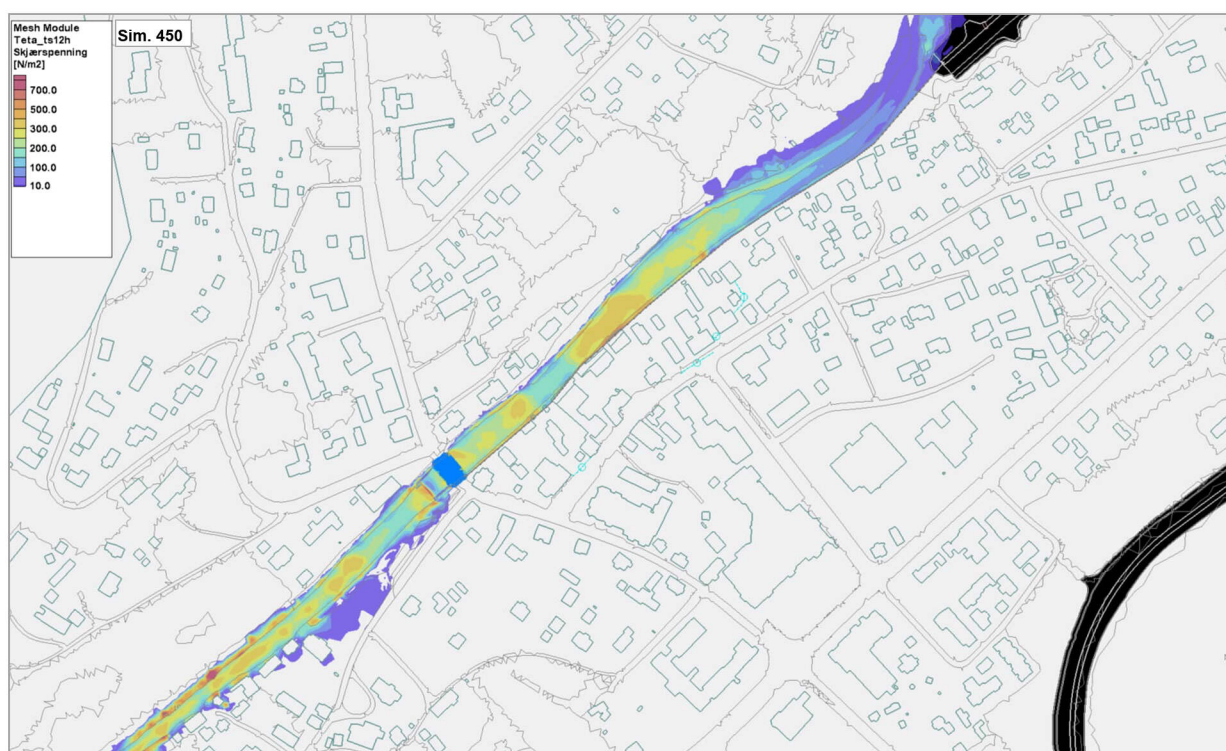
Figur 7.16: Strekkninger med høyere vannstand i Rukkedøla etter enn før tiltak.

Strømningshastigheter i Rukkedøla er like høye etter tiltak enn før tiltak, mellom 4 m/s og 6 m/s, og større enn 6 m/s på flere steder (Figur 7.17). Nedstrøms Hajem bru er hastigheter lavere i noen områder og høyere i andre. Lignende er resultatet for skjærspenninger (Figur 7.18).

Når man ser nærmere på strekningen nedstrøms Hajem forflytter seg området med de høyeste vannhastighetene på mellom 5 m/s og 7 m/s ca. 100 m i oppstrøms retning. I situasjonen før tiltak ligger det tilsvarende området rett før elva møter bakvannet fra Hallingdalselva (Figur 7.2), mens det etter tiltak ligger nedstrøms det trange tverrsnittet ved Stasjonsvegen 7 (Figur 7.17). Den smale profilen fører til oppstuvning og høyere vannstand oppstrøms, jf. Figur 7.15 og Figur 7.16, og akselerasjon av vannet fra profilen nedstrøms, dvs. lavere vannstand men høyere vannhastighet.



