

NVE

EKSTERN RAPPORT NR. 23 / 2024

Mulighetsstudie for flaumsikring av Lærdalselva ved Lærdalsøyri

SKRIVE AV Multiconsult Norge

NVE Ekstern rapport nr. 23/2024
Mulighetsstudie for flaumsikring av Lærdalselva ved Lærdalsøyri

Utgjeve av:	Noregs vassdrags- og energidirektorat
Forfattare:	Knut Alfredsen, Jon Magnus Amundsen, Rakel Bjørnegaard, Graeme Carey, Lise Føsund Christiansen, Eloi Denamur, Marlène Devillez, Cornelis Horn Evensen, Åshild Hasvik, Hilde Bruheim Johnsborg, Morten Kraabøl, Kristin Pedersen, Sofie Marie Steinkjer, Leif Magnus Sættem, Kristine Lilleng Walløe, Erik Nguyen/Multiconsult Norge AS.
Omslagsbilete:	Lærdalselva langs Lærdalsøyri som er utsett for skadeflaum. Foto: Multiconsult
ISBN:	978-82-410-2418-4-0
ISSN:	2535-8235
Saksnummer:	202307493

Samandrag: Multiconsult har på oppdrag for NVE utført ein studie for å sjå på mulighetene for ei heilskapleg flaumsikring av Lærdalselva v/Lærdalsøyri, Lærdal kommune. Utgangspunktet for studien er ein situasjon med 200 års flaum i vassdraget med 20% klimapåslag. Ulike alternativ for teknisk løysing er vurdert for å førebygge flaumskade. Det er berekna ein nytte/kost-verdi for kvar av dei åtte føreslegne tiltakskombinasjonane. Studien bygger på dagens kunnskapsgrunnlag.

Emneord: Mulighetsstudie, heilskapleg flaumsikring, Lærdalselva, Lærdalsøyri, Lærdal kommune

Noregs vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

oktober, 2024

Forord

Opp gjennom tidene har Lærdal vore utsett for fleire flaumhendingar, mellom anna vårflaumen i 1971 og flaumen i pinsa 2011.
Flaumsonekart utarbeidd og overlevert Lærdal kommune i 2024 viser at heile Lærdal sentrum er utsett for skader ved ei 200 års flaumhending i Lærdalselvi. Begynnande skadeflaum er 500 m^3/s, som i følgje den hydrauliske modellen er dagens 10 års flaum.

NVE engasjerte Multiconsult til å utføre ein studie for å sjå på muligheter for ei heilskapleg flaumsikring av Lærdalselva v/Lærdalsøyri (nedste 3.5 km av elva). Ein premiss for studien var at ein skulle sjå på mulige sikringstiltak for sikring av busetnad og viktig infrastruktur på heile Lærdalsøyri, og ikkje enkelttiltak eller sikring av mindre områder/enkeltbygg.
Føreslegne tiltak skulle vere i samsvar med krava i byggteknisk forskrift (TEK17).

Mulighetsstudien vart utført i perioden november 2023 – oktober 2024.

I studien vart det lagt til grunn ei oppdatert berekning av 200 års flaum med 20% klimapåslag. Ein viktig del av oppdraget var å sjå mulige flaumsikringstiltak i samanheng med dei viktige verdiane og brukarinteressene i Lærdal. Dette gjeld mellom anna samfunnet sitt behov for utvikling, elva sitt behov for plass, naturmangfald, akvatisk miljø, friluftsliv, jordbruk og kulturminner. Vassdraget er eit nasjonalt laksevassdrag og er regulert.

Åtte føreslegne tiltak er skildra og kostnadsberekna på eit overordna nivå. Konsekvensane av tiltaka er vurdert opp mot dei viktige verdiane i og langs vassdraget.

Mulighetsstudien har resultert i betre kunnskap og gode data. Lærdal kommune har fått overlevert flaumsonekart som kan nyttast i arbeidet med arealplanlegging og under beredskapshendingar. Mulighetsstudien og dei førseslegne tiltaka vert vidare vurdert om, og ev. kva tiltak, ein skal gå vidare med for å sikre Lærdal sentrum mot flaum.

Førde, 15. oktober 2024

Aart Verhage
regionssjef
NVE Region Vest

Hanne Rosvoll Langset
senioringeniør

Dokumentet sendast utan underskrift. Det er godkjend i samsvar med interne rutinar.

RAPPORT

Mulighetsstudie for flom- og erosjonssikring av Lærdalselva v/Lærdalsøyri

OPPDRAGSGIVER

NVE Region Vest

EMNE

Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11. oktober 2024 / 00

DOKUMENTKODE: 10248823-01-TVF-RAP-001



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt i den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult med mindre annet følger av norsk lov. Multiconsult påtar seg intet ansvar for bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn det som er godkjent skriftlig av Multiconsult. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter med mindre annet følger av norsk lov.

RAPPORT

OPPDRAG	**Mulighetsstudie for flom- og erosjonssikring av Lærdalselva v/Lærdalsøyri**	DOKUMENTKODE	10248823-01-TVF-RAP-001
EMNE	Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	NVE Region Vest	OPPDRAGSLEDER	Eloi Denamur
KONTAKTPERSON	Hanne Rosvoll Langset	ANSVARLIG ENHET	10105070 Hydrologi
UTARBEIDET AV	Knut Alfredsen, Jon Magnus Amundsen, Rakel Bjørngaard, Graeme Carey, Lise Føsund Christiansen, Eloi Denamur, Marlène Devillez, Cornelis Horn Evensen, Åshild Hasvik, Hilde Bruheim Johnsborg, Morten Kraabøl, Kristin Pedersen, Sofie Marie Steinkjer, Leif Magnus Sættem, Kristine Lilleeng Walløe, Erik Nguyen		

00	11.10.2024	Sluttrapport til oversendelse til NVE	RAB, GRC, LFC, ELD, MAD, CHE, ÅSH, KRP, SOMS, KNA, ERN	JMA, ELD, MAD, HBJ, LMS, KLW, HAN	ELD
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

SAMMENDRAG

Gjennom historien har Lærdalsvassdraget vært rammet av flom, blant annet vårflommen i 1971 og flommen i pinsen 2011. I 2002 utførte NVE en flomsonekartlegging fra Hauge til utløpet i fjorden, som ble revidert i 2013. Kartleggingen viste at store deler av Lærdalsøyri er utsatt for flom ved en 200-års flomhendelse. Mot slutten av 2022 startet NVE formelt med et prosjekt for å bistå Lærdal kommune med å sikre Lærdalsøyri gjennom planlegging av sikringstiltak. I november 2023 ble Multiconsult engasjert for å gjennomføre denne mulighetsstudien. Hovedformålet med studien er å sikre eksisterende boliger og infrastruktur langs Lærdalselva ved Lærdalsøyri mot flom, i samsvar med krav i Byggeteknisk forskrift (TEK17). Mulighetsstudien skal danne grunnlag for å avgjøre hvilke tiltak som er aktuelle og realistiske å gå videre med basert på samfunnsmessig nytte.

Mulighetsstudien legger til grunn en oppdatert og kalibrert hydraulisk modell utarbeidet av NVE. Denne modellen er brukt for å dimensjonere sikringstiltak for både klimajustert 200- og 1000-årsflom. Modellen er også kjørt med lavere gjentaksintervaller for å muliggjøre en nytte-/kostvurdering og for å vurdere påvirkning av noen tiltak på mindre flommer.

Flere mulige sikringstiltak er vurdert, og deres konsekvenser for ulike brukerinteresser er beskrevet. Tiltakene er så satt sammen i 7 forskjellige tiltakskombinasjoner, der hver kombinasjon sikrer Lærdalsøyri. Byggekostnadene for hver tiltakskombinasjon er estimert og benyttet som input til nytte-/kostvurderingen. Resultatene er oppsummert i tabellene på de neste to sidene.

Det konkluderes med at tiltakskombinasjon 2A er det mest fordelaktige alternativet for flom- og erosjonssikring av Lærdalsøyri. Denne løsningen innebærer etablering av en ny flombarriere mellom Lærdalsøyri og Lærdalselva som gir mest mulig plass til elva, samt lokale sikringstiltak på motsatt side av elva. Tiltakskombinasjon 3 og 2B bygger også på flombarrierer og lokale sikringstiltak, men langs andre traseer som medfører større negative konsekvenser. Den optimale løsningen kan være en kombinasjon av disse 3 alternativene, noe som bør vurderes nærmere i neste fase. De øvrige 4 tiltakskombinasjonene som oppfyller formålet med studien anbefales ikke på grunn av store negative konsekvenser og/eller relativ liten reduksjon i dimensjonerende flomvannstand.

Tabell: Oppsummering av resultatene.

Tiltaks-kombinasjon	Teknisk beskrivelse	Konsekvenser	Byggekostnad og nytte/kost (NK)
0. Akseptere flom	Ingen tiltak	Biologisk mangfold: ingen Kulturminner: ingen Friluftsliv: ingen Jordbruk: ingen Landskap: ingen Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17	0 MNOK NK-forhold: - NK-vurdering: negativ
1. Flomtunnel ved Hauge (+anbefalt heving og forlengelse av eks. flomvoll)	Flomtunnel Lengde: 3650 meter Tverrsnitt: 270 m^2 Regulering: fastterskel Lengde inntak: 290 m	Biologisk mangfold: store negative (spesielt det akvatiske) Kulturminner: små negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: små negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	1 382 MNOK NK-forhold: 0,8 NK-vurdering: negativ, men kan bli positiv basert på usikkerheten i beregningene
2A. Flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: moderate/store negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	168 MNOK NK-forhold: 4,2 NK-vurdering: positiv
2B. Flombarriere alternativ B + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 3,5 – 4,0 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 5500 m Høyde: 1,0 – 3,0 m	Biologisk mangfold: moderate negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: store negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	252 MNOK NK-forhold: 3,2 NK-vurdering: positiv
3. Heving av Sjukehusvegen + Flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Heving av vegen: Lengde: 320 m Høyde: 2,5 – 3,0 m Flombarriere: Lengde: 2400 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 2200 m Høyde: 1,0 – 3,5 m	Biologisk mangfold: moderate negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: moderate negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	167 MNOK NK-forhold: 4,3 NK-vurdering: positiv

Tiltaks-kombinasjon	Teknisk beskrivelse	Konsekvenser	Byggekostnad og nytte/kost (NK)
4. Flombarriere alternativ A + regulering	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 1,5 – 2,5 m Regulering: Ikke utredet i detalj	Biologisk mangfold: moderate/store negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 pga. bruk av organisatoriske tiltak ved regulering	121 MNOK (uten regulering) NK-forhold: 4,7 (uten regulering) NK-vurdering: positiv (uten regulering)
5. Flomtunnel ved utløpet + flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Flomtunnel Lengde: 1500 meter Tverrsnitt: 400 m^2 Regulering: luker Lengde inntak: ca.50 m Flombarriere: Lengde: 2000 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: store negative Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: moderate negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 pga. bruk av organisatoriske tiltak ved regulering	701 MNOK NK-forhold: 1,3 NK-vurdering: positiv, men kan bli negativ basert på usikkerheten i beregningene
6. Flombarriere alternativ A + masseuttak + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 2,0 – 3,5 m Masseuttak: Volum: 170000 m^3 Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: store negative Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 dersom det krever kontinuerlig masseuttak	247 MNOK NK-forhold: 3,1 NK-vurdering: positiv

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Introduksjon 10
1.1 Bakgrunn for studien 10
1.2 Formål med studien 10
2 Bakgrunn 12
2.1 Beskrivelse av vassdraget 12
2.2 Geologiske forhold 13
2.3 Landskapsbilde 18
2.4 Kritiske objekt ved flom 19
2.5 Tidligere flommer 22
2.5.1 Begynnende skadeflom 22
3 Eksisterende situasjon i Lærdalselva 24
3.1 Brukerinteresser i vassdrag 24
3.1.1 Arealplaner 24
3.1.2 Terrestrisk miljø 26
3.1.3 Akvatisk miljø 28
3.1.4 Friluftsliv 29
3.1.5 Jordbruk 30
3.1.6 Kulturarv 32
3.1.7 Vern 33
3.1.8 Utbygging i vassdraget 33
3.2 Sikringstiltak i Lærdalselva 36
3.2.1 Utførte sikringstiltak 36
3.2.2 Pågående sikringsarbeid 37
4 Hydrologi og flomutsatt areal 38
4.1 Hydrologiske data 38
4.2 Kraftverk 39
4.3 Flomberegninger 40
4.4 Hydraulisk modell 41
4.4.1 Topografiske data 41
4.4.2 Modelloppsett 41
4.4.3 Grensebetingelser 41
4.4.4 Kalibrering 42
4.4.5 Konstruksjoner 42
4.5 Flomutsatte areal 43
5 Flomreduserende tiltak 45
5.1 Oversikt 47
5.2 Tiltak 0: Akseptere flom 49
5.2.1 Teknisk skisse 49
5.2.2 Flomskadereduksjon 49
5.2.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 49
5.2.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 49
5.2.5 Konsekvenser for landskap 50
5.2.6 Begrensninger for gjennomføring 50
5.3 Tiltak 1: Flomtunnel ved Hauge 50
5.3.1 Teknisk skisse og beskrivelse 50
5.3.2 Flomskadereduksjon 51
5.3.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 51
5.3.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 51
5.3.5 Konsekvenser for landskap 53
5.3.6 Begrensninger for gjennomføring 53
5.4 Tiltak 2A: Flombarriere alternativ A 54
5.4.1 Teknisk skisse 54
5.4.2 Flomskadereduksjon 54
5.4.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 55
5.4.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 56
5.4.5 Konsekvenser for landskap 57
5.4.6 Begrensninger for gjennomføring 58
5.5 Tiltak 2B: Flombarriere alternativ B 61

5.5.1 Teknisk skisse 61
5.5.2 Flomskadereduksjon 61
5.5.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 61
5.5.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 62
5.5.5 Konsekvenser for landskap 62
5.5.6 Begrensninger for gjennomføring 63
5.6 Tiltak 3: Heving av Sjukehusvegen 65
5.6.1 Teknisk skisse 65
5.6.2 Flomskadereduksjon 66
5.6.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 66
5.6.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 66
5.6.5 Konsekvenser for landskap 67
5.6.6 Begrensninger for gjennomføring 67
5.7 Tiltak 4: Regulering 68
5.7.1 Teknisk skisse og beskrivelse 68
5.7.2 Flomskadereduksjon 69
5.7.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 69
5.7.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 70
5.7.5 Konsekvenser for landskap 70
5.7.6 Begrensninger for gjennomføring 70
5.8 Tiltak 5: Flomtunnel ved utløpet 71
5.8.1 Teknisk skisse og beskrivelse 71
5.8.2 Flomskadereduksjon 71
5.8.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 71
5.8.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 73
5.8.5 Konsekvenser for landskap 73
5.8.6 Begrensninger for gjennomføring 74
5.9 Tiltak 6: Masseuttak i elven 75
5.9.1 Teknisk skisse 75
5.9.2 Flomskadereduksjon 76
5.9.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 76
5.9.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 76
5.9.5 Konsekvenser for landskap 77
5.9.6 Begrensninger for gjennomføring 77
5.10 Tiltak 7: Lokale sikringstiltak 78
5.10.1 Teknisk skisse 78
5.10.2 Flomskadereduksjon 79
5.10.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 79
5.10.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 79
5.10.5 Konsekvenser for landskap 80
5.10.6 Begrensninger for gjennomføring 80
5.11 Tiltak 8: Flomtunnel ved Tynjadalen 81
5.11.1 Teknisk skisse og beskrivelse 81
5.11.2 Flomskadereduksjon 81
5.11.3 Konsekvenser for biologisk mangfold 82
5.11.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema 82
5.11.5 Konsekvenser for landskap 82
5.11.6 Begrensninger for gjennomføring 83
5.12 Andre tiltak 83
5.12.1 Flomtunnel til nabovassdrag 83
5.12.2 Demping i flomsletter 84
6 Mulige tiltakskombinasjoner 85
6.1 Tiltakskombinasjon 0 85
6.2 Tiltakskombinasjon 1: Flomtunnel ved Hauge 88
6.3 Tiltakskombinasjon 2: Flombarriere + Lokale sikringstiltak 90
6.3.1 Tiltakskombinasjon 2A: Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak 90
6.3.2 Tiltakskombinasjon 2B: Flombarriere alternativ B + Lokale sikringstiltak 95
6.4 Tiltakskombinasjon 3: Heving av Sjukehusvegen + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak 99
6.5 Tiltakskombinasjon 4: Flombarriere alternativ A + Regulering 101
6.6 Tiltakskombinasjon 5: Flomtunnel ved utløpet + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak 104
6.7 Tiltakskombinasjon 6: Flombarriere alternativ A + Masseuttak + Lokale sikringstiltak 108
7 Sammenstilling av tiltakskombinasjoner 111
7.1 Oversikt 111

8 Konklusjon 113
9 Referanser 115
10 Vedlegg 117

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn for studien

Gjennom historien har Lærdalsvassdraget vært rammet av flom, blant annet vårflommen i 1971 og flommen i pinsen 2011. Under sistnevnte flom strømmet vannet gjennom eksisterende flomverk, som var bare 20 cm fra å bli overtoppet.

I 2002 utførte NVE en flomsonekartlegging fra Hauge til utløpet i fjorden, som ble revidert i 2013. Kartleggingen viste at store deler av Lærdalsøyri er utsatt for flom ved en 200-års flomhendelse.



Figur 1-1: Flomsonekart (vanndybde) fra 2002 ved en 200-årsflom i Lærdalselva ved Lærdalsøyri (NVE, 2002). Flomsonekartet oppdateres i 2024 med nyere og bedre grunnlagsdata.

Mellom 2008 og 2011 hadde Lærdal kommune flere utbyggingsprosjekter på Lærdalsøyri, som var utfordrende på grunn av den kartlagte flomfaren i området.

I juni 2012 sendte Lærdal kommune en søknad til NVE om bistand til sikring av Lærdalsøyri, og en måned senere bekreftet NVE at de ville bistå kommunen både med planlegging og gjennomføring av sikringstiltak. Arbeidet pågikk i flere år, men ble stoppet på grunn av høyt sakspress hos NVE. Mot slutten av 2022 fikk prosjektet høyere prioritet, og i løpet av 2023 ble det satt interne ressurser i NVE for å følge opp og gjennomføre prosjektet. I november 2023 ble Multiconsult engasjert for å gjennomføre mulighetsstudien for flom- og erosjonssikring av Lærdalselva ved Lærdalsøyri.

Mulighetsstudien skal danne grunnlag for å avgjøre hvilke tiltak som er aktuelle og realistiske å arbeide videre med basert på samfunnsmessig nytte.

1.2 Formål med studien

Hovedformålet med studien er å sikre eksisterende boliger og infrastruktur langs Lærdalselva ved Lærdalsøyri mot flom, i samsvar med krav i Byggeteknisk forskrift (TEK17). Selv om disse kravene i utgangspunkt gjelder for nye byggverk, er målet at de også skal gjelde for eksisterende byggverk i dette prosjektet, slik at det er mulig å utvikle Lærdalsøyri i framtida.

I kapittel 7 av forskriften angis sikkerhetsnivåer som skal legges til grunn ved regulering og bygging i fareområder, inkludert flom. Det er definert tre sikkerhetsklasser med tilhørende flomstørrelser (20-,

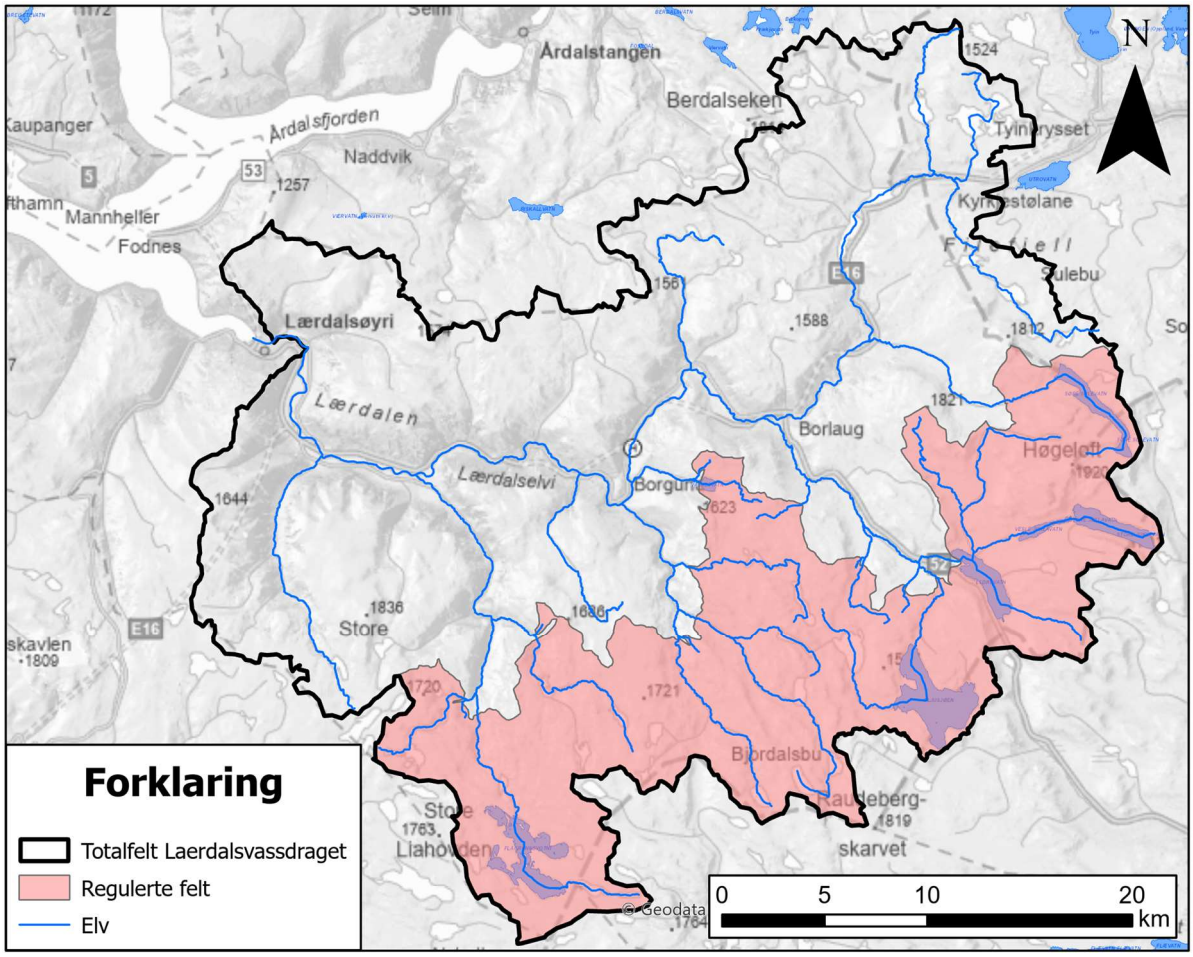
200- og 1000-årsflom) som skal benyttes for byggverk i slike områder. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører avhenger av konsekvensene ved oversvømmelse. På Lærdalsøyri finnes det byggverk innenfor alle sikkerhetsklassene (se kapittel 2.4). I henhold til TEK17 *kan sikkerhetskravene oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor områder der sannsynligheten for flom er mindre enn minstekravet i forskriften, eller ved å sikre det mot oversvømmelse, eller ved å dimensjonere og konstruere bygget slik at det tåler belastningene og skader unngås*.

Prosjektet vil prioritere permanente tiltak i samsvar med TEK17. Alternative tiltak, som for eksempel organisatoriske tiltak, skal kun vurderes dersom permanente tiltak ikke er gjennomførbare. Organisatoriske sikringstiltak er de som krever enten en beslutning eller en handling for å iverksettes i forkant av en hendelse (NVE, 2023). Regjeringen har nedsatt en direktoratsgruppe som i løpet av 2024 skal fremme en innstilling med forsalg til mulige endringer i naturfaredelene av Byggeteknisk forskrift. Blant temaene som vil bli vurdert, er planmyndighetens mulighet til å kreve organisatoriske sikringstiltak som vilkår for utbygging. Siden konklusjonene fra denne vurderingen først vil gjelde fra 2025, tar denne mulighetsstudien utgangspunkt i gjeldende regelverk.

2 Bakgrunn

2.1 Beskrivelse av vassdraget

Lærdalsvassdraget (vassdragnr. 073.Z) ligger i sin helhet i Lærdal kommune i Vestland fylke. Vassdraget strekker seg fra Filefjell i nordøst og drenerer i vestlig retning til Lærdalselva sitt utløp i Lærdalsfjorden, som er del av Sognefjorden. Totalt er vassdraget ned til fjorden ca. 81 km langt og har et feltareal på 1186 km^2. Det er dermed et av de største vassdragene på Vestlandet.



Figur 2-1: Oversiktskart over Lærdalsvassdraget.

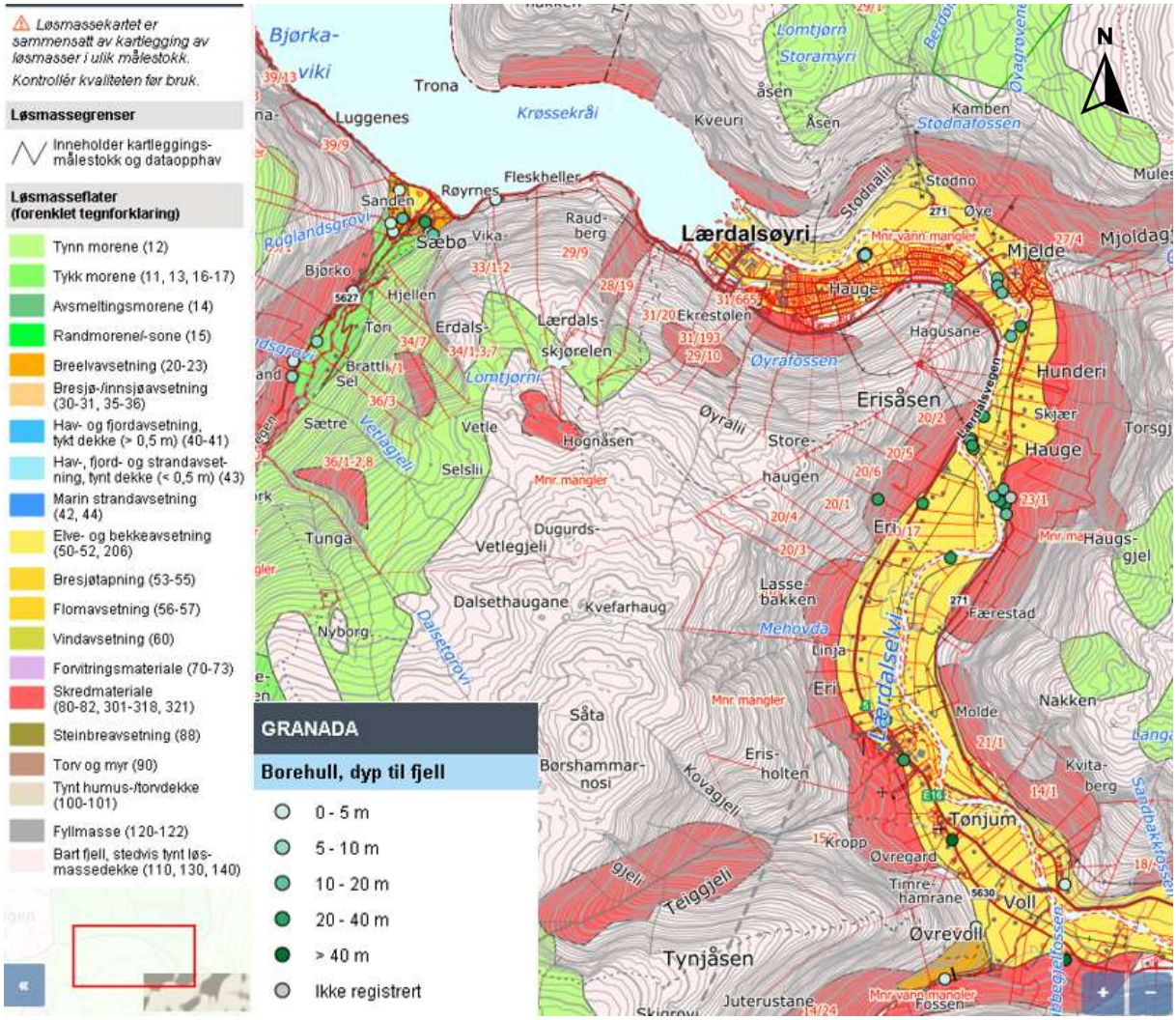
Lærdalsvassdraget er i dag sterkt regulert gjennom vannkraftutbygginger som ble utført etappevis i perioden 1971 til 1988. Dette beskrives i kapittel 3.1.8. Figur 2-1 viser et oversiktskart over Lærdalsvassdraget der regulerte nedbørfelt er markert med rødt, mens Øljusjøen, som er overført fra et sidevassdrag er markert med rød skravur. Hovedmagasinene er Øljusjøen (160 mill m^3), Kvevotni (40 mill m^3) og Eldrevatn (27 mill m^3). Totalt magasinvolum er 274 mill m^3 (Roald, 2013).

Lærdalselva har en rekke større og mindre sidevassdrag. Smeddøla, som kommer fra Filefjell, er vernet, mens de fleste andre sidevassdrag regulert eller utbygd. Omtrent 70% av arealet ligger mellom kote 1100 og 1600 moh. (Roald, 2013).

Det er spredt bosetning langs vann og elver, og dalbunnen er preget av store arealer med dyrket mark. I øvre deler av vassdraget ligger noe spredt hyttebebyggelse.

2.2 Geologiske forhold

Lærdalvassdraget befinner seg i området med magmatiske bergarter i det norske grunnfjellet. Berg i dypere lag av dalbunnen samt fjellskråningene mot sør og øst består av granittbergarter. Over grunnfjellet ligger det moreneavleiringer, dels i form av større sammenhengende dekker med stor mektighet, dels enkeltvis og småskala eller med dekke av liten mektighet. Dalbunnen er dannet av fluviale sand- og grusavleiringer med stor mektighet på inntil flere titalls meter (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024). Figur 2-2 viser løsmassegeologi med eksisterende borehull fargelagt etter dybde til fjell.



Figur 2-2: Løsmassegeologi for det aktuelle området med eksisterende borehull fargelagt etter dybde til fjell (NGU, 2023).

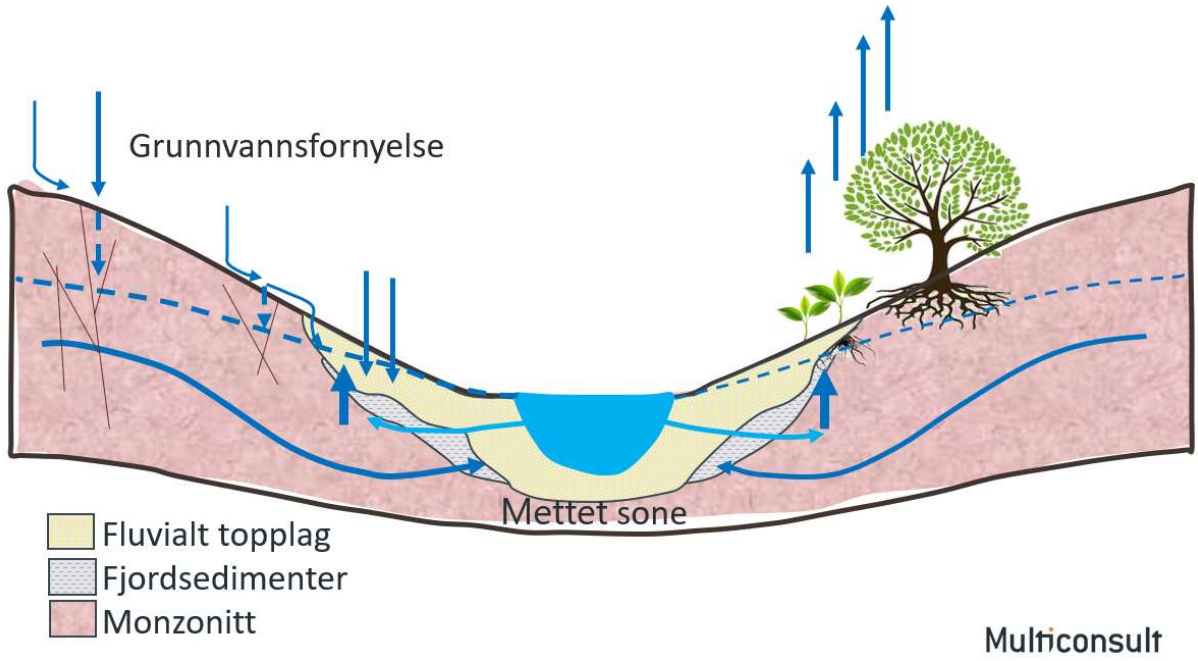
Det er utført en rekke grunnundersøkelser i Lærdal og områder oppstrøms som omfatter geotekniske, geofysiske og hydrogeologiske grunnundersøkelser. Detaljert beskrivelse av tidligere utførte grunnundersøkelser er oppsummert i Vedlegg B.

Lærdal ligger på en omtrent 10 meter tykk fluvial avsetning, som består av grusige, sandige og siltige masser. Basert på tidligere fagrapporter og tilgjengelig data innen geologi og hydrogeologi, er det gjort en tolkning av geologien med de hydrogeologiske egenskapene til massene. Denne tolkningen har resultert i et skisseforslag til et geologisk prinsippsnitt med tilhørende hydrogeologiske egenskaper som følger og som illustrert i Figur 2-3:

- Løsmasser i dybder 0-20 meter under terreng: fluvialt topplag av elv- og bekkeavsetning (sand, grus og stein). Høy vannføringskapasitet i massene.
    - Det ble prinsipielt boret ut fluviale sedimenter i alle boringer (32 boringer) med vekslende grusige, sandige og siltige andeler. Boredybdene varierte mellom 12 til 15 m, i enkelte tilfeller inntil 20 m. Bare i ett punkt (borehull B05) ble det støtt på berg i 5,8 m dybde (2,5 m under NN2000).
- Løsmasser i dybder 6-9 m under terreng: Tilstedeværelse av finkornede fjordsedimenter i enkelte områder (silt og sand). Lav vannføringskapasitet i massene.
    - I tillegg til grunnboringer ved geotekniske undersøkelser, ble det også gjennomført geofysiske undersøkelser med georadar i 22 profiler. Resultatene fra boringen bekrefter at det ikke ble påtruffet homogene silt- eller leiresjikt i det undersøkte området. Evalueringen av georadarprofilene tyder på en prinsipiell differensiering mellom en øvre, grovkornet/inhomogen enhet, og en nedre, finkornet/homogen enhet, med en grense mellom disse to på en dybde mellom 4 m og 20 m. Denne differensieringen mellom like enheter med hensyn til kornstørrelse kan imidlertid ikke verifiseres prinsipielt ved boringene.
- Berggrunn av monzonitt - sprekkeporøsitet - heterogen vannføringskapasitet.

De fluviale sedimentene i Lærdal danner den undersøkte akviferen, som er et underjordisk lag med stein, sand eller grus som holder vann. Det går dessuten fram at det spesielt på nordlige dalside finnes større områder med skredmateriale i fjellsidene. Disse fungerer som lokale tilkoplede grunnvannsforekomster og mater grunnvann inn hovedakviferen.

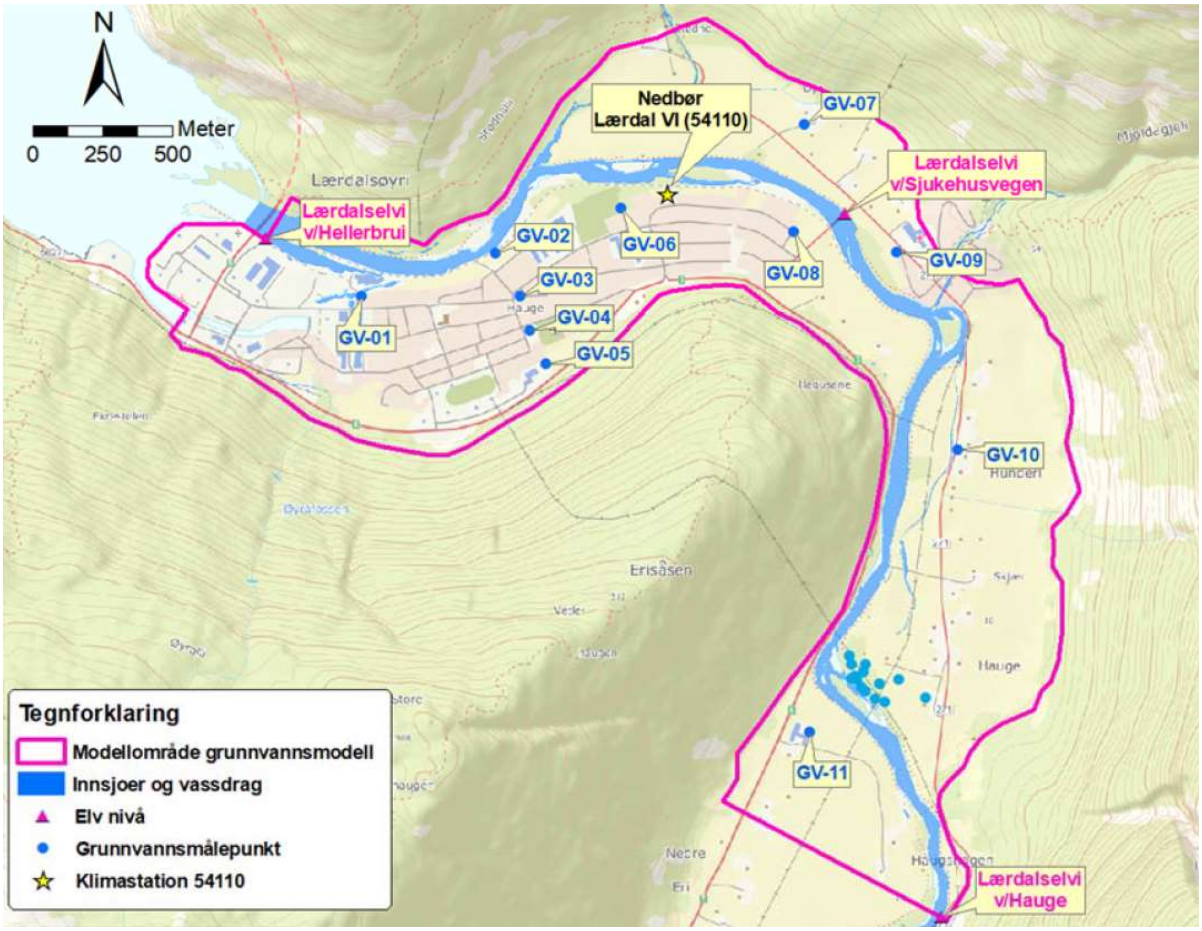
Grunnvannsnivåer i Lærdal sentrum er kartlagt til å ligge mellom 1,0 og 2,85 m under terreng.



Figur 2-3: Prinsippskisse av et geologisk prinsippsnitt av de geologiske og hydrogeologiske forholdene i Lærdal. Tolkning er basert på eksisterende grunnlagsdata.

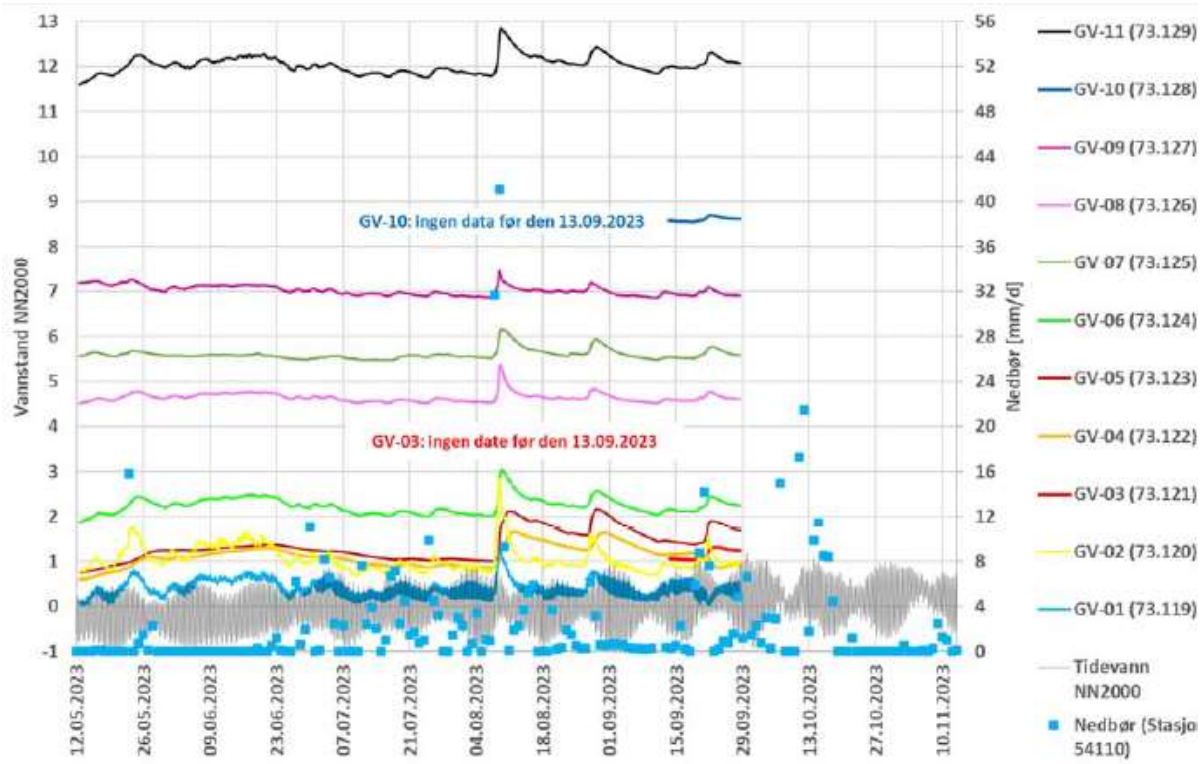
Variasjoner i grunnvannsnivå er overvåket gjennom elleve grunnvannsloggere (GV-01 til GV-11). For å se korrelasjonen med vannstanden i elven, er det etablert tre vannstandsloggere i Lærdalselva (ved Hellerbrui, Sjukehusvegen og Hauge). Nedbørsdata er innhentet fra nedbørsmålestasjon Lærdal VI

(54110). Plassering av de ulike målepunktene vises i Figur 2-4. Resultater fra målingene i perioden 12. mai til 30. september 2023 vises i Figur 2-5.



Figur 2-4: Kart med målepunkter for grunnvann og vannivå i elv. Alle loggere er plassert innen modellområdet til grunnvannsmodellen (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).

I Figur 2-5 ble dagsaktuell døgnnedbør hentet fra Norsk Klimaservicesenter sin nettside for værstasjonen Lærdal VI (54110). Tidevannshøydene ble hentet fra Kartverkets sitt nettsted. Måleverdiene tilsvarer stort sett målt vannstand ved utløpet av Lærdalselva ved Hellerbrui.



Figur 2-5: Tidsserier for grunnvannstand, tidevann og nedbør i perioden 12.05.2023 til 10.11.2023 (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).



Figur 2-6: Tidsserier for vannstand i elven og nedbør (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).

Det viser seg at høy vannstand ved målestasjonen i elven stort sett tilsvarer høy tidevannstand, og at lav vannstand ved målestasjonen holder seg stort sett flere desimeter over lav tidevannstand, dvs. at lav vannstand ved målepunktet Hellerbrui er mindre bestemt av tidevannet enn høy vannstand.

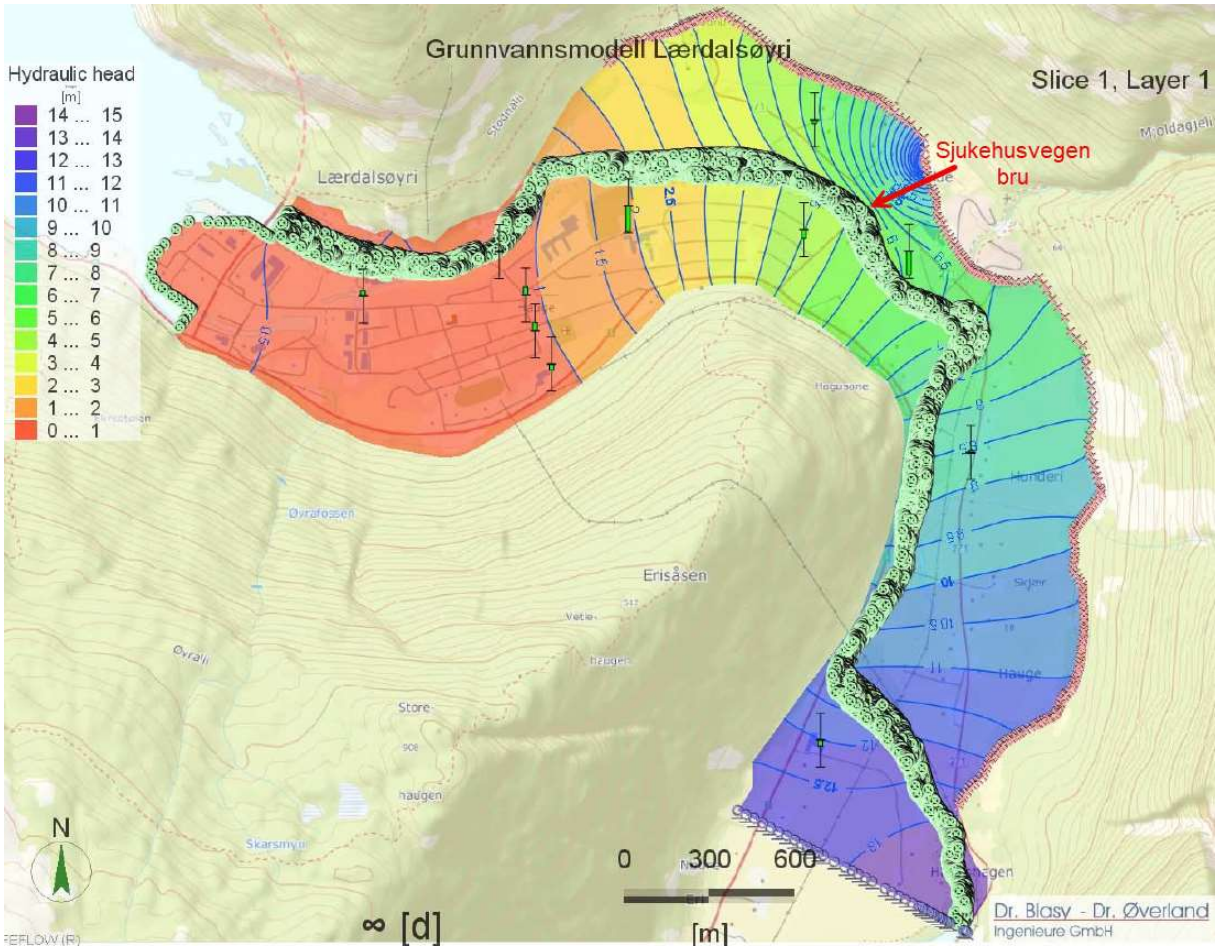
Imidlertid viser det seg at flomtoppene, f.eks. på den 08.08.2023, medfører økning av vannstanden i elven ved lavvann.

Den største nedbørhendelsen i observasjonstidsrommet hittil fant sted den 8. og 9. august 2023 med 73 mm i løpet av 48 timer. Denne nedbøren medførte de høyeste vannstandene i Lærdalselva i observasjonstidsrommet, og som følge av dette den største økningen i grunnvannstand ved målepunktene GV-01 til GV-11.

Grunnvannsovervåking som vist i Figur 2-5 viser at det ble registrert høyest grunnvannsnivå den 8. august 2023 under flommen Hans (kraftig nedbør og økning i elvens vannstand). Logging av grunnvannsnivå viser generelt en god korrelasjon mellom grunnvann, nedbør, tidevann og vannstand i elven. I løpet av den 6-måneders perioden med overvåking av grunnvannsvariasjoner, varierte grunnvannsnivået i sentrum (venstre bredd - GV-01,-02,-04,-05,-06,-08) mellom 1 m og 1,85 m. På høyre bredd (GV-07 og GV-09), varierer grunnvannstanden med 0,6 m.

I 2024 ble det ferdigstilt en grunnvannsmodell for et definert område av Dr. Blasy og Dr. Øverland (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024), som vist i Figur 2-7. Modellen er basert på utførte undersøkelser, samt en rekke forutsetninger og usikkerheter som er beskrevet i kapittel 8.5.3 i rapporten til Dr. Blasy og Dr. Øverland (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).

Grunnvannsmodellen vist i Figur 2-7 representerer stasjonær modellkalibrering per 5. august 2023, på et tidspunkt da det maksimale grunnvannsnivå ble målt i felt som følge av flommen Hans. Modellen ble deretter modellert transient, som betyr at den tar hensyn til endringer over tid, i tidsrommet etter flommen Hans. Modellen gir dermed informasjon om grunnvannssirkulasjonen i studieområdet ved en flombølge. Fra modellen kan det tolkes at under det kraftige regnværet (Flommen Hans), var grunnvannet hydraulisk koblet til Lærdalselva. Fra Sjukehusvegen bro strømmer grunnvannet fra øst mot vest med en hydraulisk gradient på mellom 0,4 % øst for Lærdal og 0,05 % vest for Lærdal sentrum. Ifølge grunnvannsmodellen, som vist i Figur 2-7, er grunnvannsnivået oppstrøms sentrum lengst øst ca. 5 m dypt. Vest for sentrum, ved utløpet av Lærdalselva, er grunnvannsnivået ca. 0,5 m dypt (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).



Figur 2-7: Modellresultat isolinjer grunnvannspotensial for stasjonær tilstand 05.08.2023 (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).

Fra tilgjengelig bakgrunnsdata vurderes det at grunnvannsnivået og akviferen i Lærdal-området kan variere avhengig av ulike vannkilder som regn, tidevann eller flom i elven. Disse vannkildene avhenger av flere faktorer som:

- **Romlig plassering**: nærhet til fjordene (f.eks. GV-01), nærhet til elven (f.eks. GV-02,06), eller beliggenhet nedstrøms et stort nedbørfelt som er sterkt påvirket av regn (f.eks. GV-05, GV-04).
- **Geologi**: lokale variasjoner i jordens permeabilitet.
- **Årstider**: grunnvannsreservoarer, evapotranspirasjon (der vann forsvinner fra bakken og plantene til luften).

Vi står overfor et svært komplekst hydrogeologisk system som krever overvåking over flere år for bedre å forstå de ulike vannkildene til akviferen, med hensyn til romlige, tidsmessige og geologiske faktorer.

2.3 Landskapsbilde

Dalføret særmerker kommunen, der landskap, natur og kulturpåvirkning går over i hverandre. Lærdalen er et trangt dalføre, der Lærdalselva renner mektig gjennom dalbunnen omkranset av bratte fjellsider. Lærdalsøyri utgjør det flate elvedeltaet i et større landskapsrom, der Lærdalselva renner ut i Lærdalsfjorden, en arm av Sognefjorden. Elven er et sentralt element i landskapsbildet og for historien til landskapet. Fjellsidene langs dalen er bratte, og urer, rasvifter og store flyttblokker

ligger langs fjellfoten oppover hele dalen. Løvskog dominerer vegetasjonsbildet, som kler dalsiden eller ligger som en mosaikk innimellom fjellvegger og rasurer. I nedre del av dalføret er landskapet en sammenstilling av bratte, dramatiske fjellsider, kulturpåvirkede lisoner (områder med like naturlige forhold) med markerte terrasser og et jordbrukslandskap nede i dalbunnen som er registrert som utvalgt kulturlandskap «Lærdal» (ID: KU00000037). Kulturlandskapet er preget av ferdselshistorie og jordbruksdrift som strekker seg fra yngre steinalder og bronsealdere til nåtid, og har et intensivt (men allsidige) landbruk (Miljødirektoratet, 2024; Landbruksdirektoratet, 2024).

Arealmessig er det meste av Lærdalsøyri lagt ut som byggeområder, mest til bosted, men også en del til friområder. Lærdalsøyri defineres av fjellene, elven, og Lærdalsfjorden, med veinettet som linjeinngrep. Mye av arealet rundt tettbebyggelsen består av landbruk.

Tettstedet er avskilt fra Lærdalselva av en flomvoll. En gangvei er etablert på flomvollen, som skaper et grønt drag langs elven og brukes ofte av befolkningen. Fra flomvollen har man utsikt over Lærdalsøyri og Lærdalselva.



Figur 2-8: Tettstedet i Lærdalsøyri og Lærdalselva når sett fra dagens flomvoll.

2.4 Kritiske objekt ved flom

Under en flomsituasjon vil enkelte skadetyper være mer kritiske enn andre, både med tanke på kostnader og samfunnsfunksjon. Eksempler på dette er viktig infrastruktur (veier, bruer, vann- og strømforsyning) og bygninger som er sentrale under en krisesituasjon (sykehus, nødetater og kommunal administrasjon). I tillegg kan flompåvirkning på bygninger som er benyttet av særlig sårbare grupper (skole, barnehage og bo- og omsorgshjem) og bygninger med fare for stor forurensning (industriområder og miljøstasjon) være kritisk.