Figur 7.17: Vannhastigheter [m/s] og strømningsretning ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag for planlagt tilstand.

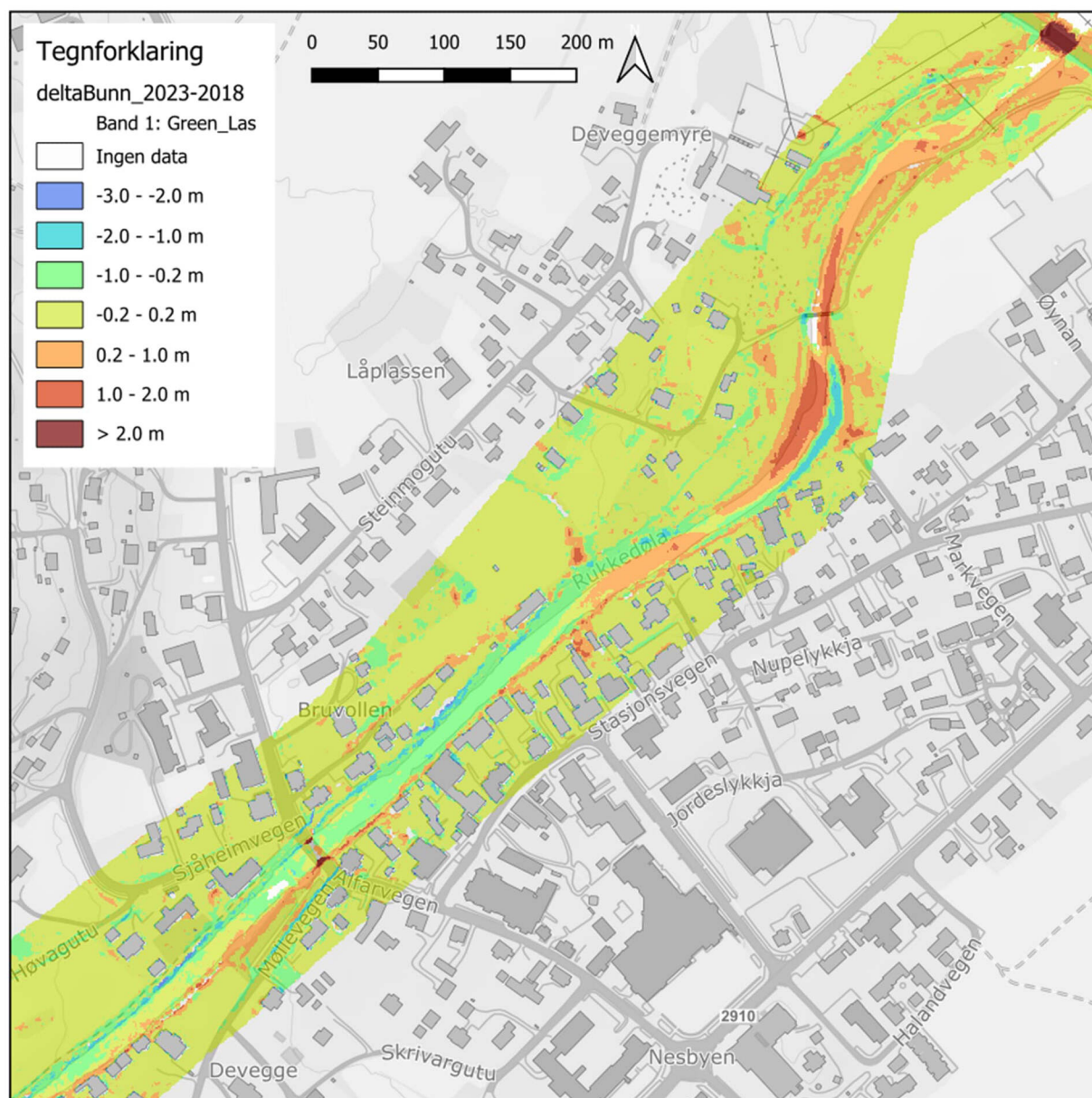


Figur 7.18: Skjærspenninger [N/m²] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag for planlagt tilstand. Verdier fra 10 N/m² er vist.

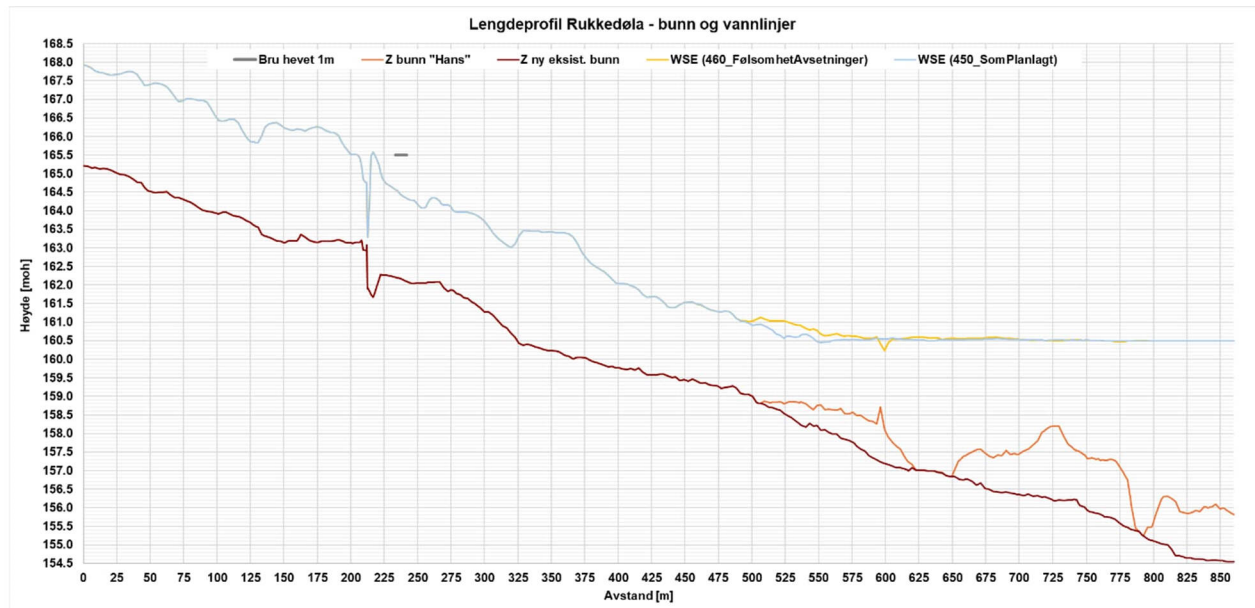
Følsomhet i forbindelse med avsetninger

I simuleringen for følsomheten som følge av masseavsetninger i Rukkedøla er det forutsatt tiltakene som planlagt og områder med høyere bunn etter «Hans» i Rukkedølas nedre del (Figur 7.19). Områder med lavere bunn etter «Hans» er ikke lagt inn i modellen.

Resultatene viser høyere vannstand på en strekning på ca. 90 m. Vannstanden er opptil nesten 50 cm høyere enn uten avsetninger (Figur 7.20). Det gjelder strekningen oppstrøms bakvannet fra Hallingdalselva, ved Stasjonsvegen 19 og 23 i det øverste avsetningsområdet (Figur 7.21).



Figur 7.19: Bunnendring under flommen «Hans». Sammenligning av bunnen etter (grønn laser 2023) med før flommen (laserdata 2018). Positive verdier er avsetninger.