Basert på kriteriene over har Lærdal kommune identifisert en rekke bygninger og infrastruktur til å ligge i flomsikkerhetsklasse F3. Figur 2-9 og Figur 2-10 under viser de kritiske objektene som er berørt ved 1000-årsflom inkludert klimapåslag for henholdsvis nedre og øvre del av prosjektområdet. Videre gis en oversikt over kritiske objekt i vassdraget:

Broer

Øye bro (Sykehusbrua, bronummer 834) er underdimensjonert for større flommer og vil i disse tilfellene måtte stenges. Det finnes omkjøringsmuligheter via Voll bro (bronummer 1882) som ligger ca. 7 km oppstrøms.

Veier

Både Rv. 5 Lærdalsvegen og Fv. 271 Sjukehusvegen som går på hver sin side av Lærdalselva vil berøres av flom og gjøre deler av strekningen ufremkommelig med bil. For Rv 5 finnes det omkjøring via E16 igjennom Lærdalstunnelen og videre Fv 5627 over Aurlandsfjellet.

Kommando og kommunikasjonsfunksjoner

Kommuneadministrasjonen i Lærdal er plassert i sentrum av Lærdalsøyri ca. på kote 1,8 moh. og er utsatt ved flom.

Vannforsyning

Dagens vannforsyning ligger i god margin over flomkoten i Lærdalselva i sidevassdraget Ofta og vil ikke berøres av flom i hovedvassdraget. Nytt drikkevannsanlegg ligger imidlertid på flomsletten ved Hauge, ca. 1 km oppstrøms Oftas samløp med Lærdalselva. Vannbehandlingsanlegget ligger flomutsatt for 200-årsflom og over (gjentaksintervall mellom 20- og 200-år er ikke modellert), mens grunnvannsanlegget er allerede flomutsatt ved en middelflom.

Bygninger benyttet av særlig sårbare grupper

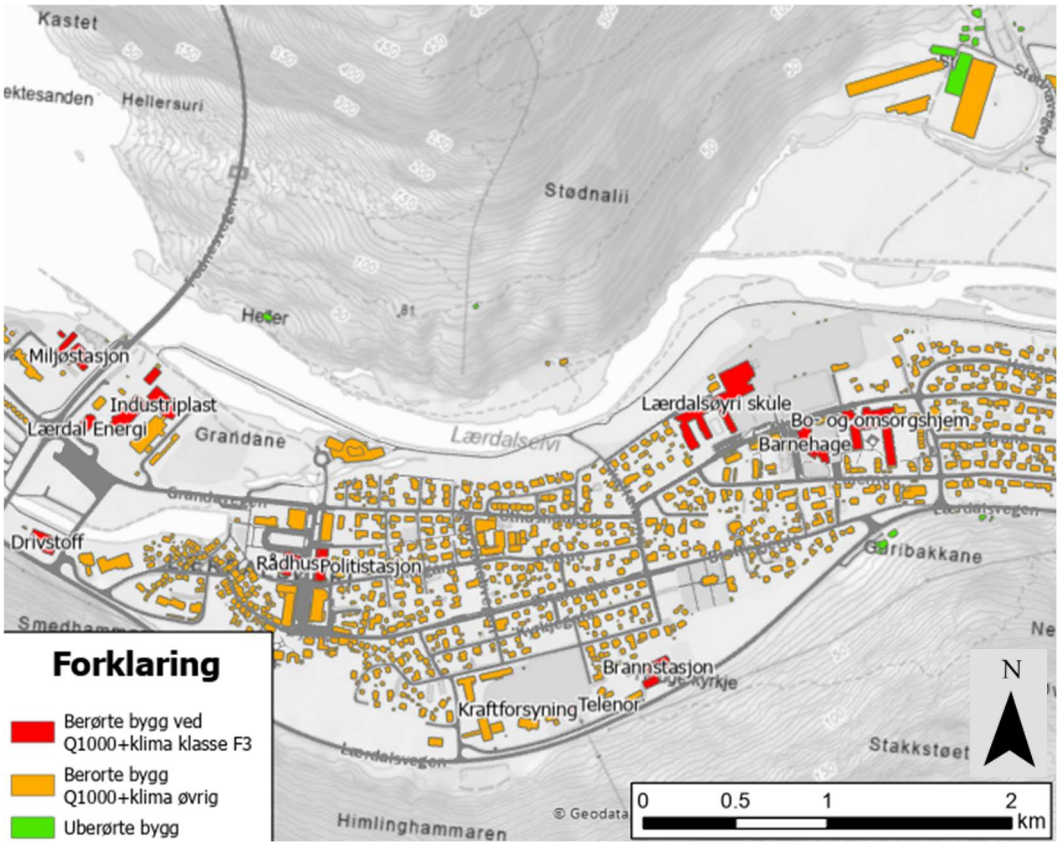
Bygninger benyttet av særlig sårbare grupper inkluderer Lærdalsøyri skole, barnehage og bo- og omsorgshjem. Disse er alle utsatt ved dagens 200- og 1000-årsflom.

Bygninger med fare for stor forurensning

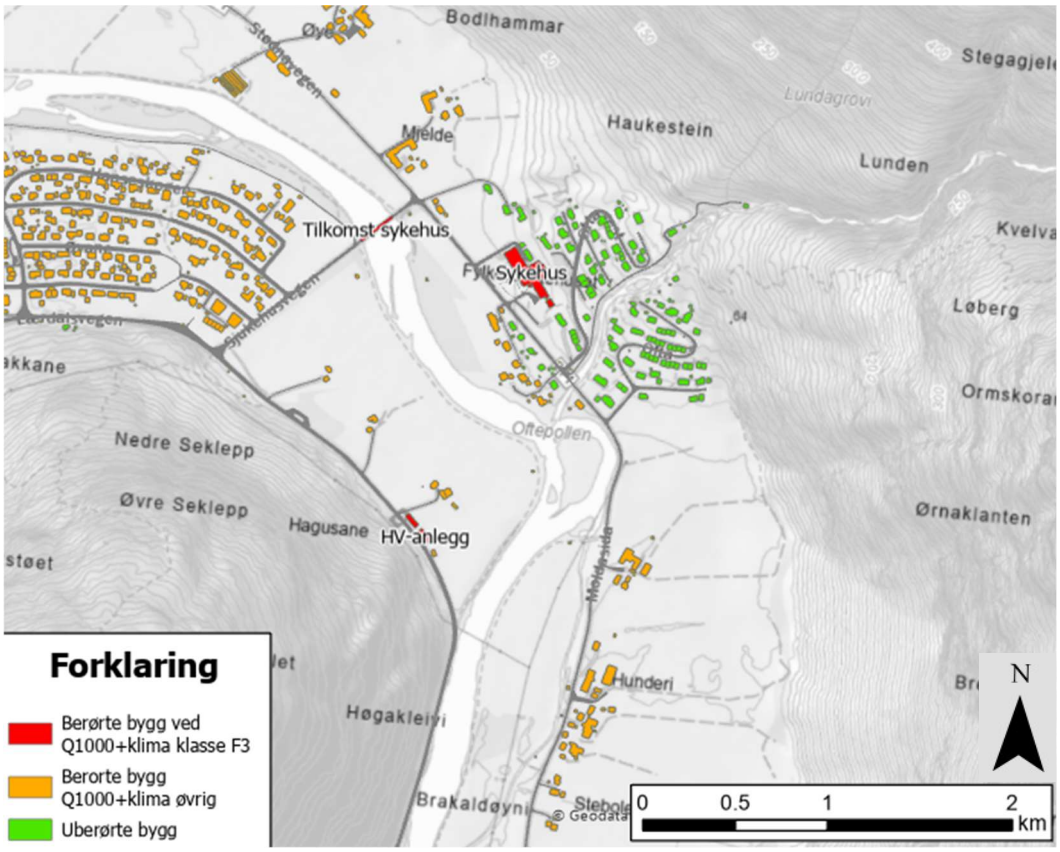
I nedstrøms ende av Lærdalsøyri ligger det tre tomter/bygninger som er knyttet til fare for stor forurensning dersom de oversvømmes. Det er Industriplast AS, bensinstasjon Esso og Lærdal Miljøstasjon.

Erosjonsutsatte bostedsområder

Erosjon og fare for utrasing oppstår gjerne der man har høye vannhastigheter. Mange av de flomutsatte områdene i Lærdalsøyri ligger i flate områder godt tilbaketrukket fra vassdraget. I disse områdene er det lav erosjonsfare da vannhastighetene er beskjedne. Det er enkelte jordbruksområder som er erosjonsutsatte som følge av at de ligger nær elven, men det er ikke kjennskap til boliger som er utsatt for erosjon under flomhendelser i Lærdalsøyri.



Figur 2-9: Kritiske objekt (sikkerhetsklasse F3) berørt ved 1000-årsflom inkl. klimapåslag i Lærdalsøyri (nedstrøms del).



Figur 2-10: Kritiske objekt (sikkerhetsklasse F3) berørt ved 1000-årsflom inkl. klimapåslag i Lærdalsøyri (oppstrøms del).

2.5 Tidligere flommer

Lærdalsvassdraget har opplevd en rekke større og mindre flommer, og historiske kilder nevner flommer tilbake til 1647 (Roald, 2013). Ved Lo bro er vannføringen målt fra 1916, men dataene etter 1972 er sterkt påvirket av reguleringen. Årets største flom opptrer som oftest i juni og juli som snøsmelteflom, eventuelt i kombinasjon med nedbør. Unntaket fra dette var i august 2023 da uværet «Hans» førte til flom i vassdraget kun som følge av nedbør.

Observerte flommer ved Lo bro før reguleringen i 1972 er oppsummert i Tabell 2-1 under.

Tabell 2-1: Observerte flommer ved vannmerket Lo bro før reguleringen i 1972.

År	Dato	Vannføring [m³/s]	Rangering
1920	21. juni	316	1
1924	22. juni	306	2
1939	20. juni	254	3
1923	12. juli	254	4
1945	26. mai	239	5
1927	29. juni	227	6

I slutten av mai 1971 førte et væromslag med sterk varme til intens snøsmelting i nedbørfeltet til Lærdalsvassdraget. Hovedelven og en del sideelver flommet sterkt opp og medførte oversvømmelse over dyrket mark og beiter, skader på bebyggelse, veger, reve- og minkgårder med mer. Datidens flomsikringstiltak reddet betydelige verdier under flommen, men de fleste forbygningene var for lave til å hindre oversvømmelse. Etter denne flommen ble de gamle flomverkene forhøyet og utvidet, og steinlaget på elveskråningen ble utbedret og fornyet (Andersen, 1996).

De største kjente flommene i Lærdalselva har inntruffet i 1826 og 1860 (NVE, 2015).

Under flommen i 2014 var det i hovedsak sidevassdragene til Lærdalselva som førte til skade på infrastruktur og bebyggelse, og det samme var tilfellet i august 2023.

2.5.1 Begynnende skadeflom

Den målestasjonen for vannføring som ligger nærmest Lærdalsøyri er 73.2 Stuvane, med et feltareal på 994 km². Her er det registrert vannføring hver time siden 1987. De tre største flommene (kulminasjonsverdier) i denne perioden var:

2011 – 435 m³/s[1]

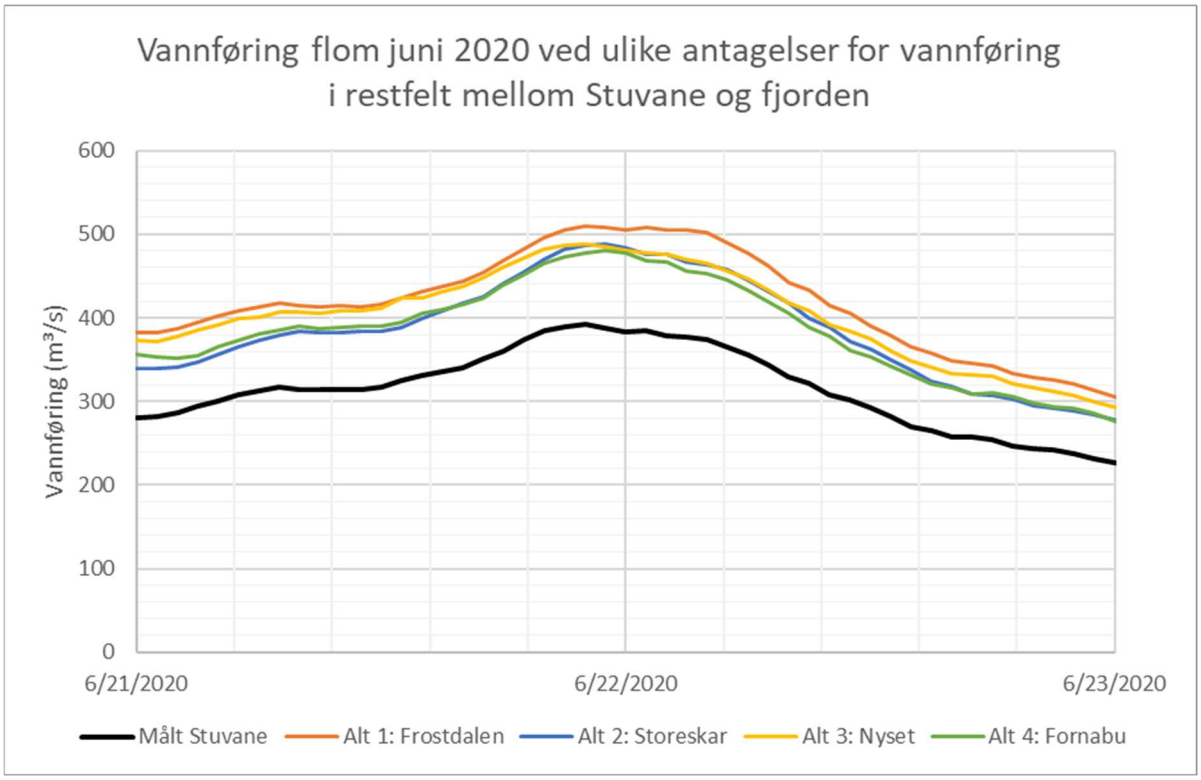
2020 – 393 m³/s

2004 – 381 m³/s

Det er kun i 2011 hvor det ble registrert større flomskader i Lærdalsøyri. NVEs flomberegninger fra 2013 anslår at flommen i lokalfeltet mellom Stuvane og utløpet i fjorden var svært stor, og flomvannføring i Lærdalsøyri vil kunne ha vært et sted mellom 600 og 700 m³/s. For flommen i 2020 kan vi anslå en kulminasjonsvannføring ved utløpet i fjorden på ca. 500 m³/s om vi skalerer vannføring i restfeltet basert på observert spesifikk avrenning ved nærliggende sammenlignbare

[1] I flomberegningen fra 2013 er denne verdien oppgitt til 516 m³/s. Vannføringskurven ble revidert i 2014, noe som resulterte i noe lavere flomverdier.

målestasjoner (Frostdalen, Storeskar, Nyset eller Fornabu). Basert på dette, legger vi til grunn at vannføringen vassdraget kan tåle uten flomskader er omtrent 500 m³/s.



Figur 2-11: Estimert vannføring ved Lærdalsøyri (fargede linjer) ved flommen i 2020.

3 Eksisterende situasjon i Lærdalselva

3.1 Brukerinteresser i vassdrag

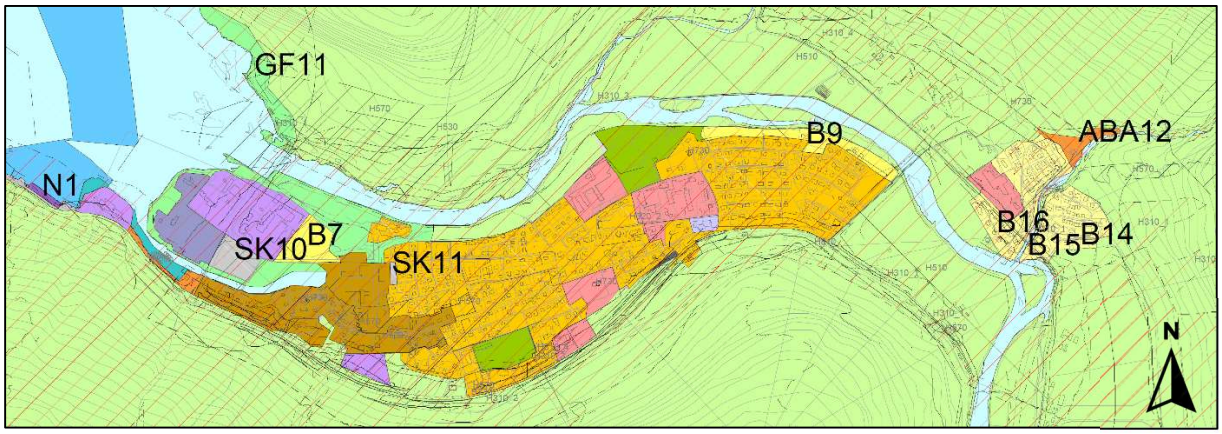
3.1.1 Arealplaner

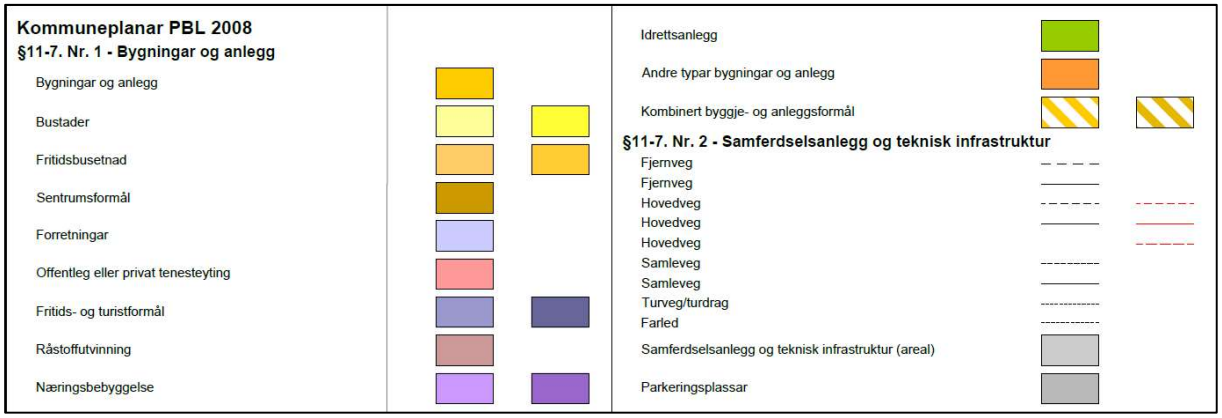
Tiltak i elven er fra kommunes side søknadspliktige, og reguleres av en forvaltningsplan som kommunen bruker i sin saksbehandling av tiltak i elven. Når det gjelder rene arealplaner finnes en gjeldende kommuneplanens arealdel (KPA, arealplanen for hele kommunen) fra 1995 og en rekke mer detaljerte reguleringsplaner (etter plan- og bygningsloven).

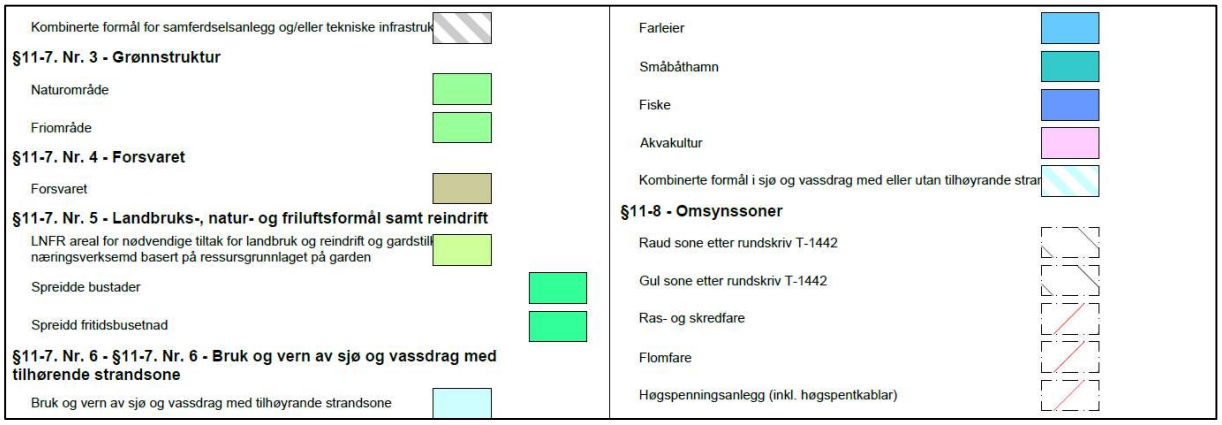
KPA fra 1995 er utdatert, og kommunen vedtok ny kommuneplanens arealdel i 2023, som fikk innsigelse fra Statsforvalteren og NVE.

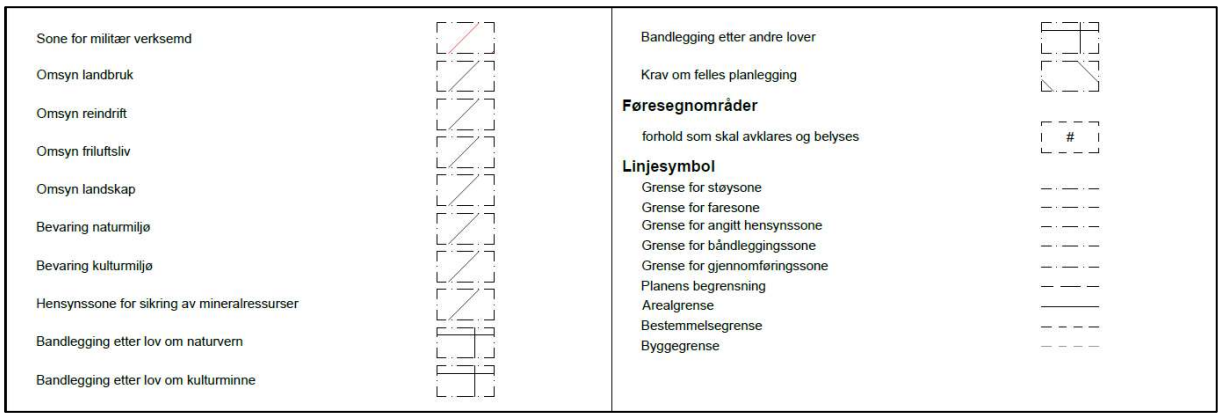
Den nye planen er utarbeidet for nesten hele kommunen, men hadde innsigelser fra overkommunale planmyndigheter knyttet til seg (samt at saken har blitt tildelt settestatsforvalter Rogaland fylke, da Statsforvalter Vestland var inhabil) og var til behandling for endelig avgjørelse i Kommunal- og distriktsdepartementet før den jamfør kommunen ble godkjent i 2023.

Per i dag skal innsigelsespunktene fra innsigelsesmyndighetene være løst, blant annet fra overordnede planmyndigheter med hensyn til krav om økt fokus på flomvernproblematikk.









Figur 3-1: Utsnitt fra KPA, med tilhørende tegnforklaring til de forskjellige planlagte arealformålene.

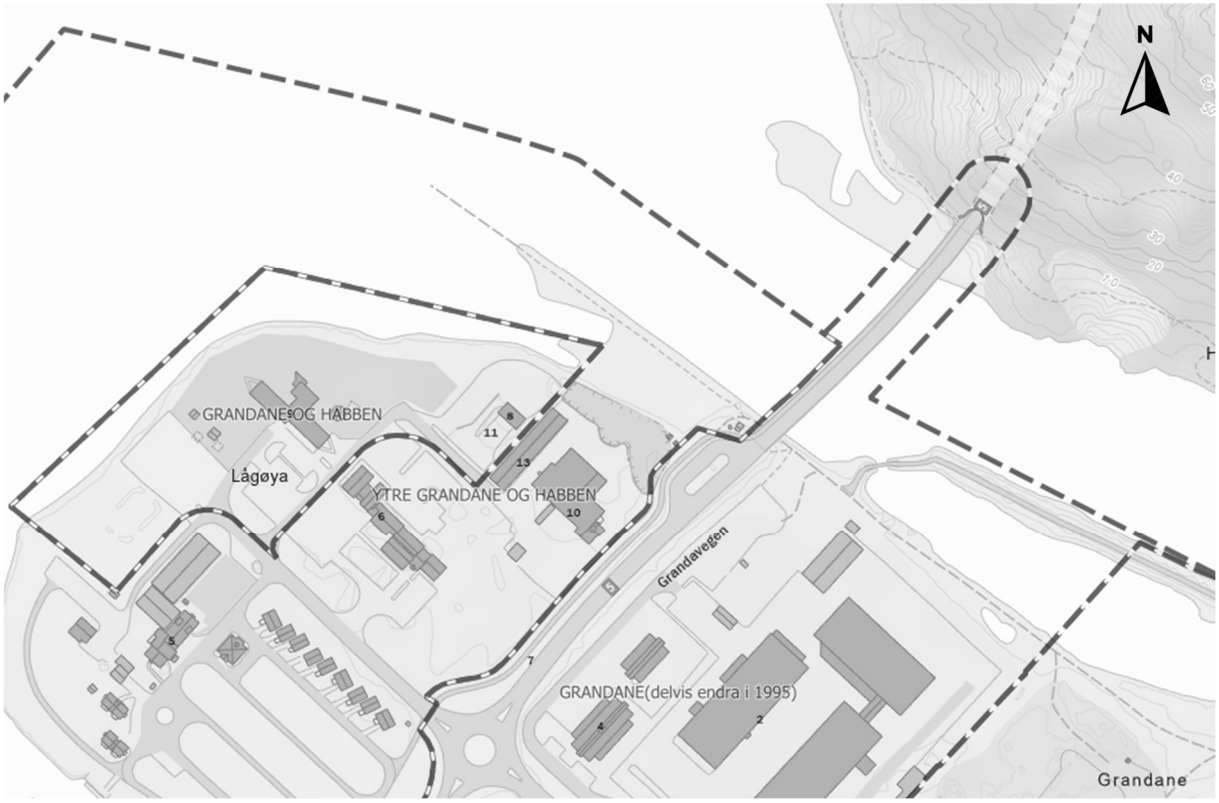
I arbeidet med ny KPA hadde NVE innsigelser til foreslått arealbruk. Disse er nå løst, og KPA slik forslaget fremstår i dag kan dermed anses som (ikke vedtatt, men likevel) arealplanmessig avklart når det gjelder forhold til flom på stedet.

Når det gjelder reguleringsplangrunnlaget, går få av disse ut i elven, men legger seg ut til elvebredden. Unntaket er en del av sentrums reguleringsgrunnlaget. Der de tre (eldre) planene som dekker sentrum går utenfor elvebredden like øst og noe lenger vest av broen Rv. 5 Fodnesvegen, finnes et område som ser ut til å være regulert til en tidligere form for hensynssone i vann. Dette ser ut til å gjelde de følgende tre eldre reguleringsplanene, fra øst mot vest:

- *Grandane (delvis endret i 1995)*

- *Ytre Grandane og Habben*

- *Grandane og Habben*



Figur 3-2: Utsnitt grenser reguleringsplaner som strekker seg ut i elven, i vestre ende av tettstedet Lærdalsøyri (Norkart AS, 2024).

For å ta rede på de eksakte bestemmelsene i de tre eldre planene som gjelder for området ut i elven, bør dette tas opp med lokal planmyndighet, nærmere bestemt den rette enhet for dette i kommunen.

3.1.2 Terrestrisk miljø

Naturtyper

Lærdalsvassdraget har et stort naturmangfold, også knyttet til terrestriske miljø. Til tross for eksisterende flomsikring og regulering (se figur 3-9 og figur 3-12) er det flere lokaliteter med åpen flomfastmark og flomskogsmark langs elven. Norconsult kartla naturtyper langs elven på oppdrag fra NVE i 2023, og det ble da registrert 53 lokaliteter med flomskogsmark og åpen flomfastmark langs strekningen fra Voll bro til utløpet (Norconsult AS, 2023a).

Åpen flomfastmark er rødlistet som nær truet på rødlista for naturtyper (Artsdatabanken, 2024) og er ikke-tresatt flommark. Naturtypen forutsetter sterk eksponering for vannforstyrrelse med veksling mellom erosjon og sedimentasjon, noe som blant annet fører til at vedvekster ikke klarer å etablere seg eller opprettholde stabile bestander (Miljødirektoratet, 2024a). Flomskogsmark er vurdert som sårbar på rødlista for naturtyper og består av tresatte områder som er sterkt påvirket av flomvann, som bidrar med sedimentering og erosjon. Vanlige treslag er vierarter i de mest flomutsatte lokalitetene og gråor på mindre eksponerte områder (Miljødirektoratet, 2024a).

Disse naturtypene er rødlistede blant annet på grunn av regulering av vassdrag. De kan påvirkes negativt om flomdynamikken endres i så stor grad at f. eks åpen flomfastmark gror igjen på grunn av mindre flomforstyrrelse. Lokalitetene i Lærdalselva er i stor grad preget av sikrings- og reguleringstiltak i elven (Norconsult AS, 2023a). Dette har ført til redusert flompåvirkningen slik at erosjons- og sedimentasjonsprosessene ikke lenger påvirker elven i like stor grad og har ført til gjengroing av elveører. Rydding av elveørene med maskinell klipping i forbindelse med laksefiske er også med og påvirker kantsonene langs elven slik at flomskogsmark ikke får utviklet seg (Norconsult AS, 2023a). Det har pågått et arbeid med gjenåpning av elvekiler flere steder, i hovedsak for å bedre oppvekstområde for fiskeyngel.

Andre naturtyper med forvaltningsinteresse langs elven er kulturbetingete naturtyper som hagemark og naturbeitemark (semi-naturlig eng). Samt eng-aktig sterkt endret fastmark.

Arter

De vanligste rødlisteartene langs elven er klåved (NT) og brun punktlav (VU), og disse artene er registrert jevnlig langs hele den kartlagte elvestrekningen. Klåved er en pionérart på elveørene, og er avhengig av flomdynamikken for etablering. Lærdalsvassdraget er et viktig område for brun punktlav. Arten er knyttet til lysåpent berg, soleksponerte steinblokker og berg, og i Lærdal har de gamle elveforbygningene blitt et viktig erstatningshabitat for arten. På nordsiden av elvestrekningen er det registrert særlig mange forekomster.

En annen vassdragstilknytta art er firling (VU) som er registrert ved industriområdet Grandane på sørsiden av elven rett før utløpet i fjorden. Industriområdet ble etablert på 80-tallet og elvedeltaet ble da delvis kanalisert. I dag finnes ett sideløp med strandsump og mudderbunn som gir opphav til viktige vannplantesamfunn og pusleplanter, blant annet firling som er registrert senest i 2022.

Andre rødlistede arter som er registrert i området er labbmose, fjordknausing, ask og alm.

Funksjonsområder for fugl er ikke kartlagt i forbindelse med denne mulighetsstudien. Det er tidligere registrert flere fuglearter i tilknytting til vassdraget og deltaområdet i Artskart, og de bratte lisidene, spesielt i nord, er gode habitater for rovfugl. Elvestrekningen er kjent som trekk- og vandringskorridorer for oter, vannflaggermus, og annet vilt. Det er derfor viktig å opprettholde en sammenhengende kantvegetasjon langs elven. I en konsekvensutredning bør dette vurderes nærmere, spesielt med tanke på forstyrrelser i forbindelse med anleggsarbeid. Da bør også sensitive artsdata innhentes fra Statsforvalteren.

Ved tiltak som kan påvirke funksjonsområder for rødlistede arter bør det gjøres en vurdering for behovet av en mer detaljert artskartlegging i disse områdene.

Fremmede arter som kan skade naturmangfoldet er uønsket i området både før og etter utbyggingen. Ifølge forskrift om fremmede arter skal den som er ansvarlig for flytting av masser som kan inneholde fremmede organismer, i rimelig utstrekning undersøke om massene inneholder slike organismer som kan utgjøre en risiko for det biologiske mangfoldet ved spredning. Egnede tiltak må iverksettes for å forhindre denne risikoen. Det er derfor behov for å kartlegge fremmede arter i

anleggsområdet. En slik kartlegging bør gjennomføres i løpet av den siste feltsesongen før anleggsstart, i perioden 15. mai til 31. september. Om det registreres fremmede arter, må det utarbeides en massehåndteringsplan for masser som inneholder disse artene før anleggsarbeidene begynner.

Usikkerhet knyttet til vurdering av konsekvens

Elver er dynamiske systemer, og det er utfordrende å vite med sikkerhet hvordan de ulike tiltakene vil påvirke terrestriske natur. Endrede flomforhold kan påvirke både sedimentering og erosjon i elveløpet og i deltaet. Det kan redusere flommens påvirkning og føre til gjengroing av naturtyper som følge av reduksjon av flomsone, mindre fjerning av materiale i elveløpet, og endret sedimentering og erosjon. Mikrohabitater som skapes etter flomsituasjoner, for eksempel på trestokker som flyttes i elveløpet ved flommer, kan reduseres.

Vurdering av konsekvenser kompliseres ytterligere av klimaendringer som også vil føre til endringer i flomsituasjonen i elven ved større flommer med økt vannhastighet, noe som potensielt kan vaske med seg mer av naturtypene som ligger i elven enn vi har sett i dagens system.

3.1.3 Akvatisk miljø

Anadrom fisk

Lærdalselva er et nasjonalt laksevassdrag og er naturlig lakse- og sjøørretførende til Sjurhaugfoss 24 km 239 moh. Fire laksetrapper, Sjurhaug-, Husum-, Kolgryte- og Svartegjelfoss, har forlenget den anadrome strekningen 16 km til Heggfoss (432 moh.). Noe over en tredjedel av vassdragets tilsig er regulert, primært gjennom kraftstasjonene Borgund og Stuvane, hvor Stuvane generelt produserer elektrisitet på avløpsvannet fra Borgund.

Opprettelsen av nasjonale laksevassdrag og laksefjorder med tilhørende beskyttelsesregime (St. prp. nr. 32) har som mål at laksebestandene i disse elvene og fjordene skal ha særlig beskyttelse mot negative effekter fra andre samfunnsinteresser. Dette er et helhetlig forvaltningsgrep med formål om å gi de viktigste laksestammene en særskilt beskyttelse på gyte- og oppvekstområder i vassdragene og i vandringsområdene i fjorden. Nasjonale laksevassdrag skal prioriteres i det generelle arbeidet med å styrke villaksen, der restaurering av leveområder, revisjon av konsesjonsvilkår og kompensasjonstiltak i regulerte vassdrag er viktige tiltak.

Lærdalselva er den desidert største lakseelva i Sognefjorden, men den viktige nasjonale laksebestanden er imidlertid i dårlig forfatning. I henhold til kvalitetsnormen for villaks er elven kategorisert som svært dårlig med tanke på gytebestandsmål-oppnåelse og høstbart overskudd, og som dårlig med tanke på genetisk integritet. Laksebestanden har gjennomgått, og er fremdeles utsatt for, en rekke negative påvirkninger. Borgund kraftverk ble satt i drift i 1974 og Stuvane kraftverk i 1988. I samme periode, og spesielt på 80- og 90-tallet, ble det gjennomført tallrike justeringer av habitat med endring av hydraulikk, substrat og dybde. I 1996 ble lakseparasitten Gyrodactylus salaris påvist og påfølgende behandlinger gjorde at elven kunne friskmeldes i oktober 2017. I tillegg til negative forhold i vassdraget er det også ekstra dødelighet på utvandrende smolt som følge av lakselus fra lakseoppdrett.

Fiskerbiologiske undersøkelser gjennom mange tiår har skaffet til veie utvidet kunnskap om anadrome bestander i Lærdalselva. Dette gjelder ungfisk, gytefisk og overlevelse av vinterstøing, samt habitat og abiotiske forhold. Ungfisksamfunnet er koblet til ulike hendelser i vassdraget over en periode på mer enn 50 år (Sættem, 2020; Sættem, 2024). Likeledes er årlig gytefiskbestand kartlagt i over 50 år (Sættem, 2023). For mer utfyllende referanser, se rapporten fra Norconsult (Norconsult AS, 2023b).

Usikkerhet knyttet til vurdering av konsekvens og sidevassdraget Kuvelda

Flomepisoden i sidevassdraget Kuvelda i 2014 tilførte Lærdalselva store mengder løsmasser i form av sand, grus og stein nedstrøms Voll. Substratet viser fortsatt spor fra episoden og flom tilfører Lærdalselva fremdeles løsmasser fra rasutsatte strekninger i Kuvelda. Multiconsult vurderer det derfor som viktig å vurdere flomsikringstiltak av Lærdalsøyri i sammenheng med den pågående massetilførselen fra Kuvelda i Tynjadalen til Lærdalselva nedstrøms Voll. Tilførselen av uvanlige store mengder grus- og steinmasser påvirker i dag habitatkvaliteten på den anadrome strekningen i hovedelven nedstrøms Voll. Dette skjer ved at hulrommene i vassdraget tettes igjen, og slik påvirker mengden skjul og oppvekstområder for insekter og fisk i vassdraget. Dette er særlig viktig at hensyntas siden Lærdalselva er et nasjonalt laksevassdrag med tilhørende beskyttelsesregime knyttet til forvaltning av anadrome bestander.

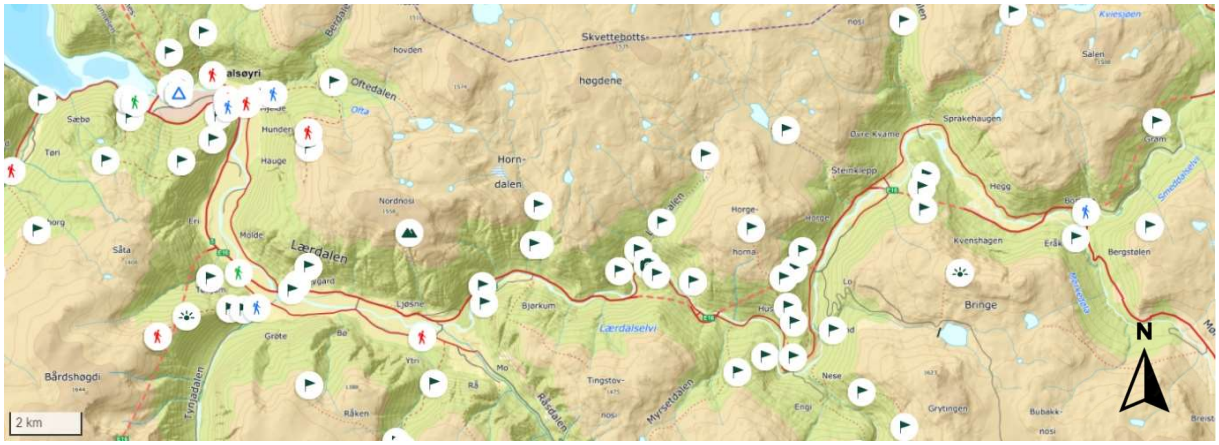
Naturtyper

Det er ikke registrert noen naturtyper i ferskvann i tilknytting til Lærdalselva i naturbase. Det er kartlagt substrat og habitater i Lærdalselva fra Heggfoss til utløpet i fjorden. Kartleggingen inneholder skjulklassifisering og elvetypeklassifisering, og viser at området fra Hunderi og til utløpet i fjorden variert med strykpartier, glattstrøm og kulper.

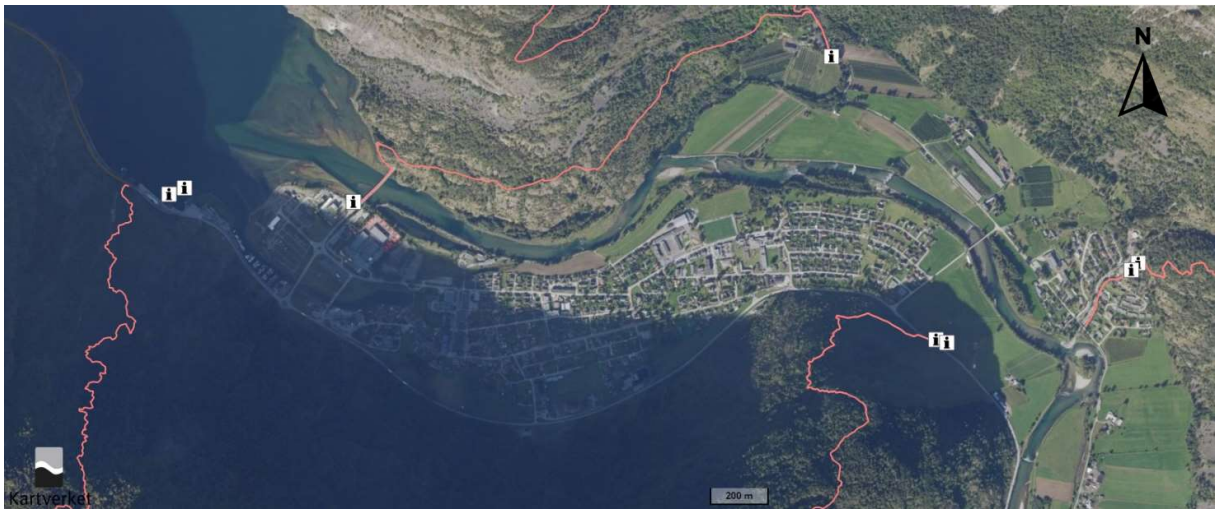
3.1.4 Friluftsliv

I Miljødirektoratets karttjenester har kommunen status som *ikke kartlagt*. Karttjenesten viser områder som er kartlagt etter metodikken i Miljødirektoratets veileder *M98-2013 Kartlegging og verdsetting av friluftslivsområder*.

Kommunens nettsider inneholder flere lenker til informasjon om turstier for både vinter og sommer. Blant de mest fremtredende rutene som profileres for turisme er Kongevegen, Borgund og Ljøsne – Lærdalsøyri.

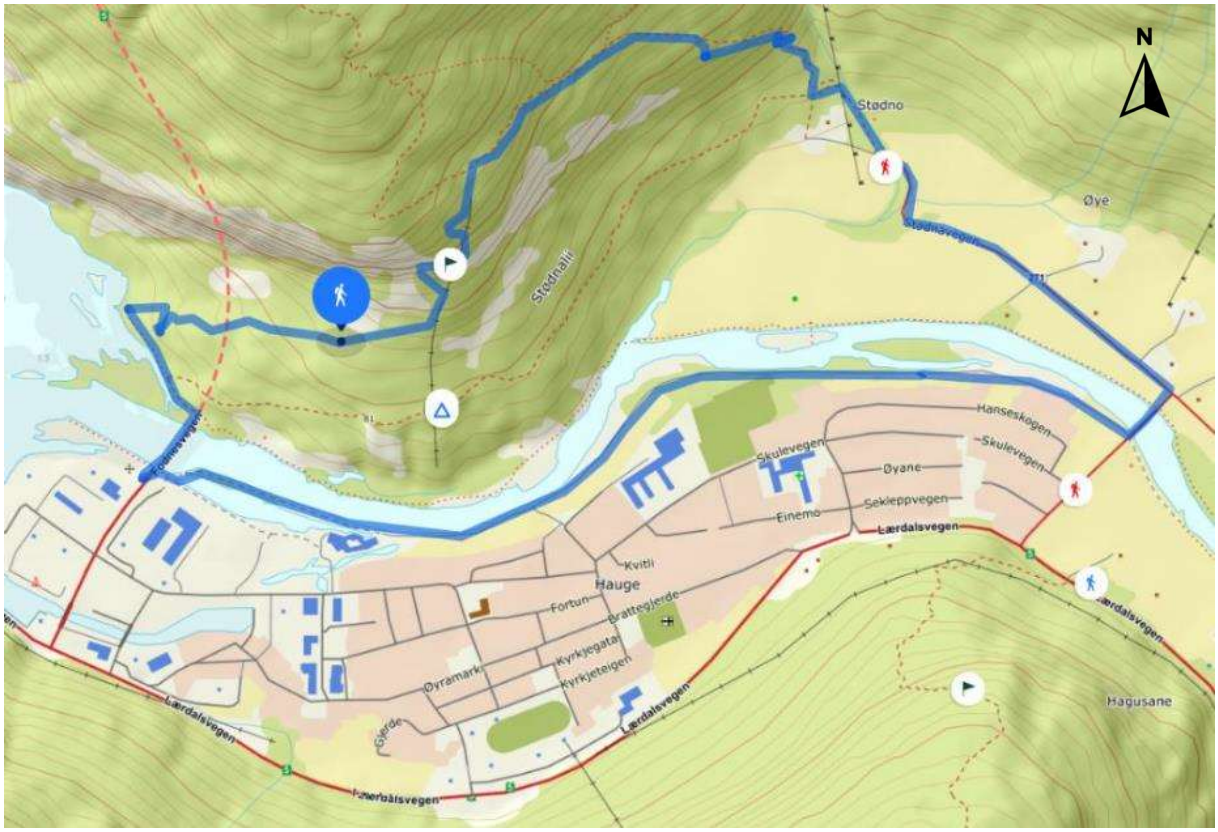


Figur 3-3: Oversikt utsnitt av turstier og turmål sommer og vinter i Lærdalen (Den Norske Turistforening, 2024).



Figur 3-4: Registrerte turstier i Lærdalsøyri sentrum (Kartverket, 2024).

I sentrum av Lærdalsøyri er turstiene som leder opp i fjellene knyttet sammen med stier i tettstedet. De fleste av disse stiene følger etablerte veier, men én av dem følger også elvens sørside, langs toppen av den eksisterende flomvollen.



Figur 3-5: Turrunden Hedlerstegen (Den Norske Turistforening, 2024)*, med ruten blant annet på toppen av eksisterende flomvoll.*

3.1.5 Jordbruk

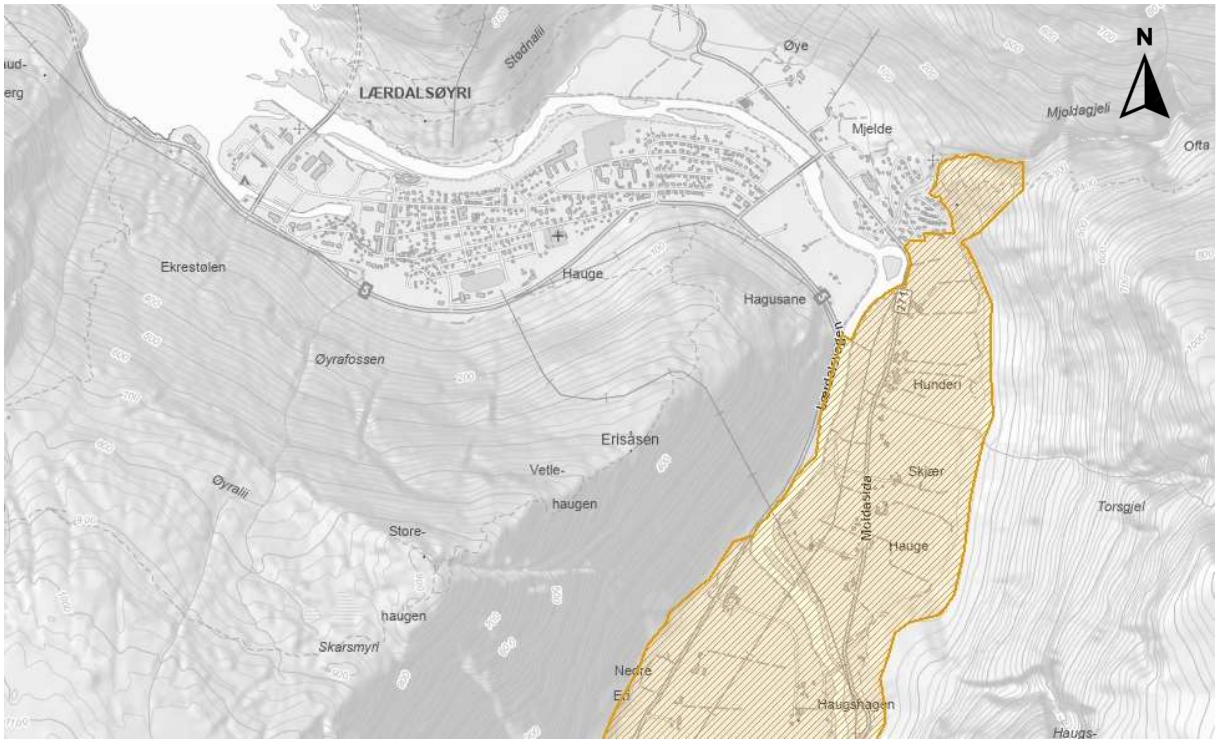
Landbruksnæringen er svært viktig for Lærdal kommune, med en sterk grøntnæring og et aktivt husdyrmiljø. Dette bidrar til å opprettholde et levende jordbrukslandskap, aktivitet i bygdene, styrking av lokalsamfunnet, og økt turisme. Som i resten av landet er utviklingstrenden i landbruket i Lærdal preget av færre, men større driftsenheter. Antallet husdyr har gått ned, mens

jordbruksarealet stort sett har holdt seg stabilt. Lærdal kommune hadde en positiv økning i jordbruksareal i drift og antall søkere fra 2015 – 2021. Arealet i produksjon økte fra 12.459 dekar i 2015 til 12.977 dekar i 2021, mens antall søkere steg fra 95 til 98 (Felles landbrukskontor ÅLA, 2023).

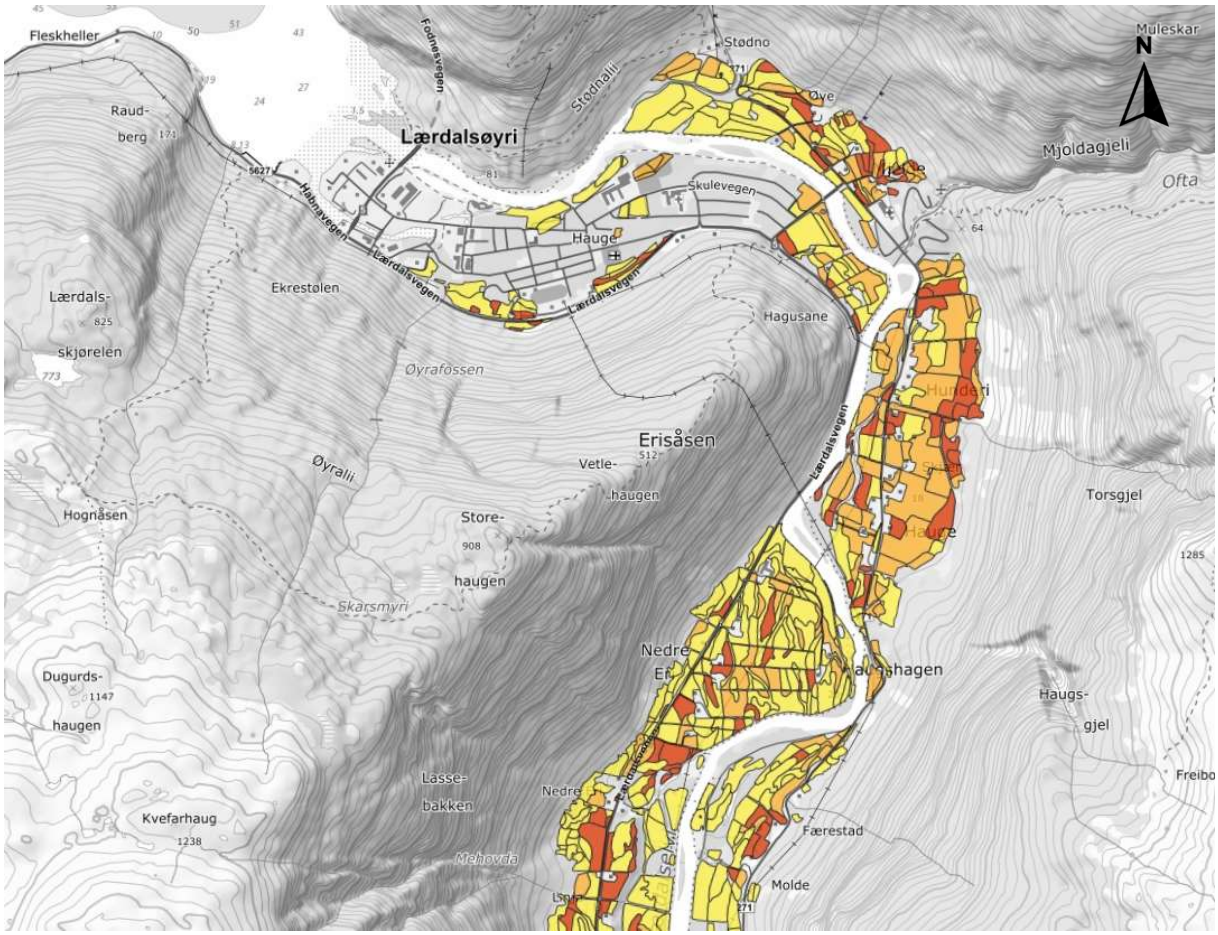
De klimatiske forholdene i dalene, spesielt i hoveddalføret, er svært gunstige for jordbruksproduksjon. Arealene oppstrøms for Lærdalsøyri er registrert som utvalgt kulturlandskap under navnet «Lærdal», som strekker seg oppover dalen til Borlaug. Det gamle mosaikkpregede jordbrukslandskapet har mindre slåttemarker og spor fra eldre jordbruksdrift, og definerer kulturlandskapstypen i kommunen. Det er både nasjonalt og lokalt viktige områder i kommunen, og kombinasjonen av gammelt og nytt jordbruk skaper en viktig opplevelsesverdi for både lokalbefolkningen og besøkende (Lærdal kommune, 2008; Lærdal kommune, 2009; Lærdal kommune, 2022).