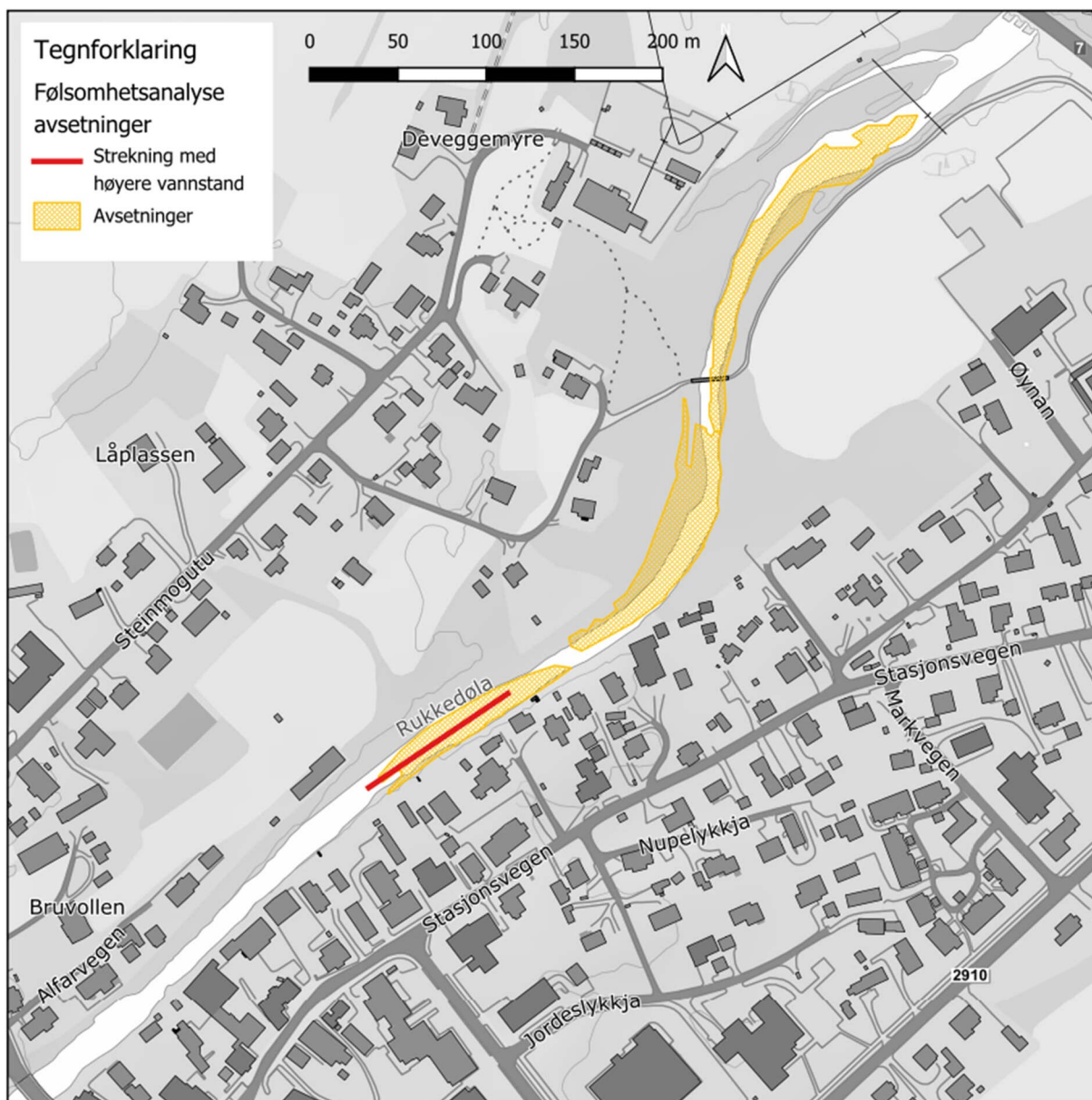
Figur 7.20: Vannlinjer i Rukkedøla for 200-årsflom med klimapåslag for planlagt tilstand (lyseblå linje) og for planlagt tilstand med avsetninger (gul linje); elvebunnen er vist med brun linje før avsetninger og oransje linje med avsetninger.

I tillegg til høyere vannstand på ovennevnt strekning medfører avsetningene til endrede vannhastigheter. I elveløpet er hastigheter stort sett lavere, med unntak av den nedre delen av det øverste avsetningsområdet (Figur 7.22). Avsetningene bremser ned vannstrømmen og gir lavere hastigheter (oppstuvning) i den øvre delen av dette området, mens vannstrømmen akselereres i den nedre delen.