Kommunen har gode forhold for dyrking av grønnsaker, poteter, frukt og bær, spesielt moreller. Gode klimatiske forhold og lettdrevet sandjord gir muligheter for tidlig jordbruksdrift om våren, noe som gjør at tidligproduksjon av poteter og grønsaker er av betydelig omfang. Fra Lærdalsøyri og rundt 15 km oppover dalen til Ljøsne finnes et nesten sammenhengende jordbruksområde på begge sider av elven. Husdyrmiljø inkluderer sauehold, melkeproduksjon (ku og geit) og gris (Felles landbrukskontor ÅLA, 2023).

Skogen i Lærdal representerer en viktig ressurs som hittil har vært lite utnyttet. Den mest verdifulle skogen ligger i bratt terreng uten adkomst. Kommunen har også store utmarksarealer med stort potensiale for jakt og fiske. Hjortebestanden er økende, og det finnes innslag av både elg og rådyr. Mange gårdsbruk supplerer inntekten ved å leie ut hytter og hus til turister, ofte i kombinasjon med utleie av fiskeretter i elven, eller jakt og fiske på fjellet. Lærdalselva er et nasjonalt kjent laksevassdrag, og det finnes også betydelige bestander av annen fisk i elver og fjellvann. Ulike tiltak og aktiviteter bidrar positivt til å sikre god forvaltning av fiskebestandene. På grunn av historisk lav nivåer av lakseinnsig fra havet, har Miljødirektoratet stengt laksefisket i 33 elver, inkludert Lærdalselva, fra 23. juni 2024 (Miljødirektoratet, 2024b).



Figur 3-6: Utvalgt kulturlandskap «Lærdal» (Miljødirektoratet, 2024c).



Figur 3-7: Jordkvalitet kartlagt i 1999. Gul (mindre god), oransje (god), og rød (svært god). Arealets bruk er betydelig og viktig. Det kan imidlertid være usikkerhet knyttet til dagens jordkvalitet i området (NIBIO, 2024).

3.1.6 Kulturarv

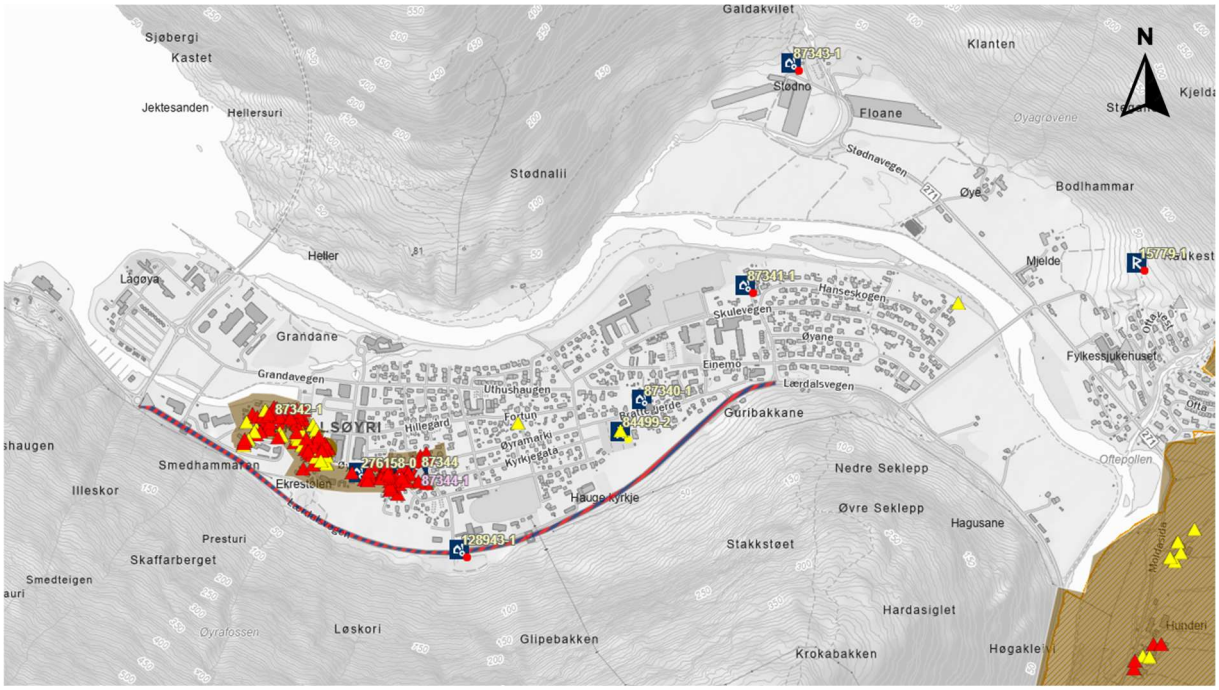
Lærdalsøyri har flere historiske opphavsfaktorer. Selv om det ikke er dokumentert mange arkeologiske funn her, troner en antatt jernaldergrav på Mjelde i bakkene opp mot fjellet i øst. Handel og samferdsel har også spilt en vesentlig rolle i utviklingen av stedet, men elven er på mange måter stedets utspring, og laksen herfra har gjort Lærdalselva kjent langt utenfor regionen. Kulturen og stedet som har utviklet seg har i stor grad vært basert på aktiviteter, drift og næring knyttet til transport mellom øst og vest, og mer lokalt til Lærdalselva og fjorden.

Borgund stavkirke, som ligger lengst øst i dalen, opp mot fjellene, vitner om et betydelig befolkningsgrunnlag og velstand i regionen, nok til å bygge et monument av denne typen. Kirken er nevnt i offentlige dokumenter (Diplomatarium Norvegicum) så tidlig som 1331 (Riksantikvaren - Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2024). Et marked skal ha forekommet på eller i nærheten av Lærdalsøyri, noe som etter hvert måtte reguleres av kong Christian IV mot slutten av 1500-tallet. Postgangen som passerte stedet på ruten mellom Oslo og Bergen, startet i 1647. Kongevegen ble bygget mot slutten av 1700-tallet, og fra 1840-50-tallet fikk dampskipsfart en dominerende rolle til og fra stedet (Lærdal kommune, 2005).

Kommunens viktigste kulturminner er beskrevet i den kommunale kulturminneplanen (Lærdal kommune, 2019), vedtatt i 2019, og er en kommunal forvaltningsplan og kunnskapsdatabase for lokale kulturminner. Her er også anlegg knyttet til vassdrag oppført som verdifullt i områdene Hauge – Molde, Stuvane – Hynjo (Hønjum), Midtre Borgund og Borlaug. Ved nærmere undersøkelser, som

anbefales, kan det framkomme andre typer hittil uoppdagede eller lokalt viktige kulturminner på nærmiljønivå.

Av kulturminner med nasjonalt vern, viser kulturminnedatabasen Askeladden (Riksantikvaren - Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2024) få eller ingen kulturminner med direkte tilknytning til elven. I bysentrum er kulturminnene som er registrert i denne nasjonale kartdatabasen begrenset til fredede byggverk, verneverdige SEFRAK-bygninger og verneverdige byområder som ligger et stykke unna selve elveløpet. Lenger opp i elven, fra veien Ofta øst for sentrum og omtrent fire mil oppover elvedalen til Borlaug, finnes to praktisk talt sammenfallende områder for kulturvern. Disse er tematiske og retningsgivende for kulturminneforvaltningens arbeid, men de har ikke juridisk bindende vern. Dette er det kulturhistoriske landskapet (såkalt KULA-område) K 577 Lærdal og utvalgte kulturlandskap Lærdal (ID: KU00000037). Det førstnevnte har et spesielt nasjonalt fokus på vern og utvikling i det fastsatte området fra kulturminnemyndigheten (fylkeskommunen i førstelinje), mens det andre er administrert av landbruksmyndigheter og kommunen, og handler om yting av tilskudd til tiltak som bidrar til ivaretagelse av landbrukslandskapet.



Figur 3-8: Nasjonalt registrerte kulturminner i Lærdalsøyri (Riksantikvaren - Direktoratet for kulturminneforvaltning, 2024). Mørkeblå firkanter viser fredninger, røde trekanter indikerer meldepliktige SEFRAK-registrerte bygninger, gule trekanter viser ikke-meldepliktige SEFRAK-registrerte bygninger og brune områder markerer områder med særlig verneverdi.

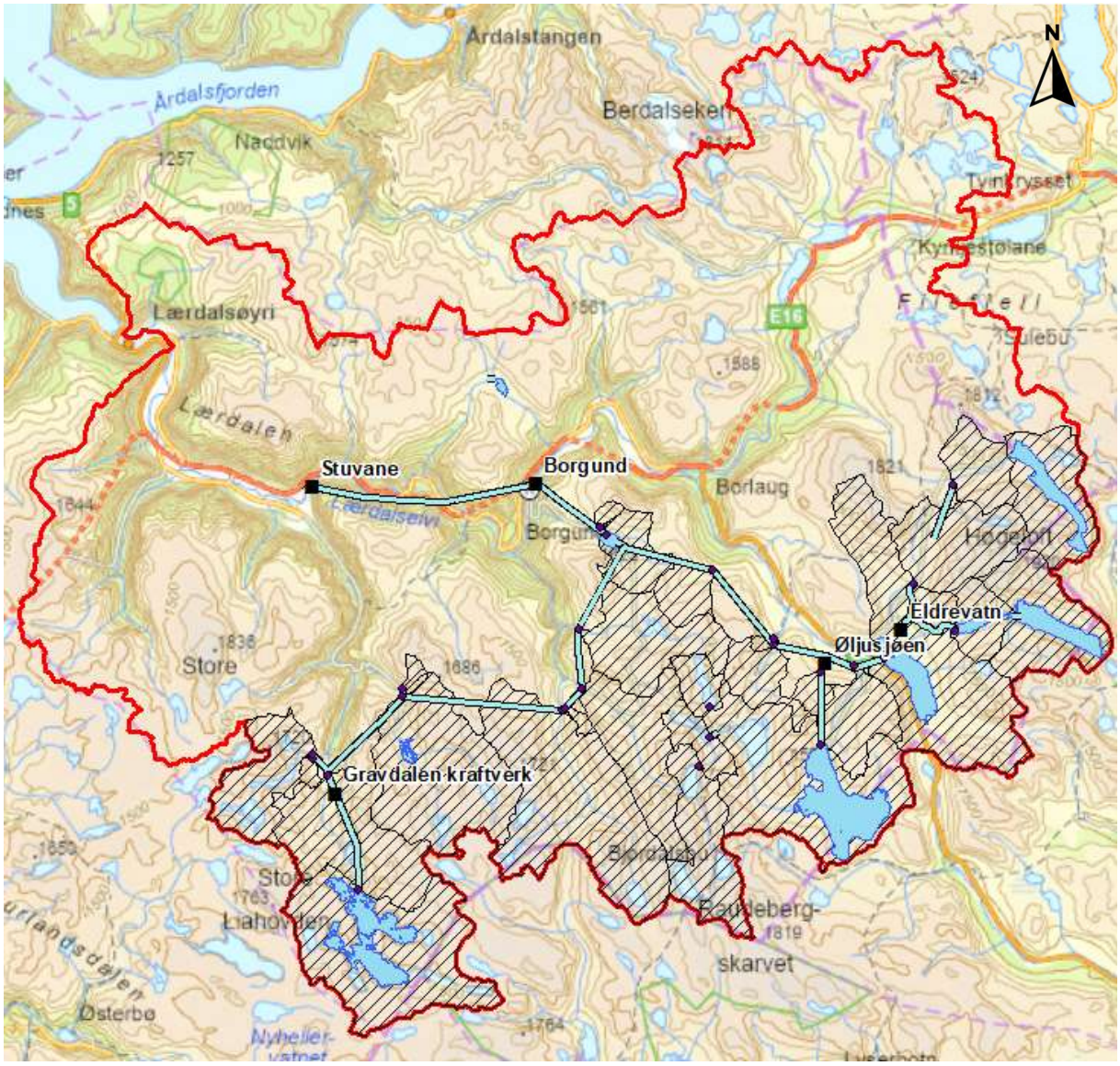
3.1.7 Vern

Lærdalselva er et nasjonalt laksevassdrag siden 2007. Det er kun Smeddøla i Lærdalsvassdraget (073/2) som er under verneplan for vassdrag. Lærdalselva ligger ikke under verneplan for vassdrag, men renner ut i Lærdalsfjorden som ligger innerst i Sognefjorden og som er en nasjonal laksefjord. Sognefjorden, inkludert Lærdalsfjorden og deler av deltaområdet ved Lærdalselvas utløp, er foreslått som marint naturvernområde. Det er utarbeidet en forvaltningsplan for Lærdalsvassdraget som skal ligge til grunn for fysiske tiltak i og ved vassdraget.

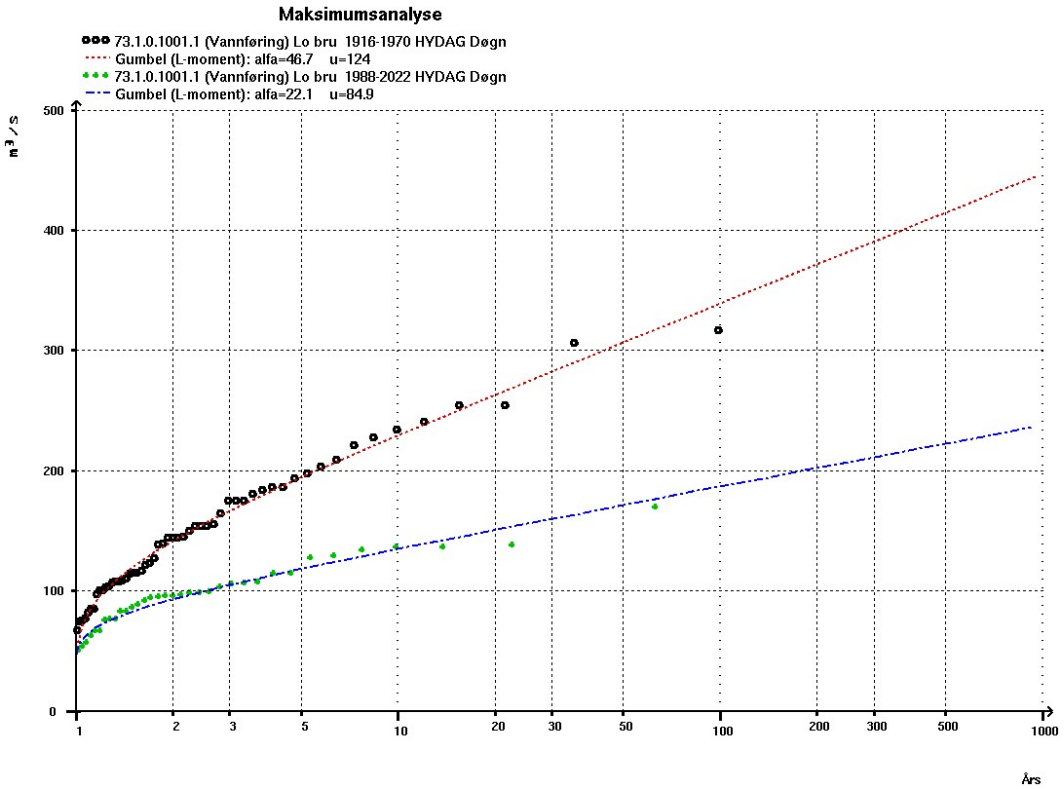
3.1.8 Utbygging i vassdraget

Lærdalsvassdraget er i dag sterkt regulert gjennom vannkraftutbygginger som ble utført etappevis i perioden 1971 til 1988. Reguleringene omfatter mesteparten av de sørlige delfeltene til elven, 405

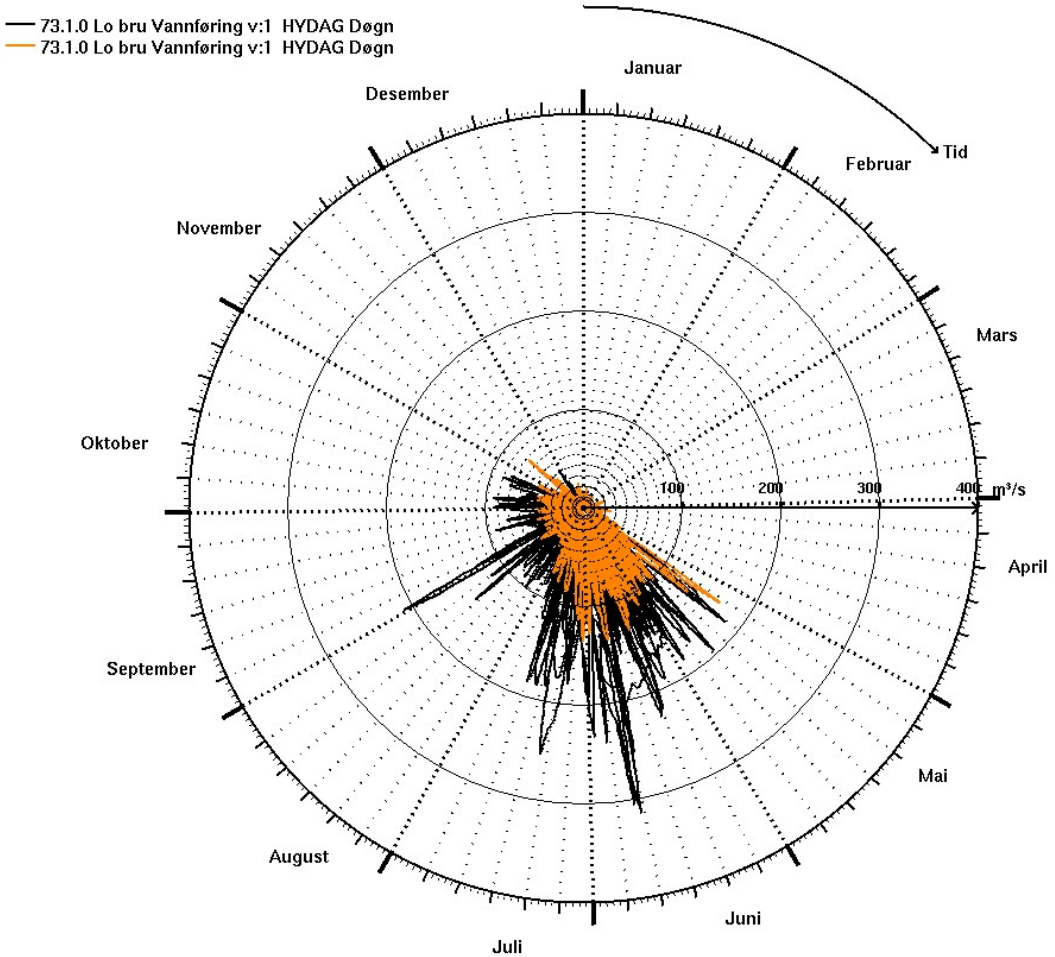
km² av totalt 1186 km², og har endret vannføringsregimet i vassdraget og redusert flommene i svært stor grad. Ved målestasjon 73.1 Lo bro, som ligger like ved Borgund kraftverk, er det registrert middelflom i perioden 1916-1970 151 m³/s, mens perioden 1988-2022 har en middelflom på 98 m³/s. Den største flommen etter reguleringene er like stor som den 20. største flommen i den uregulerte perioden. Reduksjon i flomstørrelse kommer godt fram om man gjør frekvensanalyse av flommer før og etter regulering (Figur 3-10) eller ser på årspolarplott før og etter regulering (Figur 3-11).



Figur 3-9: Regulerte felt (skravert) i feltet til Lærdalselva (rødt). Kartet viser kun felt som drenerer eller overføres til reguleringsmagasiner. Kraftverk som ikke påvirker flomforhold i Lærdalsøyri er ikke inkludert i kartet.



Figur 3-10: Flomfrekvensanalyse for flom ved Lo bro før og etter vassdraget ble utbygget.



Figur 3-11: Årspolarplott for vannføring ved Lo bro før (svart) og etter (oransje) vassdraget ble regulert.

3.2 Sikringstiltak i Lærdalselva

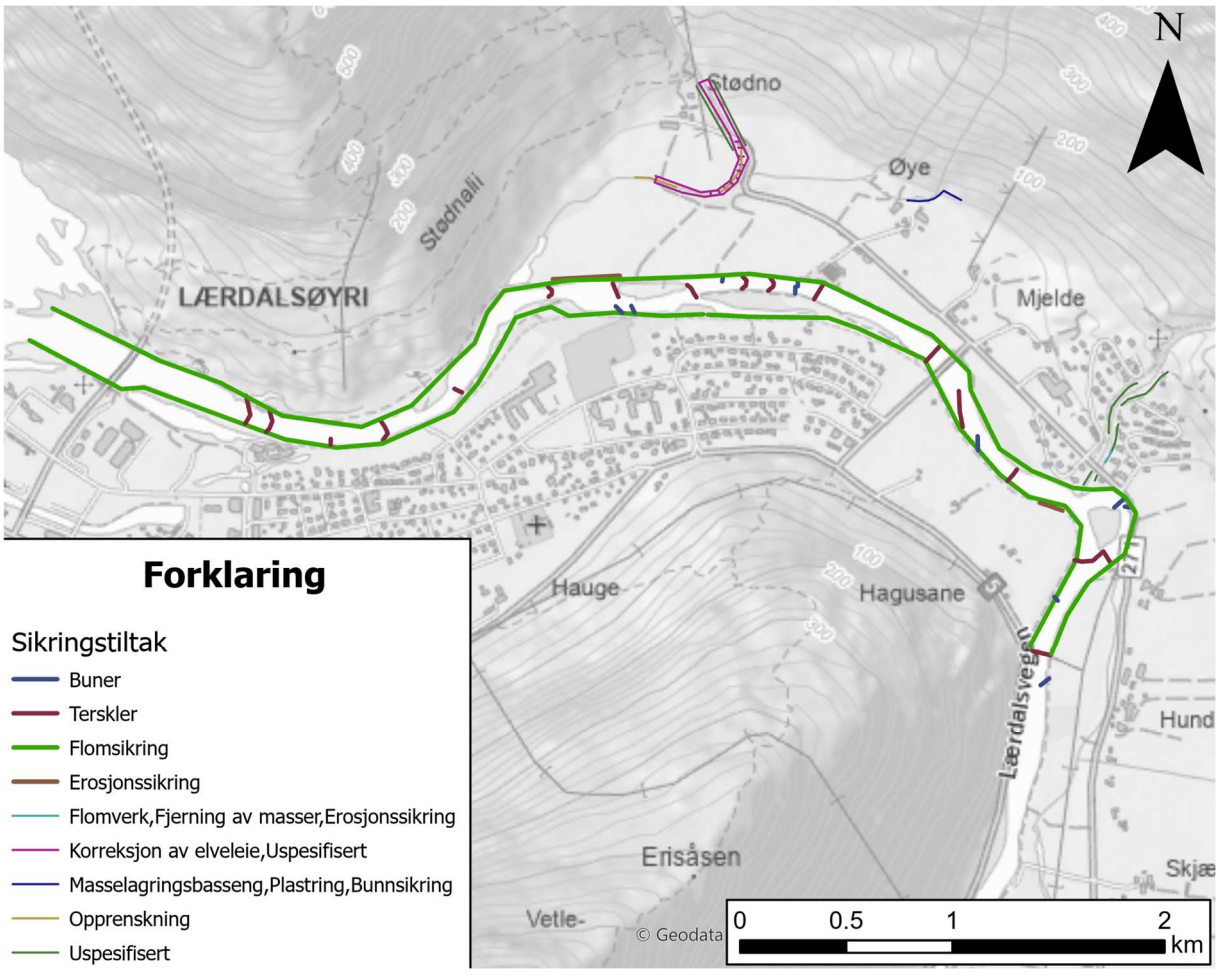
3.2.1 Utførte sikringstiltak

Det er utført en rekke sikringstiltak i Lærdalselva, både i hovedelva og i en rekke sidevassdrag. En registrering fra NVE i 1994 tilsier at det er ca. 170 vassdragstiltak i vassdraget. Da denne mulighetsstudien fokuserer på hovedvassdraget, oppsummeres utførte sikringstiltak i hovedvassdraget under.

Lærdalselva er fra gammelt av sett på som en farlig flomelv. Allerede på 1800-tallet begynte arbeidet med forbygning og flomsikring langs Lærdalselva. Opp igjennom årene har det vært gjort omfattende arbeid med forbygning langs elven. I tidsrommet 1971-1975 ble forbygningene utbedret og forsterket. De gamle flomverkene ble forhøyet og utvidet, og steinlaget på elveskråningene ble utbedret og fornyet (Andersen, 1996).

På prosjektets strekning er det langs hovedelven registrert ca.:

- 10 buner
- 15 terskler
- Flomsikring på begge sider av elven fra Hunderi til utløp i fjord (totalt 5,3 km)
- Erosjonssikring ved Nyheim/Oftepollen (61 m) og Stødnum (169 m)



Figur 3-12: Eksisterende sikringstiltak registrert i NVE Atlas (NVE, 2024a).

Etter flommene i 2014 og 2018 har det blitt utført diverse flom- og erosjonssikringstiltak, men disse er stort sett utført i sidevassdrag eller lengre oppstrøms i hovedvassdraget.

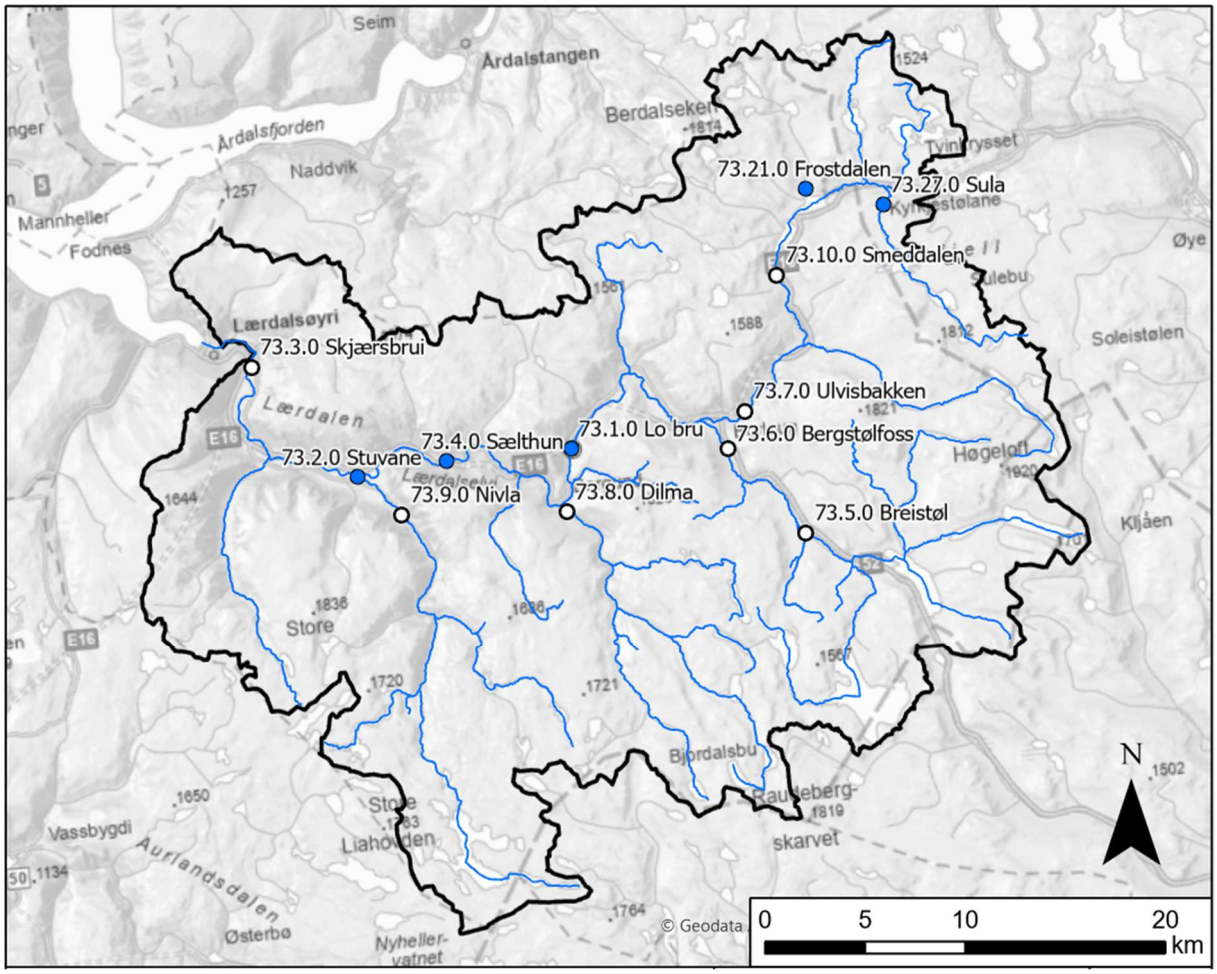
3.2.2 Pågående sikringsarbeid

Det er ikke pågående sikringsarbeid i Lærdalsøyri.

4 Hydrologi og flomutsatt areal

4.1 Hydrologiske data

Det finnes fem aktive og en rekke nedlagte målestasjoner i Lærdalsvassdraget. Tre av de aktive målestasjonene, Stuvane, Sælthun og Lo bro befinner seg i hovedvassdragets nedre del. Alle aktive og et utvalg nedlagte målestasjoner er vist på kartet i Figur 4-1.



Figur 4-1: Kart over målestasjoner i Lærdalsvassdraget. Blå er aktive stasjoner og hvite er nedlagt.

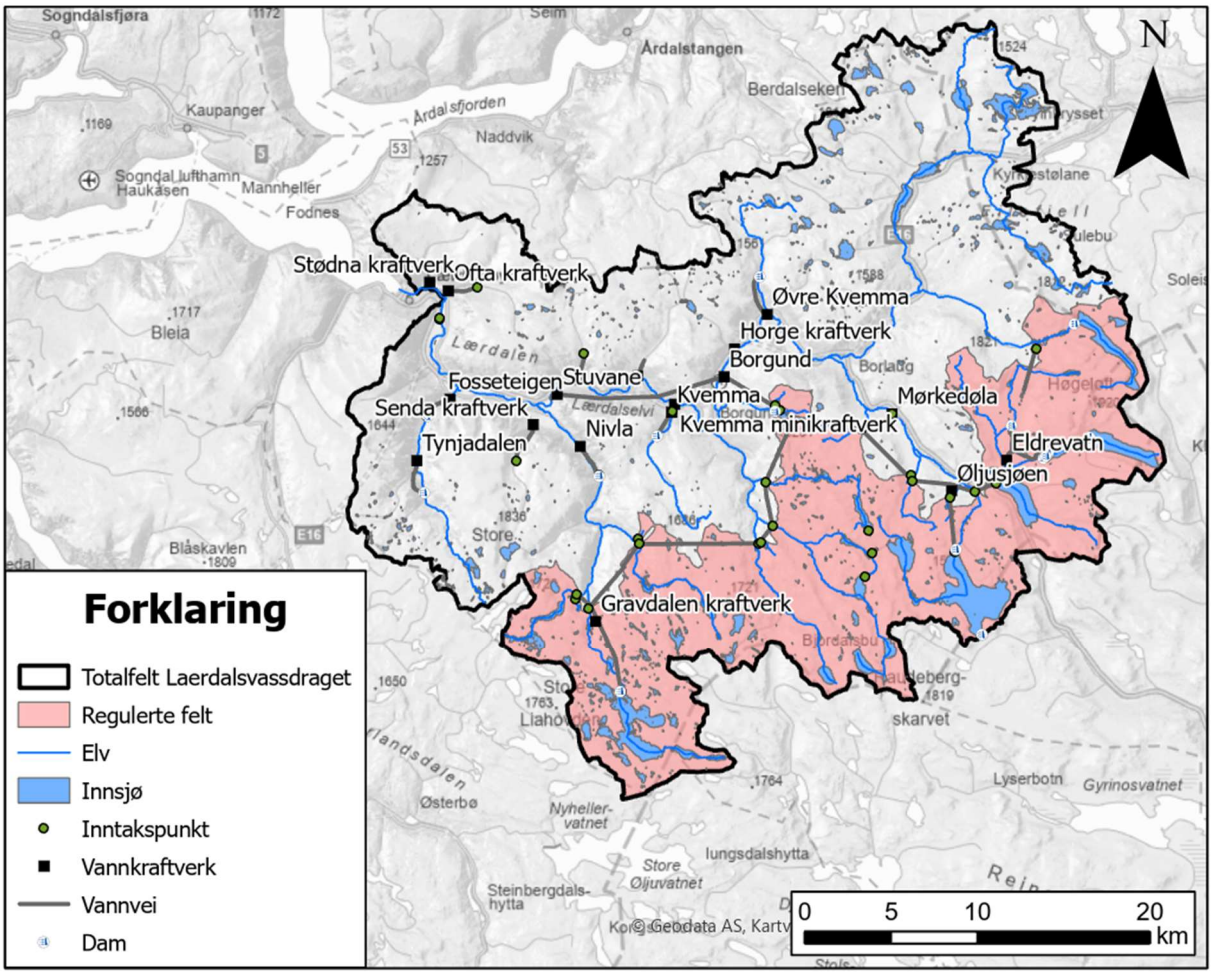
Vannmerket 73.1 Lo bro er det med desidert lengst tidsserie i vassdraget. Det er ved dette vannmerket registrert en rekke større flommer før vassdraget ble regulert, som beskrevet i kapittel 2.5.

Tabell 4-1: Feltparametre for aktive målestasjoner i vassdraget.

St. nr.	Navn	Målestart	Antall år	Feltareal	Spesifikk avrenning	Snau -fjell	Eff. Sjø	Høyde
				km²	*l/s/km²*	*%*	*%*	*min-med-maks*
73.27	Sula	1967	56	30.44	32	89.5	3.78	1006-1349-1808
73.21	Frostdalen	1967	54	25.77	35	88.1	2.31	986-1323-1612
73.1	Lo bro	1916	107	529.35	30	78.0	0.42	409-1324-1917
73.4	Sælthun	1961	62	789.85	30	78.2	0.22	188-1335-1917
73.2	Stuvane	1987	36	994.47	30	77.8	0.17	73-1352-1917

4.2 Kraftverk

Lærdalsvassdraget er et kraftig utbygd vassdrag og det er en rekke aktive og planlagte kraftverk, samt overføringer av vassdrag. En oversikt er gitt i Figur 4-2.



Figur 4-2: Vannkraftverk i nedbørfeltet.

Tabell 4-2 gir en oversikt over alle registrerte kraftverk i Lærdalsvassdraget, sortert etter kraftverkets status (drift, vedtatt ol) og ytelse. Det største kraftverket i Lærdal er Borgund kraftverk, med

kapasitet på 212 MW. Dette kraftverket fikk konsesjon i 1966 og ble satt i drift i 1974. Et annet stort kraftverk er Øljusjøen. Dette er et pumpekraftverk som har nedstrøms magasin Eldrevatnet og oppstrøms magasin Øljusjøen.

Tabell 4-2: Oversikt over kraftverk i Lærdalsvassdraget sortert etter status og ytelse.

Vannkraftverk	Kraftverks-nummer	Type kraftverk	Status	I drift	Konsesjons-dato	Ytelse MW
Borgund	35	Vannkraftverk	Drift	1974	10/7/1966	212
Øljusjøen	512	Pumpekraftverk	Drift	1975	10/7/1966	50
Stuvane	557	Vannkraftverk	Drift	1988	12/7/1984	38
Tynjadalen	2065	Vannkraftverk - små	Drift	2022	2/17/2017	9.6
Øvre Kvemma	2074	Vannkraftverk - små	Drift	2024	12/20/2017	8.4
Fosseteigen	2064	Vannkraftverk - små	Drift	2021	2/17/2017	6.2
Kvemma	1776	Vannkraftverk - små	Drift	2015	3/27/2012	5
Eldrevatn	1571	Vannkraftverk - små	Drift	2013	8/28/2009	4.9
Nivla	1798	Vannkraftverk - små	Drift	2016	12/20/2012	4.72
Kvemma minikraftverk	1071	Minikraftverk	Drift	2004	8/18/2003	0.23
Mørkedøla	2123	Pumpe	Drift	2023	4/20/2018	-7
Gravdalen kraftverk	-	Vannkraftverk	Vedtatt	-	2/13/2015	15.5
Ofta kraftverk	-	Vannkraftverk	Vedtatt	-	12/18/2014	9.4
Jutlaelvi kraftverk	-	Vannkraftverk	Vedtatt	-	12/2/2014	6.2
Senda kraftverk	-	Vannkraftverk	Vedtatt	-	3/21/2012	4.95
Regulering av Finnebuvatnet	-	Vannkraftverk	Vedtatt	-	2/13/2015	0.01
Horge kraftverk	-	Vannkraftverk	Planlagt, prosjektert	-	12/8/2009	0.7
Stødna kraftverk	-	Vannkraftverk	Planlagt, illustrert	-	2/7/2023	1.56

4.3 Flomberegninger

NVE har utført flomberegninger for Lærdalsvassdraget i flere omganger tidligere (NVE, 2000; NVE, 2013; NVE, 2021). I forbindelse med ny flomsonekartlegging i 2024 ble det tatt en gjennomgang av tidligere flomberegninger, og NVEs anbefaling var å fortsatt benytte resultatene fra flomberegningen i 2013 som grunnlag for nytt flomsonekart. I Tabell 4-3 under er flomverdier oppgitt for Skjærsbrui og

ved utløp i fjorden. I Tabell 4-4 er utvalgte flomverdier inkludert 20% klimapåslag oppgitt for samme lokasjoner.

Tabell 4-3: Kulminasjonsverdier for Lærdalselva.

	Areal	**Q_M**	**Q_5**	**Q_{10}**	**Q_{20}**	**Q_{50}**	**Q_{100}**	**Q_{200}**	**Q_{500}**	**Q_{1000}**
	km^2	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*
Skjærsbrui	1132	331	426	470	544	670	856	994	1108	1197
Utløp i fjorden	1186	354	457	504	583	714	905	1049	1167	1260

Tabell 4-4: Kulminasjonsverdier for utvalgte flomstørrelser i Lærdalselva inkl. 20% klimapåslag.

	Areal	**Q_{20}+klima**	**Q_{200}+klima**	**Q_{1000}+klima**
	km^2	*m^3/s*	*m^3/s*	*m^3/s*
Skjærsbrui	1132	653	1223	1436
Utløp i fjorden	1186	700	1288	1512

4.4 Hydraulisk modell

NVE har satt opp og kalibrert den hydrauliske modellen benyttet for Lærdalsvassdraget (NVE, 2024b). Under gis en kort oppsummering av den hydrauliske modellen.

4.4.1 Topografiske data

Det topografiske grunnlaget for modellen består av data fra en elvebunnskartlegging utført i 2021 for Lærdalselva, kombinert med en terrengmodell fra høydedata.no. Elvebunnskartleggingen ble utført av AirborneHydroMapping GmbH (AHM) i 2018 og 2021 med oppløsning 0,25x0,25 m. Terrengmodellen fra høydedata er hentet fra prosjektet Sogndal_Aurland_Lærdal 2014 og har oppløsning 0,5x0,5 m. Videre er bygninger i området lagt inn i terrengmodellen.

4.4.2 Modelloppsett

Beregningene er utført med HEC-RAS v6.3.1. Modellens utstrekning er fra Øvrevoll til utløp i sjø. Modellen består av celler med størrelse 2 x 2 m i elveløpet og celler med størrelse 4 x 4 m utenfor hovedelven. Videre er celler justert i retningen av strømmen. Broene på strekningen er inkludert i modellen. Vestland fylkeskomunne jobber med en plan for å erstatte Sykehusbrua, men dimensjonene er ennå ikke fastsatt. Derfor er broen beholdt i modellen i sin nåværende form, og det er gitt en anbefaling om hvilke premisser som bør følges for dimensjoneringen. Der er viktig å nevne at tiltakene i mulighetsstudien er dimensjonert basert på dagens bro. Dersom broen blir erstattet og hevet, kan medføre endringer i tiltakets dimensjonering rett oppstrøms broen. Påvirkningen av dagens bro på det anbefalte tiltaket er beskrevet i konklusjonen (kapittel 8).

4.4.3 Grensebetingelser

Øvre grensebetingelse er lagt inn som aktuell flomvannføring (Q200, Q1000 el.) og nedre grensebetingelse er vannstand i sjøen lik stormflo med 1 års gjentaksintervall (1,12 moh.) hentet fra sehavnivå.no. Vannføring fra sideelven Ofta er lagt inn som egen øvre grense.

For flom ved et endret klima i år 2100 er nedre grensebetingelse satt lik 1 års stormflo pluss havnivåstigningen, totalt 1,7 moh.

4.4.4 Kalibrering

Den hydrauliske modellen har blitt kalibrert av NVE ved å ta utgangspunkt i to tidligere flomhendelser i Lærdalselva, fra 2023 (slutten av flommen «Hans») og 2020. For kalibreringsscenarioet 2023 ble det målt en vannføring lik 136 m^3/s, mens kulminasjonen er estimert til 429 m^3/s. For kalibreringsscenarioet 2020 er vannføringen estimert til å være 480 m^3/s ved utløpet til fjorden, ut fra en vannføring lik 390 m^3/s ved målestasjon Stuvane. I denne kalibreringen ble modellens flomvoll på nordsiden av Lærdalsøyri overtoppet allerede ved 450 m^3/s. Det er knyttet en del usikkerhet til dette kalibreringsscenarioet både når det gjelder faktisk vannføring, observert vannstand og elvebunnsbatymetri i stadig endring. Kalibrering av modellen resulterte i ruhetskoeffisienter som oppsummert i Tabell 4-5.

Tabell 4-5: Ruhetskoeffisienter brukt i modellen.

Arealtype	**Manning's n**
Elveleie, vassdrag, hav	0,04
Bygninger	99
Skog	0,05
Åpen fastmark	0,045
Bebygd	0,06
Fulldyrka jord	0,05
Overflatedyrka jord	0,06
Innmarksbeite	0,04
Samferdsel, vei	0,025
Ubestemt, øvrig areal	0,06

4.4.5 Konstruksjoner

Det er tre broer som er inkludert i den hydrauliske modellen; Ofta bro, Sykehusbrua og Hellerbrui. Disse er lagt inn ved bruk av SA/2D-tilkoblinger i modellen.

Tabell 4-6: Broer inkludert i hydraulisk modell.

Bro	**Underkant bro (moh.)**
Ofta bro	12,47
Sykehusbrua	7,39
Hellerbrui	2,67

4.5 Flomutsatte areal

Basert på flomsonen har utsatte bygg blitt kartlagt. Antall og type bygg som presenteres her utgjør flomutsatte bygg ved henholdsvis 200-årsflom og 1000-årsflom, begge med klimapåslag, basert på hydraulisk modellering fra Voll bro til utløp i sjø.

Tabell 4-7: Flomutsatte bygg fra hovedvassdraget fra Voll bro til utløp i sjø.

Kode	Type bygg	Antall flomutsatte bygg ved Q200+klima	Antall flomutsatte bygg ved Q1000+klima
111	Enebolig	410	413
112	Enebolig m/hybel/sokkelleil.	6	6
113	Våningshus	22	26
121	Tomannsbolig, vertikaldelt	22	22
122	Tomannsbolig, horisontaldelt	1	1
131	Rekkehus	34	34
133	Kjede/atriumhus	3	3
136	Andre småhus m/3 boliger el fl	5	5
141	Stort frittliggende boligbygg på 2 etg.	1	1
142	Stort frittliggende boligbygg på 3 og 4 etg.	1	1
161	Fritidsbygg(hyttersommerh. ol	17	17
162	Helårsb.benyttes som fritidsb.	11	11
181	Garasjeuthus anneks til bolig	351	352
182	Garasjeuth.anneks til fritidb	13	13
193	Boligbrakker	1	1
199	Annen boligbyg.(sek. reindrift	4	4
212	Verkstedbygning	4	4
214	Bygning for renseanlegg	4	4
216	Bygn.for vannfors.bla. pumpest	2	2
219	Annen industribygning	6	6
231	Lagerhall	1	1
232	Kjøle- og fryselager	1	1
239	Annen lagerbygning	7	7
241	Hus for dyr/landbr.lager/silo	51	53
243	Veksthus	5	5
248	Annen fiskeri- og fangstbygn.	2	2
249	Annen landbruksbygning	59	64
311	Kontor- og adm.bygning rådhus	2	2
319	Annen kontorbygning	3	3
321	Kjøpesenter varehus	1	1
322	Butikk/forretningsbygning	9	9
323	Bensinstasjon	2	2
329	Annen forretningsbygning	7	7
449	Annen veg-og trafikktilsynsbygning	1	1
511	Hotellbygning	7	7
512	Motellbygning	1	1
521	Hospits pensjonat	1	1

524	Camping/utleiehytte	21	21
529	Annen bygning for overnatting	2	2
533	Gatekjøkken kioskbygning	1	1
611	Lekepark	3	3
612	Barnehage	2	2
613	Barneskole	1	1
615	Komb. barne- og ungdomsskole	1	1
619	Annen skolebygning	4	4
641	Museum kunstgalleri	1	1
649	Annen museum/biblioteksbygning	2	2
659	Annen idrettsbygning	2	2
661	Kino/teater/opera/konsertbygn	1	1
669	Annet kulturhus	5	5
671	Kirke kapell	1	1
672	Bedehus menighetshus	1	1
719	Sykehus	0	1
721	Sykehjem	2	2
731	Klinikk, legekontor/-senter/-vakt/dyresykehus	1	1
822	Brannstasjon ambulansestasjon	1	1
840	Offentlig toalett	1	1
999	Ukjent/annet	12	12
	SUM	**1143**	**1159**

Som man kan se fra Tabell 4-7 er antall berørte bygg ved de to flomhendelsene svært like. Sykehjem og sykehus er klassifisert som berørt ved 1000-årsflom inkl. klimapåslag, samt noen flere landbruksbygninger, eneboliger og våningshus sammenlignet med modellert 200-årsflom inkl. klimapåslag. Basert på egne vurderinger er bygninger her klassifisert som berørt dersom de er mindre enn 1 meter i horisontal avstand fra flomsonen.

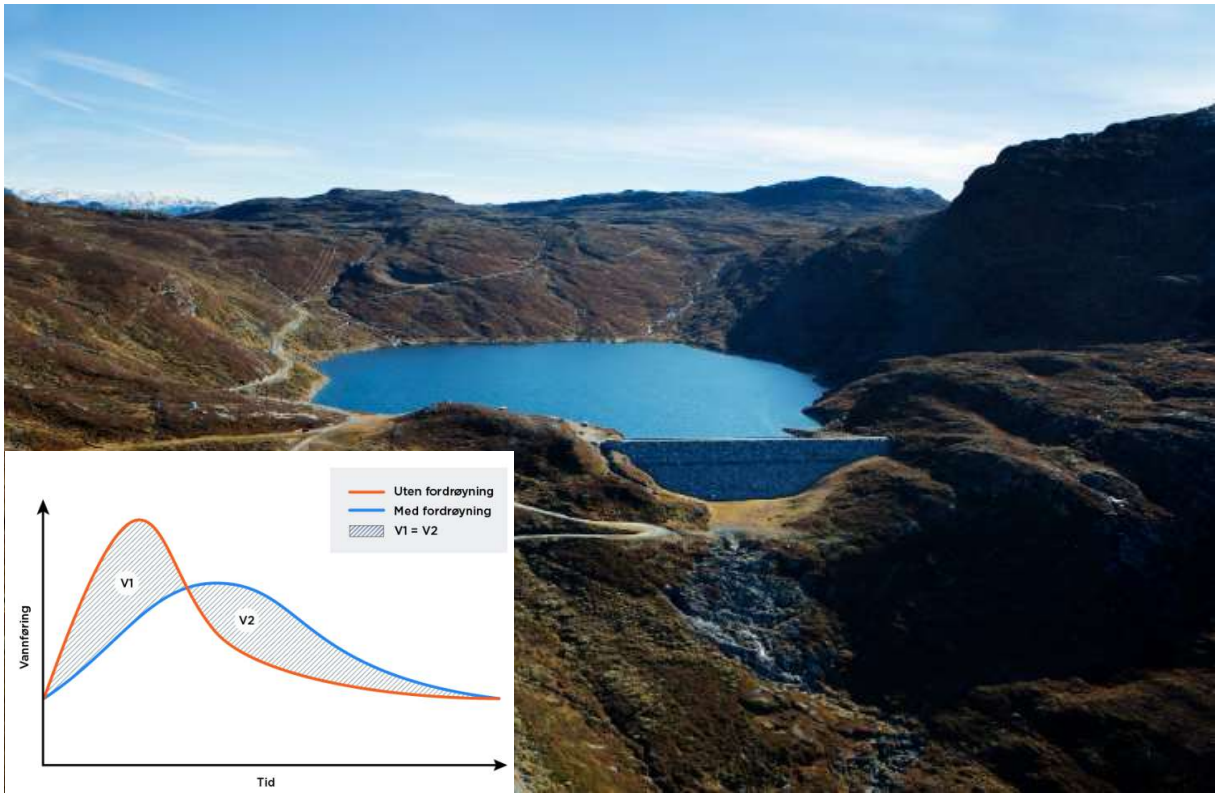
Kartframstilling av flomutsatte areal for en klimajustert 200-årsflom vises i Figur 6-1 under kapittel 6.1.

5 Flomreduserende tiltak

Forslag til flomreduserende tiltak kan deles inn i tre hovedkategorier etter hvilken hovedfunksjon de har (NVE, 2024c):

Tiltak som demper og reduserer flomtoppen

- Etablering av fordrøyningsmagasin/flomdempingsmagasin
- Utnyttelse av eksisterende reguleringsmagasin
- Utnyttelse/ombygging av eksisterende innsjøer/vann
- Naturbaserte sikringsløsninger som reetablering av flomdempende naturtyper



Figur 5-1: Eksempel på et eksisterende reguleringsmagasin i Lærdalsvassdraget: Dam Vassetvatn. Foto: Østfold Energi. Skissen, utarbeidet av NVE, illustrerer generelt hvordan fordrøyningstiltak påvirker flomstørrelsen ved forsinkelse og demping av flomtoppen.

Tiltak som forbedrer flomavledningen og øker kapasiteten i flomutsatte områder

- Avlastende tiltak som avlaster vassdraget enten kun i flomsituasjoner eller permanent, som sideløp og kanaler.
- Kapasitetsøkende tiltak, som øke avledingskapasiteten til eksisterende magasiner eller breddeutvidelse i begrensende snitt.
- Fjerne/overføre vann fra vassdraget ved flomtunell.



Figur 5-2: Eksempel på et flomavledningstiltak i Skytjeåa, Ørsta kommune. Vannføringen inn i kulverten reguleres ved at kulvertinnløpet ligger litt høyere enn elvebunnen rundt. Foto: Bjørn Lytskjold, NVE.

Konstruksjoner som sikrer mot oversvømmelse og/eller erosjon

- Flomvoller og ledekonstruksjoner for å styre flomvann
- Erosjonssikring og terrengtilpassinger
- Nye flomveier f.eks. sidekanaler
- Bunnterskler eller kontrolldammer



Figur 5-3: Eksempel på en konstruksjon som sikrer mot oversvømmelser i Dalen, Tokke kommune. Det er en flomvoll mot Tokkeåi og med tursti på toppen. Foto: Bjørn Lytskjold, NVE.

Tiltak som demper flomstørrelsen vil redusere flomskader nedover i vassdraget. Tiltak som forbedrer flomavledningskapasitet vil redusere flomskader lokalt, men kan enten redusere eller øke flomskader andre steder i vassdraget, avhengig av tiltakets utforming. Lokale konstruksjoner gir kun beskyttelse innenfor et begrenset område.

5.1 Oversikt

Denne mulighetsstudien legger til grunn 200-årsflom, inkludert et klimapåslag på 20%, for vurdering av tiltak. Samtidig vurderes det å heve sikringsnivået til 1000-årsflom inkludert klimapåslag, ettersom flere bygninger på Lærdalsøyri er i sikkerhetsklasse F3 (se kapittel 2.4). Forskjellene mellom sikring basert på klimajustert 200-årsflom og 1000-årsflom er nærmere beskrevet i kapittel 6.