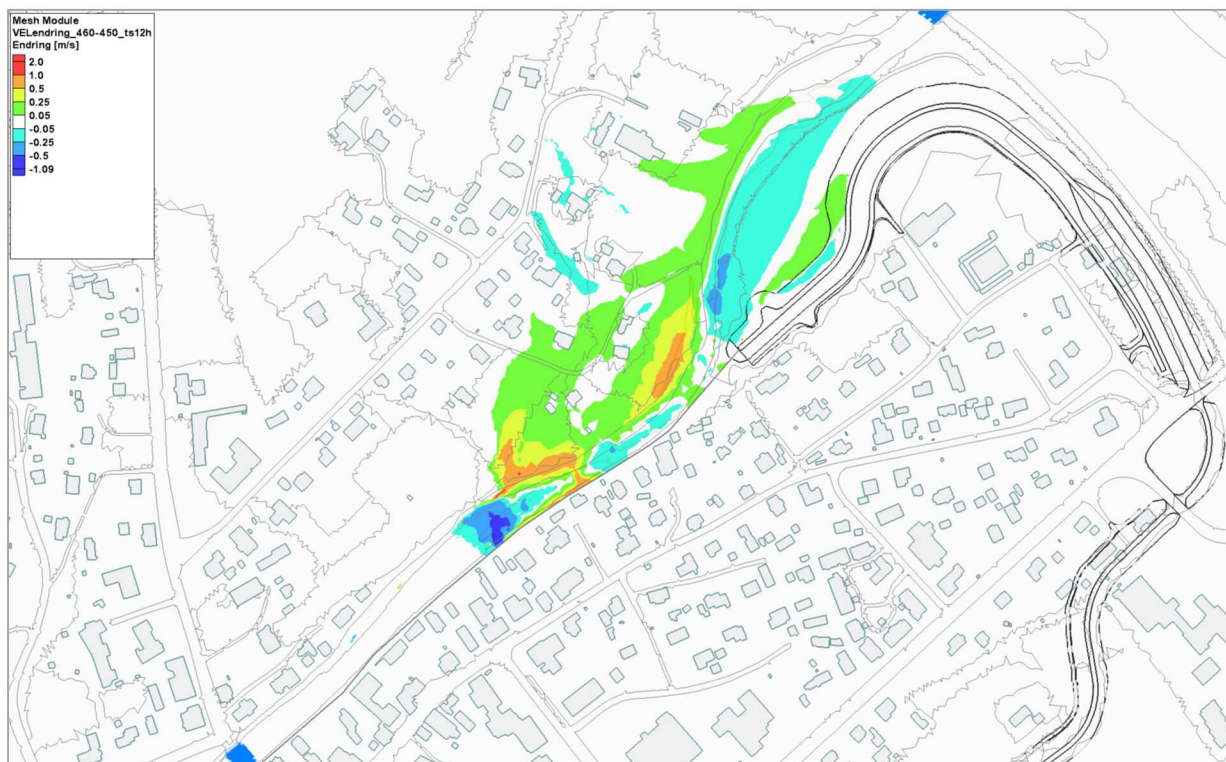
På flomsletten gir avsetningene lavere vannhastigheter i innersvingen vest for markedsplassen. Høyere vannhastigheter vises særlig på flomsletten på elvas nordside. Økningen er størst, stort sett opptil 0,7 m/s, hvor vannet renner over bredden mot Steinmogutu og ved innersvingen rundt Steinmogutu. Ved / i nærheten av bebyggelse er økningen lav med mindre enn 0,15 m/s høyere vannhastigheter.

Angående spørsmålet om risikoen for avsetninger under en flom etter gjennomføring av tiltak er det i tillegg nyttig å se på hastighetsendringene mellom planlagt og eksisterende tilstand (Figur 7.23). Simuleringsresultatene tilsier at faren for avsetninger i det øverste avsetningsområdet øker som følge av lavere vannhastigheter og skjærspenninger.