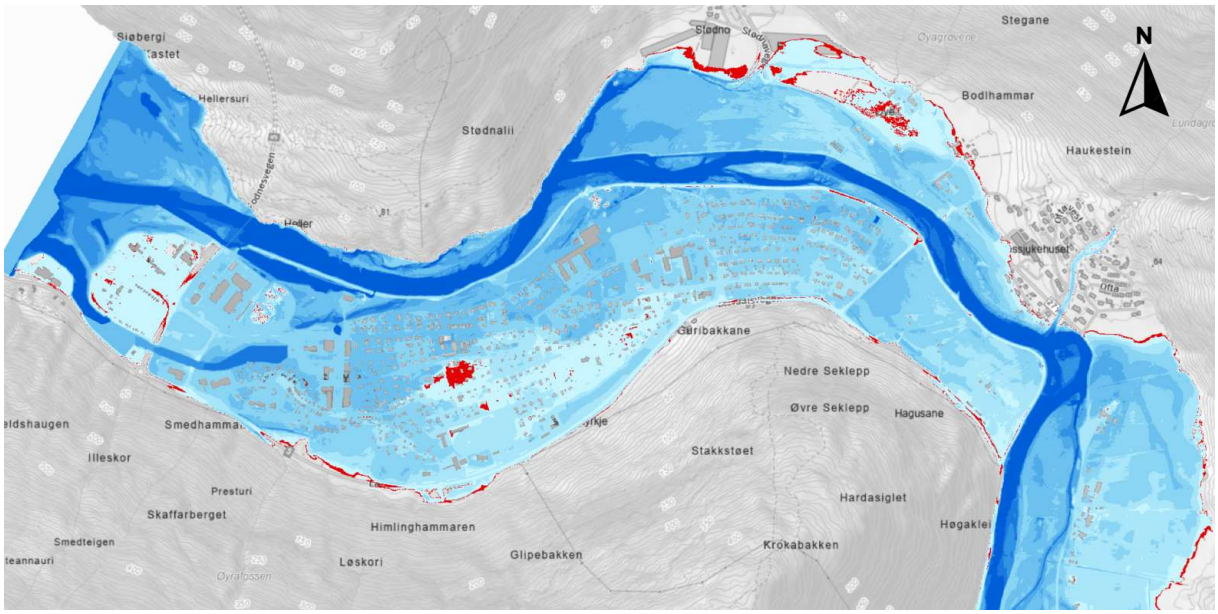
Tiltakene er beskrevet med en enkel teknisk skisse og beskrivelse av tiltakene, samt flomreduserende effekt. Videre presenteres konsekvenser for biologisk mangfold, samfunn, andre miljøtemaer og landskap. Til slutt gis en beskrivelse av eventuelle begrensninger for gjennomføring.

Tabell 5-1: Mulige flomsikringstiltak i Lærdalselva.

Nr.	Tiltak	Beskrivelse
0	Akseptere flom	Ingen flomsikringstiltak bygges.
1	Flomtunnel ved Hauge	Flomtunnel med innløp ved Hauge og utløp i fjorden for å redusere flomverdier ved Lærdalsøyri.
2	Flombarriere	Flombarriere i venstre bredd fra Hunderi til utløpet for å øke kapasiteten i elven.
3	Heving av Sjukehusvegen	Heving av Sjukehusvegen mellom broen over Lærdalselva og krysning med Lærdalsvegen.
4	Regulering	Økning av flomdempingseffekten i alle regulerte magasiner i vassdraget for å redusere flomverdiene ved Lærdalsøyri.
5	Flomtunnel ved utløpet	Flomtunnel nord for Lærdalselva ved utløpet for å øke kapasiteten i elven i de siste 1000 meterne.
6	Masseuttak i elven	Uttak av masser i Lærdalselva fra Hunderi til utløpet for å øke kapasiteten i elven.
7	Lokale sikringstiltak	Lokale sikringstiltak ved enkelte bygninger i form av heving av terreng, flombarriere og flytting av bygninger.
8	Flomtunnel ved Tynjadalen	Flomtunnel i med innløp i Tynjadalen og utløp i fjorden for å redusere flomverdier ved Lærdalsøyri.
9	Flomtunnel til sidevassdrag	Flomtunnel fra Kvemma til Assvaldsvatnet (sidevassdrag) for å redusere flomverdier ved Lærdalsøyri.
10	Demping i flomsletter	Endring i eksisterende flomsikringstiltak for å utnytte flomslettene fra Hunderi til Saltkjelen, og redusere flomverdier ved Lærdalsøyri.

5.2 Tiltak 0: Akseptere flom

5.2.1 Teknisk skisse



Figur 5-4: Flomsonekart ved en 200-årsflom med 20% klimapåslag. Røde områder viser ytterligere oversvømt areal ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag. Flere detaljer vises i Figur 6-1.

Tiltaket innebærer å ikke etablere nye permanente flomsikringstiltak, og er derfor i prinsippet ikke et tiltak i tradisjonell forstand. Likevel, som beskrevet i kapittel 6.1, kan mindre, lokale tiltak implementeres for å redusere skader ved flomsituasjoner. På grunn av dette har vi valgt å omtale dette alternativet som et «tiltak».

5.2.2 Flomskadereduksjon

Ingen flomskadereduksjon.

5.2.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Konsekvensen av å akseptere flom med hensyn til akvatisk naturmangfold er todelt. Større flom kan være positivt i et regulert vassdrag som Lærdalselva, da den vil ha spylende effekt på elvebunnen og dermed være en positiv og naturlig prosess i vassdraget og for det akvatiske naturmangfoldet. På den andre siden, kan flommer ha en negativ effekt ved å fortette elvebunnen gjennom transport av finstoff nedover elven som beskrevet i kapittel 3.1.3.

Terrestrisk miljø

Å akseptere flom er det tiltaket som påvirker naturmangfoldet minst negativt.

5.2.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket har ingen konsekvenser for gjeldende arealplaner. Basert på flomfare i området vil tiltaket begrense videreutviklingen av Lærdalsøyri betydelig.

Friluftsliv i Lærdalsøyri vil, som alle andre samfunnsfunksjoner, bli påvirket av flomhendelser når de inntreffer.

Tiltaket vil ikke ha flere konsekvenser for kulturminner og -miljøer i Lærdalsøyri enn den generelle flomrisikoen som resten av Lærdalssamfunnet også vil stå overfor.

Tiltaket vil heller ikke endre den eksisterende flomrisikoen for jordbruksarealer, men under flom kan det oppstå store konsekvenser for jordbruksproduksjon på grunn av erosjon og stående vann på jord i dyrkesesongen.

5.2.5 Konsekvenser for landskap

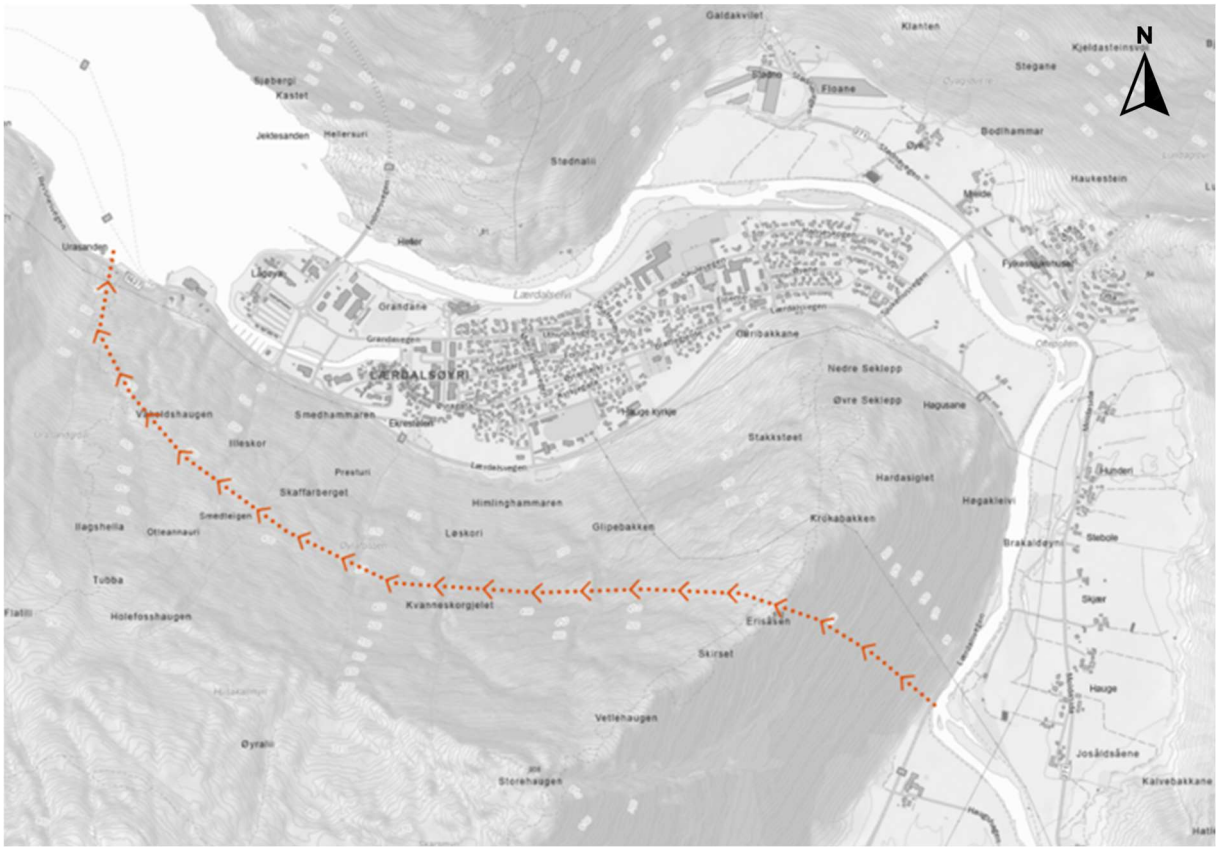
Endringer i landskapsbildet vil være knyttet til skadeomfanget på natur, infrastruktur og bygningsmasse. Gjenoppbygging av skader kan påføre landskapet midlertidige og permanente inngrep. Å akseptere flom og beholde dagens situasjon innebærer ingen permanente inngrep eller arealbruk for tilrettelegging, og vil på kort sikt ha liten til ubetydelig konsekvens for landskapet. På lengre sikt kan man derimot forvente større endringer, men omfanget av disse er usikkert.

5.2.6 Begrensninger for gjennomføring

Ingen, siden ingen tiltak gjennomføres.

5.3 Tiltak 1: Flomtunnel ved Hauge

5.3.1 Teknisk skisse og beskrivelse



Figur 5-5: Oversiktskart som viser foreslått trase til flomtunnelen ved Hauge.

Tiltaket innebærer sprenging av en flomtunnel på venstre bredd av Lærdalselva ved Hauge og med utløp i Lærdalsfjorden. Basert på plassering og trase vist i Figur 5-5, vil tunnelen ha en lengde på omtrent 3650 meter.

5.3.2 Flomskadereduksjon

Ved å etablere en flomtunnel ved Hauge vil man kunne redusere flomvannføringen igjennom hele Lærdalsøyri. Dersom tunnelen dimensjoneres til å håndtere rundt 1050 m^3/s, vil den kreve et tverrsnittareal på omtrent 270 m^2 (med antatt trykkstrømning). Med et slikt tverrsnitt vil kulminasjonen av en klimajustert 1000-årsflom ved Lærdalsøyri reduseres fra cirka 1512 m^3/s til 462 m^3/s, noe som ligger nær grenseverdien for når flomskader på bygninger ved Lærdalsøyri begynner å oppstå.

Dette tiltaket vil være tilstrekkelig for å unngå flomskader i Lærdal sentrum.

5.3.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Tiltak 1 setter de største krav til fordeling av vannmengder mellom tunnel fra elvesvingen i Svinaleet ved Hauge til fjorden og samtidig å ivareta dagens elv og økologi til munningen. Dersom flomtunnelen også reduserer størrelsen på mindre flommer nedstrøms inntaket, kan dette bidra til å redusere utvaskingen av fint materiale i elvebunnen, noe som har de negative konsekvensene for det akvatiske miljøet beskrevet i kapittel 3.1.3. Det foreligger biologiske- og økologiske data over flere tiår som viser at denne strekningen er viktig, og innfrir de kravene laks og sjøørret har til gyting og oppvekst av fiskeunger. I tillegg inneholder strekningen mange høler svært ettertraktet i sportsfiske. Det er viktig å bevare både attraktiviteten for sportsfiske og de økologiske forholdene på denne strekningen.

For anleggsfasen bør effektene av bl.a. partikkelforurensning til vann fra sprengings- og tunnelanleggsarbeid vurderes, og arbeidet bør legges utenfor sensitiv periode for laksefisk.

Terrestrisk miljø

Flomtunellen kan føre til konsekvenser for terrestrisk naturmangfold på grunn av:

1. Konsekvenser knyttet til de fysiske inngrepene ved tunnelens innslag og utløp.
2. Endrede forhold i Lærdalselva som følge av flomdemping.

Det er ikke registrert naturtyper iht. miljødirektoratets instruks ved tunnelens innslag. Området ved tunnelens utløp er ikke kartlagt for naturtyper.

En flomtunnel vil redusere vannføringa ved store flommer nedstrøms tunnelen. Dette kan ha negative konsekvenser for naturtypene i denne delen av elven.

Sprengning i løpet av anleggsfasen bør legges utenfor hekkesesongen for fugl.

5.3.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. Andre tiltak som planlegges i områdene for flomtunellens inn- og utløp må legges andre steder. Det må antagelig gjennomføres planprosess for tiltaket jamfør plan- og bygningslovens bestemmelser for dette tiltaket.

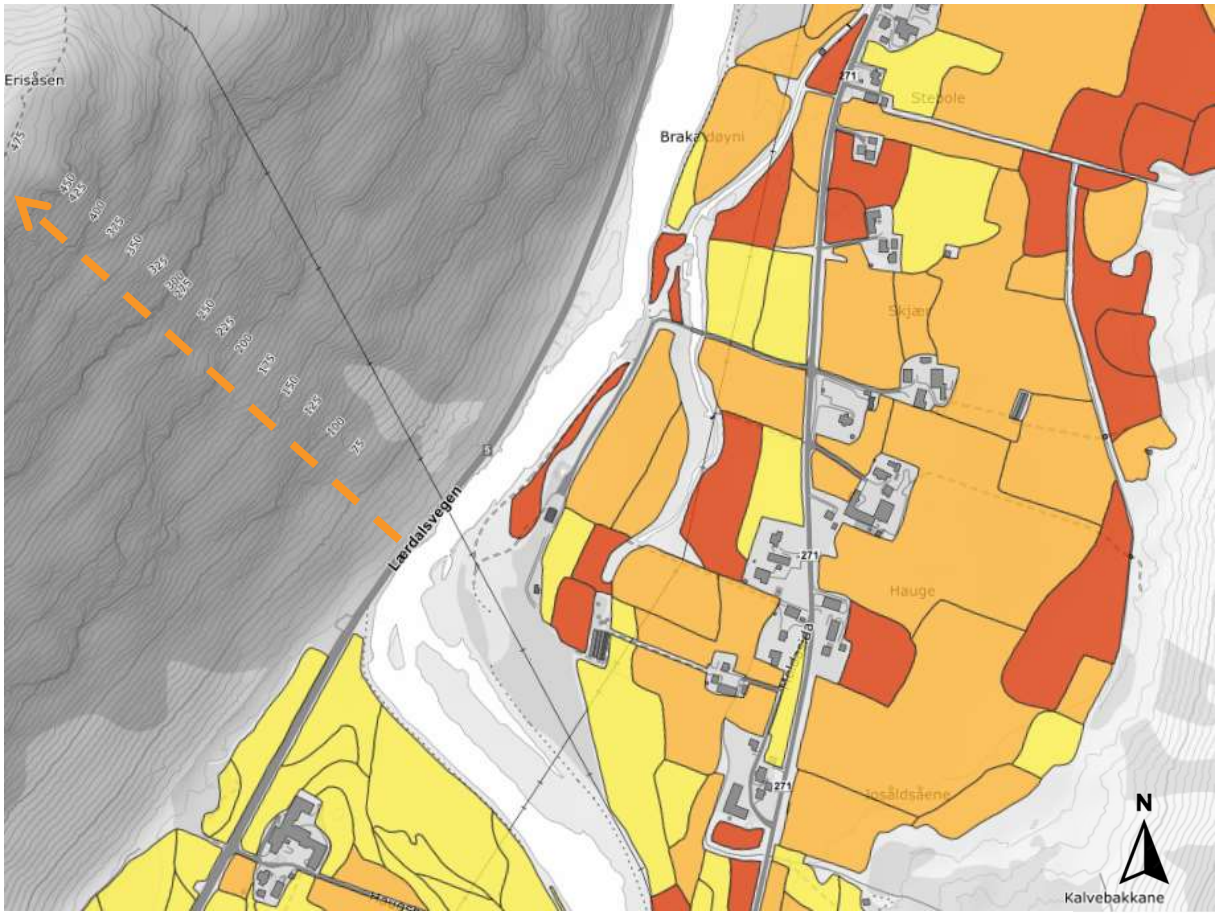
Tiltaket vil gi negative konsekvenser for tema friluftsliv. Merket fotrute fra Haugsane i øst over Erisåsen, Skarsmyri og Hognåsen og ned Ekrisølen i vest, ender rett ved planlagt tunnellutløp. Anleggsperioden vil påvirke opplevelsen av friluftslivet.

Det er ingen kjente konsekvenser for registrerte kulturminner ved utløpet til flomtunellen. Det antas at utløpet ikke har visuelle konsekvenser for øvrige kulturminner i Lærdalsøyri.

Inntaket befinner seg innenfor det nasjonalt utvalgte kulturhistoriske landskapet (såkalt KULA-område) K 577 Lærdal og regionalt utvalgte kulturlandskap Lærdal (ID: KU00000037). Disse har stort sett samsvarende avgrensninger.

Tiltaket vil ha visuelle konsekvenser for kulturminner og kulturmiljøer østover i Lærdal. Nærvirkningen ved innløpet vil være betydelig, men også gi noe negativ påvirkning på fjernvirkningen.

Tiltaket vil ha svært begrenset direkte påvirkning på jordbruksarealer. Arealbruk til rigg- og lagringsplass vil være midlertidig og medføre en kortvarig negativ effekt på jordbruket. Samtidig vil tiltaket redusere flomrisikoen for flere utsatte jordbruksarealer med middels til høy verdi (se Figur 5-6), noe som er en positiv konsekvens. Plassering av deponi må vurderes nøye, da dette kan kreve betydelig areal og potensielt ha en negativ innvirkning på jordbruket.



Figur 5-6: Jordbruksareal ved inntak. Den oransje stiplede linjen viser flomtunnelens trase (NIBIO, 2024).

Inntaket til flomtunnelen kan skape sterke sugestrømmer under flomhendelser som utgjør en betydelig fare for mennesker som befinner seg i nærheten. Siden området er lett tilgjengelig fra begge sider av elven via Lærdalsvegen og turstien på høyre bredd, kan det være nødvendig med flere sikkerhetstiltak som advarselsskilt, sikkerhetsbarrierer på begge sider av elven, og lett tilgjengelig redningsutstyr rundt inntaket. Sikkerhetsbarrierer må også hindre tilgang til flomtunnelen for personer som ikke jobber med driften av tiltaket.

5.3.5 Konsekvenser for landskap

Tiltaket må planlegges i kombinasjon med oppgradering av Lærdalsvegen, og vil medføre en lokal endring i landskapsbildet ved inntaket. Jordbruksarealet ved Hauge, som er en del av det utvalgte kulturlandskap «Lærdal», vil være mest visuelt utsatt for tiltaket.

Dagens landskapsbilde preges allerede av et tydelig linjeinngrep i form av Lærdalsvegen langs foten av fjellet. Veien er plastret ned til elven. Utbygging av flomtunnelen vil følge dette inngrepet. På grunn av plasseringen i et utvalgt kulturlandskap, vurderes tiltak 1 å ha en negativ konsekvens, men det kan utformes slik at det bidrar til en positiv visuell opplevelse når sett i sammenheng med veien. Plassering av eventuelle deponier må også vurderes nøye.

Tiltak 1 er vurdert å ha viss negativ konsekvens for landskapsbildet.



Figur 5-7: Dronebilde av inntaksområdet. Den oransje polygonen viser omtrentlig plassering av inntaksarrangementet.

5.3.6 Begrensninger for gjennomføring

Det er ikke tidligere utført grunnundersøkelser ved tunnelens inn-/utløp. Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området er ikke til hinder for planlagt tiltak, men grunnforhold og dybde til berg ved tunnelens inngang og utgang må undersøkes nærmere. Byggegrop og behov for konstruksjoner i forbindelse med inntakskonstruksjon/utløp må vurderes nærmere. Anleggsveier og riggområder for et slikt stort anlegg kan være betydelige og bør vurderes nærmere dersom dette tiltaket er aktuelt å prosjektere videre.

Rv. 5 Lærdalsvegen vil bli betydelig påvirket av dette tiltaket. Avhengig av utformingen av inntaket, kan veien måtte legges over en konstruksjon/bro, samt muligens heves og/eller legges om noe. For å sikre en god fordeling av vann mellom elven og tunnelen under flomsituasjoner, kan det være nødvendig med ytterligere konstruksjoner i elven, som flombarrierer og sperredam, for å forbedre de hydrauliske forholdene. Konsekvensene av slike konstruksjoner må undersøkes nærmere i neste fase dersom tiltak 1 utredes videre.

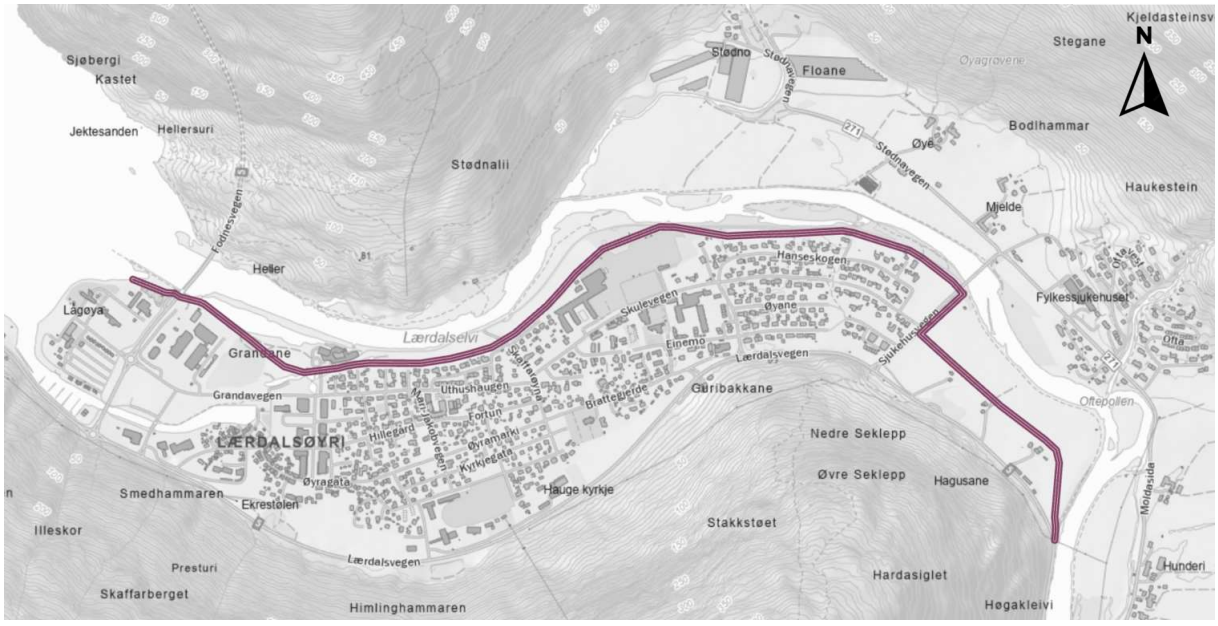
Ved utløpet vil tunnelen krysse Revsnesvegen. Dersom utløpet ligger helt dykket, vil det ikke være noe konflikt med veien etter at tunnelen er ferdig bygget. For å etablere utløpet vil det imidlertid være nødvendig å grave opp en del av vegen, omlegge den midlertidig og deretter reetablere den når utløpet er ferdigstilt.

Det er ikke identifisert vesentlige konflikter med eksisterende vann- og avløpsledninger (VA) eller EL-kabler i tiltak 1. Dette må imidlertid undersøkes nærmere i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

Inntaksarrangementet vil være en sentral del av planleggingsfasen. En god dialog med Statens vegvesen er også veldig viktig, spesielt med tanke på deres planer om å utvide veien langs denne strekningen.

5.4 Tiltak 2A: Flombarriere alternativ A

5.4.1 Teknisk skisse



Figur 5-8: Oversiktskart som viser plassering og trase til flombarrieren i alternativ A.

Tiltaket innebærer en flombarriere fra Lærdalsvegen i Hunderi til Lærdalsfjorden, cirka 120 meter nedstrøms broen til Fodnesvegen. Lengden er på omtrent 3300 meter. I dette alternativet gir flombarrieren mer plass til Lærdalselva sammenlignet med alternativ B (se kapittel 5.5).

5.4.2 Flomskadereduksjon

Med en slik flombarriere vil man kunne redusere flomskade i Lærdalsøyri betraktelig. Flombarriere alternativ A er trukket så langt sør det lar seg gjøre slik at tverrsnittsarealet til elven maksimeres.

Dette gjør at flombarrieren kan bygges noe lavere sammenlignet med om flombarrieren skulle fulgt dagens trasé.

Tiltaket sikrer hele Lærdalsøyri sentrum (med unntak av Lærdal kulturhus), men forverrer situasjonen for bygningene på motsatt side av elven, herunder sykehuset (se kapittel 6.3.1).

Hva som gjøres med den eksisterende flomvollen kan påvirke både flomskadereduksjon og høyden til den nye flombarrieren i en viss grad. Det anbefales å beholde den eksisterende flomvollen, og dette er tatt i betraktning ved dimensjonering av alle flombarrierene, basert på følgende fordeler:

- Mindre inngrep under anleggsfasen.
- Området mellom den eksisterende flomvollen og den nye flombarrieren vil være mindre utsatt for flom.
- En mer kanalisert elv fører til større vannhastigheter i elven under flomhendelser, noe som bidrar til å skylle ut fint materiale fra elvebunnen oftere. Slikt materiale er skadelig for det akvatiske miljøet siden det kan redusere vannkvaliteten, ødelegge habitater for akvatiske organismer, og konsentrere forurensing.
- Dersom turstien på toppen beholdes, vil det gi en bedre opplevelse av området enn om stien legges på samme nivå som det omkringliggende terrenget.

På den annen side kan fjerning av den eksisterende flomvollen og gjenbruk av massene i den nye flombarrieren føre til lavere byggekostnader. Dette blir imidlertid mindre relevant dersom den nye flombarrieren kan gjenbruke masser fra den planlagte utvidelsen av Lærdalsvegen sør for Sjukehusvegen (pågående oppdrag for Statens vegvesen).

5.4.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Tiltaket griper ikke direkte fysisk om seg i elven. Ved utførelse må det likevel utvises nødvendig hensyn til minst mulig å skade eller redusere kantvegetasjonen langs elven, da spesielt nedstrøms Øye. Dette grønne skogsbelte er en viktig leverandør av biologisk materiale til elveøkosystemet.

Terrestrisk miljø

Flombarrieren er foreslått slik at den griper fysisk inn i to registrerte lokaliteter, en naturbeitemark og en strandsump.

Endrede flomforhold ved store flommer som følge av flombarrieren kan ha negative effekter for lokaliteter med åpen flomfastmark og flomskogsmark på grunn av endrede forhold for sedimentering og erosjon, både i elven og i deltaområdet. Slike negative effekter vil imidlertid oppstå sjelden.

Det er viktig å bevare så mye av kantskogen langs vassdraget som mulig, fordi dette er et funksjonsområde for blant annet fugl og vilt. En eventuell relokalisering av den eksisterende turstien langs elven til toppen av den nye flombarrieren vil gi en breiere kantsone langs elven, noe som vil være positivt både for terrestriske og akvatiske verdier. Negative konsekvenser av en slik relokalisering er omtalt i kapitlene 5.4.4 og 5.4.5.

Ved etablering av flombarrieren kan det være behov for å hensynta fugl, for eksempel ved å unngå støyende arbeid i hekkesesongen.

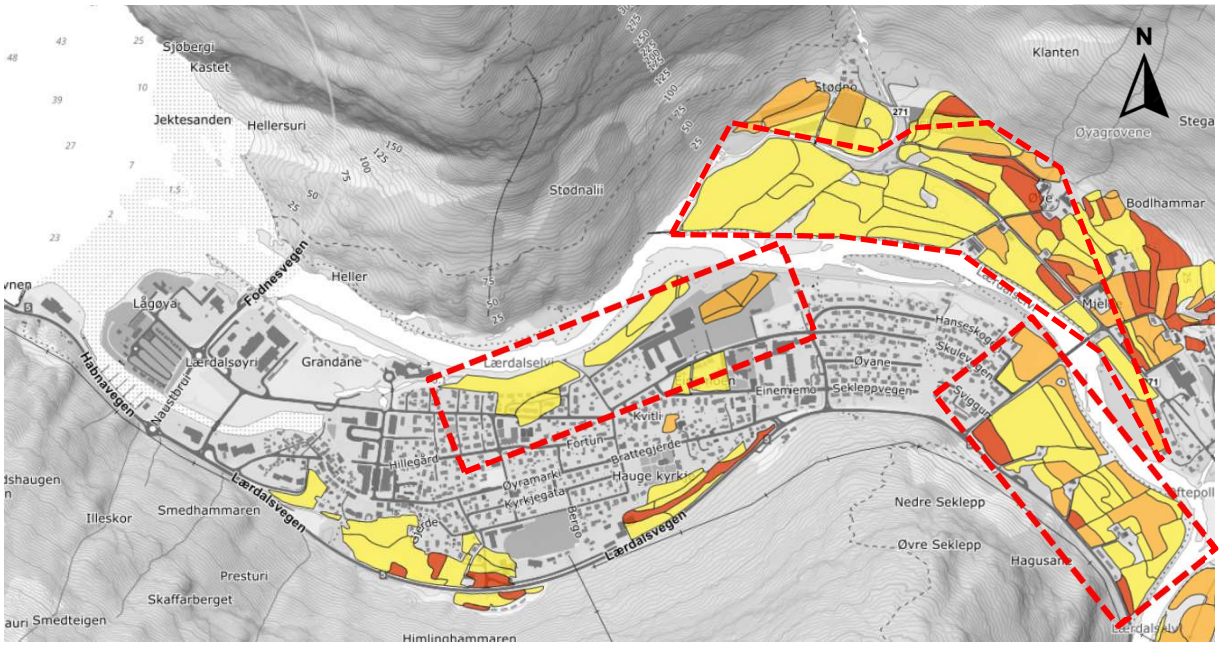
5.4.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. I dagens reguleringsgrunnlag, som består av flere gamle arealplaner er det ikke lagt inn flomverntiltak ut mot elven. I en arealplanprosess må tiltaket utredes detaljert og plan for effektiv og lønnsom drift utarbeides. Konsekvensene av tiltaket vil synliggjøres i planprosessen.

For tema friluftsliv vil anleggsperioden få konsekvenser for turstien som allerede finnes på eksisterende flomvoll. Denne er i bruk, og vil måtte legges om/erstattes midlertidig på enkelte steder. En eventuell permanent relokalisering av turstien til toppen av den nye flombarrieren kan ha negative konsekvenser for friluftsliv ved å redusere tilgangen til elven. Den visuelle påvirkningen av det kulturhistoriske bygningsmiljøet i Lærdalsøyri vil stå sentralt i utredningen, og konsekvensene vil kunne vurderes når flombarrierens utforming er på plass.

Flombarrieren vil komme nært et SEFRAK-registrert hus i Skulevegen lengst ut mot Lærdalselva. Videre vil barrieren helt i øst komme nært inntil det nasjonalt utvalgte kulturhistoriske landskapet (såkalt KULA-område) K 577 Lærdal og regionalt utvalgte kulturlandskap Lærdal (ID: KU00000037). De visuelle konsekvensene er ikke godt nok kjent ennå, og vil trolig måtte tas opp med kulturminnemyndighetene.

Tiltaket vil ha direkte påvirkning på jordbruksarealer mellom Lærdalsøyri og Lærdalselva, som vist i Figur 5-9. Jordbruksområdene på venstre bredd er lange og smale, og utbygging av en flombarriere kan medføre betydelig arealbeslag i jordbruksarealet når sammenlignet med det totalet arealet i drift per tomt. De berørte arealene varierer i kvalitet fra mindre god til middels god. Konsekvensene vil avhenge av utformingen av flombarrieren og avbøtende tiltak. Dersom det etableres en flomvoll, kan et avbøtende tiltak være å slake ut helningen på vollens fyllingssider og tilpasse de til jordbruksformål. Det er da viktig å bruke riktig underlag og bevare matjordlaget. Det kan ta tid før det opprinnelige produksjonspotensialet er gjenopprettet. Dersom det gjøres formålsendringer eller omdisponering av dyrka eller dyrkbar jord, kreves det utarbeidelse av en matjordplan. Den skal sikre at matjordlaget brukes til matproduksjon på oppfyllingsområder for ny dyrka jord eller forbedring av dyrka mark (Vestfold og Telemark Fylkeskommune, 2022). Som et avbøtende tiltak kan det også vurderes å etablere mur eller spunt mot flomvollen for å redusere arealet som fyllingen opptar på tørrsiden av flomvollen. Jordbruksområdene på høyre bredd vil ikke bli direkte påvirket av flombarrieren, men de vil bli oversvømt oftere dersom barrieren etableres. Dette skyldes at flombarrieren vil redusere plassen og kapasiteten i elven, noe som vil føre til høyere flomvannstand ved store flomhendelser. Det er estimert at den eksisterende flomvollen overtoppes ved en vannføring på 450 – 500 m^3/s i Lærdalselva. Dette tilsvarer en flom med et gjentaksintervall på 5-10 år i dag, og vil være en middelflom i fremtida på grunn av klimaendringer. Når den nye flombarrieren er på plass, vil jordbruksarealene derfor oppleve hyppigere og kraftigere oversvømmelser kun ved flommer som er større enn de nevnte intervallene.



Figur 5-9: Jordbruksarealer som er påvirket av utbygging av flombarrieren i Tiltak 2A (NIBIO, 2024).

5.4.5 Konsekvenser for landskap

For tiltak 2A er traseen for flombarrieren definert for å maksimere arealet mellom elven og flombarrieren. Det foreslås at den eksisterende flomvollen beholdes ved etablering av den nye flombarrieren. Flere områder vil bli påvirket av eller ligge svært nært tiltaket, inkludert Lærdal kulturhus, jordbruksarealet langs nordsiden av Lærdalsøyri, en naturlekeplass med skog og disk golfbane, idrettsbanen ved Lærdalshallen, samt enkelte bygninger langs Hanseskogen og veien nærmest tiltaket.

Flombarrieren vil ha en høyde over eksisterende terreng som varierer mellom + 2,5 og +3,5 meter. I denne studien er det foreslått at flombarrieren utformes som en flomvoll med en toppbredde på 4 meter og sider med en helning på 1:1,5 til 1:2. En toppbredde på 4 meter gir mulighet for å anlegge en tursti på toppen, samt legge til rette for drift og vedlikehold med maskiner. Dette er imidlertid kun et forslag, og den endelige utformingen og geometrien for flombarrieren må vurderes i neste fase. En eventuell relokalisering av den eksisterende turstien langs elven til toppen av den nye flombarrieren kan medføre ulemper for boligene som ligger nærmest flombarrieren på grunn av økt innsyn fra turgåere.

Med den foreslåtte utformingen vil flomvollen bli et dominerende trekk i landskapsbildet der den grenser mot boligområdet på Lærdalsøyri. Jordbruk- og skogsareal gir i dag rom mellom tettstedet og dagens flomvoll. Etablering av ny flomvoll vil medføre inngrep i disse arealene. Med en enkel utforming av flomvollen vil arealene oppleves som nedsenkede lommer for jordbruk og friluftsliv i landskapsrom med redusert åpenhet. Selv om det ikke er direkte visuell kontakt med elven fra Lærdalsøyri, vil to flomvoller oppleves som mer avskjærende i landskapsbildet mellom tettstedet og elven.

Utformingen av flombarrieren vil ha stor betydning for landskapsbildet. En veltilpasset utforming kan gi flombarrieren en merverdi som oppleves positivt for folk. For eksempel kan forhøyede jordbruksområder, friluftsområder, parkanlegg og oppholdsrom mellom den nye flombarrieren og elven under normalsituasjoner bidra til en positiv opplevelse. En terrassert utforming med hensiktsmessig vegetasjon kan også bidra til å redusere inntrykket av en høy vegg som skiller boligfeltet fra elven.

Tiltak 2A vurderes å ha en negativ konsekvens på landskapsbildet på grunn av arealinngrepene. En god utforming kan ha positive konsekvenser for både jordbruk og friluftsliv. Lærdal kommune har et uttalt mål om å oppnå gode idrettsanlegg for å fremme livskvalitet og folkehelse, noe som er høyt prioritert i kommunale planer. En gjennomtenkt utforming av den nye flombarrieren, sammen med tilhørende arealer, kan være et godt bidrag mot å nå dette målet.



Figur 5-10: Jordbruksareal ved Lærdalsøyri sett fra den eksisterende flomvollen.

5.4.6 Begrensninger for gjennomføring

Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for planlagt tiltak. Behov for nærmere grunnundersøkelser i traseen for flombarrieren må undersøkes nærmere. Dersom en flomvoll med helning 1:1,5 etableres, bør den ytre delen bygges med sprengstein for å sikre stabile skråninger. Anleggsveier/riggområder og stabiliteten av flombarrieren må vurderes på et senere tidspunkt, spesielt der disse ligger nær elven. Flombarrieren må erosjonssikres enten med stein eller vegetasjon avhengig av vannhastighetene langs barrieren. Dersom den eksisterende flomvollen beholdes, som anbefalt i denne studien, vil vannhastighetene ved den nye flombarrieren være lavere, og faren for erosjon vil reduseres. Dette øker sannsynligheten for at vegetasjonen på flombarrieren fungerer tilstrekkelig som erosjonssikringstiltak, noe som vil være positiv for landskapet og miljøet. Det kan være aktuelt å vurdere om det er nødvendig å sikre den eksisterende flomvollen mot erosjon dersom den beholdes. Multiconsult mener imidlertid at slike tiltak ikke er nødvendig dersom den nye flombarrieren etableres, da eventuelle brudd i flomvollen forårsaket av erosjon under flomhendelser vil få mindre konsekvenser. I stedet anbefales det å reparere

erosjonsskader på flomvollen etter hvert som de oppstår, og dimensjonere reparasjonene basert på et bestemt gjentaksintervall.

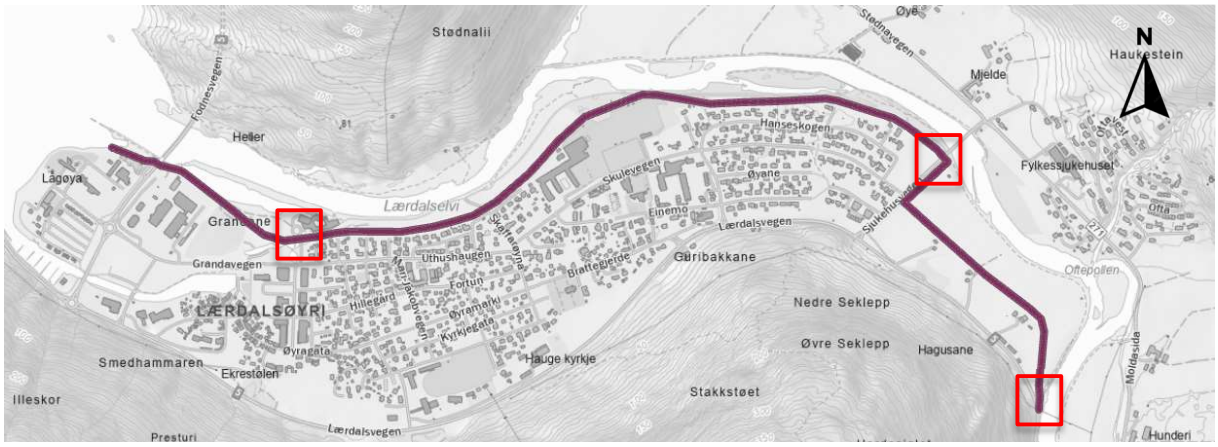
Høyere flomvannstand i elven enn terrengnivået bak flombarrieren vil føre til vannlekkasje under flombarrieren. Permeabiliteten til massene under og rundt flombarrieren vil være avgjørende for hvor store vannmengder det er snakk om. Programvaren Seep/W (Geostudio 2012) er brukt til å modellere vannlekkasje gjennom og under den foreslåtte vollen. Grunnen i Lærdalsøyri består av elveavsetninger (sand og grus), og den hydrauliske permeabiliteten er hentet fra grunnvannsmodellen utarbeidet av Dr. Blasy & Dr. Øverland (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024). Det vil være behov for avbøtende tiltak for å håndtere disse vannmengdene og unngå oversvømmelser i Lærdalsøyri. Beregninger av vannlekkasje, resultater og foreslåtte avbøtende tiltak er nærmere beskrevet i kapittel 6.3.

Det er identifisert flere konflikter mellom den nye flombarrieren og eksisterende VA-anlegg. Konfliktene kan løses ved å legge ledningene i varerør, lage en sparing i tetningslaget til flombarrieren samt bruk av tilbakeslagsventiler. Flombarrieren vil også komme i konflikt med både høy- og lavspentlinjer. Selv om disse konfliktene er løsbare, vil de medføre økte kostnader ved etablering av flombarrieren. Disse konfliktene må vurderes nærmere i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

Ved starten av flombarrieren må Lærdalsvegen tilpasses. Forventet flomvannstand under en klimajustert 1000-årsflom er 11,5 moh., mens Lærdalsvegen ligger rundt 11,1 moh. på dette punktet. For å oppnå et fribord på 0,5 m kreves en heving av veien på 0,9 m, slik at den integreres i flombarrieren. Med en daglig trafikk (ÅDT) på 3400 kjøretøy (Statens vegvesen, 2024) og en maksimal stigning på 6% (Statens vegvesen, 2014), må veien justeres over en strekning på 30 meter. Heving av Lærdalsvegen kan unngås ved å la flombarriere stoppe før den krysser veien, og i stedet bruke organisatoriske tiltak for å sikre en kontinuerlig flombarriere når det er varslet flom i Lærdalselva. På denne måten vil også Lærdalsøyri være flomsikret, men slike organisatoriske tiltak er ikke samsvar med kravene i TEK17.

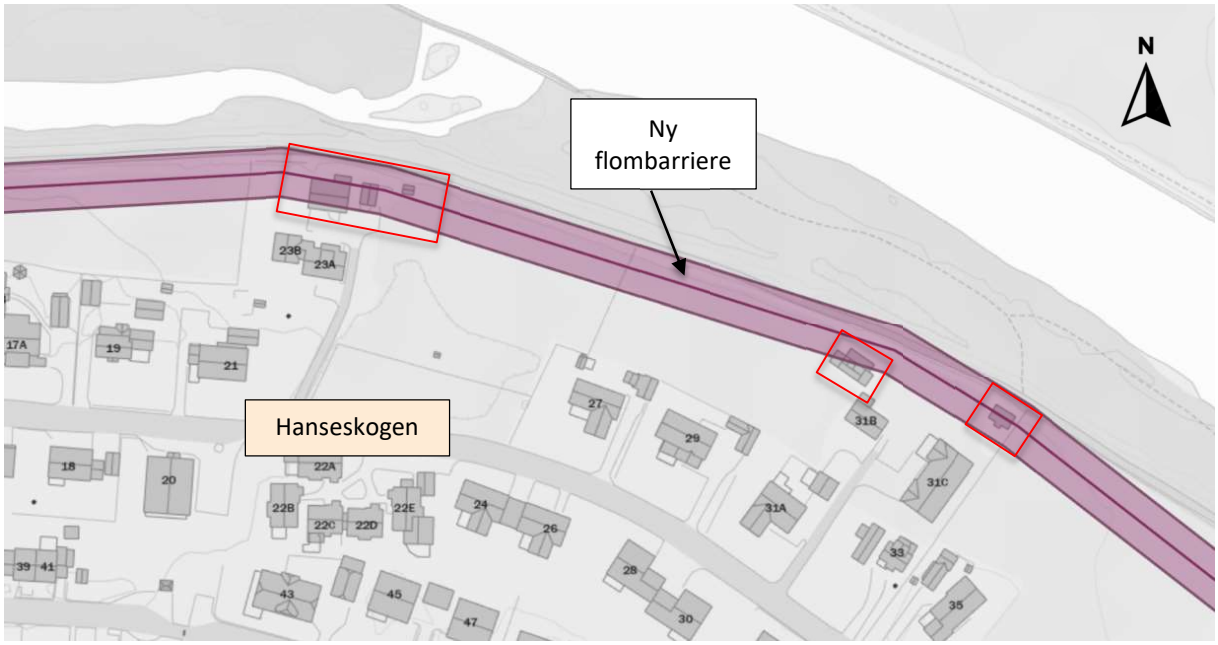
Flombarrieren vil også krysse Sjukehusvegen, hvor forventet flomvannstand er 9,0 moh., mens veien ligger på omtrent 8,2 moh. Med et fribord på 0,5 meter må Sjukehusvegen heves med 1,3 meter på dette punktet. Med en ÅDT på 1000 kjøretøy (Statens vegvesen, 2024) og en maksimal stigning på 8% (Statens vegvesen, 2014), må veien justeres over en strekning på rundt 16 meter fra flombarrieren og mot sørvest. Justering mot nordøst krever heving av Sykehusbrua.

Veien til Lærdal kulturhus vil også bli påvirket av flombarrieren. Forventet flomvannstand ved en klimajustert 1000-årsflom er 3,6 moh., mens veien ligger på omtrent 1,7 moh. For å oppnå et fribord på 0,5 m kreves en justering av veien på 2,4 meter. Dersom stigningen ikke kan overstige 8 %, må veien justeres over en strekning på 60 meter (30 meter på hver side av flombarrieren). Dette kan være utfordrende å oppnå uten å legge om veien eller rundkjøringen ved Lærdal kulturhus. Heving av veien kan unngås ved å bruke organisatoriske tiltak, på samme måte som beskrevet for Lærdalsvegen i dette delkapittelet.



Figur 5-11: Oversikt over flombarrierens kryssinger ved kjøreveier: veien til Lærdal kulturhus (t.v.), Sjukehusvegen (midt) og Lærdalsvegen (t.h.).

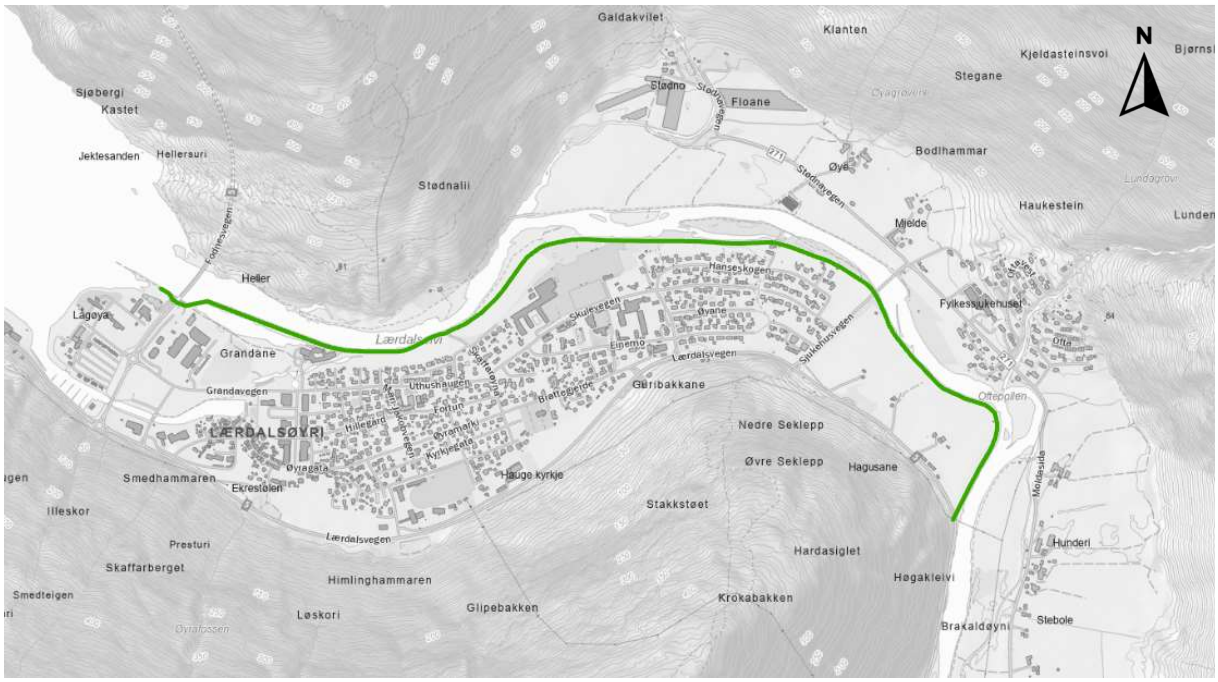
Flombarrieren vil krysse flere bygninger som må rives. Ingen av bygningene er ment for boligformål.



Figur 5-12: Oversikt over bygninger som må rives ved etablering av tiltak 2A.

5.5 Tiltak 2B: Flombarriere alternativ B

5.5.1 Teknisk skisse



Figur 5-13: Oversiktskart som viser traseen til flombarrieren i alternativ B.

Tiltaket innebærer en flombarriere fra Lærdalsvegen i Hunderi til Lærdalsfjorden, cirka 120 meter nedstrøms broen til Fodnesvegen. Forskjellen med tiltak 2A er at trasen følger eksisterende flomvoll, slik at det gis mindre plass til elven ved større flomhendelser. Lengden er også på omtrent 3300 meter.

5.5.2 Flomskadereduksjon

Ved å heve eksisterende flomvoll fra Hunderi til utløpet, vil flomskade i Lærdal reduseres betraktelig.

Tiltaket vil gi mindre plass til elven sammenlignet med flombarrieren beskrevet i tiltak 2A (kapittel 5.4). Det vil derfor være behov for en høyere flombarriere.

Flombarrieren sikrer hele Lærdalsøyri sentrum, men forverrer situasjonen for bygningene på motsatt side av elven, herunder sykehuset. Denne forverringen er større enn ved tiltak 2A. Den nødvendige høyden på flombarrieren og forskjellen mellom tiltakene er nærmere beskrevet i kapittel 6.3.

5.5.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Sammenlignet med tiltak 2A vil flombarrieren i tiltak 2B ha direkte innvirkning på kantsonen langs nedre deler av Lærdalselva. Etablering av flombarrieren nært vassdraget vil kunne påvirke kantvegetasjonen mot vassdraget i anleggsperioden og potensielt permanent i driftsfasen avhengig av barrierens utforming og plassering. Viktige funksjoner som kan bli berørt ved fjerning av kantvegetasjon er skjul- og skyggeområder for fisk og tilførsel av næring til akvatiske insekter. Det bør sikres muligheter for revegetering over tid for å opprettholde kantvegetasjon i fremtiden.

Terrestrisk miljø

Flombarrieren er foreslått slik at den griper fysisk inn i en registrert lokalitet, en naturbeitemark.

Flombarrieren kan føre til økt vannstand i andre deler av elven, og gi endrede forhold for sedimentering og erosjon, både i elven og i deltaområdet, noe som kan påvirke naturtypene og de rødlistede artene i elven negativt. Sammenlignet med tiltak 2A strekker tiltak 2B seg langs en større del av elvestrekningen, noe som kan føre til større endringer i vannhastighet i elven og øke faren for erosjons og utvasking ved store flommer.

Det er viktig å bevare så mye av kantskogen langs vassdraget som mulig, da disse fungerer som leveområde for blant annet fugl og vilt.

Ved etablering av flombarrieren kan det være behov for å hensynta fugl, for eksempel ved å unngå støyende arbeid i hekkesesongen.

5.5.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. I dagens reguleringsgrunnlag, som består av flere gamle arealplaner er det ikke lagt inn flomverntiltak ut mot elven. I en arealplanprosess må tiltaket utredes detaljert og plan for effektiv og lønnsom drift utarbeides. Konsekvensene av tiltaket vil synliggjøres i planprosessen.

For tema friluftsliv vil anleggsperioden få konsekvenser for gangstien som allerede finnes på eksisterende flomvoll. Denne er i bruk, og vil måtte erstattes.

For kulturarv vil flombarrieren også i dette alternativet ha visuelle konsekvenser for det kulturhistoriske bygningsmiljøet i Lærdal sentrum. Barrieren vil også komme nært et SEFRAK-registrert hus i Skulevegen lengst ut mot Lærdalselva. Videre vil barrieren helt i øst komme nært inntil det nasjonalt utvalgte kulturhistoriske landskapet (såkalt KULA-område) K 577 Lærdal og regionalt utvalgte kulturlandskap Lærdal (ID: KU00000037). De visuelle konsekvensene er ikke godt nok kjent ennå, og vil trolig måtte tas opp med kulturminnemyndighetene.

Tiltak vil ha en direkte påvirkning på jordbruksarealene på venstre bredd mellom Lærdalsøyri og Lærdalselva, i likhet med det som er beskrevet for flombarrieren i alternativ A. Selv om det er mulig at arealinngrepet og det permanente tapet av jordbruksareal kan bli mindre dersom den nye flombarrieren bygges opp fra den eksisterende flomvollen og legges tett inntil, vil dette i stor grad avhenge av hvordan flombarrieren utformes. Ved store flomhendelser vil jordbruksområdene på høyre bredd også bli negativt påvirket av flombarrieren, med høyere vannstander og vannhastigheter. Siden tiltak 2B gir mindre plass til elven, kan skadene på høyre bredd bli større enn med tiltak 2A. Denne negative påvirkningen stopper heller ikke ved Oftepollen, men fortsetter opp til Hauge.

5.5.5 Konsekvenser for landskap

Tiltak 2B følger samme trase som dagens flomvoll. Den nye flombarrieren bygges opp i forlengelsen av den eksisterende, noe som minimaliserer arealbehovet og hindrer at det blir flere flombarrierer i landskapsbildet. En plassering nærmere elven vil kreve en høyere flombarriere, noe som forsterker inntrykket av kanalisering. Avstanden mellom boligområdet og flombarrieren gjør at tiltaket i større grad underordner seg landskapsbildet, selv om en flombarriere i denne traseen vil være høyere enn ved tiltak 2A.

Utformingen av flombarrieren vil ha stor betydning for landskapsbildet. En god utforming kan tilføre merverdi utover flomsikring, for eksempel ved å tilrettelegge for friluftsområder og oppholdsrom mellom den nye flombarrieren og Lærdalsøyri.

Tiltaket er vurdert til å ha en negativ konsekvens for landskapsbildet, men kan ha positive effekter avhengig av utformingen. Som for alternativ 2A kan en god utforming av en hevet flombarriere med

tillstøtende arealer bidra betydelig til å nå målet om gode idrettsanlegg, noe som vil fremme livskvalitet og folkehelse.



Figur 5-14: Fotballbanen som tilgrenser eksisterende flomvoll ved Lærdalshallen.

5.5.6 Begrensninger for gjennomføring

Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for planlagt tiltak. Behov for grunnundersøkelser i traseen for flombarrieren må undersøkes nærmere. Dersom en flomvoll med helning 1:1,5 etableres, bør den ytre delen bygges med sprengstein for å sikre stabile skråninger. Anleggsveier/riggområder og stabiliteten av flombarrieren må vurderes på et senere tidspunkt, spesielt der disse ligger nær elven. Flombarrieren må erosjonssikres enten med stein eller vegetasjon avhengig av vannhastighetene langs barrieren.

Problematikken med vannlekkasje beskrevet i kapittel 5.4.6 gjelder også for denne traseen. Beregninger av vannlekkasje, resultater, og foreslåtte avbøtende tiltak er nærmere forklart i kapittel 6.3. Resultatene viser blant annet at forskjellen i vannlekkasje mellom tiltak 2A og 2B er minimal.

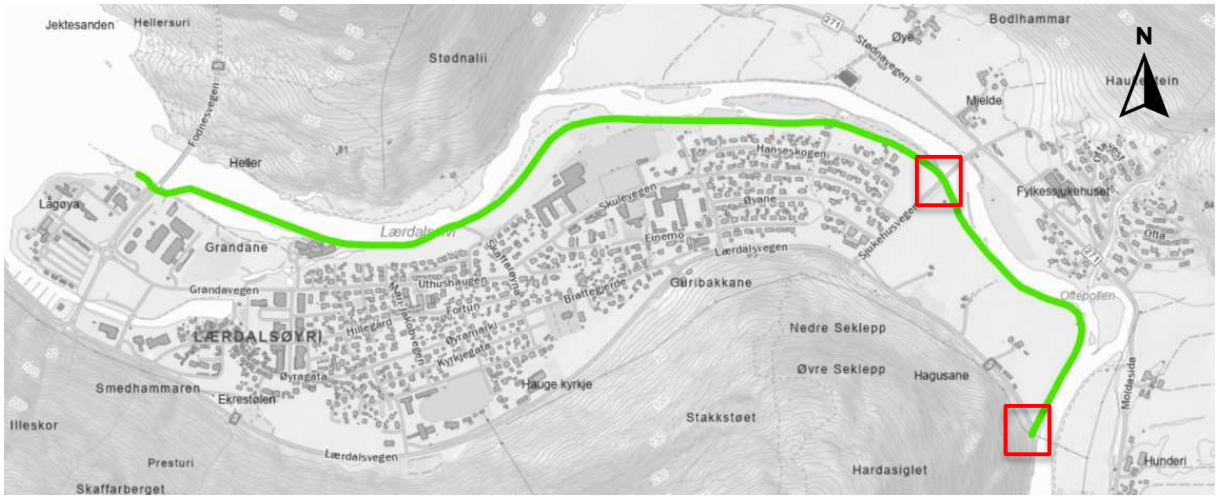
Det er identifisert flere konflikter mellom den nye flombarrieren og eksisterende VA-anlegg. Konfliktene kan løses ved å legge ledningene i varerør og lage en sparing i tetningslaget til flombarrieren. Flombarrieren vil også komme i konflikt med både høy- og lavspentlinjer. Selv om disse konfliktene er løsbare, vil de medføre økte kostnader ved etablering av flombarrieren. Disse konfliktene må vurderes nærmere i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

Ved starten av flombarrieren må Lærdalsvegen tilpasses. Forventet flomvannstand under en klimajustert 1000-årsflom er 12,2 moh., mens Lærdalsvegen ligger rundt 11,0 moh. på dette punktet.

Med et fribord på 0,5 meter, kreves en heving av veien på 1,7 meter, slik at den blir en del av flombarrieren. Med en daglig trafikk (ÅDT) på 3400 kjøretøy (Statens vegvesen, 2024) og en maksimal stigning på 6% (Statens vegvesen, 2014), må veien justeres over en strekning på rundt 60 meter. Heving av Lærdalsvegen kan unngås ved å la flombarriere stoppe før den krysser veien, og i stedet bruke organisatoriske tiltak for å sikre en kontinuerlig flombarriere når det er varslet flom i Lærdalselva. På denne måten vil også Lærdalsøyri være flomsikret, men slike organisatoriske tiltak er ikke samsvar med kravene i TEK17.

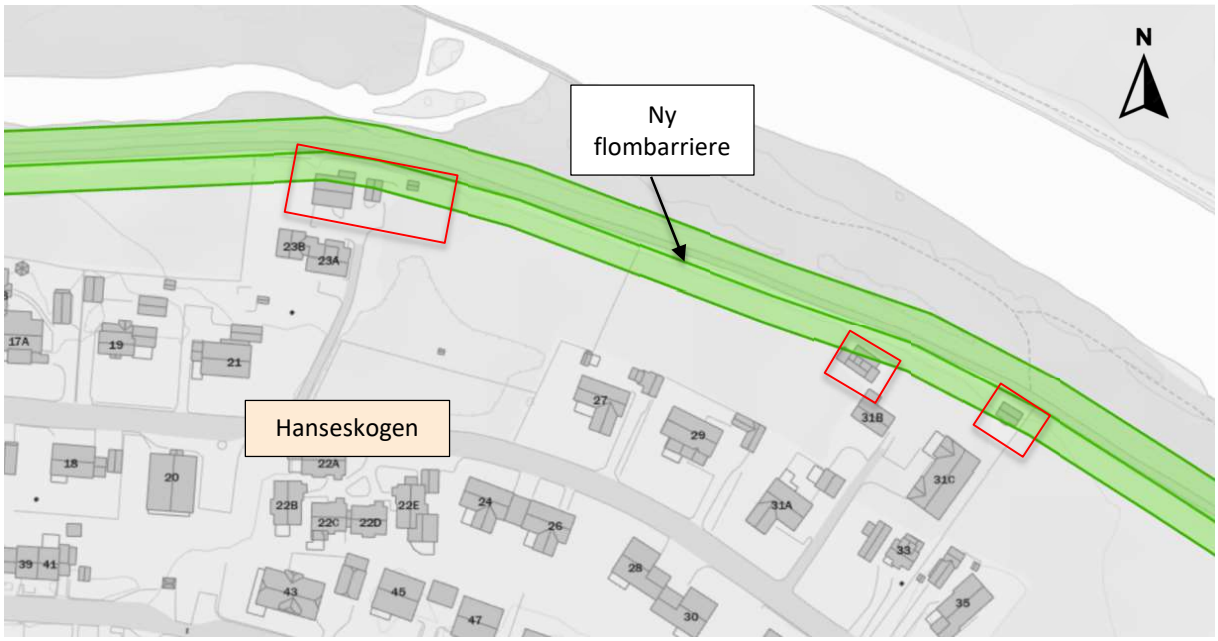
Flombarrieren vil også krysse Sjukehusvegen, hvor forventet flomvannstand er 9,6 moh., mens veien ligger på omtrent 8,8 moh. Med et fribord på 0,5 meter, må Sjukehusvegen heves med 1,3 meter på dette punktet. Med en ÅDT på 1000 kjøretøy (Statens vegvesen, 2024) og en maksimal stigning på 8% (Statens vegvesen, 2014), må veien justeres over en strekning på rundt 16 meter. Justering mot nordøst krever heving av Sykehusbrua.

Veien til Lærdal kulturhus vil også bli påvirket av flombarrieren. Forventet flomvannstand ved en klimajustert 1000-årsflom er 4,0 moh., mens veien ligger på omtrent 1,7 moh. Med et fribord på 0,5 meter, kreves en justering av veien på 2,8 meter. Dersom stigningen ikke kan overstige 8 %, vil veien måtte justeres over en strekning på 70 meter (35 meter på hver side av flombarrieren). Heving av veien kan unngås ved å bruke organisatoriske tiltak, på samme måte som beskrevet for Lærdalsvegen i dette delkapittelet.



Figur 5-15: Oversikt over flombarrierens kryssinger ved kjøreveier: Sjukehusvegen (t.v.) og Lærdalsvegen (t.h.).

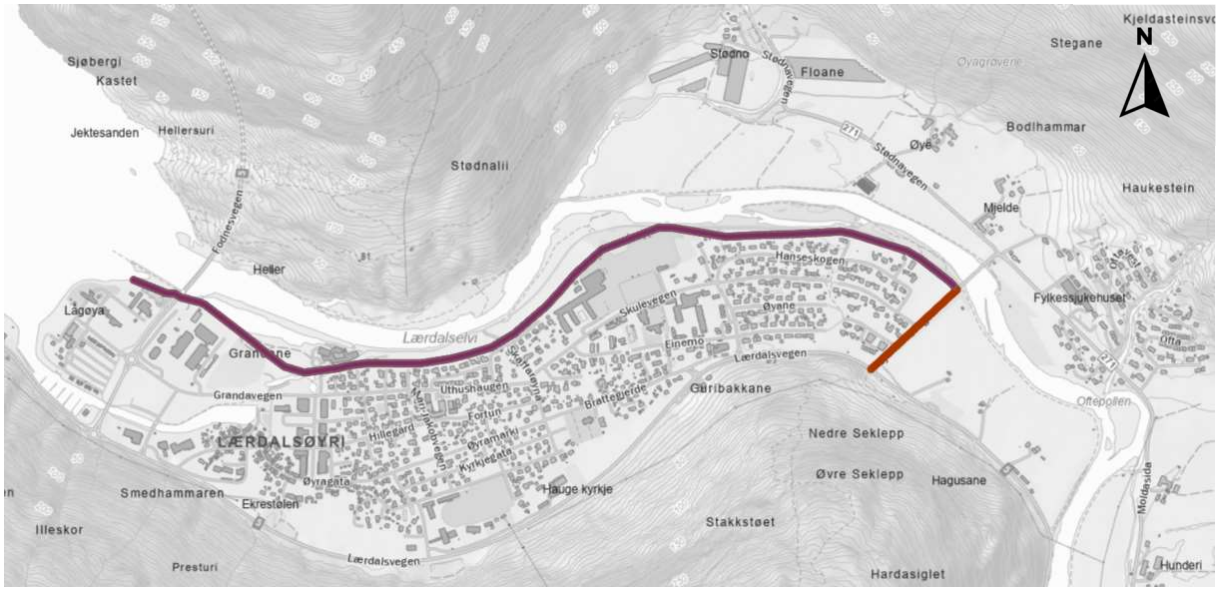
Flombarrieren vil krysse flere bygninger som må rives. Det gjelder samme bygningene som ved tiltak 2A, og ingen av disse er ment for boligformål.



Figur 5-16: Oversikt over bygninger som må rives ved etablering av tiltak 2B.

5.6 Tiltak 3: Heving av Sjukehusvegen

5.6.1 Teknisk skisse



Figur 5-17: Oversiktskart som viser heving av Sjukehusvegen (brun) og en del av tiltak 2A (lilla).

Tiltaket innebærer en flombarriere fra Sjukehusvegen til Lærdalsfjorden, omtrent 120 meter nedstrøms broen til Fodnesvegen. Forskjellen mellom tiltak 2A og 3 er at Sjukehusvegen heves slik at den blir en del av flombarrieren. Dette gjør at flombarrieren ikke trenger å forlenges til Lærdalsvegen ved Hunderi. Hevingen av Sykehusvegen må ses i sammenheng med oppgraderingen av Sykehusbrua, som er et pågående prosjekt for fylkeskommunen. Videre kan flombarrieren følge enten alternativ 2A eller 2B nedstrøms for å beskytte Lærdal sentrum. Sjukehusvegen heves over en strekning på 320 meter, mens flombarrieren nedstrøms er omtrent 2400 meter lang for både alternativ 2A og 2B.

5.6.2 Flomskadereduksjon

Tiltaket sikrer hele Lærdalsøyri sentrum med unntak av bygningene på sletta oppstrøms Sjukehusvegen, herunder et verneverdig heimevernet-anlegg. Videre vil tiltaket forverre situasjonen noe for bygningene på motsatt side av elven, herunder sykehuset.

5.6.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Tiltaket med heving av Sjukehusvegen vil ha liten til ingen innvirkning på den anadrome strekningen i en driftsfase. Forøvrig vises det til kantsoneproblematikk omtalt til tiltak 2A og 2B.

Terrestrisk miljø

Heving av Sjukehusvegen ser ikke ut til å ha noen direkte negativ påvirkning for terrestrisk naturmangfold. Konsekvenser av tiltaket videre nedstrøms vurderes som for 2A og 2B.

5.6.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. I dagens reguleringsgrunnlag, som består av flere gamle arealplaner er det ikke lagt inn flomverntiltak ut mot elven. I en arealplanprosess må tiltaket utredes detaljert og plan for effektiv og lønnsom drift utarbeides. Konsekvensene av tiltaket vil synliggjøres i planprosessen.

For tema friluftsliv vil heving av Sjukehusvegen ha liten til ingen konsekvenser.

Tiltaket vil, som øvrige flombarrierealternativer, kunne ha visuelle konsekvenser for kulturminner og -miljøer i Lærdalsøyri tettstedssentrum.

Tiltak vil ha en direkte påvirkning på jordbruksarealer langs Sjukehusvegen. For å bygge opp en høyere vei med trygge veikanter, er det behov for permanent beslag av jordbruksareal. Konsekvenser vil være svært lokale, men medfører tap av jordbruksareal av svært god kvalitet (se Figur 5-18).



Figur 5-18: Jordkvalitet av jordbruksarealer langs Sjukehusvegen (NIBIO, 2024).

5.6.5 Konsekvenser for landskap

Tiltak må planlegges i sammenheng med oppgradering av Sjukehusvegen og broen. Den eksisterende veien er allerede hevet i terrenget, og det er planlagt en ytterligere heving på 2,5-3,0 meter over dagens nivå. Denne hevingen vil forsterke inntrykket av en svær lineær form i landskapet, der jordbruksarealene går over i boligområder. Vegfyllingene vil beslaglegge 6-7m på hver side av veien. Tiltaket vil ha en moderat negativ konsekvens på landskapsbildet. For å dempe virkningen av inngrepet kan skråningene utformes med svært slak helning. Selv om dette vil kreve større areal ved etableringen, kan de slake skråningene over tid integreres i produksjonsarealene til de omkringliggende jordene. Dette vil dermed begrense arealbruken, forutsatt at det ivaretas gjennom regulering.



Figur 5-19: Sjukehusvegen.

5.6.6 Begrensninger for gjennomføring

Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for planlagt tiltak. Behov for nærmere grunnundersøkelser i veien må undersøkes nærmere. Stabiliteten av veien og anleggsveier/riggområder må vurderes på et senere tidspunkt. Behov for erosjonssikring må vurderes.

Problematikken med vannlekkasje beskrevet i kapittel 5.4.6 gjelder også ved heving av Sjukehusvegen. Beregninger av vannlekkasje, resultater og foreslåtte avbøtende tiltak er nærmere beskrevet i kapittel 6.5.

Det er identifisert flere konflikter mellom en eventuell heving av Sjukehusvegen og eksisterende VA-anlegg. Disse konfliktene kan løses ved å legge ledningene i varerør og lage en sparing i tetningslaget

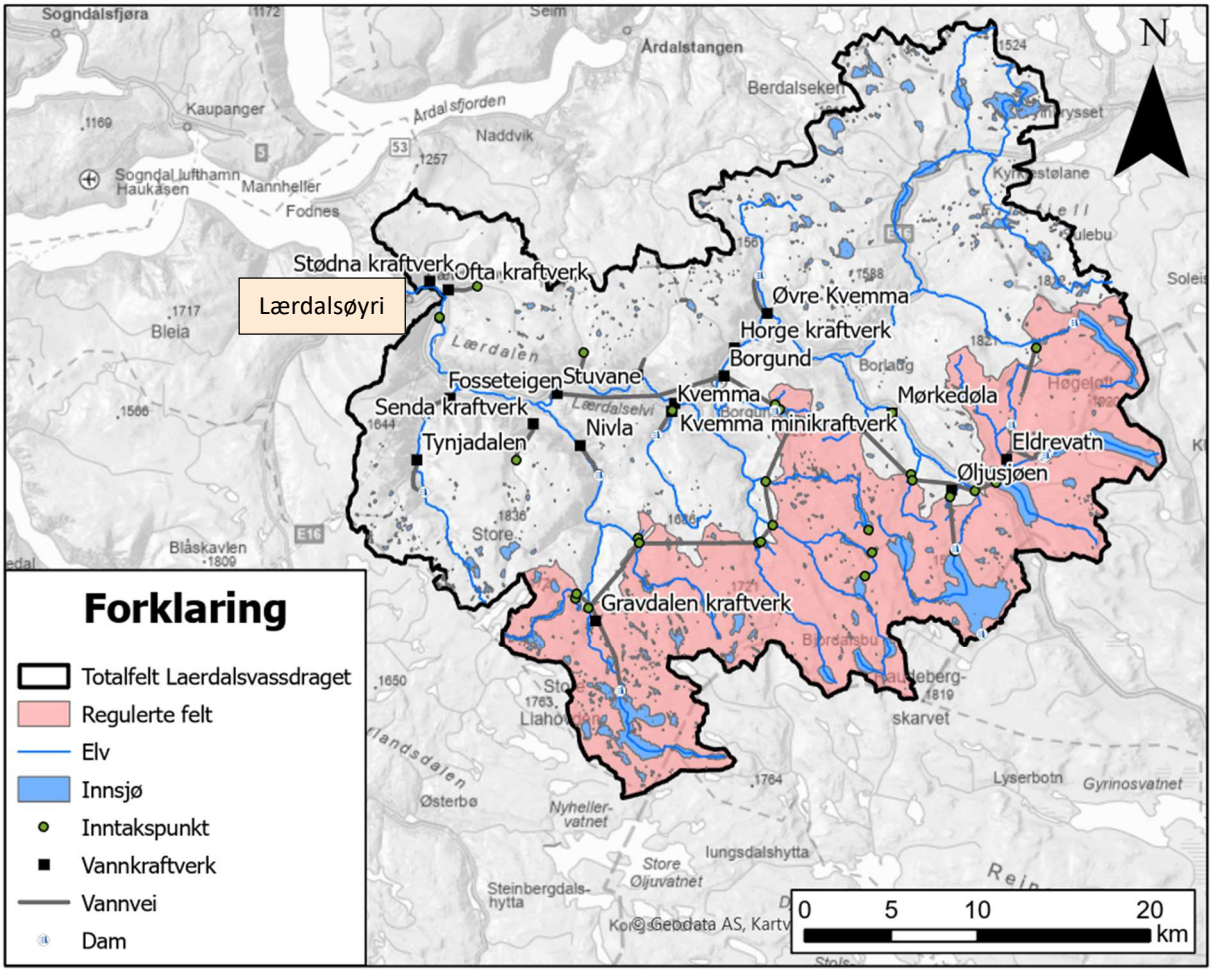
til den hevde veien. Tiltaket vil også komme i konflikt med høyspentlinjer. Selv om disse konfliktene er løsbare, vil de medføre økte kostnader ved etablering av tiltaket. Disse konfliktene må vurderes nærmere i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

For å tilpasse krysningen av Lærdalsvegen og Sjukehusvegen kreves en heving på 2,7 meter (med et antatt fribord på 0,5 meter). Med en maksimal stigning på 6%, må Lærdalsvegen justeres over en strekning på 90 meter (45 meter på hver side av krysset). I tillegg må to innkjørsler til boligfeltet vest for Sjukehusvegen tilpasses. Alternativt kan Sjukehusvegen flyttes noe mot øst, eller heves mindre ved innkjørslene, samtidig som en flombarriere i form av mur eller innstøpt spunt etableres på østsiden.

Oppgraderingen av Sykehusbrua må tilpasses heving av vegen.

5.7 Tiltak 4: Regulering

5.7.1 Teknisk skisse og beskrivelse

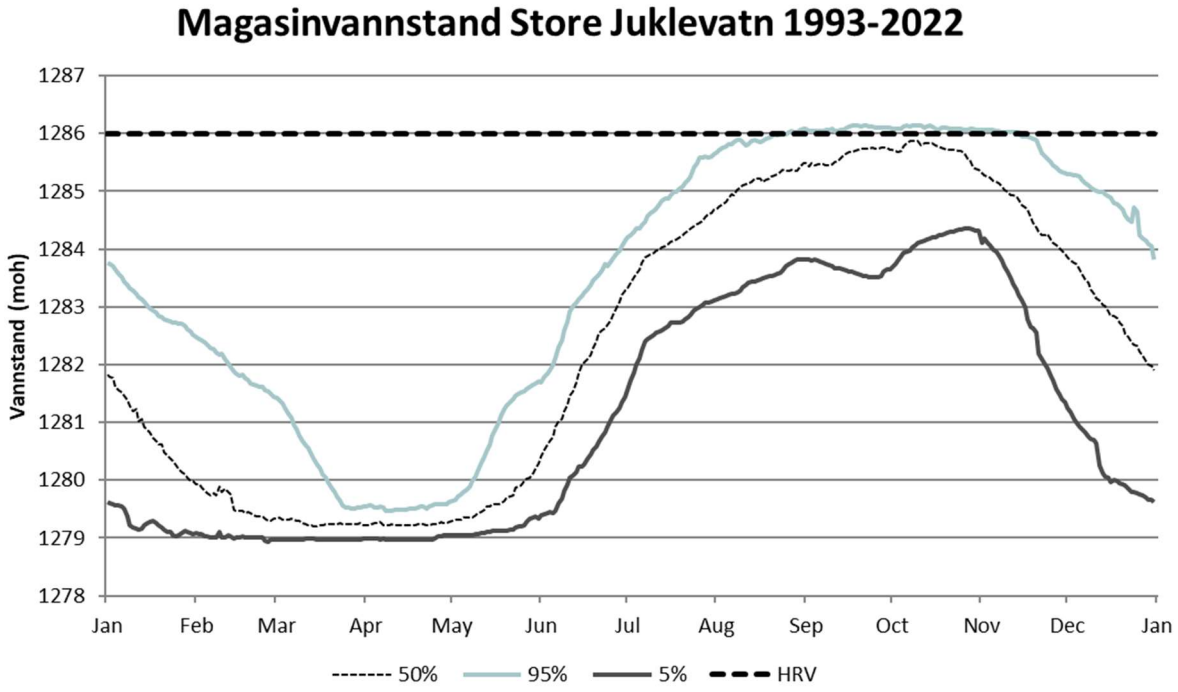


Figur 5-20: Oversiktskart som viser nedbørfeltet til Lærdalselva ved Lærdalsøyri samt regulerte felt.

Lærdalsvassdraget er kraftig regulert med en rekke overføringer og reguleringsmagasiner. Totalt drenerer 405 av 1186 km^2 til et reguleringsmagasin (se Figur 5-20).

Tiltaket innebærer en økning i regulering- og overføringskapasiteten i alle magasinene slik at de kan overføre og fordrøye opptil 1000-årsflommer, inkludert klimapåslag. Effekten av tiltaket er vurdert, men hva som trenges for å oppnå denne flomdempingen er ikke vurdert, da dette ville kreve mer

inngående analyser av flomforløp og flomvolumer, noe som ikke har vært en del av denne mulighetsstudien. I dagens klima er det snøsmelteflommer i mai, juni og juli som gir de klart største flommene i vassdraget, og slik energimarkedet er i dag, vil magasinene alltid være nedtappet i forkant av flommene (se Figur 5-21). Det er derfor svært sannsynlig at magasinene slik de er i dag vil kunne bidra til å dempe også de største flommene. I SamVann-prosjektet, et forskningsprosjekt med flere samarbeidspartnere som ser på virkningen av vassdragsreguleringer på flommer og flomskader, inngår Lærdalselva som en case, men resultatene er ikke publisert ennå.



Figur 5-21: Historisk magasinvannstand ved Store Juklevatn.

For tiltak 1 er det antatt at all vannføring fra de 405 km² nedbørfelt som er tilknyttet et magasin kan holdes tilbake ved en flom. Dette vil kreve utvidelse av flere tunneler og inntak for overføring av flom fra bekkeinntak. I tillegg vil det kunne være nødvendig å endre reguleringsgrenser i magasinene, eller å heve dammer.

5.7.2 Flomskadereduksjon

Kulminerende 1000-årsflom inkludert klimapåslag ved Lærdalsøyri reduseres fra 1436 m^3/s til 943 m^3/s. Tilsvarende flomreduksjon for 200-årsflom inkludert klimapåslag er fra 1223 m^3/s til 803 m^3/s.

Regulering alene vil ikke være tilstrekkelig for å unngå flomskade i Lærdal sentrum, siden skader på bebyggelse oppstår ved vannføring i Lærdalselva ved Lærdalsøyri på rundt 500 m^3/s.

Dersom alle flommer reduseres med et slikt tiltak, kan det føre til større masseavlagring i Lærdalselva. Dette kan svekke elvens kapasitet til å håndtere større flommer når de inntreffer.

5.7.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Tiltaket vil kunne påvirke ferskvannsøkologien i magasinområdene i fjellet og kan innebære at gyting og oppvekst av stasjonær ørret endres og reduseres ut fra de forholdene som over tid har etablert seg. Endringer i vannstand og reguleringssone påvirker bunndyr og produksjon av næring for fisk i strandsonen. Før fysisk gjennomføring av tiltaket bør det vurderes effekter og tiltak som reduserer

partikkelforurensning til vann fra sprengings- og anleggsarbeid, og om dette bør gjennomføres utenfor gyteperioden for fisk.

Terrestrisk miljø

Tiltaket vil kunne føre til en endring i flomdynamikken i de regulerte sidevassdragene ved at flomtoppene reduseres. Dette kan føre til at variasjonene i de regulerte vassdragene reduseres ytterligere, og gi ytterligere negative konsekvenser for naturtyper og arter som er avhengig av en viss flompåvirkning for overlevelse.

For naturmangfold i selve Lærdalselva vil tiltaket trolig ha begrenset effekt, men kan potensialt påvirke areal med åpen flomfastmark og flomskogsmark.

5.7.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Regulering av vannføring vil få konsekvenser for arealplanlegging i den grad at en må legge inn soner som viser og tar høyde for flomhendelser. En må videre utvikle stedet på disse premissene – jevnlige flomhendelser. Ingen arealplanmessig prosess etter plan- og bygningsloven er nødvendig, all den tid det ikke bygges søknadspliktige (fysiske) byggetiltak i samband med alternativet. Avklaringer i samband med NVE og vassdrags- og konsesjonslovgivningen bør imidlertid avklares.

Det forventes ingen alvorlige konsekvenser for friluftsliv eller kulturminner.

Når det gjelder jordbruk, kan tiltaket ha positive effekter ved at jordbruksarealene blir mindre utsatt for flom.

5.7.5 Konsekvenser for landskap

Regulering av et vassdrag reduserer flomtopper, slik at elven blir mindre dynamisk. Lærdalselva er allerede påvirket av eksisterende regulering, og tiltaket medfører derfor ikke vesentlige endringer. Tiltaket vil kun bli benyttet i forkant av og under flomhendelser, slik at skadeomfanget på landskapet under store flomhendelser reduseres. Landskapsbildet under normalsituasjoner vil være uendret. Nedtapping av magasiner kan synliggjøre reguleringssonen, som kan oppleves som et fremmedelement i fjellandskapet. Dagens manøvreringsreglement avdekker reguleringssonen avhengig av værforhold, slik at det ikke er forventet en betydelig endring i landskapsopplevelsen med dette tiltaket. Imidlertid kan inngrepet i landskapet øke noe dersom reguleringssonen økes som en del av tiltaket. Tiltak 1 er vurdert å ha en ubetydelig konsekvens for landskapsbildet i Lærdalsøyri.

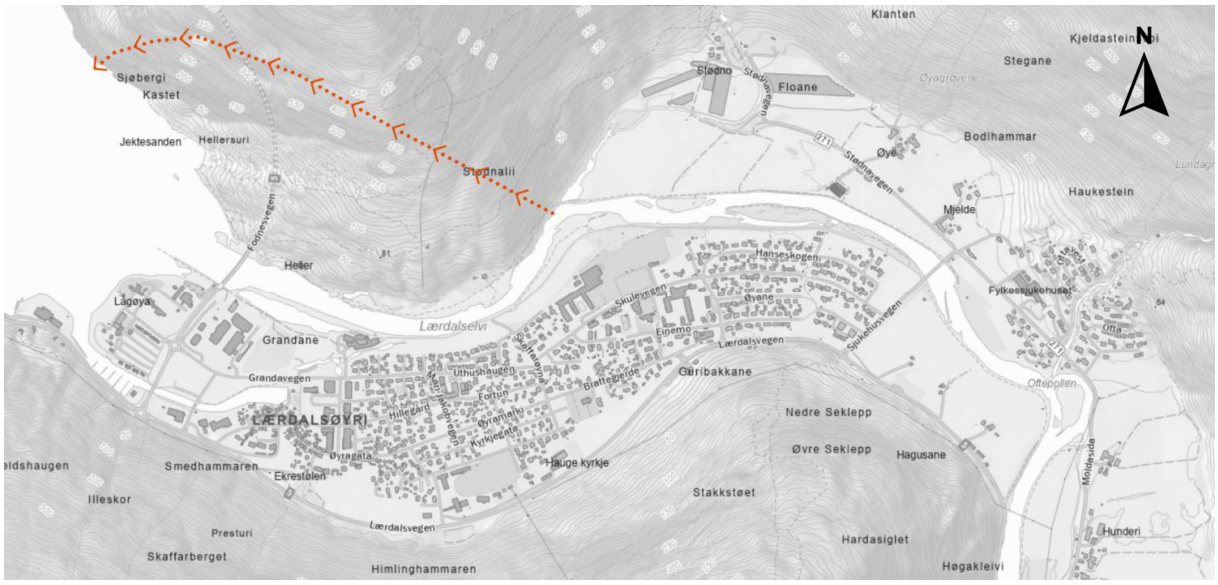
5.7.6 Begrensninger for gjennomføring

Tiltaket vurderes å ikke ha innvirkning på geotekniske forhold i Lærdalsøyri.

I denne fasen er det ikke vurdert i detalj hvilke tiltak som kreves for å oppnå den ønskede flomdempingen, noe som gjør det utfordrende å beskrive gjennomføringsbegrensningene nøyaktig. Å gjennomføre tiltaket i sin helhet vurderes imidlertid som svært omfattende, da det vil innebære utvidelse av tunneler og inntak for flomoverføring fra bekker, samt eventuelt endringer i reguleringsgrenser i magasinene eller heving av dammer.

5.8 Tiltak 5: Flomtunnel ved utløpet

5.8.1 Teknisk skisse og beskrivelse



Figur 5-22: Oversiktskart som viser foreslått trase til flomtunnelen ved utløpet til Lærdalselva.

Tiltaket innebærer sprenging av en flomtunnel på høyre bredd av Lærdalselva ved Lærdalsøyri. Basert på plassering og trase vist i Figur 5-22, vil tunnelen ha en lengde på omtrent 1500 meter. Utløp ved Jektesanden er også blitt vurdert da lengden ville reduseres med 400 meter.

5.8.2 Flomskadereduksjon

Ved å etablere en flomtunnel ved utløpet av Lærdalselva vil flomvannføringen i nedre del av elven reduseres. Denne strekningen har et begrenset tverrsnitt og lav kapasitet til å håndtere flomvann. Den hydrauliske modellen viser at Lærdalselva nedstrøms innløpet til tunnelen har en kapasitet på omtrent 460 m^3/s, noe som betyr at tunnelen må dimensjoneres for omtrent 1050 m^3/s for å kunne håndtere en klimajustert 1000-årsflom. Dersom kapasiteten reguleres uten luker, vil det være behov for et tverrsnitt på ca. 1100 m^2 (antatt trykkstrømning, og energitap i innløpet på 2,0 m). Med lukesystem, kan tverrsnittet reduseres til 400 m^2 (antatt trykkstrømning, og estimert energitap i innløpet og lukene på 0,7 m).

Flomtunnelen ved utløpet alene vil ikke være tilstrekkelig for å unngå flomskade i Lærdalsøyri.

5.8.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

<u>Akvatisk miljø</u>

Tiltaket vil berøre de økologiske forholdene på de nederste 1000 m av Lærdalselva. Det meste av strekningen er påvirket av flo og fjære, som i samvirke med flere terskler, er kjent for sine gode fiskeplasser. Tunnelinnslaget er planlagt like oppstrøms hølen Jeriko i området med utløpet av sidevassdraget Stødna. Jeriko er en naturlig høl ettertraktet i sportsfiske og Stødna er en gytelokalitet for sjøørret.

En flomtunnel setter store krav til fordeling av vannmengder mellom tunnel og elv som sikrer de økologiske forholdene i den nederste del av lakseførende strekning i Lærdalselva slik vi kjenner disse i dag. I hvilken grad flomvannet fra tunnelåpningen i sjøen vil kunne forstyrre/forsinke fisk som forbereder oppvandring i munningen, er vanskelig å si med sikkerhet. For fisk som ved gitte anledninger viser seg å ville gå tunnelen, må det vurderes å la det bli mulig å kunne svømme ut i

hovedelven ved tunnelåpningen oppstrøms. Videre er det viktig at Stødna opprettholder sin produksjon av sjøørret ved å gi tilgang til oppvandring av gytefisk.

For anleggsfasen bør effektene av bl.a. partikkelforurensning til vann fra sprengings- og tunnelanleggsarbeid vurderes, og arbeidet bør legges utenfor sensitiv periode for oppvandring av laks og sjøørret og fiske.

Terrestrisk miljø

Flomtunellen påvirker nederste del av Lærdalsvassdraget, og kan ha konsekvenser for terrestrisk naturmangfold på grunn av:

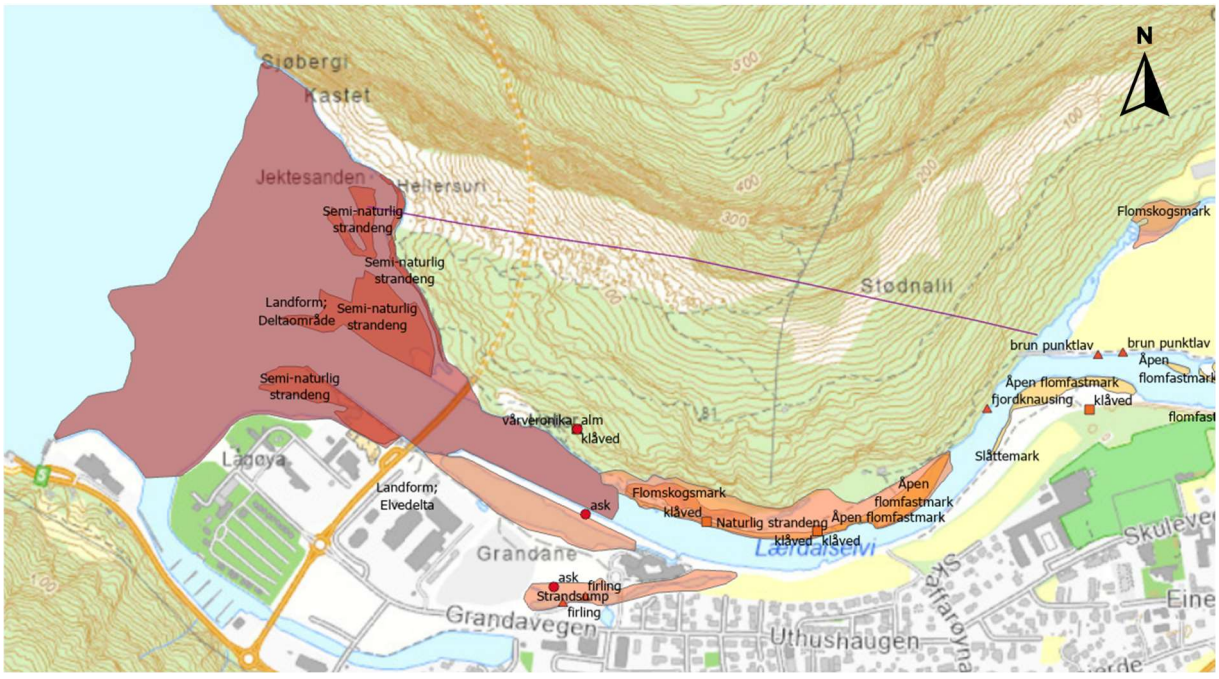
1. De fysiske inngrepene ved tunnelens innslag og utløp.
2. Effekter av nytt utløp fra tunnelen (avhengig av endelig plassering)
3. Endrede forhold i nedre del av Lærdalselva som følge av lavere flomverdier.

Området ved tunnelens innhugg er ikke kartlagt for naturtyper, slik at konsekvenser ved det fysiske inngrepet er usikkert.

Dersom utløpet plasseres ved Jektesanden, vil det ha større påvirkning på terrestrisk miljø. Det er to registrerte naturtypelokaliteter med strandeng der (se Figur 5-23). Innerst i fjordarmen er det så beskyttet mot vind og bølger at strandeng kan utvikles på grovt materiale som stein og grus (ellers dannes de i all hovedsak på finere materiale). Det er svært sannsynlig at disse områdene benyttes som rasteplass for fugl. Det vil også trolig være behov for å mudre, for å etablere en renne for vannet som kommer ut her. En slik renne vil gå rett gjennom lokalitetene med strandeng, og vil påvirke strandenglokalitetene negativt, tiltaket vil også forringe områdets kvalitet som rasteplasser for fugl.

En flomtunnel vil redusere vannføringa ved store flommer i nedre deler av Lærdalselva, noe som kan ha gi negative konsekvenser for naturtypene i denne delen av elven.

Sprengning i anleggsfasen bør legges utenfor hekkesesongen for fugl.



Figur 5-23: Registrerte naturtypelokaliteter og rødlistede karplante i nedre del av Lærdalselva. Med lilla vises den alternative trassen dersom tunnelens utløp etableres ved Jektesanden.

5.8.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. Andre tiltak som planlegges i områdene for flomtunellens inn- og utløp må legges andre steder. Det må antagelig gjennomføres planprosess for tiltaket jamfør plan- og bygningslovens bestemmelser for dette tiltaket.

Det forventes noe konsekvens for friluftsliv i daglig bruk og funksjon. Stien til Mjølkeflathytta vil påvirkes av tiltaket, og bør legges om og tilpasses det nye innløpet. Den visuelle virkningen av tiltaket vil påvirke friluftslivet.

For registrerte kulturminner er det ingen kjente konsekvenser; det er ingen i nærheten av det foreslåtte tiltaket, og ingen antatte visuelle konsekvenser ovenfor øvrige kulturminner i Lærdalsøyri.

Tiltaket vil kunne gi visuell påvirkning på kulturminner og kulturmiljøer i Lærdalsøyri sentrum. Ettersom eksakt plassering og detaljert utforming av innløp og utløp ikke forekommer, er det vanskelig å vurdere visuelle konsekvenser ytterligere.

Ved å redusere flomvannstanden vest for inntaket vil jordbruksarealer sikres. Gjennomføringen av tiltaket vil kreve store midlertidig inngrep på jordbruksarealer med anleggsveier og masselagring. Alle midlertidige inngrep må tilbakeføres slik at de ikke påvirker jordbruksarealene og omliggende natur negativt. Jordbruksarealene som påvirkes av tiltakene har noe lavere kvalitet (se Figur 5-24).



Figur 5-24: Jordbruksareal ved det planlagte inntaket. Den oransje stiplede linjen viser flomtunnelens trase (NIBIO, 2024).

I likhet med tiltak 1, kan inntaket til flomtunnelen skape sterke sugestrømmer under flomhendelser, noe som utgjør en betydelig fare for mennesker i nærheten. Siden området er lett tilgjengelig fra begge sider, vil det være aktuelt med sikkerhetstiltak for å forebygge ulykker.

5.8.5 Konsekvenser for landskap

En flomtunnel med et tverrsnitt på 400-500 m^2 kan ha store visuelle virkninger. De mest utsatte områdene vil være det åpne landbruksarealet, Stødno sykehus, og turstien vest for inntaket. Turstien langs dagens flomvoll, på sørsiden av Lærdalselva, er mye brukt av innbyggere og turister. Plassering av inntaket ligger tett på en mindre sti og fotbro langs nordsiden av elven, som kobler sammen en turløype langs Lærdalselva nedstrøms Sjukehusvegen. I tillegg vil inntaket være godt synlig fra et populært fiskeområde rett oppstrøms. Hvis flomtunnelens utløp plasseres ved Jektesanden, vil det

ligge nær broen langs Fv. 5. Utløpet kan imidlertid skjermes noe i forhold til terrenget, og eksponering bør derfor være et viktig kriterium ved valg av plassering.

Flomtunnelen er vurdert å ha lokale visuelle virkninger. Utformingen vil være en visuell forlengelse av plastringen langs flomvollen på nordsiden av Lærdalselva. Tiltak 2 er vurdert å ha en negativ konsekvens på landskapsbildet, men kan utformes slik at det gir merverdi, forutsatt at konstruksjonens hydraulikk tillater. Tiltakets utforming vil være avgjørende for opplevelsen av landskapet. Plassering av eventuelle deponier må også vurderes nøye.

Tiltak 2 er vurdert å ha negativ konsekvens for landskapsbildet.



Figur 5-25: Inntaksområdet når sett fra høyden (tv.). Inntaksområdet når sett fra fotbro langs nordsiden av Lærdalselva (th.). Evt. utløpsområdet ved Jektesanden i sammenheng med Hellerbrui (under). Den oransje polygonen viser omtrentlig plassering av inntaksarrangementet.

5.8.6 Begrensninger for gjennomføring

Det er ikke tidligere utført grunnundersøkelser ved tunnelens inn-/utløp. Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området er ikke til hinder for planlagt tiltak, men grunnforhold og dybde til berg ved tunnelens inngang og utgang må undersøkes nærmere. Byggegrop og behov for konstruksjoner i forbindelse med inntakskonstruksjon/utløp må vurderes nærmere. Det kan være behov for å

erosjonssikre elveløpet inn mot flomtunnelen. Anleggsveier og riggområder for et slikt stort anlegg kan være betydelige og bør vurderes nærmere dersom dette tiltaket er aktuelt å prosjektere videre.

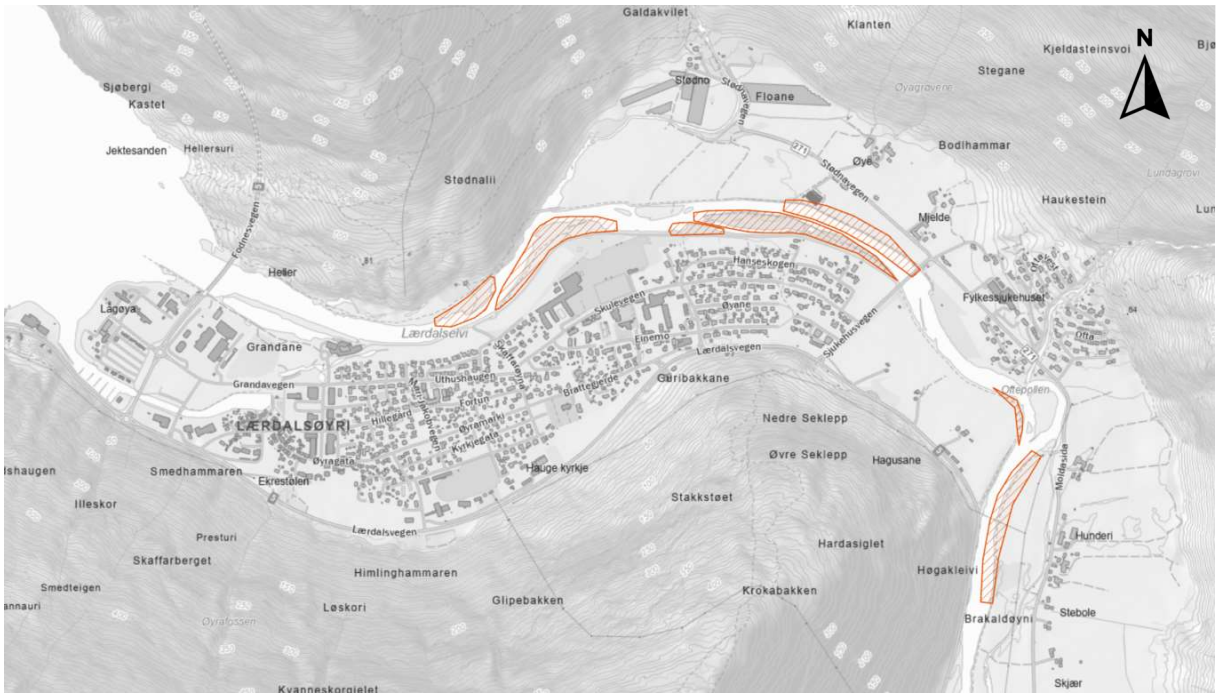
Tilpasning av flomtunnelen rundt Fodnestunnelen må også vurderes, og kan eventuell øke kompleksiteten i gjennomføringen. Dersom tunnelen etableres under sjønivået i sin helhet (trykkstrømning), vil konflikten med Fodnestunnelen kunne unngås.

Tunnelen vil ikke påvirke andre eksisterende infrastruktur som for eksempel el-kabler og VA-anlegg.

Det vil være svært viktig å vurdere nøyaktig plassering og utforming av inntaksarrangementet basert på hydrauliske forhold. Detaljerte hydrauliske beregninger vil være avgjørende i planleggingsfasen, og det kan også være nødvendig med fysiske modeller. I tillegg må planleggingsfasen også omfatte vurdering av hvordan konstruksjonen påvirker sedimenttransport, både i tunnelen og nedstrøms elven.

5.9 Tiltak 6: Masseuttak i elven

5.9.1 Teknisk skisse



Figur 5-26: Oversiktskart som viser områdene der det er antatt masseuttak.

Tiltaket innebærer utgraving av masser i Lærdalselva fra Hunderi til utløpet i fjorden. Områdene med masseuttak, som vises på Figur 5-26, er hentet fra et tidligere arbeid utført i 2021 av blant annet NTNU (Juárez, et al., 2021). I dette arbeidet ble også konsekvensene av masseuttak utredet.

Alle tiltakene som er vurdert vil kreve en viss grad av drift og vedlikehold. Massetransporten i vassdraget kan gradvis fylle områdene der masseuttaket er utført. Det er derfor spesielt viktig å gjennomføre masseuttaket regelmessig, særlig etter store flomhendelser. Tiltaket vurderes dermed som mindre permanent når det gjelder flomsikringsfunksjon. Det er viktig å nevne at slike tiltak, som kan kreve omfattende kontinuerlig vedlikehold og vedvarende inngrep i elven, er mindre aktuelle. Masseuttak bør foretas på steder der strømningsforholdene endres slik at masser ikke deponeres på nytt, det vil si, der man oppnår en varig endring. Denne mulighetsstudien har ikke vurdert om de

foreslåtte masseuttakene vil medføre en varig endring, da dette krever detaljert modellering av sedimenttransport i vassdraget. En slik vurdering bør derfor gjennomføres i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

5.9.2 Flomskadereduksjon

Ved å fjerne masser i elven i områder med redusert kapasitet vil man kunne øke tverrsnittsareal og senke vannstanden noe. Tiltaket er modellert sammen med tiltak 2A, flombarriere. Resultatene fra denne modelleringen viser at man får en vannstandsreduksjon på 10-40 cm sammenlignet med kun flombarriere (se Figur 6-15).

Masseuttak alene vil ikke være tilstrekkelig for å unngå flomskader i Lærdal sentrum.

Et slikt tiltak kan føre til problemer med erosjon langs elvebreddene, noe som svekker stabiliteten i elveleiet. Dette kan resultere i at elven graver seg dypere eller endrer løp, noe som igjen kan forverre flomrisikoen nedstrøms. Slike destabiliseringer kan kreve ytterligere tiltak og vedlikehold for å sikre at elven forblir under kontroll.

5.9.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

De skisserte områdene for masseuttak ligger innenfor og i nær tilknytning til kjente funksjonsområder for gyting, oppvekst og sportsfiske av anadrom fisk i nedre lakseførende strekning i Lærdalselva. Tiltaket ligger således i et meget viktig område for bestandene av laks og sjøørret som bidrar til at Lærdalselva har status som nasjonalt laksevassdrag.

Den fulle rekkevidden av forslaget om uttak av bunnmasse er vanskelig å forutse. Tiltaket vil ha stor negativ betydning for akvatisk naturmangfold med direkte skade og reduksjon på flere årsklasser ungfisk av laks og sjøørret. Dersom elveleiet destabiliseres, kan det også ødelegge viktige habitatområder for fisk og andre vannlevende organismer.

Uttak av masser vil stedvis kunne ha positiv effekt på substrat og habitatkvalitet der bunnforholdene i dag er forringet etter flom og massetransport fra Kuvelda. I så fall må situasjonen i Kuvelda finne sin løsning før fjerning av masser for å unngå at effekten av tiltaket etter kort tid utlignes ved nye flommer.

Det anbefales å utarbeide en plan for avfisking og sikring av ungfisk før eventuelt masseuttak. I tillegg må gjennomføring av tiltaket legges utenfor sårbare perioder for laksefisk.

Terrestrisk miljø

Det er skissert masseuttak i og ved registrerte naturtypelokaliteter med flomskogsmark og åpen flomfastmark, inkludert lokaliteter med de rødlistede artene klåved og brun punktlav. Tiltaket vil føre til forringelse av disse naturtypene, og kan også føre til endrede forhold for sedimentering og erosjon for de øvrige lokalitetene med åpen flomfastmark og flomskogsmark nedstrøms tiltaket.

5.9.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Det er usikkert om dette tiltaket krever reguleringsplan, eller kun faller inn under konsesjonslovgivningen for endring av hastighet i vassdrag. Økt flomfare som følge av at tiltaket ikke alene er tilstrekkelig, vil medføre større behov for arealplanlegging med hensynssoner for flomfare.

Det må vurderes om det må gjennomføres planprosess for tiltaket jamfør plan- og bygningslovens bestemmelser for dette tiltaket.

For tema friluftsliv vil det kunne ha konsekvenser for eventuelt bruk av kajakk i vassdraget, hvis masseuttaket gir færre terskler og dermed bedre fremkommelighet. Kajakkaktivitet i området er imidlertid knyttet til fjorden og ikke vassdragene, så det er uklart i hvor stor grad dette tiltaket vil kunne påvirke.

For kulturarv vil ett av masseuttakene komme nært et SEFRAK-registrert hus i Skulevegen lengst ut mot Lærdalselva. Det bør nærmere utredes faren for setningsskader på bygget. Videre vil et masseuttak helt i øst komme inn i det nasjonalt utvalgte kulturhistoriske landskapet (såkalt KULA-område) K 577 Lærdal og regionalt utvalgte kulturlandskap Lærdal (ID: KU00000037). Tiltaket vil ha negativ konsekvens for det dynamiske uttrykket til elven i landskapsbildet (som beskrevet i kap. 5.9.5), og vil trolig måtte tas opp med kulturminnemyndighetene.

Tiltaket vil ikke ha direkte påvirkning på jordbruksområder, men vil gi noen positive konsekvenser for jordbruket ved å redusere flomrisikoen i dalbunnen. Det må gjøres en vurdering rundt hvor massene som tas ut av elven plasseres, eller om de kan gjenbrukes andre steder i prosjektet. Gjenbruk av massene vil være et positivt avbøtende tiltak. Imidlertid kan et regelmessig uttak av masser kreve etablering av nye permanente veier, noe som kan ha negativ innvirkning på jordbruksarealene i området, avhengig av hvor disse veiene legges.

5.9.5 Konsekvenser for landskap

Masseuttak vil gi Lærdalselva en bredere trase der sediment har blitt deponert over tid, og kan muligens redusere vanndybden enkelte steder ved lavvannføring. Fjerning av massene mellom dagens elveløp og flomvoll vil også fjerne det dynamiske uttrykket til elven. Disse endringene skjer gradvis og har derfor mindre betydning for opplevelsen av landskapet.