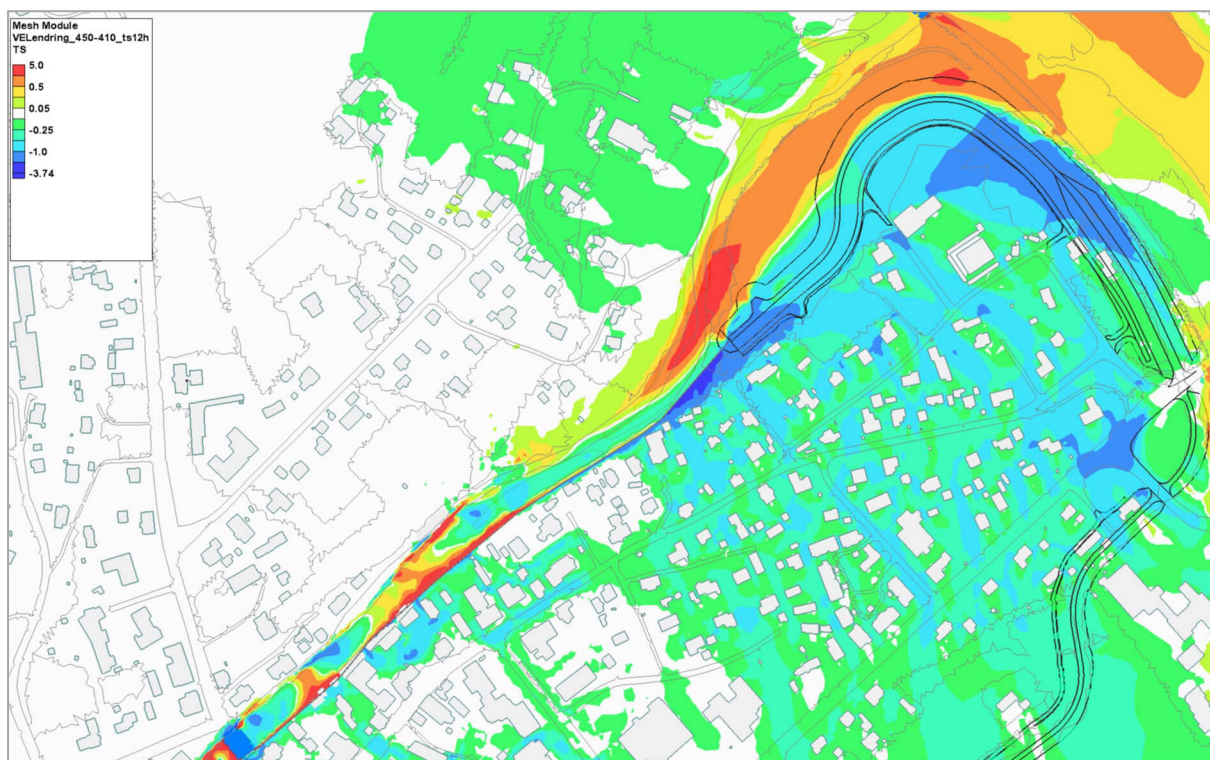
Resultatene for følsomheten i forhold til avsetninger skal inngå i vurderingene når sikkerhetspåslag og fribord fastsettes.



Figur 7.21: Strekingen med høyere vannstand i Rukkedøla etter avsetninger.



Figur 7.22: Endringer i vannhastighet i Rukkedøla mellom Hajem bru og kulvertene under rv. 7 som følge av avsetninger. Blåe farger er lavere hastighet, grønn over gul til rød er høyere hastighet.



Figur 7.23: Endringer i vannhastighet i Rukkedøla mellom Hajem bru og kulvertene under rv. 7 som følge av de planlagte tiltakene (planlagt versus eksisterende tilstand). Blåe og grønne farger er lavere hastighet, grønn/gul til rød er høyere hastighet.

8. Oppsummering

I forbindelse med sikring av Nesbyen mot flom ble det gjennomført hydrauliske analyser med en to-dimensjonal modell for dimensjonerende vannføring i Hallingdalselva og sideelva Rukkedøla ved Nesbyen. Resultatene danner grunnlaget for planlegging av sikringstiltak langs Rukkedøla i forprosjektet.