Tiltak 6 vurderes å ha en negativ konsekvens for landskapsbildet fra utløpet i Lærdalsfjorden til Hauge.



Figur 5-27: Kanalisering av Lærdalselva (venstre) i kontrast til nylig deponerte masser (høyre).

5.9.6 Begrensninger for gjennomføring

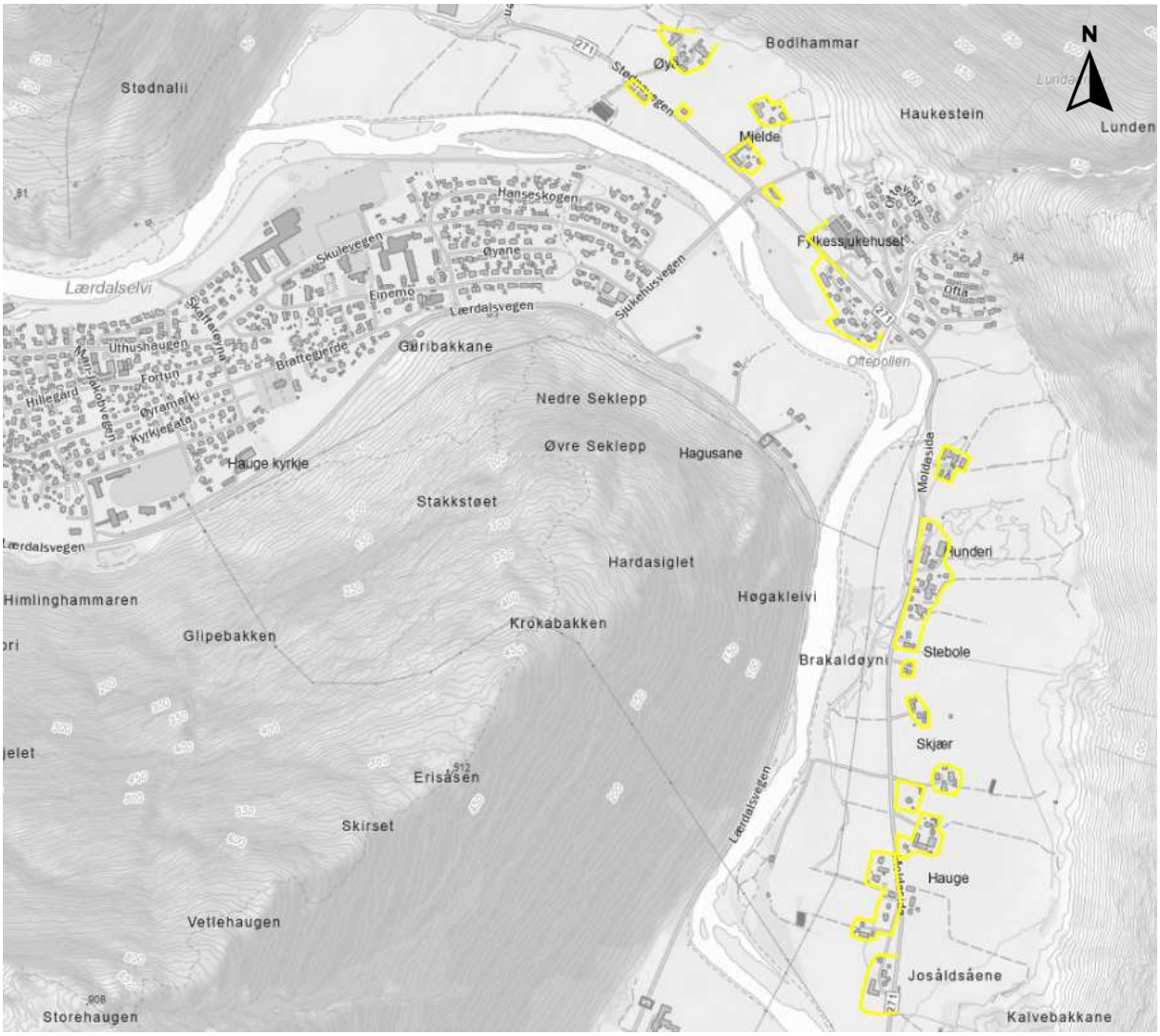
Det er ikke tidligere utført grunnundersøkelser i elveløpet. Grunnundersøkelsene på land i området viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for planlagt tiltak, men grunnforholdene må undersøkes nærmere. Eventuelle tiltak ved masseuttak som f.eks. avledning av vann må vurderes nærmere dersom det blir aktuelt. Det kan være behov for å erosjonssikre elveløpet etter masseuttaket. Anleggsveier og riggområder

bør vurderes nærmere i senere prosjekteringsfase. Anleggsveier kan være spesielt inngripende i dette tiltaket for få tilgang til massene i noen av områdene som er vurdert.

Masseuttaket vil være i konflikt med eksisterende VA- og EL-anlegg. Det vil være behov for å legge denne infrastrukturen dypere dersom arealet graves fram.

5.10 Tiltak 7: Lokale sikringstiltak

5.10.1 Teknisk skisse



Figur 5-28: Oversiktskart som viser områdene der lokale sikringstiltak kan være aktuelle. Oversikten gjelder for tiltak 2B, som har det største behovet for slike tiltak. Se Figur 6-7 for flere detaljer.

Tiltaket innebærer etablering av mindre flomvoller og murer, samt flytting eller heving av bygninger. I tillegg kan organisatoriske tiltak vurderes der permanente løsninger ikke er mulige. Lokale sikringstiltak kan være aktuelle i områder hvor flomsituasjonen forverres som følge av tiltakene som etableres for å flomsikre Lærdalsøyri. Figur 5-28 viser en oversikt over steder hvor enkelte flomtiltak kan forverre flomsituasjonen.

Dersom lokale sikringstiltak implementeres, må det vurderes hvilke tiltak som er best egnet for hver enkel bygning. I denne mulighetsstudien antas det at lokale sikringstiltak vil bestå av flombarrierer

rundt bygninger og eiendommer som vil oppleve en forverret flomsituasjon. For flombarrierer som er lavere enn 2 meter, antas det at en enkel flomvoll kan bygges. For barrierer over 2 meter er det antatt at betongmurer vil være nødvendig på grunn av plassbehov. Denne vurderingen er viktig for beregning av nytte/kost av tiltakene.

5.10.2 Flomskadereduksjon

Lokale sikringstiltak vil kunne redusere flomskade for enkeltbygninger eller mindre områder som er særlig utsatte eller har høy verdi for samfunnet. I samråd med NVE er det i denne mulighetsstudien forutsatt at bebyggelser som opplever en forverring av flomsituasjonen sikres med lokale tiltak dimensjonert for en klimajustert 200-årsflom, bortsett fra sykehuset, som dimensjoneres for en klimajustert 1000-årsflom.

5.10.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Lokale sikringstiltak vil kun innvirke på det akvatiske naturmangfoldet dersom det gjøres lokale sikringstiltak i elv og elvekant/kantvegetasjon. Konsekvensen avhenger av tiltakets plassering, utforming og størrelse. Figur 5-28 viser at nesten alle lokale sikringstiltak vil bli implementert langt fra elven, med unntak av området ved Sjukehusvegen 24-26 og ved utløpet til Ofta.

Ved arbeider med lokale sikringstiltak langs og i elv bør effektene av gravearbeid m.m., vurderes, og arbeidet bør legges utenfor sensitiv periode for laksefisk.

Terrestrisk miljø

Lokale sikringstiltak ser ikke ut til å komme i konflikt med registrerte naturtypelokaliteter eller funksjonsområder for arter.

Ved planlegging av sikringstiltak bør det gjøres en konkret vurdering av om tiltakene er i konflikt med registrerte naturtypelokaliteter, eller leveområder for rødlistede arter.

5.10.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket har ingen konsekvenser for gjeldende arealplaner. For kommende arealplaner anbefales imidlertid bestemmelser som sikrer at ny bebyggelse følger anvisninger for sikring mot flom som tiltaket beskriver.

Det må vurderes om det må gjennomføres planprosess for hele eller deler av dette tiltaket jamfør plan- og bygningslovens bestemmelser relatert til de enkelte tiltakene.

Fra Oftepollen nede ved Lærdalselva går en merket fotrute langs det mindre vassdraget Oftas østre bredd oppover til Torsgjelsfjellet. Denne turstien ligger nær ett av de mindre flomverntiltakene som beskrives i dette kapittelet og antas å bli lite berørt, med unntak av eventuell tilrettelegging under anleggsperioden.

Tiltaket vil hovedsakelig ha visuelle konsekvenser for kulturminner og -miljøer øst for Lærdalsøyri sentrum, avhengig av tiltakets konkrete omfang. Slike konsekvenser er trolig mer betydningsfulle innenfor KULA-området, der tiltakene i sørøst er planlagt.

Lokale sikringstiltak vil kunne påvirke jordbruk i varierende grad. Bygging av mindre flomvoller og murer vil ha en svært lokal innvirkning med lite arealbeslag, og flytting eller heving av bygninger vil medføre minimalt tap av jordbruksarealer. De negative konsekvensene anses som begrensede.

5.10.5 Konsekvenser for landskap

Videre vurdering av ulike typer lokale sikringstiltak er nødvendig. Vurderingene vil avhenge av type konstruksjon, stedlige forhold, og nødvendige dimensjoner. Avhengig av flomverkets utforming kan konstruksjonen fremstå som et lokalt dominerende landskapselement med en potensiell visuell barrierevirkning mot elven. Mange lokale tiltak kan også oppleves som rotete i landskapet. Samtidig kan en gjennomtenkt landskapsmessig utformingen bidra til et positivt visuelt inntrykk og skape merverdi utover sikringsfunksjonen.

5.10.6 Begrensninger for gjennomføring

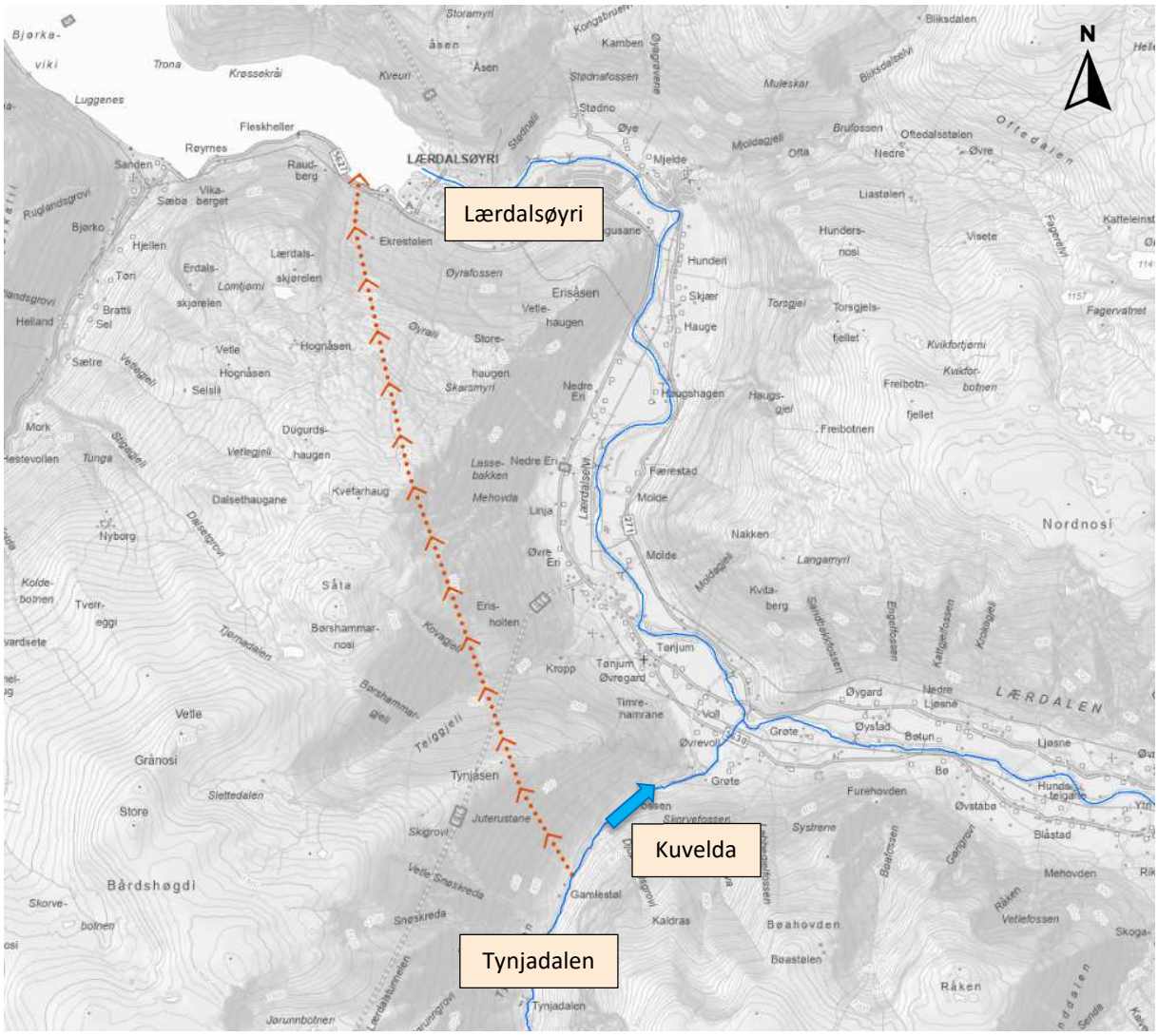
Grunnundersøkelsene på land i Lærdal viser i hovedsak sand med ulikt innslag av grus og/eller silt. Ved Sykehusbrua er det påtruffet leire, og det er påvist kvikkleire rundt 20 m under terreng. Det er registrert artesisk poreovertrykk, som vil si at grunnvannstrykket er høyere enn terrengnivået. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for tiltak som innebærer heving av terrenget og etablering av flombarriere. Behov for flere grunnundersøkelser må vurderes nærmere når konkrete tiltak er fastsatt. Anleggsveier/riggområder og erosjonssikring av eventuelle tiltak må vurderes på et senere tidspunkt dersom slike tiltak implementeres.

Det forventes at alle lokale sikringstiltak må tilpasses eksisterende infrastruktur rundt bygningene/eiendommene. Ved bruk av flombarrierer vil det være nødvendig å beskytte infrastruktur under bakken, som VA-ledninger og El-kabler, samt justere ankomstveger til flombarrierens høyde. Dersom det er mulig å heve bygningene til et flomsikkert nivå, forventes det at påvirkning på eksisterende infrastruktur reduseres.

Ved sykehuset vil den eksisterende infrastrukturen være mest påvirket av lokale sikringstiltak. Dette inkluderer kritisk infrastruktur for driften av sykehuset. Flere VA-ledninger vil krysse en eventuell flombarriere, og Sjukehusvegen må tilpasses en slik konstruksjon. Tilpasningen mot eksisterende infrastruktur må vurderes nærmere i neste fase dersom tiltaket utredes videre.

5.11 Tiltak 8: Flomtunnel ved Tynjadalen

5.11.1 Teknisk skisse og beskrivelse



Figur 5-29: Oversiktskart som viser foreslått trase for flomtunnelen ved Tynjadalen.

Tiltaket innebærer sprenging av en flomtunnel fra Fosseteigenes inntak i Tynjadalen til Lærdalsfjorden. Foreslått trase vist i Figur 5-29 vil ha en lengde på omtrent 7700 meter.

5.11.2 Flomskadereduksjon

Ved å etablere denne flomtunnelen vil nedbørfeltet som drenerer til Lærdalselva reduseres med ca. 31 km^2. Kulvelda har hatt en rekke problemer knyttet til flomskader og massetransport. Flomtunnelen fra Tynjadalen vil ha en marginal effekt på den totale flomvannføringen i Lærdalselva, med en reduksjon fra ca. 1436 m^3/s til 1398 m^3/s. Kulminasjonsvannføringen ved en 1000-årsflom i Kuvelda, inkludert 20% klimapåslag, er beregnet til 199 m^3/s (NVE, 2021). Siden Kulveda har et mye mindre nedbørfelt enn Lærdalselva, vil flomtoppen der komme mye tidligere enn toppen i Lærdalselva. Derfor bidrar Kuvelda med «kun» 38 m^3/s til flomkulminasjonen i Lærdalselva ved Lærdalsøyri.

Dersom flomtunnelen kun dimensjoneres for å redusere flomtoppen i Lærdalselva med 38 m^3/s, vil den trenge et tverrsnitt på omtrent 9 m^2. En slik flomtunnel vil ha begrenset effekt på flommer i Kuvelda.

Flomtunnelen fra Tynjadalen alene vil ikke være tilstrekkelig for å unngå flomskader i Lærdal sentrum.

5.11.3 Konsekvenser for biologisk mangfold

Akvatisk miljø

Vannmengder og løsmasser fra Kuvelda har påvirket forholdene i Lærdalselva nedstrøms Voll kraftfullt de siste ti årene. Tiltaket vil kunne ha en positiv konsekvens på den anadrome strekningen i Lærdalselva, nedstrøms Voll, dersom tunnelen får en funksjon som flomdemper og avledning av masser/bunnlast fra Tynjadalen.

For anleggsfasen bør effektene av bl.a. partikkelforurensning til vann fra sprengings- og tunnelanleggsarbeid vurderes, og arbeidet bør legges utenfor sensitiv periode for laksefisk.

Terrestrisk miljø

Det er ikke registrert noen naturtyper ved tunnelens inntak eller utløp, men områdene er iht. Naturbase ikke kartlagt for naturtyper. En slik kartlegging må gjennomføres i neste fase.

Flomtunnelen vil medføre marginal påvirkning på total flomvannføring i Lærdalselva, og det vil derfor være lite konsekvenser for terrestrisk naturmangfold nedstrøms tunnelinnslaget.

Kuvelda er et særlig sedimentførende vassdrag, og en flomtunell kan føre til endrede forhold for sedimentering ved noe mindre sedimentering i Lærdalselva, og mer sedimentering ved utløpet av tunnelen i Lærdalsfjorden.

Sprengning i anleggsfasen bør legges utenfor hekkesesongen for fugl.

5.11.4 Konsekvenser for samfunn og andre miljøtema

Tiltaket krever reguleringsplan. Andre tiltak som planlegges i områdene for flomtunellens inn- og utløp må legges andre steder. Det må antagelig gjennomføres planprosess for tiltaket jamfør plan- og bygningslovens bestemmelser for dette tiltaket.

Tiltaket vil gi negative konsekvenser for tema friluftsliv. Merket fotrute fra Haugsane i øst over Erisåsen, Skarsmyri og Hognåsen og ned Ekrisølen i vest, ender rett ved planlagt tunnellutløp. Anleggsperioden vil påvirke opplevelsen av friluftslivet, spesielt vil fotrute opp mot Tynjåsen fra Øvrevoll påvirkes.

Det er ingen kjente konsekvenser for registrerte kulturminner ved inn- eller utløpet til flomtunellen. Det antas at utløpet ikke har visuelle konsekvenser for øvrige kulturminner i Lærdalsøyri. Konsekvensene av tiltaket blir for tema kulturarv antagelig svært liten.

Det er ikke jordbruksdrift verken ved inntaket eller utløpet til tiltaket. De positive konsekvensene knyttes til en redusert flomrisiko i dalbotn. Tynjadalen benyttes som beiteområde til sau og geit. Anleggstrafikk og støy fra arbeid kan ha en negativ effekt på beitedyrene som oppholder seg i området. Plasseringen av deponi må vurderes nøye da det vil føre til betydelig arealbeslag i jordbruksarealer og dermed ha en negativ konsekvens på jordbruket.

5.11.5 Konsekvenser for landskap

Tynjadalen er utbygd for vannkraft med inntaksdam ved Fosseteigen (ca. 202 moh.), Tynjadalen vannkraftverk (ca. 320 moh.) og en inntaksdam i Skorva (ca. 680 moh). En grusvei går helt frem til kraftverket. Et deponi i dalen har rast ut under flom og spredt masser langs elveløpet. Dalen er dypt nedskåret, og inntaket vil ligge under skoggrensen. Inngrepet ved inntak vil være mest visuelt utsatt

fra nærområdet og fra motsatt fjellvegg, som er dekket av skog. Inngrepet fra et nytt deponi knyttet til tunnelarbeid vil være betydelig.

Plasseringen av utløpet er den samme som for tiltak 1 og vil være veldig lite synlig fra Lærdalsøyri.

Tiltak 4 er vurdert å ha negativ konsekvens for landskapsbildet.

5.11.6 Begrensninger for gjennomføring

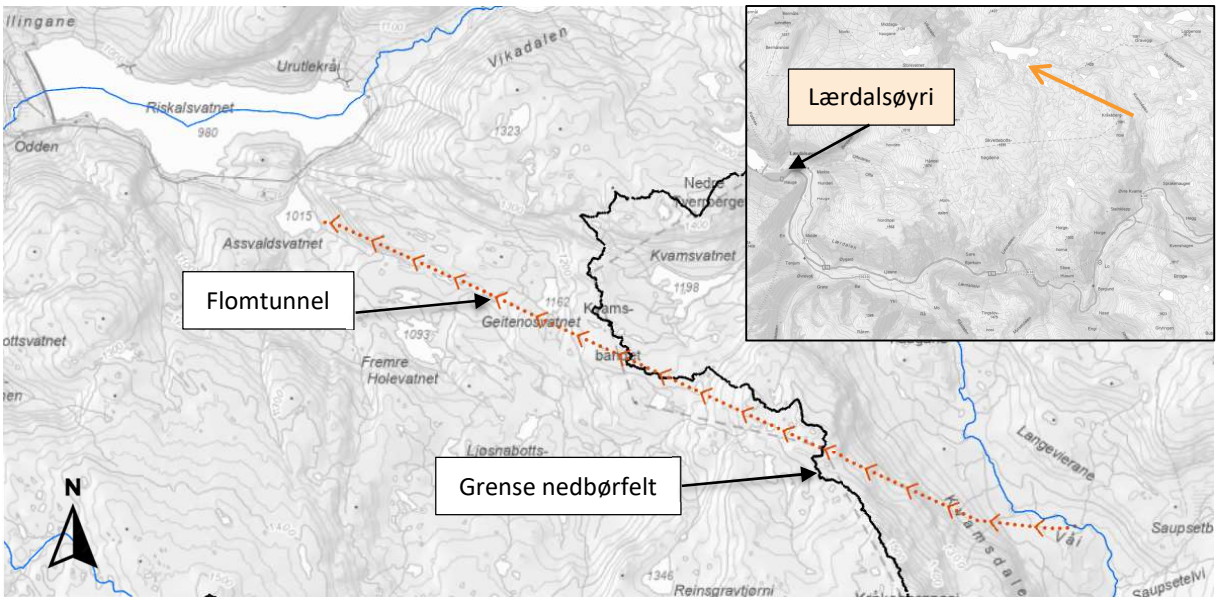
Det er ikke tidligere utført grunnundersøkelser ved tunnelens inn-/utløp. De stedlige grunnforholdene i området forventes ikke å være til hinder for planlagt tiltak, men grunnforhold og dybde til berg ved tunnelens inngang og utgang må undersøkes nærmere. Byggegrop og behov for konstruksjoner i forbindelse med inntakskonstruksjon/utløp må vurderes nærmere. Det kan være behov for å erosjonssikre elveløpet inn mot flomtunnelen. Anleggsveier og riggområder bør vurderes nærmere dersom dette tiltaket er aktuelt å prosjektere videre.

Det mangler konkret informasjon om eksisterende VA- og EL-anlegg ved inntaket. Dersom slike anlegg finnes, forventes de å være av mindre størrelse, og det vil derfor være mulig å beskytte de eller legge de om under utbygging av inntaket. Utløpet er planlagt plassert på samme sted som utløpet beskrevet i tiltakskombinasjon 3. Konsekvenser vil derfor være de samme, men i mye mindre grad, på grunn av forskjellen i tverrsnittareal mellom de to tunnelene.

5.12 Andre tiltak

I løpet av mulighetsstudien ble andre flomsikringstiltak vurdert, men disse ble ikke fullstendig utredet ettersom det var klare grunner til at de ikke var aktuelle.

5.12.1 Flomtunnel til nabovassdrag

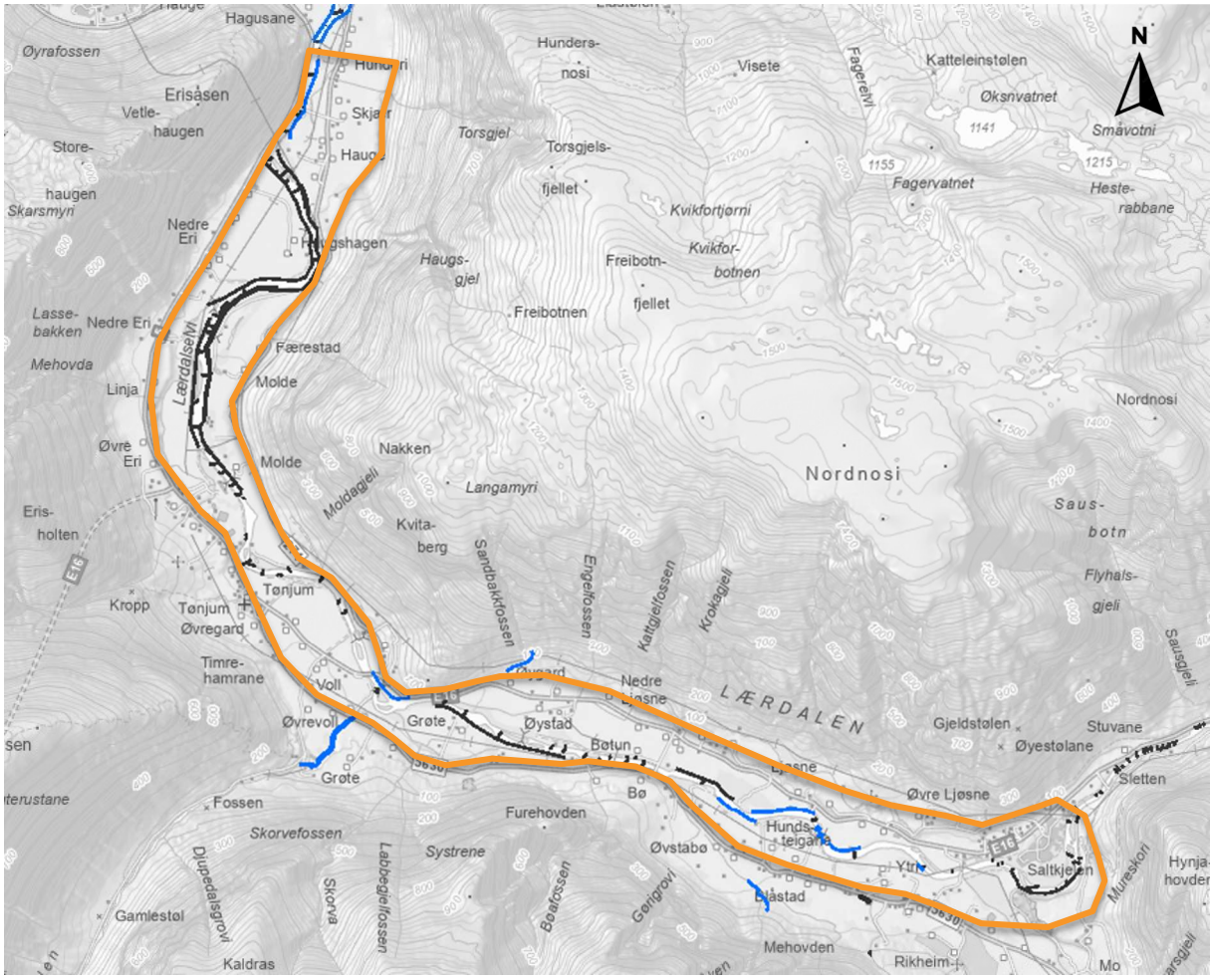


Figur 5-30: Oversiktskart som viser foreslått trase til tunnelen fra Kvemma til nabovassdraget.

Tiltaket innebærer en flomtunnel fra Kvemma i Kvamsdalen til nabovassdraget i nord, med en lengde på omtrent 6500 meter. Målet med flomtunnelen er å redusere flomstørrelsen ved Lærdalsøyri. Ved å etablere denne tunnelen vil man redusere nedbørfeltet som drenerer til Lærdalselva med cirka 22 km^2. Tiltaket vil ha marginal påvirkning på den totale flomvannføringen i Lærdalsleva: ved en klimajustert 1000-årsflom, vil reduksjonen være fra ca. 1436 m^3/s til 1409 m^3/s.

Gitt lengden på flomtunnelen og den lille reduksjonen i flomvannføringen ved Lærdalsøyri, vil nytte/kost-forholdet mest sannsynlig være under 1 (ikke lønnsomt for i et samfunnsøkonomisk perspektiv). Denne vurderingen kan imidlertid endres dersom tunnelen blir brukt til å overføre vann til kraftverket i nabovassdraget. Ettersom Øvre Kvemma kraftverk allerede har konsesjon og er under bygging (nedstrøms inntakspunktet), er en slik bruksanvendelse av tunnelen ikke aktuelt. Derfor er tiltaket ikke utredet videre i denne mulighetsstudien.

5.12.2 Demping i flomsletter



Figur 5-31: Oversiktskart over tiltakets påvirkningsområde. Blåe og svarte linjer viser eksisterende sikringstiltak.

Tiltaket innebærer en endring av eksisterende sikringstiltak oppstrøms Hunderi for å oversvømme større arealer i flomslettene ved store flomhendelser. Målet er å dempe flomtoppene og dermed redusere flomstørrelsen ved Lærdalsøyri. Dette kan oppnås ved å heve eksisterende terskler for å øke flomvannstanden, og/eller ved å redusere høyden på enkelte eksisterende flomvoller.

Tiltaket er ikke videre utredet i denne mulighetsstudien av følgende grunner:

- Under dimensjonerende flomhendelser (200-, og 1000-årsflom) er store deler av flomslettene allerede oversvømt, noe som gir liten ekstra effekt av et slikt tiltak.
- Å oversvømme nye arealer vil forverre flomsituasjonen i disse områdene. Områder som allerede er utsatt for oversvømmelse i dag kan oppleve hyppigere flom dersom tiltaket implementeres. Hvis det finnes bebyggelse eller viktig infrastruktur i disse områdene, kan dette være uakseptabelt og kreve ytterligere lokale sikringstiltak.

6 Mulige tiltakskombinasjoner

Ikke alle tiltakene vurdert i kapittel 5 fungerer som selvstendige løsninger. Det er kun tiltak nr. 1 (flomtunnel ved Hauge) som kan sikre Lærdalsøyri uten behov for ytterligere tiltak. Dette kapittelet presenterer 7 ulike tiltakskombinasjoner som må vurderes sammen for å oppnå fullverdig flomsikring av Lærdalsøyri. I tillegg presenteres et scenario der man ikke implementerer permanente flomsikringstiltak som en tiltakskombinasjon, men dette alternativet vil ikke oppnå formålet med studien.

Tabell 6-1: Oversikt over vurderte tiltakskombinasjoner.

Tiltakskombinasjon	Beskrivelse
0	Akseptere flom
1	Flomtunnel ved Hauge
2A	Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak
2B	Flombarriere alternativ B + Lokale sikringstiltak
3	Heving av Sjukehusvegen + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak
4	Flombarriere alternativ A + Regulering
5	Flomtunnel ved utløpet + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak
6	Flombarriere alternativ A + Masseuttak + Lokale sikringstiltak

Et viktig element i alle typer sikringstiltak er restrisiko. Selv etter at tiltakene er implementert, vil det alltid være en restrisiko for skader. For eksempel kan flomverkene bryte sammen og forårsake oversvømmelser i områder som i utgangspunktet var flomsikret, dersom de blir skadet og ikke vedlikeholdes.

6.1 Tiltakskombinasjon 0

Teknisk beskrivelse

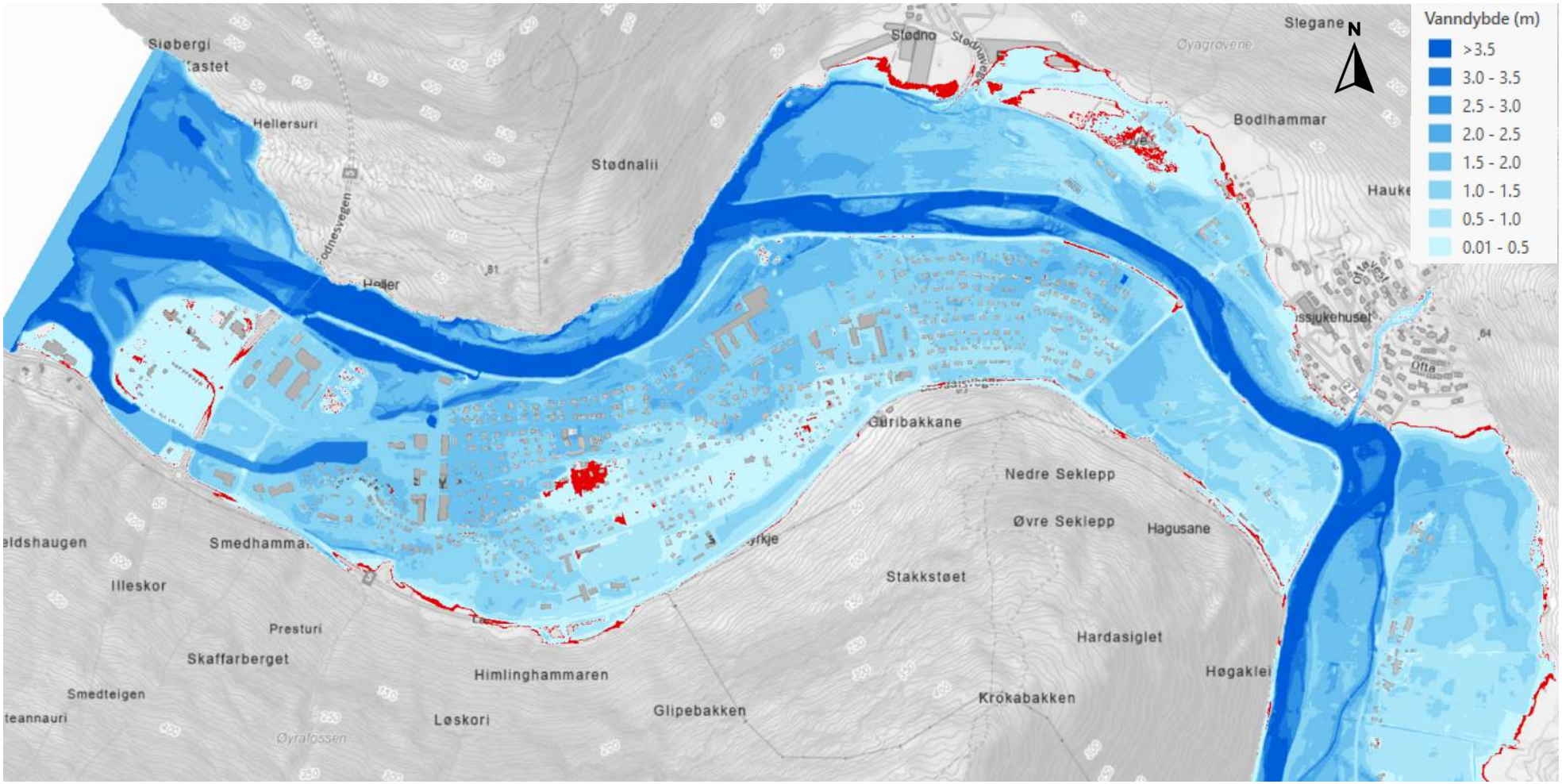
Tiltakskombinasjonen innebærer å ikke etablere nye permanente flomsikringstiltak. For å utarbeide gode sikringstiltak er det mange interesser som må ivaretas. Samfunnsmessige, økologiske- og økonomiske interesser bør ivaretas så langt det lar seg gjøre, men det er ikke alltid man klarer å sikre et område fullstendig. Det kan være utfordrende å sammenligne prissatte og ikke-prissatte verdier i en nytte/kost-analyse, og noen ganger må man akseptere skader eller tillate flom i visse områder.

Selv om flom aksepteres, kan mindre tiltak gjennomføres på eiendommene for å minimere skader ved flomsituasjoner. Forslag til tiltak ved eksisterende bygninger/områder der flom aksepteres:

- Etablering av tilbakeslagsventiler, pumper og annen tilpasning av VA-systemet.
- Flytting av elektriske installasjoner til høyere nivåer over forventet flomvannstand.
- Begrensninger på bruken av første etasje (for eksempel ingen soverom).
- Utarbeidelse av beredskapsplaner for evakuering av verdier.

- Strukturelle tilpasninger og forsterking av bygninger.
- Vanntetting av fasader/grunnmurer.
- Bruk av mobile flombarrierer og lokale beredskapstiltak.

Illustrasjon



Figur 6-1: Flomsonekart ved en 200-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 0. Røde områder viser ytterligere oversvømt areal ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag.

6.2 Tiltakskombinasjon 1: Flomtunnel ved Hauge

Teknisk beskrivelse

Tiltakskombinasjon 1 er i realiteten ikke en kombinasjon av tiltak, men består kun av bygging av flomtunnelen fra Hauge til fjorden (tiltak nr.1, ref. kapittel 5.3). Selv om det foreslås å heve og forlenge den eksisterende flomvollen i området ved inntaket for å beskytte flere gårder ved Hauge, er dette tiltaket ikke nødvendig for å flomsikre tettstedet i Lærdalsøyri.

- **Inntaksarrangement**

I henhold til dagens regelverk kan kommunene ikke tillate boligbygging i flomutsatte områder under forutsetning om organisatoriske sikringstiltak. Med organisatoriske tiltak menes tiltak som krever en beslutning eller handling for å iverksettes i forkant av en hendelse. Det inkluderer port/luke som står lukket til vanlig og som kan åpnes da store flommer inntreffer (NVE, 2023). Siden formålet med denne mulighetsstudien er å sikre eksisterende boliger og infrastruktur langs Lærdalselva ved Lærdalsøyri mot flom og erosjon i samsvar med kravene i Byggeteknisk forskrift (TEK17), foreslås det at inntaksarrangementet utformes med en fastterskel i stedet for luker. Dette vil føre til et lengre inntaksarrangement.

Lengden på terskelen avhenger av nivået som den settes til; jo lavere nivå, desto kortere terskel. En lav terskel vil imidlertid kunne føre til lavere flomtopper ved Lærdalsøyri, da terskelen vil tre i kraft ved relative lave vannføringer. Som beskrevet i kapittel 5.7.3, kan dette ha store negative konsekvenser for ferskvannsøkologien. Terskelen er derfor satt høyest mulig innenfor en lengde som gjør at tiltaket er gjennomførbart. For et toppnivå på 11,5 - 12 moh. må terskel ha en lengde på omtrent 290 meter. Ved dette nivået forventes flomvannet å begynne å renne i flomtunnelen ved en klimajustert middelflom.

Forventet energihøyde ved en klimajustert 1000-årsflom ligger mellom 13,0 og 13,5 moh. langs terskelen. Lærdalsvegen ligger på mellom 13,2 og 13,7 moh. der terskelen er planlagt. Dersom man antar en sikkerhetsmargin på 0,5 meter, en tykkelse på inntakskonstruksjonen på 1,0 meter og at Lærdalsvegen vil trenge å ligge minst 0,5 meter over inntakskonstruksjonen, vil det være behov for å heve Lærdalsvegen med omtrent 1,5 meter.

- **Flomtunnel**

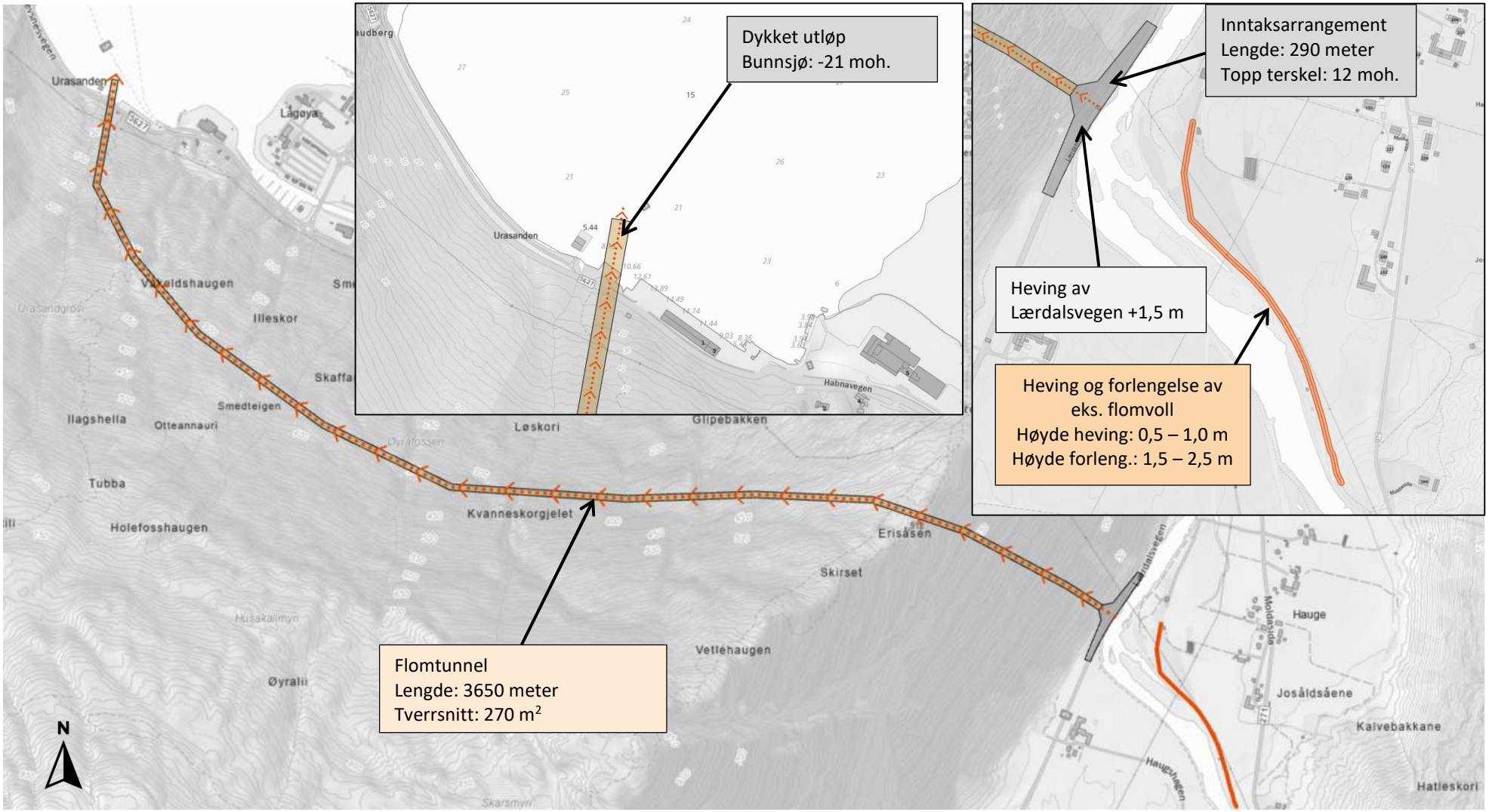
Flomtunnelen vil ha en lengde på 3650 meter. For å flomsikre Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom, må flomtunnelen ha en kapasitet på 1050 m^3/s og et tverrsnitt på omtrent 270 m^2. Det kan oppnås for eksempel med en bredde på 18 meter og en høyde på 15 meter. Alt dette antatt flomtunnelen er dykket. Det vil være behov for større dimensjoner dersom tunnelen ikke er dykket.

For å flomsikre mot en klimajustert 200-årsflom, må flomtunnelen ha en kapasitet på 826 m^3/s og et tverrsnitt på omtrent 220 m^2.

- **Utløpsarrangement**

Med en dykket flomtunnel vil utløpet ligge under sjønivået i sin helhet. Bunnen av fjorden der utløpet er planlagt ligger på -21 moh. bare 80 meter fra kysten. Dersom flomtunnelen har en høyde på 15 meter, kan utløpet derfor etableres helt dykket. I anleggsfasen kan det være behov for å grave opp Revsnesvegen, avhengig av fjellets dybde i dette området. Siden det er den eneste vegen som gir tilgang til flere bebyggelser, vil det være behov for å legge den om mens arbeidet med etablering av utløpet pågår. Basert på tilgjengelig areal i området, kan dette resultere i et omfattende og kostbart arbeid.

Illustrasjon



Figur 6-2: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 1.



Figur 6-3: 3D-illustrasjon av foreslått inntaksarrangement ved Hauge sett fra nordøst. Se Vedlegg A for flere illustrasjoner om denne tiltakskombinasjonen.

6.3 Tiltakskombinasjon 2: Flombarriere + Lokale sikringstiltak

Tiltakskombinasjon 2 består av flombarrierer og lokale sikringstiltak. To mulige plasseringer av flombarrieren er vurdert:

- **Plassering A:** Etablering av ny flombarriere for å gi mest mulig plass til elven.
- **Plassering B:** Heving av dagens flomvoll.

Disse alternativene er valgt for å vurdere konsekvensene av to vidt forskjellige plasseringer. Den mest optimale løsningen kan være en kombinasjon av begge alternativene.

6.3.1 Tiltakskombinasjon 2A: Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak

Teknisk beskrivelse

Det foreslås at flombarrieren i plassering A utformes som en flomvoll over det meste av strekningen. Tiltaket vil sikre hele Lærdalsøyri mot flom, men forverrer flomsituasjonen på motsatt side av elven, noe som krever ytterligere lokale sikringstiltak. I tillegg til flombarriere, vil det være nødvendig med avbøtende tiltak for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

- **Flombarriere**

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 2,5 til 3,0 meter, med enkelte steder opptil 3,5 meter, inkludert en sikkerhetsmargin på 0,5 meter. Den totale lengden på flombarrieren vil være omtrent 3300 meter.

For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 30-40 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom.

- **Lokale sikringstiltak**

Flombarrieren vil forverre flomsituasjonen for bebyggelsene på høyre bredd opp til Ofta. Ved en klimajustert 1000-årsflom vil flomvannstanden øke med omtrent 60 cm, mens den ved en klimajustert 200-årsflom vil øke med cirka 45 cm.

For å beskytte bebyggelsen mot en klimajustert 200-årsflom etter etablering av flombarrieren, vil det være behov for å bygge flombarrierer rundt bygningene/eiendommene med høyder på opptil 2 – 2,5 meter for de som ligger nærmest elven, og 1 meter for de som ligger lengre unna. Alternativt kan bebyggelsen heves tilsvarende, eller flyttes/bygges på et annet sted, avhengig av konstruksjonens muligheter. Hvilke tiltak som er aktuelle for hver bygning må vurderes nærmere i neste fase. Tiltakene rundt sykehuset er dimensjonert for en klimajustert 1000-årsflom i samsvar med TEK17.

- **Avbøtende tiltak**

Flombarrieren vil føre til at flomvannstand i elven blir høyere enn terrengnivået bak barrieren, noe som kan resultere i lekkasje av vann under flombarrieren fra elven til Lærdalsøyri. Beregningene/modelleringen viser en estimert lekkasje på mellom 1 – 95 l/s hver 100 meter av flombarrierens lengde, basert på den foreslåtte utformingen. Disse estimatene er basert på modellering og kan variere betydelig lokalt på grunn av variasjoner i permeabilitet. Oppbygningen og tetningen av den eksisterende flomvollen er også ukjent, noe som kan påvirke resultatene. Beregningene viser også at det er liten forskjell i estimert lekkasje ved bruk av spunt som tetningslag under flombarrieren på grunn av massenes store permeabilitet (se Vedlegg B). Derfor anbefales det å ikke benytte en slik konstruksjon under flombarrieren. Spunt kan imidlertid fortsatt vurderes som et alternativ for å redusere arealbruken til flombarrieren. Dette gjelder for flombarrierene i alle tiltakskombinasjonene.

For å håndtere lekkasjen foreslås det å etablere en grøft på baksiden/tørrsiden av flombarrieren. Utformingen av grøften kan variere langs traseen avhengig av tilgjengelig areal og nødvendig kapasitet. Basert på dagens terrengutforming kan grøftene ha et fall på 0,3 – 0,4 %, men det vil ikke være mulig å ha bare én grøft som håndterer alt lekkasjevann til det laveste punktet. Strekningen bør deles i tre segmenter, med behov for en pumpestasjon på slutten av hvert segment for å pumpe vannet tilbake i elven.

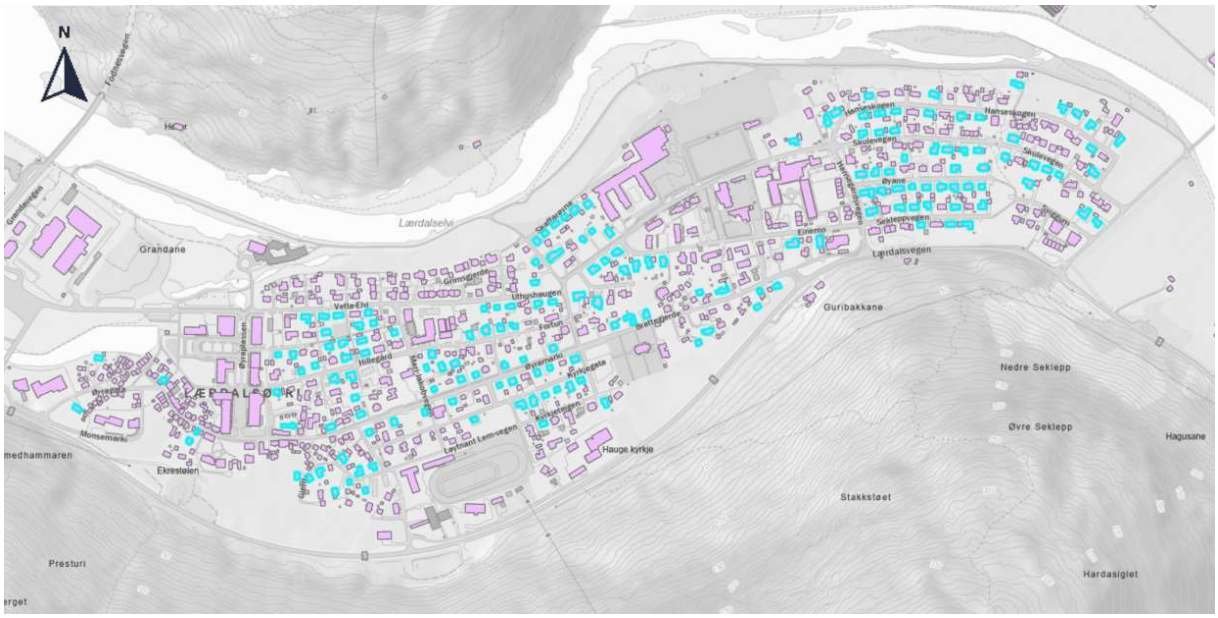
For en lekkasje i øvre del av beregningen vil følgende dimensjoner være nødvendig:

- **Grøft:** maksimalt 1 meter dyp, med en bunnbredde på 1 meter og skråninger 1:2. Det nødvendige fotavtrykket vil da være 5 meter. Dersom det er plass, kan bunnen utvides og skråningene lages slakere for bedre integrasjon i landskapet og eventuell arealbruk.
- **Pumpestasjon:** 3 stykker med en kapasitet på 0,5 – 1,0 m^3/s og en pumpehøyde på omtrent 5 meter. Det bør vurderes om pumpestasjonen i midten kan utelates basert på tilgengelig areal, for å få en sammenhengende grøft fra Sjukehusvegen ned til veien ved Lærdal kulturhus. Pumpestasjon nederst ved Øyraplassen kan også utgå dersom et tilstrekkelig stort rør med en tilbakeslagsventil etableres under Grandavegen for å føre vannet ut i sjøen. Konsekvensene av en slik kobling er ikke vurdert.

Selv om grøften langs barrieren forventes å fange mesteparten av lekkasjevannet, kan grunnvannsnivået i Lærdalsøyri likevel øke. Dette kan føre til skader i kjeller, i verste fall gjøre at noen områder blir «våte». Som en del av mulighetsstudien er det utredet en løsning for en helhetlig sikring av kjellerne mot grunnvannstandnivået, som oppsummeres her og er nærmere beskrevet i Vedlegg B. Dette gjelder for tiltakskombinasjonene der flombarriere er benyttet, det vil si

tiltakskombinasjoner 2-6. På grunn av den eksisterende flomvollen, vil denne situasjonen også kunne opptre i tiltakskombinasjon 0 og 1.

Innledende vurderinger og beregninger gir et grovt estimat av den nødvendige pumpehastigheten for å senke grunnvannsnivået og sikre bygninger med kjeller mot oversvømmelse. Det er vurdert to scenarioer: senkning av grunnvannstandnivået med 1 meter og senkning av grunnvannstandnivået med 3 meter rundt bygninger med kjeller. Det er identifisert 168 bygninger med kjeller i Lærdal sentrum, som markert med blå farge Figur 6-4. For disse 168 bygningene er det beregnet en total pumperate på mellom 70 000 m^3/t (19 500 l/s) ved 3 m grunnvannssenking og 22 900 m^3/t (6 400 l/s) ved 1 m grunnvannssenkning. Basert på disse vannmengdene er det vurdert et nytt dreneringssystem for å lede vannet til enten Lærdalselva eller sjøen. For flere detaljer om antagelser og grunnlag benyttet i de empiriske beregningene, se Vedlegg B.



Figur 6-4: Plassering av bygninger med kjeller i Lærdal sentrum markert med blå farge.

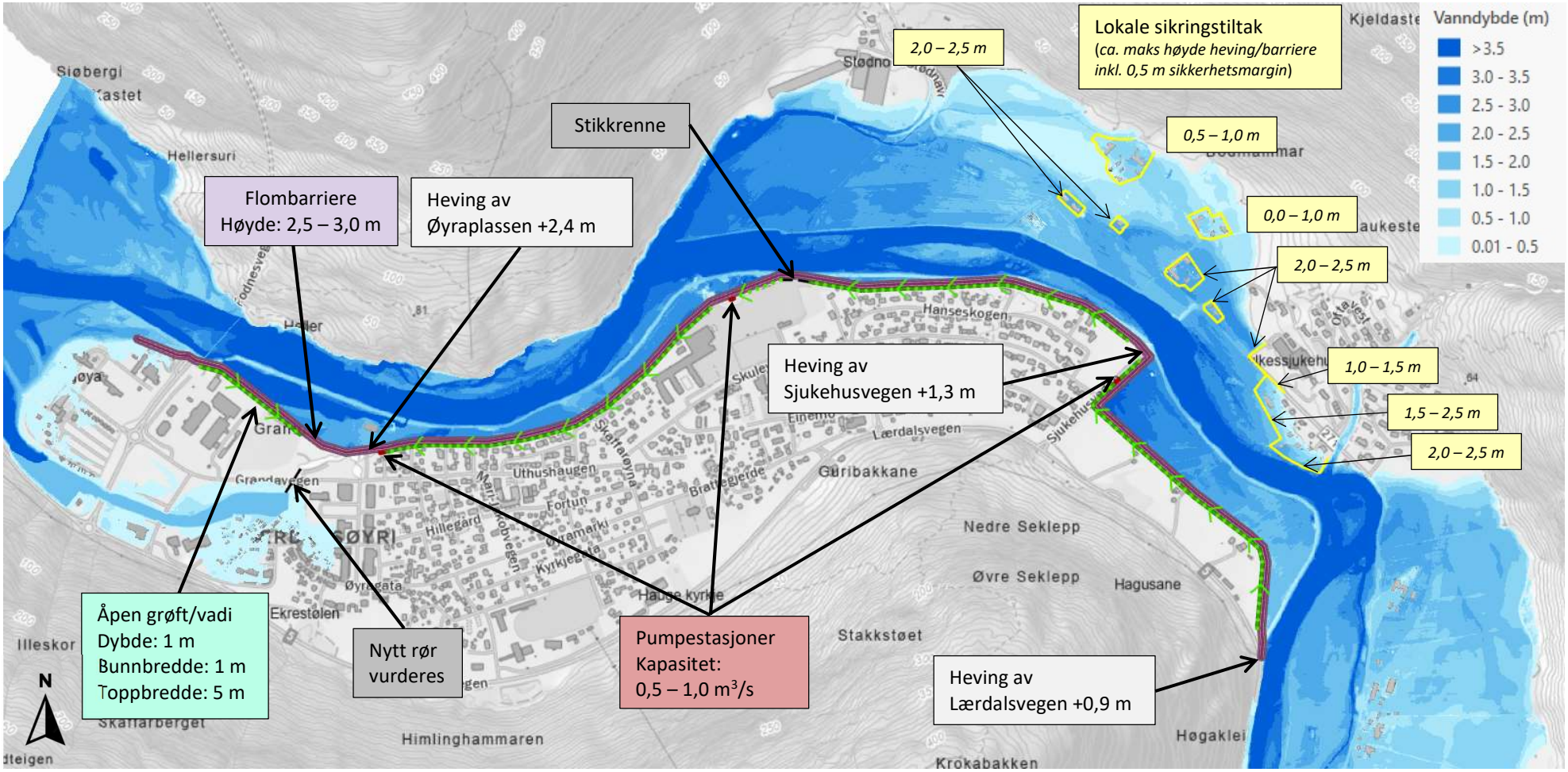
Den estimerte pumperaten er høy, og drenering med individuelle pumpebrønner vil ikke være effektiv i et område som Lærdal, med svært permeable løsmasser. Det nødvendige dreneringssystemet vil også være omfattende og utfordrende å gjennomføre, spesielt hvis grunnvannstanden senkes med 3 meter.

NVE har utført en nytte-/kostvurdering av tiltakene (se Vedlegg D), og resultatene viser at det kun er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom:

- Grunnvannstanden senkes med 3 meter.
- Skader i alle kjellerne oppstår med et gjentaksintervall på 2år.
- Den gjennomsnittlige skadekostnaden per bolig er helt i det øvre sjiktet av skadekostnad per bolig.

Konklusjonen er derfor at en helhetlig sikring av kjellerne i Lærdalsøyri ikke er realistisk, og at det bør vurderes en kombinasjon av flere avbøtende tiltak (se eksempler i Vedlegg B). Gjennomførbarheten av disse bør undersøkes nærmere i neste fase av studien.

Illustrasjon



Figur 6-5: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 2A.



Figur 6-6: 3D-illustrasjon av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2A sett fra nord. Se Vedlegg A for flere illustrasjoner om denne tiltakskombinasjonen.

6.3.2 Tiltakskombinasjon 2B: Flombarriere alternativ B + Lokale sikringstiltak

Teknisk beskrivelse

Det foreslås at flombarrieren i plassering B også utformes som en flomvoll over det meste av strekningen. Tiltaket vil sikre hele Lærdalsøyri mot flom, men forverrer flomsituasjonen på motsatt side av elven, noe som krever ytterligere lokale sikringstiltak. Forverringen vil være større enn ved plassering A. Avbøtende tiltak vil også være nødvendig for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

- **Flombarriere**

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 3,5 til 4,0 meter, inkludert en sikkerhetsmargin på 0,5 meter. Den totale lengden på flombarrieren vil også være omtrent 3300 meter.

- For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 40-50 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom.

- **Lokale sikringstiltak**

Flombarrieren vil forverre flomsituasjonen for bebyggelsene på høyre bredd. Med denne plasseringen vil forverringen strekke seg opp til Hauge, i motsetning til plassering A hvor forverringen stoppen ved Ofta. Ved en klimajustert 1000-årsflom vil flomvannstanden øke med omtrent 120 cm, og ved en klimajustert 200-årsflom vil økningen være cirka 100 cm, med en gradvis reduksjon mellom Ofta og Hauge.

For å sikre bebyggelsen mot en klimajustert 200-årsflom etter etablering av flombarrieren, vil det være behov for å bygge flombarrierer rundt bygningene/eiendommene med høyder på opptil 3 meter. Alternativt kan bebyggelsene heves tilsvarende eller flyttes/bygges på et annet sted, avhengig av konstruksjonens muligheter. Hvilke tiltak som er aktuelle for hver bygning må vurderes nærmere i neste fase. Tiltaket rundt sykehuset er dimensjonert for en klimajustert 1000-årsflom i samsvar med TEK17.

- **Avbøtende tiltak**

Plassering B vil også føre til lekkasje av vann under flombarrieren. Flomvannstand ved en klimajustert 1000-årsflom er i gjennomsnitt 80 cm høyere ved plassering B enn ved plassering A. Beregningene/modelleringen viser at estimert lekkasje vil være omtrent 5% høyere enn ved plassering A, med estimerte lekkasjer mellom 1 – 100 l/s per 100 meter.

For å håndtere lekkasjen foreslås det også å etablere en grøft på baksiden/tørrsiden av flombarrieren. Utformingen av grøften kan variere avhengig av tilgjengelig areal og nødvendig kapasitet. Med plassering B er det trolig mer areal tilgjengelig for en effektiv håndtering av lekkasjevann enn ved plassering A. Basert på dagens terrengutforming kan grøftene ha et fall på 0,3 – 0,4 %. Strekningen bør også deles i tre segmenter, med en pumpestasjon på slutten av hvert segment.

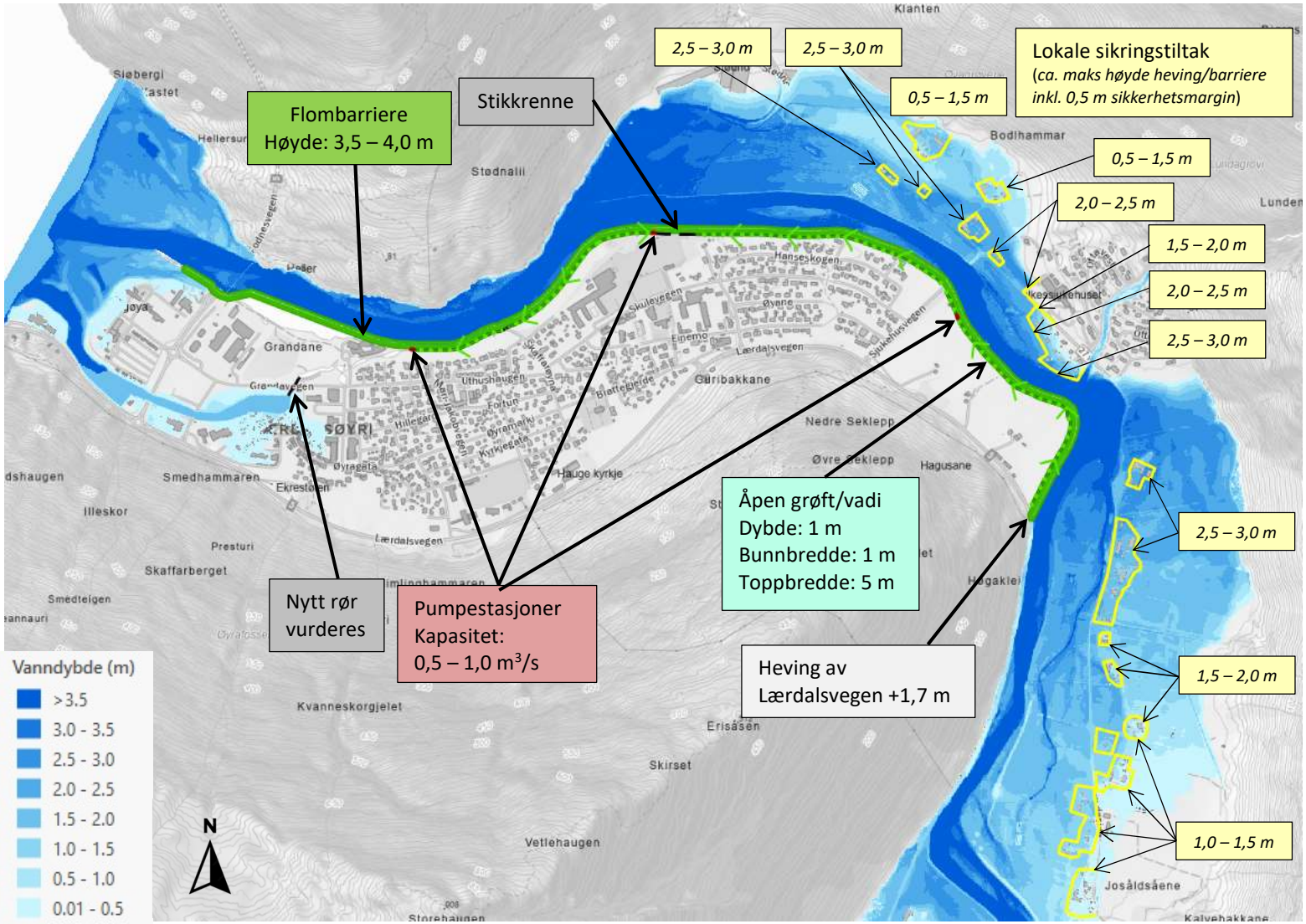
For en lekkasje i øvre del av beregningen vil følgende dimensjoner være nødvendig:

- **Grøft:** maksimalt 1 meter dyp, med en bunnbredde på 1 meter og skråninger 1:2. Det nødvendige fotavtrykket vil da være 5 meter. Dersom det er plass, kan skråningene lages slakere for bedre integrasjon i landskapet og eventuell arealbruk (for eksempel jordbruk).

- **Pumpestasjon:** 3 stykker med en kapasitet på 0,5 – 1,0 m^3/s og en pumpehøyde på omtrent 6 meter. Det kan vurderes om pumpestasjonene i midten og ved Lærdal kulturhus kan utelates som beskrevet for tiltakskombinasjon 2A.

Det forventes ubetydelig forskjell i håndtering av lekkasjevann mellom plassering A og B. Fordelen med plassering B er at det vil være større mulighet for å etablere en grøft med slakere skråninger, som integreres bedre i landskapet og arealbruk.

Illustrasjon



Figur 6-7: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 2B.



Figur 6-8: 3D-illustrasjon av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2B sett fra nord. Se Vedlegg A for flere illustrasjoner om denne tiltakskombinasjonen.

6.4 Tiltakskombinasjon 3: Heving av Sjukehusvegen + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak

Teknisk beskrivelse

Tiltakskombinasjon 3 består av flombarrierer og lokale sikringstiltak. Flombarrieren følger samme trase som i tiltakskombinasjon 2A fra utløpet og til Sjukehusvegen, men stopper der. Videre heves Sjukehusvegen mellom Lærdalsvegen og Sykehusbrua, slik at den også fungerer som en flombarriere. På samme måte som i tiltakskombinasjon 2A og 2B, vil dette tiltaket sikre hele Lærdalsøyri mot flom, men forverre flomsituasjonen på motsatt side av elven, noe som krever flere lokale sikringstiltak. Avbøtende tiltak vil også være nødvendig for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

- **Flombarriere**

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 2,5 til 3,0 meter, men en lokal økning til 3,5 meter ved Lærdalshallen (som i tiltakskombinasjon 2A). Hevingen av Sjukehusvegen vil være mellom 2,5 og 3,0 meter. Disse høydene inkluderer en sikkerhetsmargin på 0,5 meter.

For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 30-40 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom (som i tiltakskombinasjon 2A).

- **Lokale sikringstiltak**

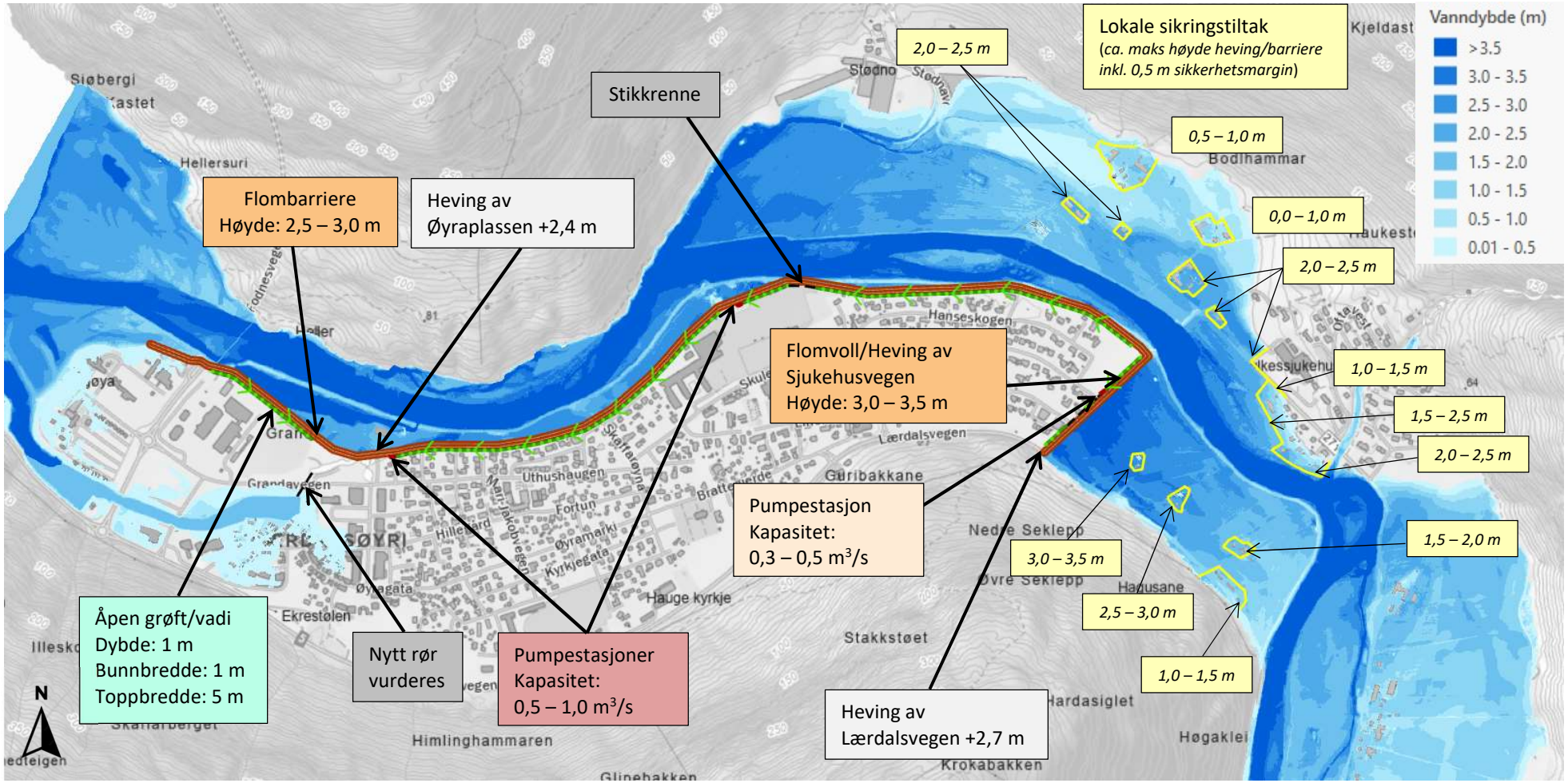
Flombarrieren vil forverre flomsituasjonen for bebyggelsene på høyre bredd opp til Ofta, samt for bebyggelsen oppstrøms Sjukehusvegen og ved Lærdalsvegen. Ved en klimajustert 1000-årsflom vil flomvannstanden øke med omtrent 60 cm, og ved en klimajustert 200-årsflom vil økningen være cirka 45 cm (som i tiltakskombinasjon 2A). Økningen vil være større oppstrøms Sjukehusvegen: 100-150 cm ved både en klimajustert 200- og 1000-årsflom.

For å sikre bebyggelsen mot en klimajustert 200-årsflom etter etablering av flombarrieren, vil det være behov for å bygge flombarrierer rundt bygningene/eiendommene med høyder på opptil 2 – 2,5 meter for de som ligger nærmest elven, og 1 meter for de som ligger lengre unna. For bygningene nærmest Sjukehusvegen på venstre bredd kan flombarrieren være opptil 3,5 meter høy. Alternativt kan bebyggelsene heves tilsvarende eller flyttes/bygges på et annet sted, avhengig av konstruksjonens muligheter. Hvilke tiltak som er aktuelle for hver bygning må vurderes nærmere i neste fase. Tiltaket rundt sykehuset er dimensjonert for en klimajustert 1000-årsflom i samsvar med TEK17.

- **Avbøtende tiltak**

Se beskrivelse for tiltakskombinasjon 2A i kapittel 6.3.1.

Illustrasjon



Figur 6-9: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 3.



Figur 6-10: Illustrasjon av heving av Sjukehusvegen sett fra nordvest. Den største endringen vil bli en redusert visuell kontakt med areal og bebyggelse på motsatt side av veistrekket.

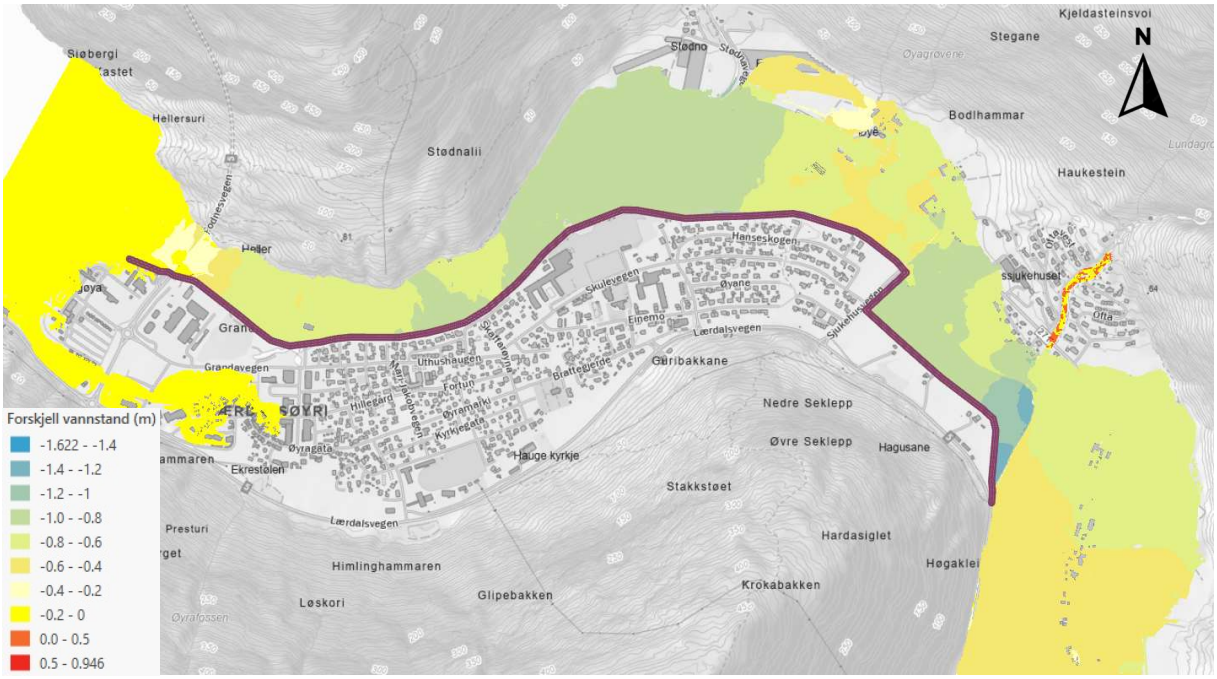
6.5 Tiltakskombinasjon 4: Flombarriere alternativ A + Regulering

Teknisk beskrivelse

Tiltakskombinasjon 4 består av flombarrierer og en økning av reguleringskapasiteten i magasinene som i dag er regulert. Flombarrieren følger samme trase som i tiltakskombinasjon 2A og vil sikre hele Lærdalsøyri mot flom. Selv om flombarrieren reduserer kapasiteten i elven, vil den økte reguleringskapasiteten føre til at flomvannstandene blir lavere enn dagens situasjon uten flombarriere. Derfor vil det ikke være behov for lokale sikringstiltak. Avbøtende tiltak vil fortsatt være nødvendig for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

- **Flombarriere**

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 1,5 til 2,5 meter, inkludert en sikkerhetsmargin på 0,5 meter. Den økte reguleringskapasiteten i vassdraget gjør at flombarrieren kan være 60 - 100 cm lavere sammenlignet med flombarrieren i tiltakskombinasjon 2A, som har samme trase, men ingen økning i reguleringskapasiteten.



Figur 6-11: Sammenligning av flomvannstand ved en klimajustert 1000-årsflom: tiltakskombinasjon 4 minus tiltakskombinasjon 2A. Negative verdier indikerer en lavere flomvannstand i tiltakskombinasjon 4 sammenlignet med tiltakskombinasjon 2A.

For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 30-50 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom.

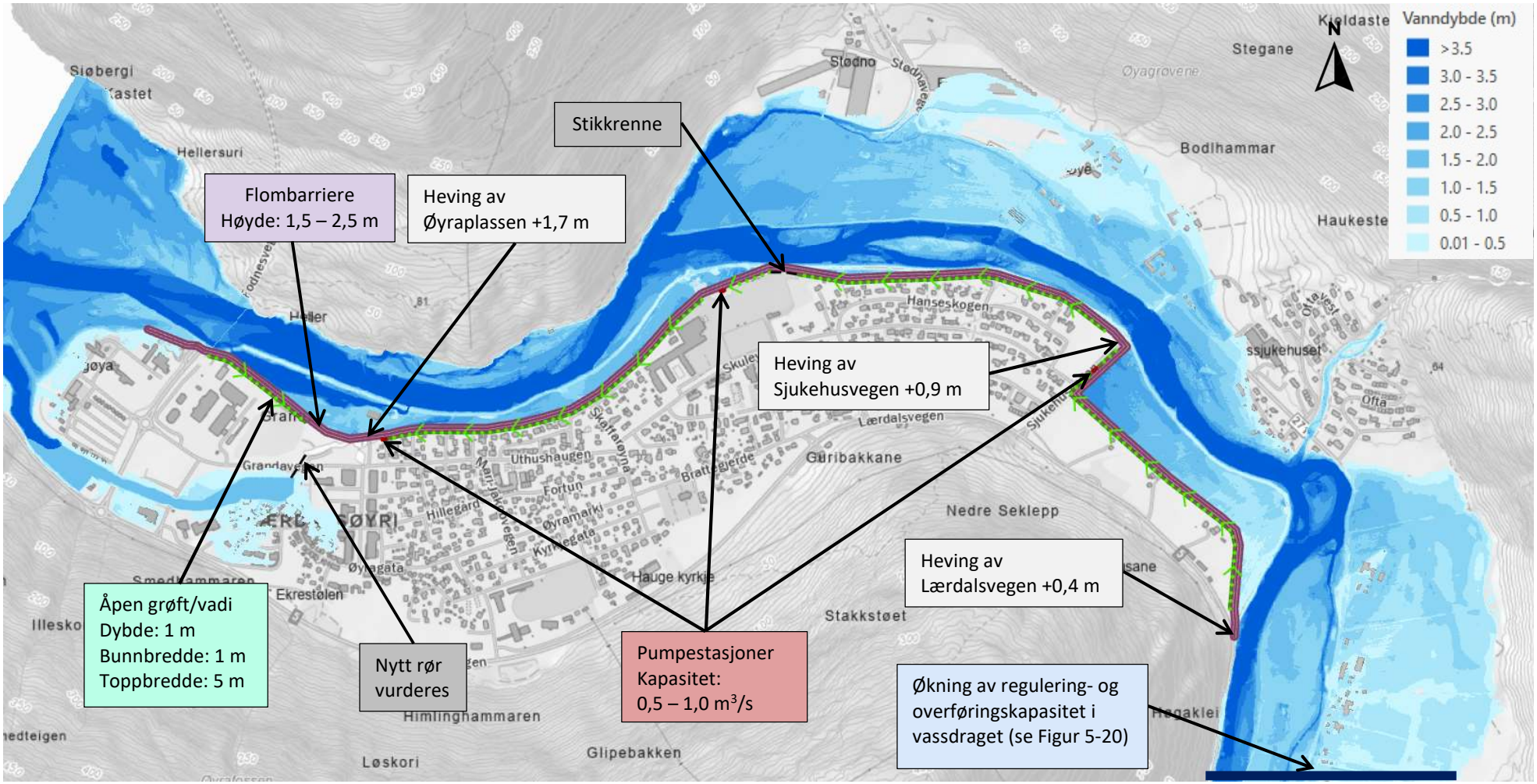
- **Regulering**

Regulering- og overføringskapasiteten i alle magasinene som i dag er regulert økes for å håndtere og fordrøye flommer opptil 1000-år, inkludert klimapåslag. Mulighetsstudien har ikke vurdert kapasiteten til overføringene, eller hvor store flommer som kan fordrøyes i dag, da dette krever en mer detaljert analyse av flomforløp og flomvolumer. Derfor foreligger det ingen konkrete tall på omfanget av et slikt tiltak i denne studien.

- **Avbøtende tiltak**

Det forventes at forskjellen i lekkasjevann vil være minimalt sammenlignet med beregningene for tiltakskombinasjon 2A. Derfor vil de samme avbøtende tiltakene beskrevet i kapittel 6.3.1 være aktuelle for tiltakskombinasjon 4.

Illustrasjon



Figur 6-12: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 4.

6.6 Tiltakskombinasjon 5: Flomtunnel ved utløpet + Flombarriere alternativ A + Lokale sikringstiltak

Teknisk beskrivelse

Tiltakskombinasjon 5 består av en flomtunnel på høyre bredd ved utløpet, flombarrierer og lokale sikringstiltak.

- **Inntaksarrangement**

Dersom man bruker samme prinsipp som i tiltakskombinasjon 1 med fastterskel, vil energihøyden nedstrøms terskelen være omtrent 3,0 moh. (energihøyde ved innløpet vil være cirka 4,5 moh.). Med et antatt energitap på 1,0 mellom terskelen og starten av flomtunnelen, vil den dimensjonerende høydeforskjellen være 0,3 meter (dimensjonerende sjøvannstand = 1,7 moh.). Dette krever et tverrsnitt i flomtunnelen på 1100 m^2. Siden en slik dimensjon er veldig stor og plassering av en fastterskel på 290 meter kan være utfordrende i dette området, anbefales et inntaksarrangement med et lukesystem i stedet for en fastterskel. I tillegg er energitapet ved innløpet veldig usikkert uten detaljerte hydrauliske beregninger/modellering. Denne løsning vil ikke oppfylle kravene i TEK17, siden den baserer seg på organisatoriske tiltak, noe som vil begrense framtidig utvikling av Lærdalsøyri.

Det foreslås et inntaksarrangement med en lengde på 40-60 meter, hvor overgangen til flomtunnelen vil avhenge fjellgrunnen. Like etter starten på flomtunnelen reduseres tverrsnittet med en fjerdedel, der lukene skal plasseres. Deretter utvides tverrsnittet fra 100 m^2 til 400 m^2 som vil være dimensjonerende ved en 1000-årsflom dersom et lukesystem benyttes. Alle beregningene i denne fasen er svært usikre.

- **Flomtunnel**

Flomtunnelen vil være 1500 meter lang. For å sikre nederste del av Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom, må flomtunnelen også ha en kapasitet på 1050 m^3/s og et tverrsnitt på omtrent 400 m^2. Det kan oppnås for eksempel med en bredde på 18 meter og en høyde på 14 meter, forutsatt at tunnelen er dykket. Større dimensjoner vil være nødvendig dersom tunnelen ikke er dykket.

For å flomsikre mot en klimajustert 200-årsflom, må flomtunnelen ha en kapasitet på 826 m^3/s og et tverrsnitt på omtrent 320 m^2.

- **Utløpsarrangement**

Med en dykket flomtunnel vil hele utløpet ligge under sjønivået. Av de to plasseringene som er vurdert og beskrevet i kapittel 5.8, anses alternativet med utløp lengst unna Lærdalselva som det beste. Dette valget vil både redusere konsekvensene på det biologiske mangfoldet og redusere risikoen for at sedimenter fra Lærdalselva blokkerer utløpet.

Fjordbunnen ved den planlagte plasseringen av utløpet ligger på -25 moh. Med en tunnelhøyde på 14 meter vil utløpet derfor være usynlig i permanent situasjon.

- **Flombarriere**

Flombarrieren vil følge samme trase som flombarrieren i tiltakskombinasjon 2A (se kapittel 6.3.1), men stopper ved Lærdalshallen, noe som reduserer flombarrierens lengde fra 3300 meter til 2000 meter. Dette tiltaket forverrer også flomsituasjonen på motsatt side av elven, noe som krever flere lokale sikringstiltak. Avbøtende tiltak vil også være nødvendig for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 2,5 til 3,0 meter, og opp til 3,5 meter på enkelte lokasjoner, inkludert en sikkerhetsmargin på 0,5 meter. Det er liten forskjell mellom denne flombarrieren og den som er beskrevet i tiltakskombinasjon 2A.

For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 30-40 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom (som i tiltakskombinasjon 2A).

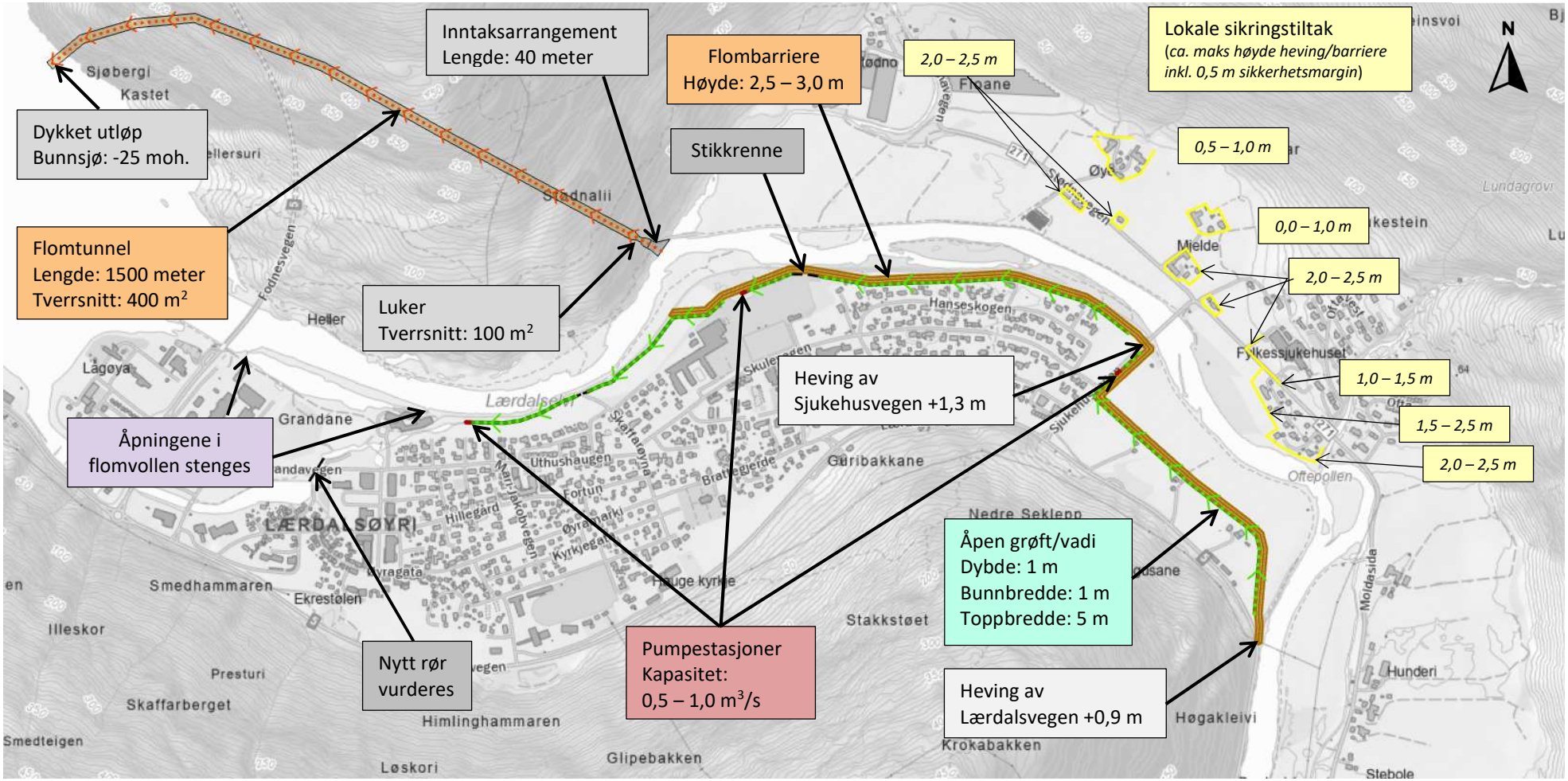
- **Lokale sikringstiltak**

Behovet for lokale sikringstiltak vil være tilsvarende det som er beskrevet for tiltakskombinasjon 2A i kapittel 6.3.1.

- **Avbøtende tiltak**

Behov for lokale sikringstiltak vil være tilsvarende det som er beskrevet for tiltakskombinasjon 2A i kapittel 6.3.1. Den eneste forskjellen er nedstrøms inntaksarrangementet, hvor det ikke etableres noen flombarriere langs Lærdalselva. På grunn av lavere flomvannstand ved den eksisterende flomvollen, vil lekkasjevann sannsynligvis være mindre. Det mangler imidlertid informasjon om hvordan flomvollen er bygget og tettet. Derfor er det antatt samme mengder lekkasjevann ved dimensjonering av tiltak og beregning av kostnadsestimat. Det vil uansett være aktuelt med et lignende system for å håndtere lekkasjevannet.

Illustrasjon



Figur 6-13: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 5.



Figur 6-14: 3D-illustrasjon av planlagt flombarriere og inntaksarrangement i tiltakskombinasjon 5 sett fra nord. Se Vedlegg A for flere illustrasjoner om denne tiltakskombinasjonen.

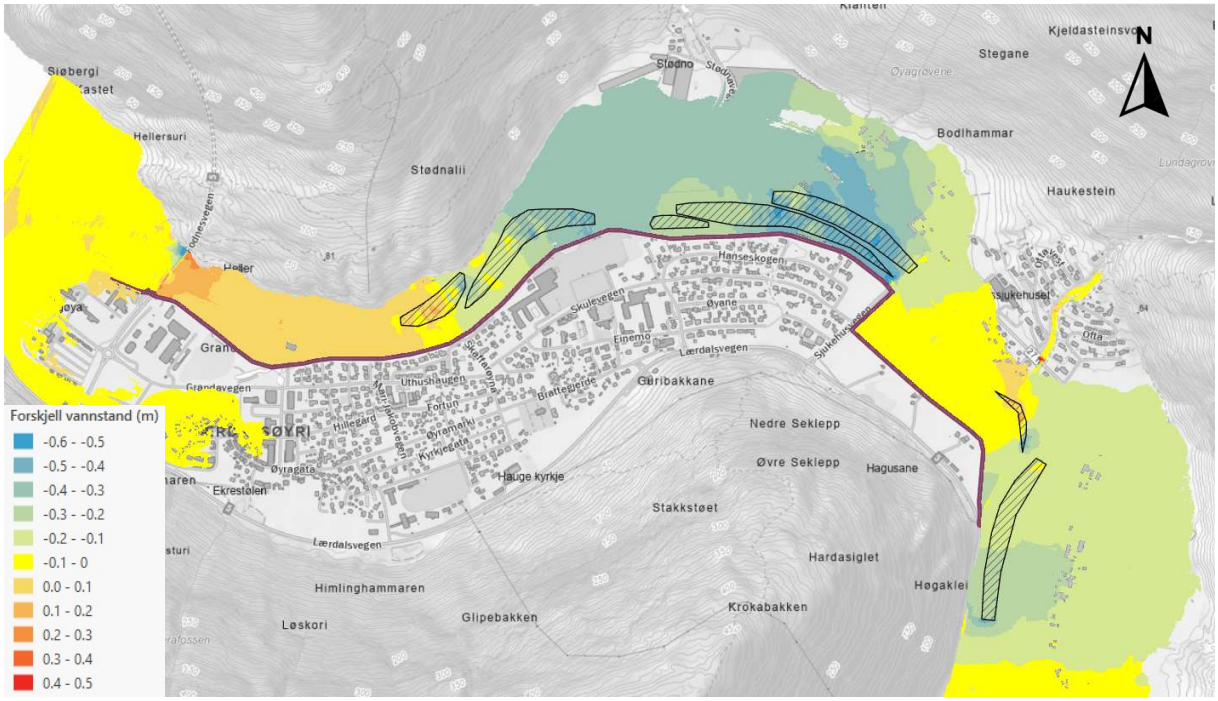
6.7 Tiltakskombinasjon 6: Flombarriere alternativ A + Masseuttak + Lokale sikringstiltak

Teknisk beskrivelse

Tiltakskombinasjon 6 består av flombarrierer, uttak av masser i Lærdalselva og lokale sikringstiltak. Flombarrieren følger samme trase som i tiltakskombinasjon 2A. Masseuttaket i elven utføres på utvalgte steder for å øke den hydrauliske kapasiteten (se kapittel 5.9.1). Tiltaket sikrer hele Lærdalsøyri mot flom og vil forverre flomsituasjonen på motsatt side av elven. Avbøtende tiltak vil også være nødvendig for å håndtere lekkasjevann under flombarrieren.

- **Flombarriere**

For å sikre Lærdalsøyri mot en 1000-årsflom med 20% klimapåslag, må flombarrieren ha en høyde som varierer fra 2,0 til 3,0 meter, med enkelte steder som krever opp til 3,5 meter, inkludert en sikkerhetsmargin på 0,5 meter. Masseuttaket i elven gjør det mulig å redusere høyden på flombarrieren med 10-40 cm sammenlignet med flombarrieren i tiltakskombinasjon 2A, som følger samme trase, men uten masseuttak.



Figur 6-15: Sammenligning av flomvannstand ved en klimajustert 1000-årsflom: tiltakskombinasjon 6 minus tiltakskombinasjon 2A. Negative verdier indikerer lavere flomvannstand i tiltakskombinasjon 6 sammenlignet med tiltakskombinasjon 2A. Svarte polygoner viser hvor masseuttaket er utført.

For å sikre mot en 200-årsflom med 20% klimapåslag, vil det være nødvendig med en flombarriere som er 30-40 cm lavere enn den som er trengs for å beskytte Lærdalsøyri mot en klimajustert 1000-årsflom (som i tiltakskombinasjon 2A).

- **Masseuttak**

Masseuttaket i områdene vist i Figur 6-15 utføres regelmessig eller ved behov. Permanente adkomstveier for nødvendige maskiner må også etableres som en del av tiltaket. Det er beregnet at uttaket vil ha et volum på 170000 m^3, og fordeling av dette volumet over de ulike områdene er vist i Figur 6-16.

- **Lokale sikringstiltak**

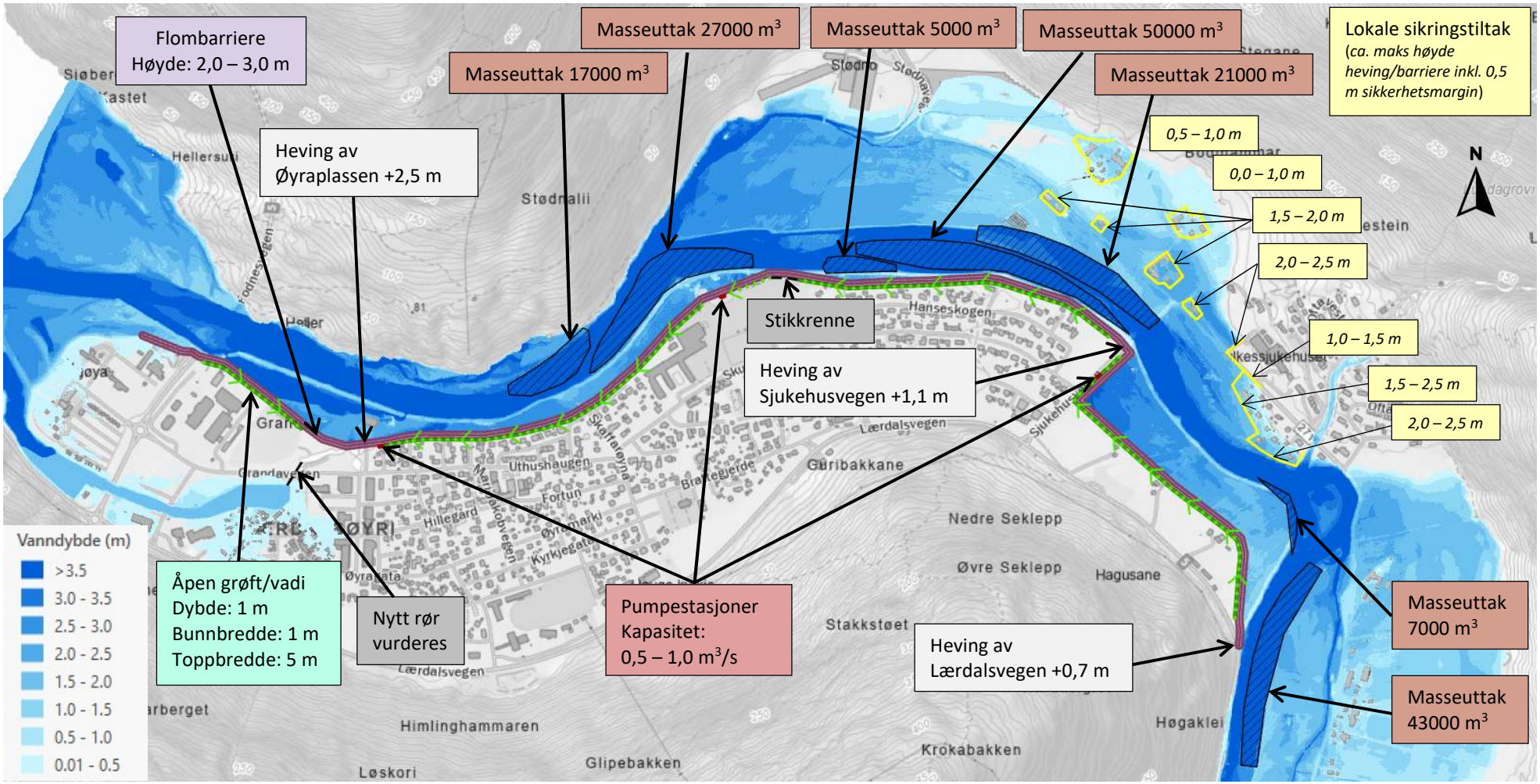
Flombarrieren vil forverre flomsituasjonen for bebyggelsene på høyre bredd opp til Ofta. Ved en klimajustert 1000-årsflom vil flomvannstanden øke med omtrent 45 cm, og ved en klimajustert 200-årsflom vil økningen være cirka 30 cm.

For å beskytte bebyggelsen mot en klimajustert 200-årsflom etter etablering av flombarrieren, vil det være behov for å bygge flombarrierer rundt bygningene/eiendommene med høyder på opptil 2 – 2,5 meter for de som ligger nærmest elven, og 1 meter for de som ligger lengre unna. Alternativt kan bebyggelsene heves tilsvarende, eller flyttes/bygges på et annet sted, avhengig av konstruksjonens muligheter. Hvilke tiltak som er aktuelle for hver bygning må vurderes nærmere i neste fase. Tiltakene rundt sykehuset er dimensjonert for en klimajustert 1000-årsflom i samsvar med TEK17. Forskjellen i lokale sikringstiltak sammenlignet med tiltakskombinasjon 2A er derfor minimal.

- **Avbøtende tiltak**

Se beskrivelse for tiltakskombinasjon 2A i kapittel 6.3.1.

Illustrasjon



Figur 6-16: Oversiktskart over kombinerte tiltak for å sikre Lærdalsøyri ved en 1000-årsflom med 20% klimapåslag i tiltakskombinasjon 6.

7 Sammenstilling av tiltakskombinasjoner

7.1 Oversikt

Tabell 7-1: Oppsummering av tiltakskombinasjonene.

Tiltaks-kombinasjon	Teknisk beskrivelse	Konsekvenser	Byggekostnad og nytte/kost (NK)*
0. Akseptere flom	Ingen tiltak	Biologisk mangfold: ingen Kulturminner: ingen Friluftsliv: ingen Jordbruk: ingen Landskap: ingen Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17**	0 MNOK NK-forhold: - NK-vurdering: negativ
1. Flomtunnel ved Hauge (+anbefalt heving og forlengelse av eks. flomvoll)	Flomtunnel Lengde: 3650 meter Tverrsnitt: 270 m^2 Regulering: fastterskel Lengde inntak: 290 m	Biologisk mangfold: store negative (spesielt det akvatiske) Kulturminner: små negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: små negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	1 382 MNOK NK-forhold: 0,8 NK-vurdering: negativ, men kan bli positiv basert på usikkerheten i beregningene
2A. Flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: moderate/store negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	168 MNOK NK-forhold: 4,2 NK-vurdering: positiv
2B. Flombarriere alternativ B + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 3,5 – 4,0 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 5500 m Høyde: 1,0 – 3,0 m	Biologisk mangfold: moderate negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: store negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	252 MNOK NK-forhold: 3,2 NK-vurdering: positiv
3. Heving av Sjukehusvegen + Flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Heving av vegen: Lengde: 320 m Høyde: 2,5 – 3,0 m Flombarriere: Lengde: 2400 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 2200 m Høyde: 1,0 – 3,5 m	Biologisk mangfold: moderate negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: moderate negative Landskap: moderate negative Tiltaket er i samsvar med TEK17	167 MNOK NK-forhold: 4,3 NK-vurdering: positiv

Tiltaks-kombinasjon	Teknisk beskrivelse	Konsekvenser	Byggekostnad og nytte/kostvurdering (NK)*
4. Flombarriere alternativ A + regulering	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 1,5 – 2,5 m Regulering: Ikke utredet i detalj	Biologisk mangfold: moderate/store negative (spesielt det terrestriske) Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 pga. bruk av organisatoriske tiltak ved regulering	121 MNOK (uten regulering) NK-forhold: 4,7 (uten regulering) NK-vurdering: positiv (uten regulering)
5. Flomtunnel ved utløpet + flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak	Flomtunnel Lengde: 1500 meter Tverrsnitt: 400 m^2 Regulering: luker Lengde inntak: ca.50 m Flombarriere: Lengde: 2000 meter Høyde: 2,5 – 3,5 m Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: store negative Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: moderate negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 pga. bruk av organisatoriske tiltak ved regulering	701 MNOK NK-forhold: 1,3 NK-vurdering: positiv, men kan bli negativ basert på usikkerheten i beregningene
6. Flombarriere alternativ A + masseuttak + lokale sikringstiltak	Flombarriere: Lengde: 3300 meter Høyde: 2,0 – 3,5 m Masseuttak: Volum: 170000 m^3 Lokale sikringstiltak: Lengde dersom flombarriere: 1740 m Høyde: 1,0 – 2,5 m	Biologisk mangfold: store negative Kulturminner: moderate negative Friluftsliv: små negative Jordbruk: store negative Landskap: moderate negative Tiltaket er ikke i samsvar med TEK17 dersom det krever kontinuerlig masseuttak	247 MNOK NK-forhold: 3,1 NK-vurdering: positiv

**Byggekostnad er nærmere beskrevet i Vedlegg C, mens nytte/kostvurderingen er nærmere beskrevet i Vedlegg D.*
*** Lærdalsøyri vil fortsatt være flomutsatt og framtidig utvikling vil være veldig begrenset.*

8 Konklusjon

Basert på en helhetlig vurdering av tekniske aspekter, konsekvenser, byggekostnader og nytte/kostforhold, har vi rangert tiltakskombinasjonene fra mest til minst aktuelle:

Rangering 1. Tiltakskombinasjon 2A: Flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak

Rangering 2. Tiltakskombinasjon 3: Heving av Sjukehusvegen + flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak

Rangering 3. Tiltakskombinasjon 2B: Flombarriere alternativ B + lokale sikringstiltak

Rangering 4. Tiltakskombinasjon 0: Akseptere flom

Rangering 5. Tiltakskombinasjon 6: Flombarriere alternativ A + masseuttak + lokale sikringstiltak

Rangering 6. Tiltakskombinasjon 5: Flomtunnel ved utløpet + flombarriere alternativ A + lokale sikringstiltak

Rangering 7. Tiltakskombinasjon 1: Flomtunnel ved Hauge

Rangering 8. Tiltakskombinasjon 4: Flombarriere alternativ A + regulering

Tiltakskombinasjon 2A er en av de mest kostnadseffektive løsningene, med akseptable konsekvensene som kan reduseres ved hjelp av avbøtende tiltak. I tillegg har norske planmyndigheter god erfaring med slike tiltak.

Tiltakskombinasjon 3 ligner mye på 2A i den generelle vurderingen, men rangeres som nummer to fordi den ikke gir noen kostnadsbesparelser sammenlignet med 2A, og lokale sikringstiltak for bebyggelsene oppstrøms Sjukehusvegen vil være omfattende og kan være ugunstige for grunneierne. Selv om tiltaket beslaglegger mindre jordbruksareal, kan det bli utfordrende å heve Sjukehusvegen på grunn av tilkoblingen til eksisterende adkomstveier. Det er derfor sannsynlig at en flombarriere sør for Sjukehusvegen må etableres likevel.

Tiltakskombinasjon 2B er dyrere og har større konsekvenser for landskapet, med en flombarriere som er i gjennomsnitt 80 cm høyere enn ved 2A. Flomsituasjonen på motsatt side av elven forverres også betydelig. Likevel rangeres 2B over tiltakskombinasjon 0, da deler av flombarrieretraseen kan være aktuelt, spesielt fra Sjukehusvegen og nedstrøms, hvor påvirkning på eksisterende bebyggelse på motsatt side av elven er mindre.

Hvis ingen av de tre første tiltakskombinasjonene ønskes implementert, anbefaler Multiconsult at Lærdalsøyri aksepterer flommen og lærer å leve med den. Dette betyr at Multiconsult ikke anbefaler noen av tiltakene rangert under **tiltakskombinasjon 0** (Rangering 4).

Tiltakskombinasjon 6 anbefales ikke på grunn av de store konsekvensene for miljøet og behovet for regelmessig vedlikehold som vil være kritisk for å sikre Lærdalsøyri. Dette innebærer et gjentakende inngrep. I tillegg gir uttak av masser kun en minimal reduksjon i dimensjonerende flomvannstand, noe som ikke anses som verdt de negative konsekvensene.