I analysene er det lagt vekt på Rukkedøla. Resultatene for hovedelva Hallingdalselva er beskrevet i et eget notat¹. Flomsikring av Nesflata gjennom etablering av en flomvoll er forutsatt for situasjonen etter tiltak. Resultater for dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene, 200-årsflom med klimapåslag, er presentert for situasjonen før og etter tiltak. Dette tilsvarer en flomvannføring på 262 m³/s i Rukkedøla.

For situasjonen før tiltak langs Rukkedøla og på Nesflata går Rukkedøla over den sørlige bredden på flere steder og vann renner gjennom bebyggelsen til sentrum og videre til Hallingdalselva. Hajem bru har ikke tilstrekkelig kapasitet, og det er oppstuvning foran brua. Strømningshastigheter i Rukkedøla er høye, stort sett mellom 4 m/s og 6 m/s, og større enn 6 m/s på flere steder.

Blant tiltakene i Rukkedøla som ble undersøkt ved hydrauliske simuleringer er bunnsenking, fjerning eller endring av terskelen i flomparken, utvidelse av elvas tverrsnitt og heving eller nybygg av Hajem bru.

Smuleringsresultatene viste ønsket effekt for lokal bunnsenking. På grunn av ulempene bunnsenking medfører, som fare for erosjon, behov for erosjonssikring, store kostnader og miljøinngrep, ble det bestemt i samråd med oppdragsgiver at bunnsenking ikke er aktuelt. I denne sammenhengen og på grunn av forventede kostnader og gjennomførbarhet ble det videre bestemt at verken fjerning, endring eller flytting av terskelen er et egnet tiltak. For sikring av strekningen ved flomparken er påbygg på utsiden av flomparken langs Mølleveien vurdert den foretrukket løsningen.

De hydrauliske beregningene viser at det er nyttig å utvide elveprofilen så mye som mulig, fordi breddeutvidelse har stor virkning på vannlinjen. Følgelig kan høyden av flomsikringen langs den sørlige elvebredden bygges lavere. Ut fra forutsetninger rundt eksisterende bebyggelse ble det vurdert at en utvidelse av bunnbredden på mellom 20 m og 22 m bør være mulig. Men tiltaket forutsetter at deler av bygningene nærmest elvekanten henholdsvis fjernes eller tas ned og bygges opp igjen.

Angående spørsmålet om tiltak på Hajem bru ble flere alternativer undersøkt. De hydrauliske analysene tilsier at nybygg av Hajem bru er bedre enn heving av brua, fordi nybygg gir muligheten til å utvide tverrsnittet for å senke vannstanden. Ved nybygg anbefales det å utvide bruprofilen til 22 m. Blant alternativene med hensyn til plassering av ny bru er dagens veilinje å foretrekke ny veilinje nedstrøms. Smuleringsresultatene gir lavere vannstand og gunstigere skjærspenning rundt brua på dagens veilinje.

Tiltakene i og langs Rukkedøla sikrer alle bygninger øst for Mølleveien, nedstrøms Hajem bru alle bygninger sør for Rukkedølas elvekant. I flomparken og oppstrøms er vannstanden uendret. Fra terskelen nedover senkes vannstanden på store deler av elvestrekningen, lokalt er vannstanden noe høyere for situasjonen etter tiltak. Disse stedene må det spesielt ses på i detaljprosjekteringsfasen, og tiltakene må eventuelt tilpasses, eller nye legges til, for å sikre at eiendommer langs Rukkedølas nordlige bredd ikke har negative konsekvenser.

Smuleringsresultatene for situasjonen med tiltak som planlagt og masseavsetninger på Rukkedølas nedstrøms strekning gir opptil nesten 50 cm høyere vannstand oppstrøms bakvannet fra Hallingdalselva, ved Stasjonsvegen 19 og 23.

Resultatene av følsomheten for avsetninger skal inngå i vurderingene når endelig sikkerhetspåslag og fribord for sikringstiltakene fastsettes. Det henvises til eget notat skrevet av NVE om fastsetting av sikkerhetspåslag og fribord for sikring av Rukkedøla.

Inning am Ammersee, 30.09.2025

Lindschulte
Ingenieurgesellschaft mbH Ammersee



Benedikt Sander-Kessels
Daglig leder



i. A. Julian Sauterleute
Prosjektleder