Tiltakskombinasjon 5 frarådes på grunn av de høye kostnadene og risikoen for at det ikke er økonomisk lønnsomt for samfunnet. Norske planmyndigheter har heller ingen erfaring med flomtunneler av denne størrelsen, og tiltaket er ikke i samsvar med TEK17, da organisatoriske tiltak må benyttes.

Tiltakskombinasjon 1 anbefales ikke fordi den ikke er økonomisk lønnsom for samfunnet. Videre er konsekvensene for det biologiske mangfoldet veldig store, og kan være uakseptable i et nasjonalt

laksevassdrag. Selv om tunnelen er mindre enn ved tiltakskombinasjon 5, har norske planmyndigheter ingen erfaring med slike flomtunneler. Alle disse negative konsekvensene kan reduseres ved å regulere flomtunnelen med et lukesystem i stedet for en fastterskel. Imidlertid vil et slikt system ikke være i samsvar med TEK17, og utvikling i Lærdalsøyri vil fortsatt være begrenset på grunn av flomfare.

Tiltakskombinasjon 4 er ikke utredet i detalj, men det antas at omfanget av nødvendige tiltak for å dempe en 1000-årsflom i magasinene er så omfattende at det ikke vil være hensiktsmessig. Det er også sannsynlig at organisatoriske tiltak må benyttes, og hvis ikke, kan konsekvensene for det biologiske mangfoldet være store i store deler av vassdraget.

Det anbefales å **dimensjonere tiltakene for en klimajustert 1000-årsflom**. Resultatene fra den hydrauliske modellen viser at det er lite forskjell i flomvannstand mellom en klimajustert 1000-årsflom og 200-årsflom, og konsekvensene for tiltakene er dermed små. Dette prinsippet gjelder også for dimensjonering av den nye Sjukehusbrua i Vestland fylkekommunes pågående arbeid. Effekten broen vil ha på de anbefalte tiltakene dersom den dimensjoneres for en klimajustert 200-årsflom, bør imidlertid undersøkes nærmere. Den anbefalte tiltakskombinasjonen (2A) er simulert på nytt med en klimajustert 1000-årsflom og en hevet Sjukehusbru over dimensjonerende flomvannstand. Resultatene viser at vannstanden oppstrøms broen faktisk blir høyere: 30 cm høyere flomvannstand langs Sjukehusvegen og 15 cm ved sykehuset. Forskjellen avtar gradvis mot Oftepollen, og heving av Sjukehusbrua påvirker derfor ikke flomforhold oppstrøms for dette området. Resultatene kan forklares ved at Sjukehusbrua på dagens nivå blir overtoppet ved en klimajustert 1000-årsflom, noe som gir bedre kapasitet.

Kjellerne i Lærdalsøyri vil fortsatt være utsatt for grunnvann ved flomsituasjoner, selv om de anbefalte tiltakene implementeres. Vurderingen utført som en del av mulighetsstudien viser at **det ikke finnes en helhetlig løsning for å sikre kjellerne**. Vannmengdene som må pumpes for å senke grunnvannstandnivået rundt alle kjellerne er for store. Å gjøre eksisterende kjellere vanntette kan være et alternativ, men det er usikkert om alle bygningene tillater dette. Dersom Lærdal kommune ønsker å sikre kjellerne, anbefales det at tiltaket detaljeres videre, slik at kritiske bygninger kan sikres enten ved senkning av grunnvannsnivået eller ved tetting. Med kritiske bygninger menes bygninger med viktige samfunnsfunksjoner og bygninger som allerede opplever vann i kjeller ved små flomhendelser.

9 Referanser

Andersen, B. (1996). *Flomsikring i 200 år.*
Artsdatabanken. (2024, Januar 17). *Norsk rødliste for naturtyper 2018*. Hentet fra https://www.artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper
Den Norske Turistforening. (2024, Mai 23). *UT - kart*. Hentet fra https://ut.no/kart#12.95/61.42769/7.78858
Dr. Blasy og Dr. Øverland. (2024). *Lærdalselva. Rapport for grunnvannsmodell til Lærdalsøyri.*
Felles landbrukskontor ÅLA. (2023). *Landbruksplan ÅLA 2023 - 2025 med handlingsplan.*
Juárez, A., Alfredsen, K., Stickler, M., Adeva-Bustos, A., Suárez, R., Seguín-Garcia, S., & Hansen, B. (2021). A Conflict between Traditional Flood Measures and Maintaining River Ecosystems? A Case Study Based Upon the River Lærdal, Norway. *Water*.
Kartverket. (2024, Mai 23). *Norgeskart*. Hentet fra https://www.norgeskart.no
Landbruksdirektoratet. (2024, Juni 07). *Lærdal*. Hentet fra https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/jordbruk/miljo-og-klima/jordbrukets-kulturlandskap/utvalgte-kulturlandskap-i-jordbruket/dette-er-de-utvalgte-kulturlandskapene/laerdal
Lærdal kommune. (2005). *Lærdal bygdebok V Heim og ætt Hauge Sokn Erdal - Strendene - Vindedal -Frønningen.*
Lærdal kommune. (2008). *Kommunedelplan for Lærdalsøyri 2008 - 2017.*
Lærdal kommune. (2009). *Kommunedelplan for landbruk og kulturminnevern: Temaplan.*
Lærdal kommune. (2019). *Kommunedelplan for Kulturminne og kulturmiljø 2018 - 2027.*
Lærdal kommune. (2022). *Arealdel til kommuneplanen: Planomtale.*
Miljødirektoratet. (2024, Januar 12). *Naturbase faktaark - Utvalgt kulturlandskap Lærdal*. Hentet fra https://faktaark.naturbase.no/?id=KU00000037
Miljødirektoratet. (2024a). *M-2209, Kartleggingsinstruks - Kartlegging av terrestriske Naturtyper etter NiN2.* Miljødirektoratet.
Miljødirektoratet. (2024b, Oktober 3). *Laksefisket stanses i deler av landet 23.juni*. Hentet fra https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2024/juni-2024/laksefisket-stanses-i-deler-av-landet-fra-23.-juni
Miljødirektoratet. (2024c, Juni 4). *Naturbase kart*. Hentet fra https://geocortex02.miljodirektoratet.no/Html5Viewer/?viewer=naturbase
NGU. (2023, Januar 10). *GRANADA - Nasjonal grunnvannsdatabase*. Hentet fra https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/
NIBIO. (2024, Juni 4). *Kilden*. Hentet fra https://kilden.nibio.no/?topic=jordsmonn&x=6796251.81&y=98924.54&zoom=8.3&bgLayer=graatone&layers=jordkvalitet&layers_opacity=0.75&layers_visibility=true
Norconsult AS. (2023a). *Lærdalselva - terrestrisk miljøkartlegging som grunnlag for fremtidige sikringstiltak.* NVE.
Norconsult AS. (2023b). *Lærdalselva - oversikt over eksisterende kunnskap om fisk og fysisk vannmiljø.* NVE.
Norkart AS. (2024, Mai 21). *Kommunekart*. Hentet fra https://kommunekart.com/
NVE. (2000). *Flomberegning for Lærdalsvassdraget.*
NVE. (2002). *Flaumsonekart. Delprosjekt Lærdal.*
NVE. (2013). *Flomberegning Lærdalselva.*
NVE. (2015). *Flommen på Vestlandet oktober 2014.*
NVE. (2021). *Flomberegning Lærdalselva.*
NVE. (2023, 08 29). *NVE.no*. Hentet fra Flaumsikring i Lærdal: https://www.nve.no/naturfare/sikringstiltak/sikringsprosjekter/laerdal-flaumsikring/historie/
NVE. (2023). *Organisatoriske flomsikringstiltak. Utredning av forslag om å åpne for organisatoriske flomsikringstiltak.*
NVE. (2024a, Mai 28). *Atlas*. Hentet fra https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#
NVE. (2024b). *Flomsonekart. Delprosjekt Lærdal.*
NVE. (2024c, August 26). *Sikringshåndboka - Modul F1.300: Mulige tiltak mot flom og oversvømmelse*. Hentet fra https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/moduler/modul-f1-300-mulige-tiltak-mot-flom-og-oversvommelse/
Riksantikvaren - Direktoratet for kulturminneforvaltning. (2024, Mai 21). *Askeladden*. Hentet fra https://askeladden.ra.no
Roald, L. A. (2013). *Flom i Norge.*
Statens vegvesen. (2014). *Håndbok N100. Veg- og gateutforming.*
Statens vegvesen. (2024, Juni 6). *Trafikkdata*. Hentet fra https://trafikkdata.atlas.vegvesen.no
Sættem, L. (2020). *Ungfisk av laks og ørret i Lærdalselva over mer enn 50 år. Lærdal kommune i Vestland.*
Sættem, L. (2023). *Anadrom gytefisk i Lærdalselva, Vestland fylke 2023.*
Sættem, L. (2024). *Ungfisk i Lærdalsvassdraget, Vestland fylke 2023.*

Vestfold og Telemark Fylkeskommune. (2022). *Veileder til matjordplan.*

10 Vedlegg

A. Illustrasjoner av tiltakskombinasjoner

B. Hydrogeologiske beregninger

C. Kostnadsestimat

D. Nytte/kost-analyse

VEDLEGG A

Illustrasjoner av tiltakskombinasjoner

OPPDRAGSGIVER

NVE Region Vest

EMNE

Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11. oktober 2024 / 00



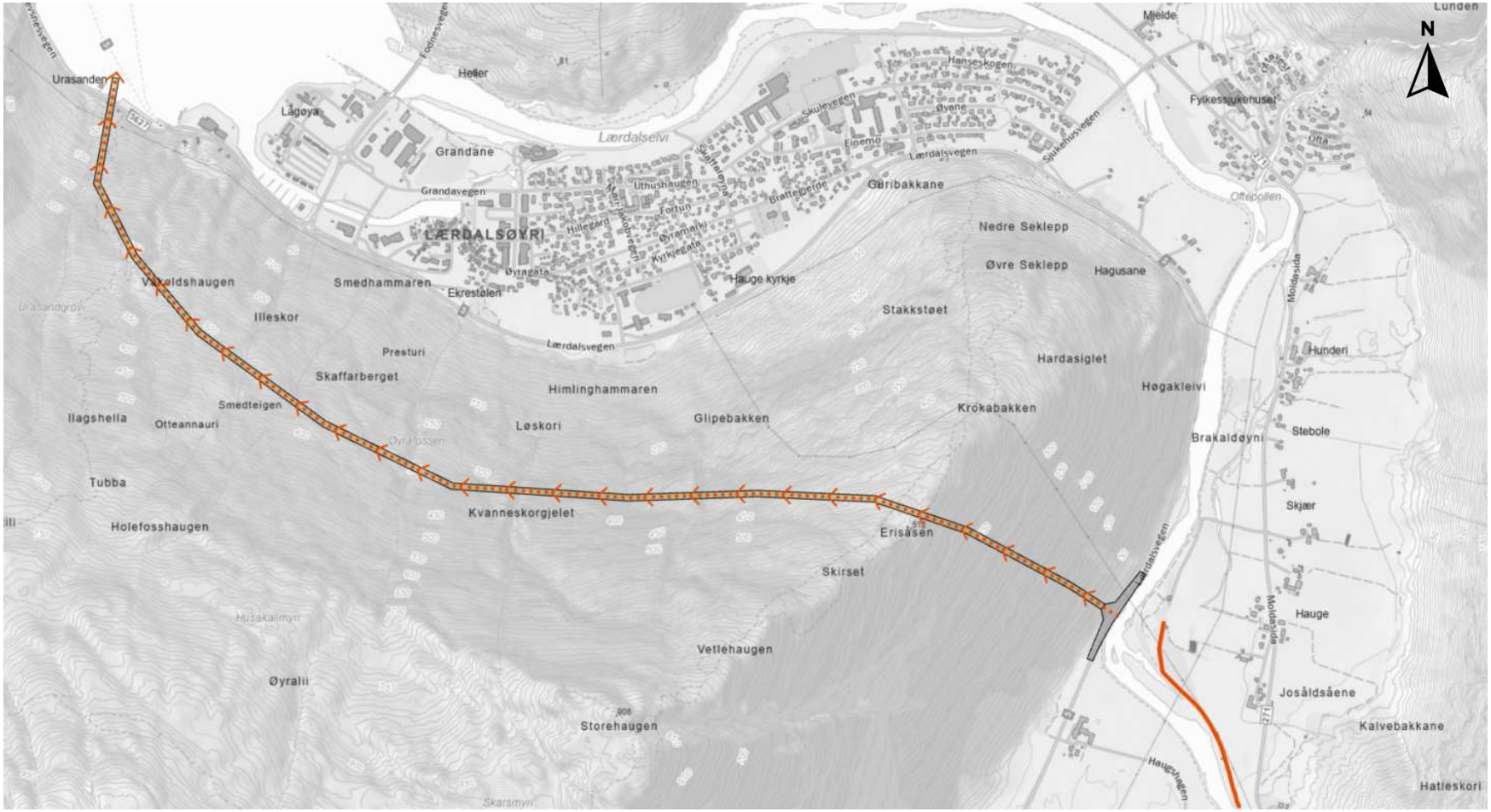
Multiconsult

INNHOLDSFORTEGNELSE

1 Tiltakskombinasjon 1 3
1.1 Planskisse 3
1.2 3D – illustrasjoner 4
2 Tiltakskombinasjon 2A 6
2.1 Planskisse 6
2.2 3D – illustrasjoner 8
2.3 Snitt 16
2.4 Fotomontasjer 21
3 Tiltakskombinasjon 2B 25
3.1 Planskisse 25
3.2 3D – illustrasjoner 27
3.3 Snitt 35
4 Tiltakskombinasjon 5 40
4.1 Planskisse 40
4.2 3D – illustrasjoner 42
4.3 Fotomontasje 49

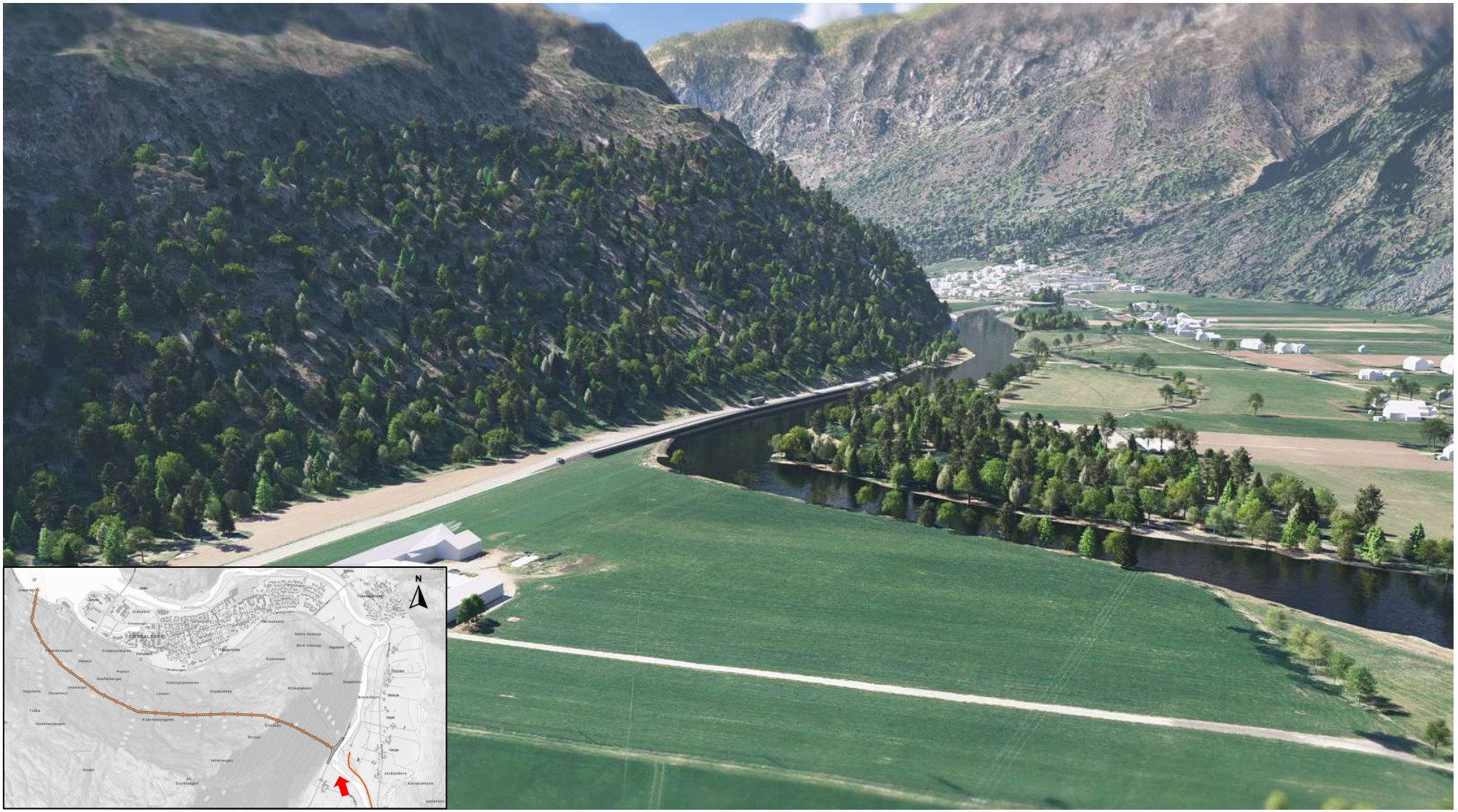
1 Tiltakskombinasjon 1

1.1 Planskisse



Figur 1-1: Oversiktskart over tiltakskombinasjon 1. Se Figur 6-2 i hovedrapporten for flere detaljer om tiltakene.

1.2 3D – illustrasjoner



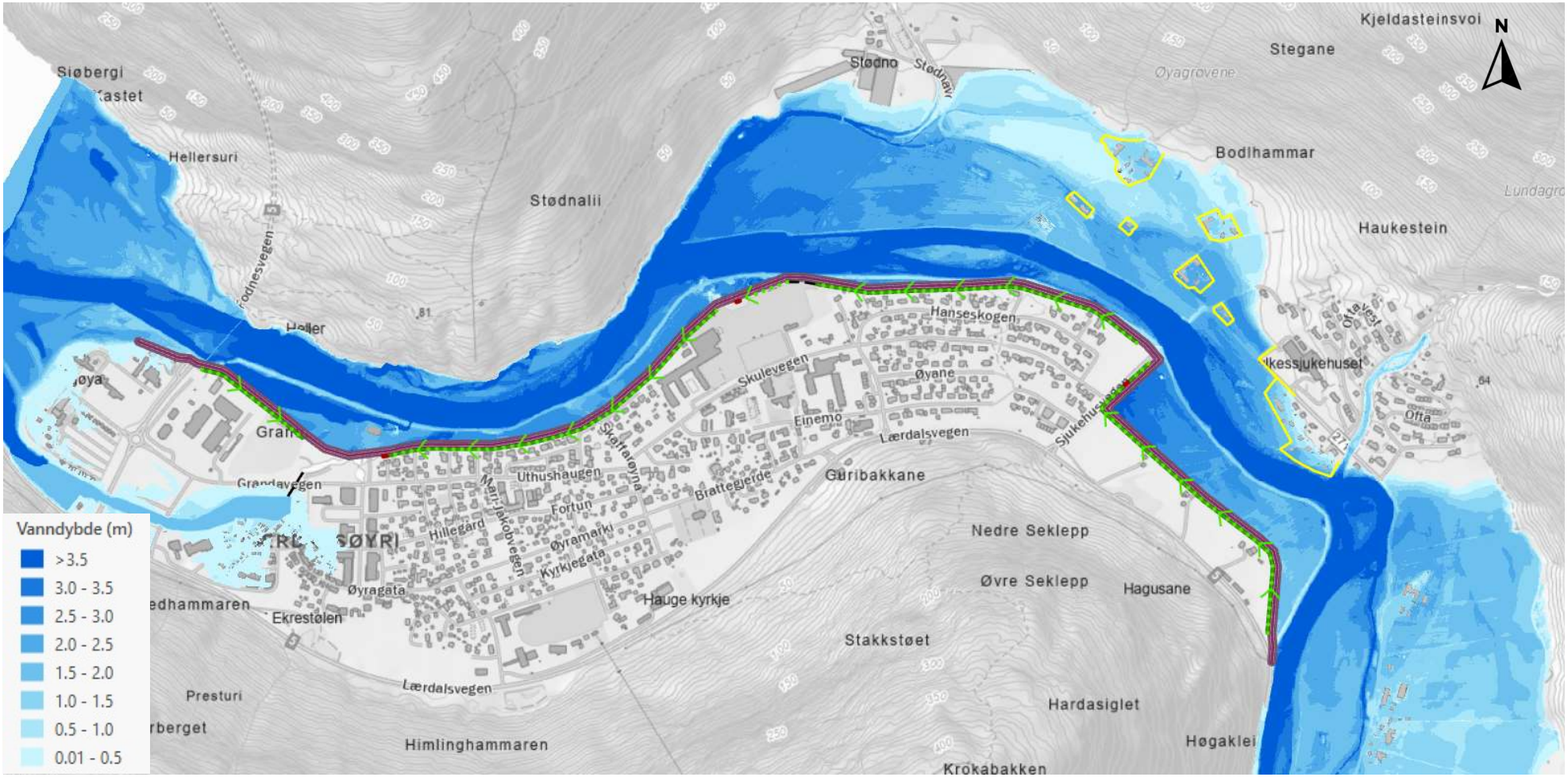
Figur 1-2: 3D-illustrasjon av inntaksarrangementet i tiltakskombinasjon 1 sett fra sørøst.



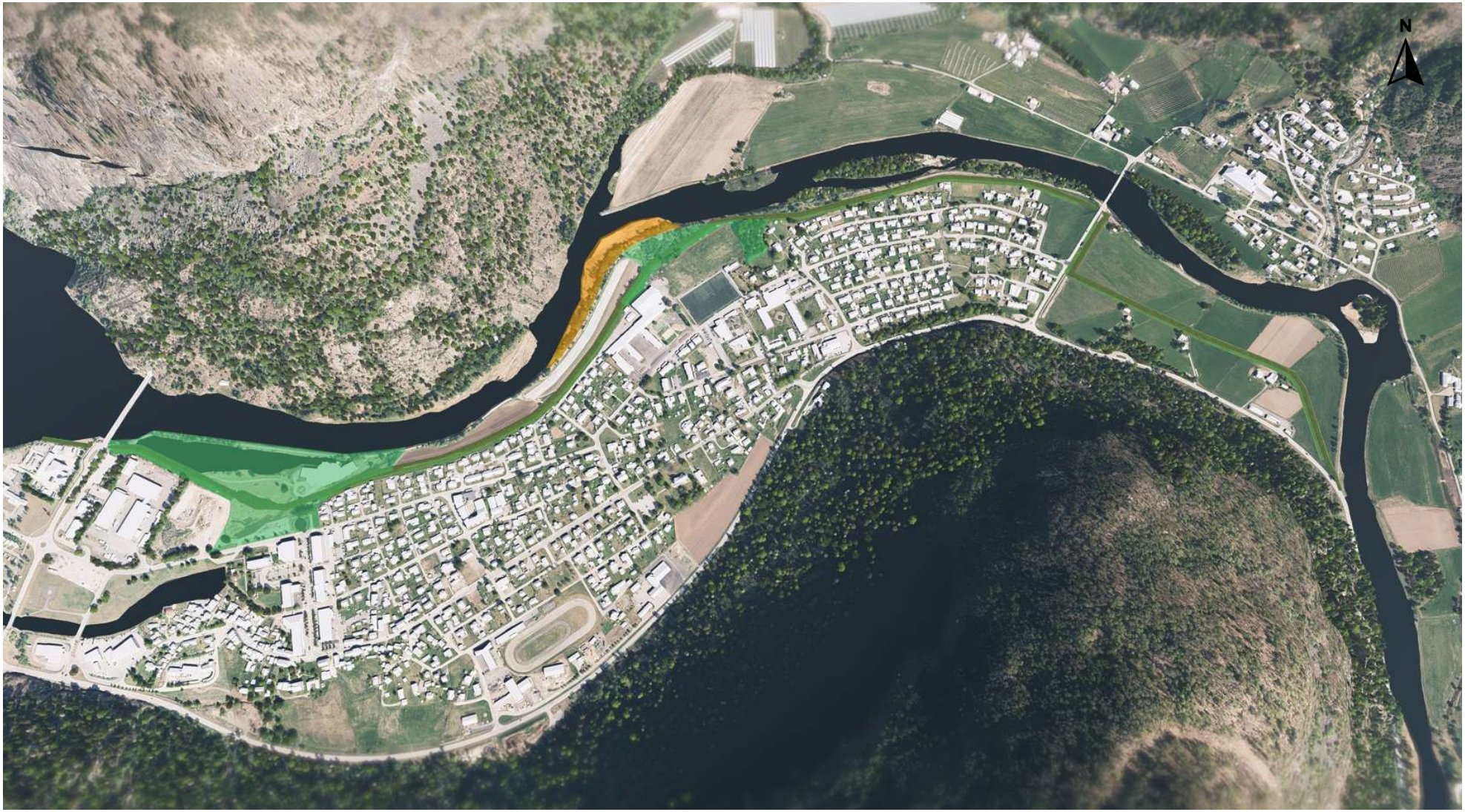
Figur 1-3: 3D-illustrasjon av inntaksarrangementet i tiltakskombinasjon 1 sett fra nordøst.

2 Tiltakskombinasjon 2A

2.1 Planskisse



Figur 2-1: Oversiktskart over tiltakskombinasjon 2A. Se Figur 6-5 i hovedrapporten for flere detaljer om tiltakene.



Figur 2-2: Oversiktskart over planlagte rekreasjonsområder (grønne polygoner) i tiltakskombinasjon 2A. Den oransje polygonen viser også et rekreasjonsområde, men med høy flomfare.

2.2 3D – illustrasjoner



Figur 2-3: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A sett fra nord.



Figur 2-4: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A sett fra sørøst.



Figur 2-5: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A sett fra nordøst.



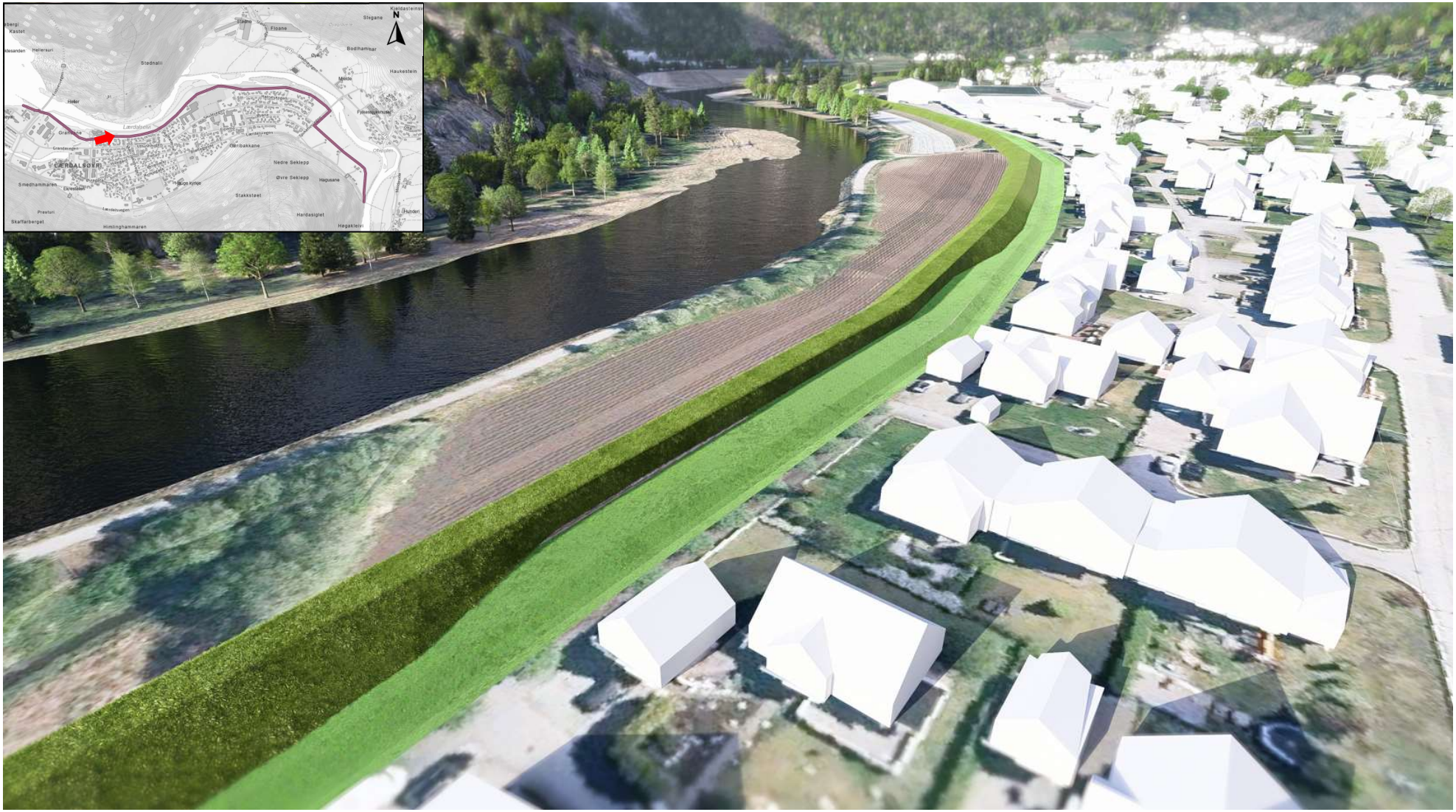
Figur 2-6: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A sett fra øst.



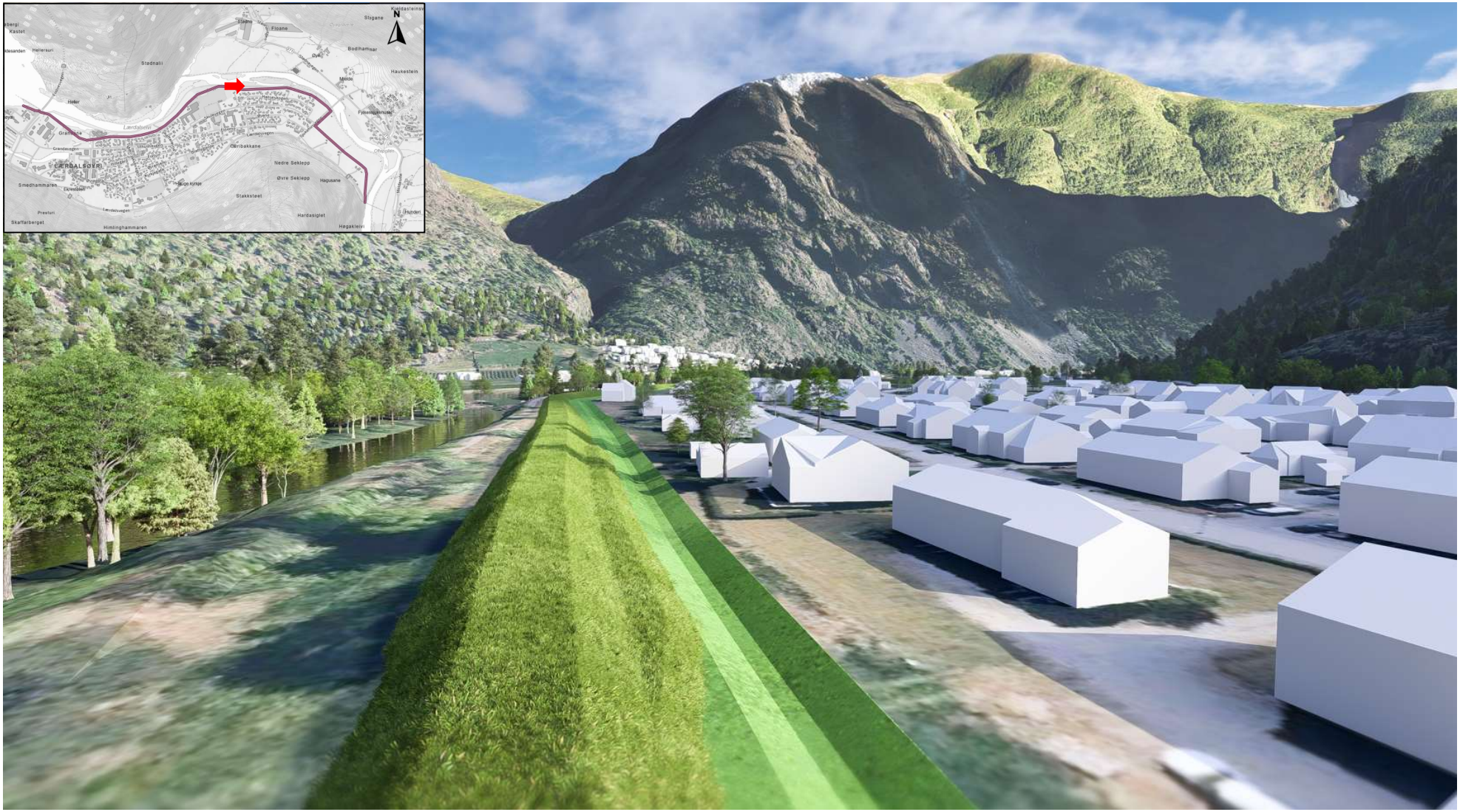
Figur 2-7: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A sett fra sørvest.



Figur 2-8: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A ved Lærdal kultursenter sett fra vest.

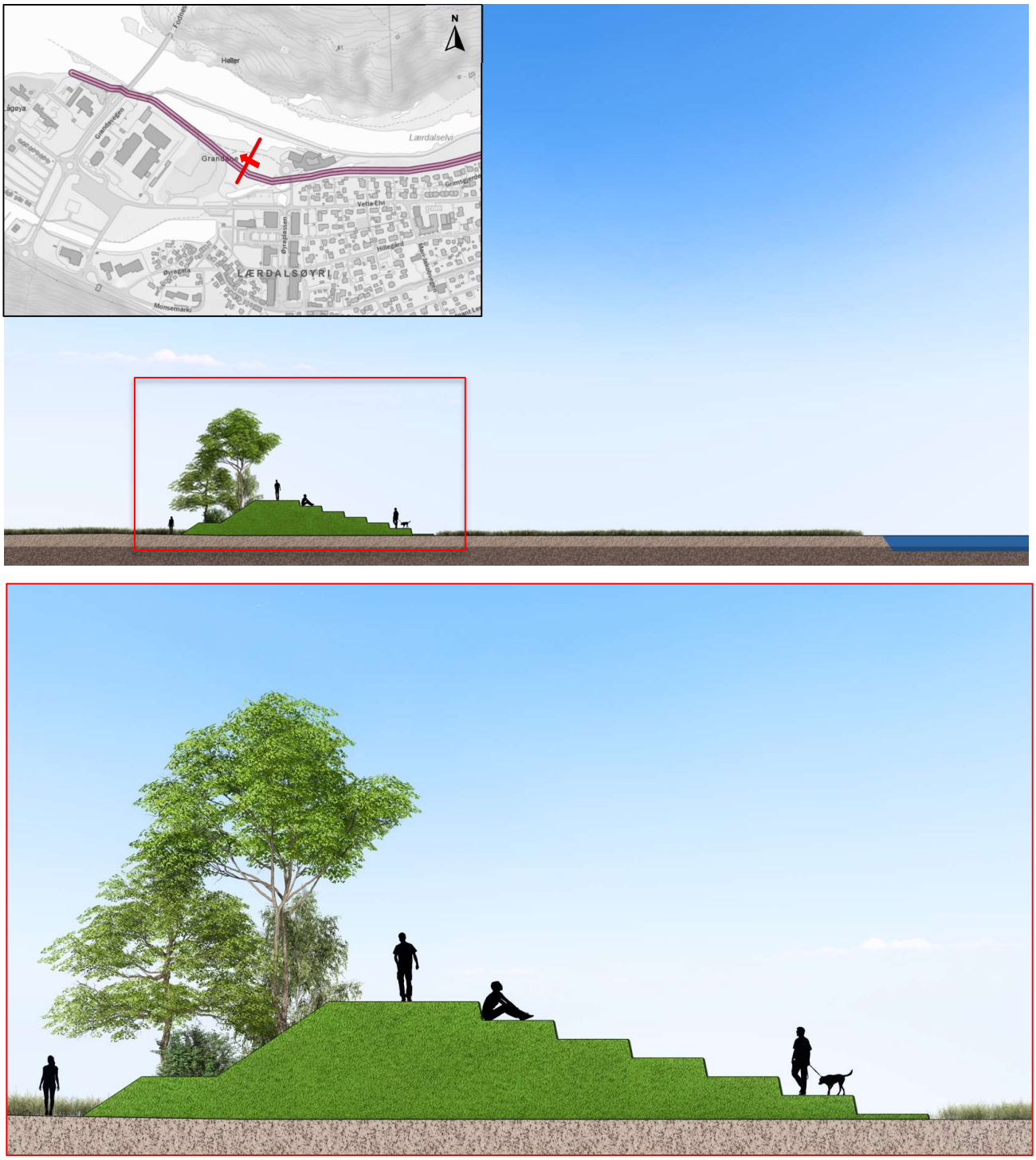


Figur 2-9: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2A ved Vetla-Elvi sett fra sørvest.

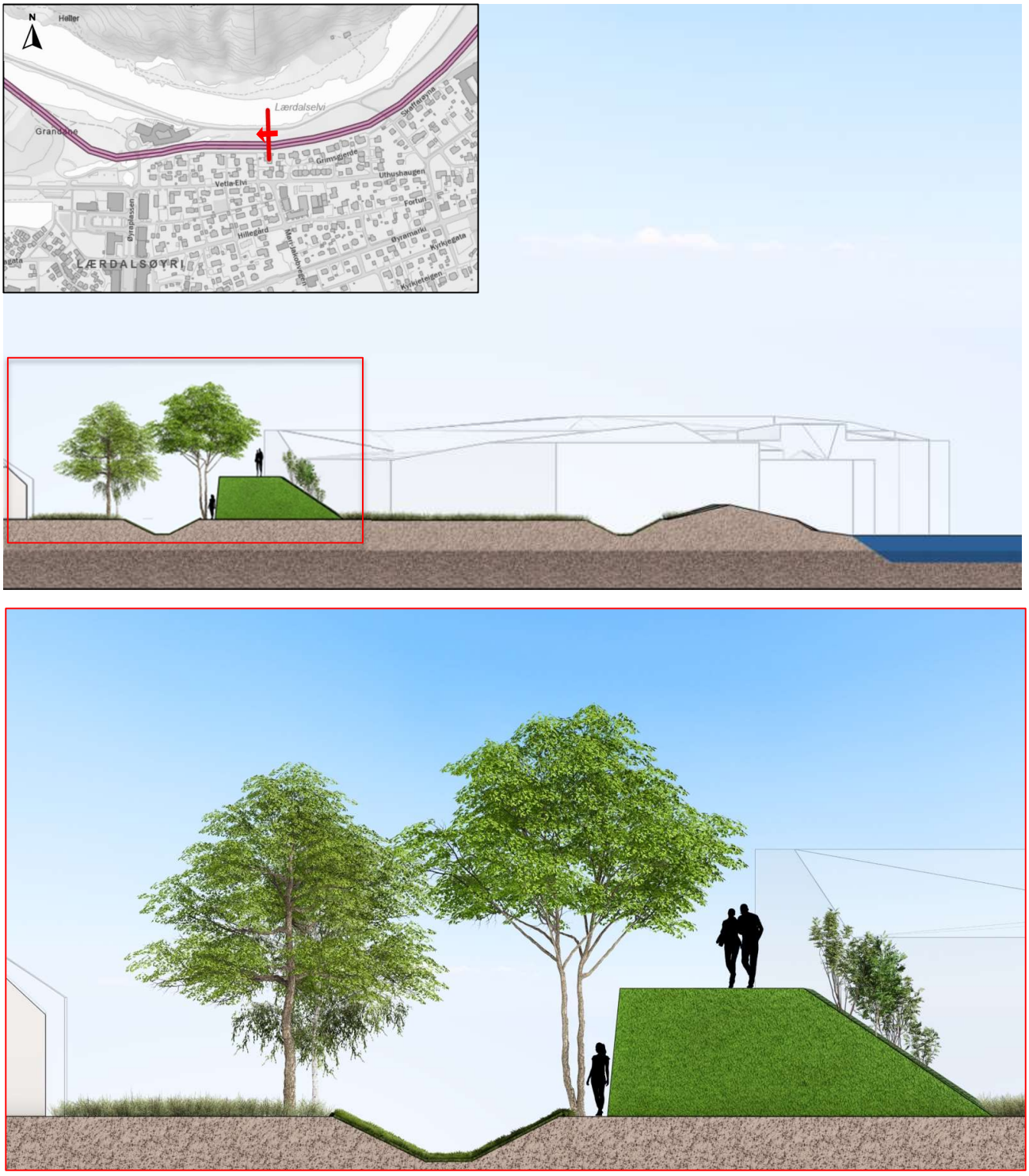


Figur 2-10: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer og grøfter i tiltakskombinasjon 2A ved Hanseskogen sett fra vest.

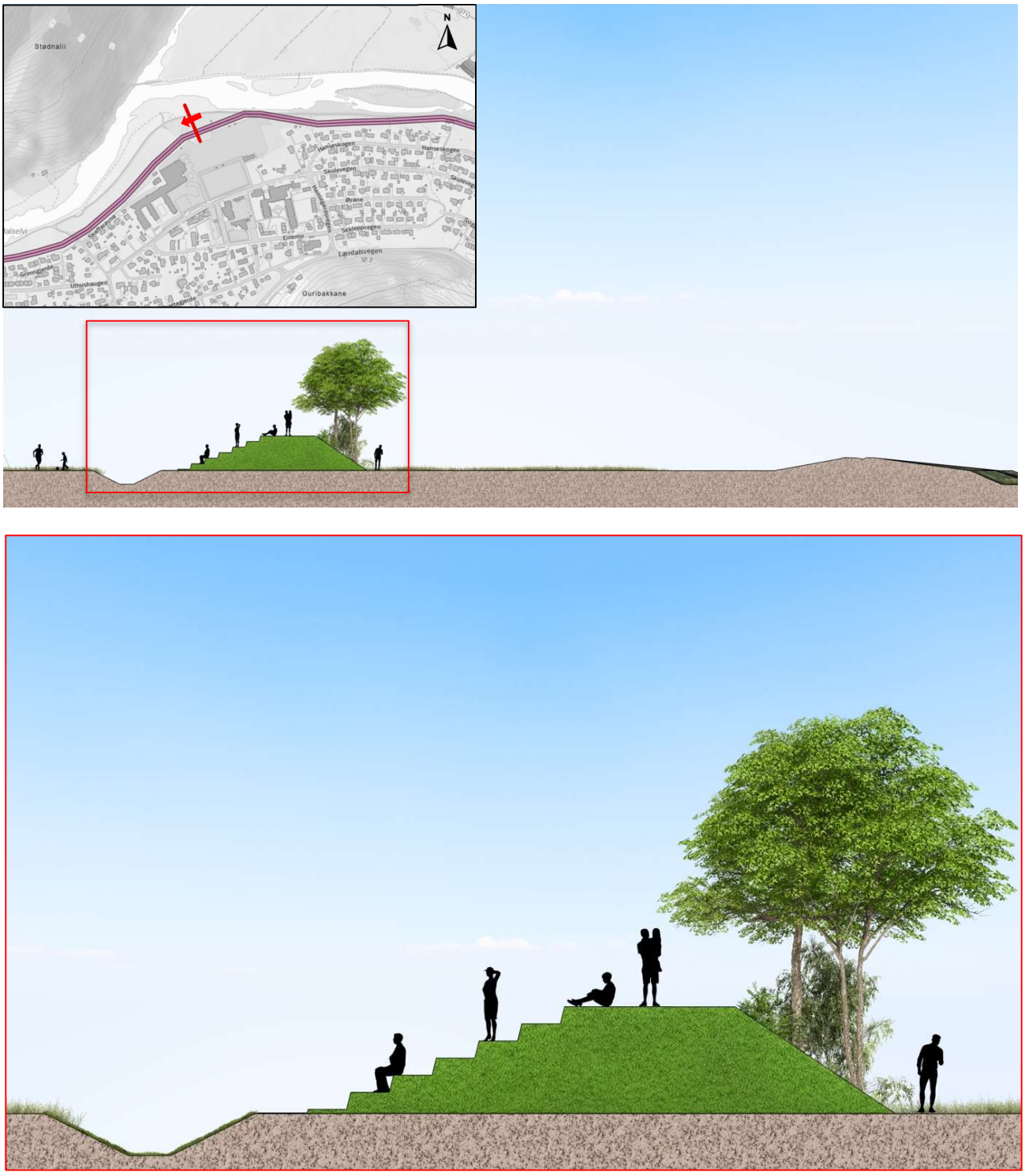
2.3 Snitt



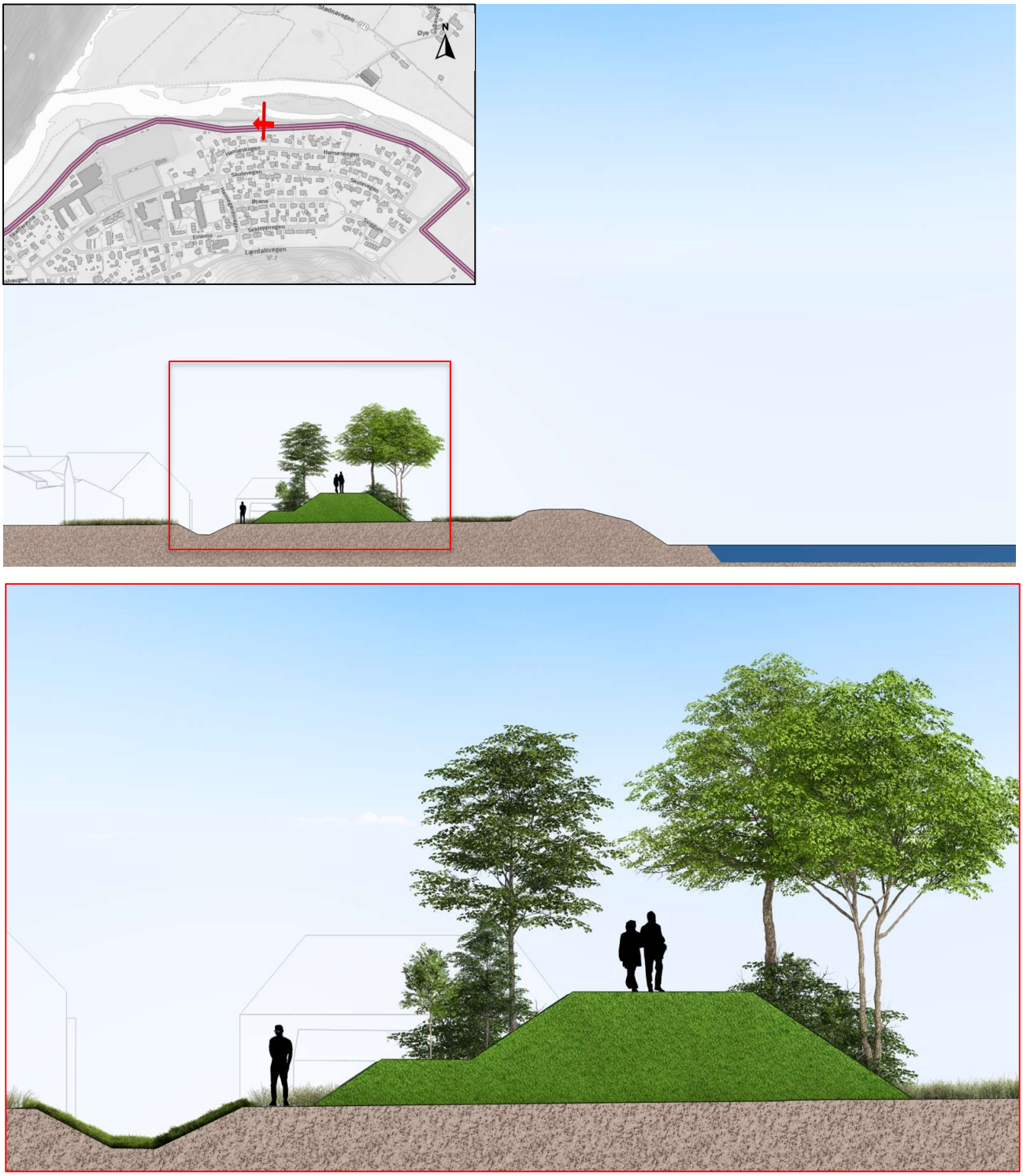
Figur 2-11: Snitt av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2A ved Grandane.



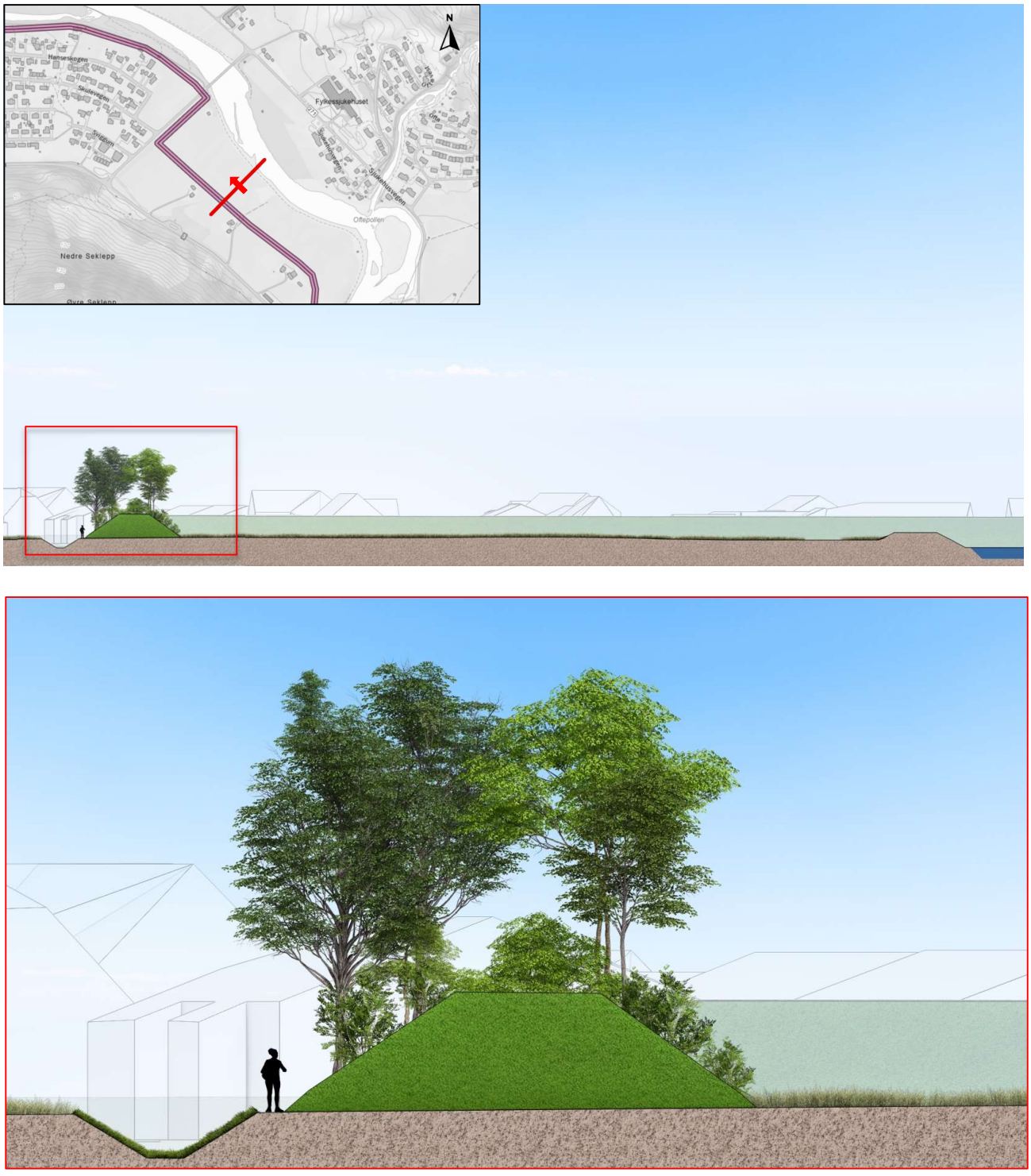
Figur 2-12: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2A ved jordbruksarealet oppstrøms Lærdal kulturhus.



Figur 2-13: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2A ved Lærdalshallen.



Figur 2-14: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2A ved Hanseskogen.



Figur 2-15: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2A ved jordbruksarealet oppstrøms Sjukehusvegen.

2.4 Fotomontasjer



Figur 2-16: Fotomontasje (før og etter) av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2A ved Grandane sett fra nord. Foto: NVE.





Figur 2-17: Fotomontasje (før og etter) av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2A ved Hanseskogen sett fra øst. Foto: NVE.



Figur 2-18: Fotomontasje (før og etter) av planlagt flombarriere, grøft og pumpestasjon i tiltakskombinasjon 2A ved Sjukehusvegen sett fra nordøst. Foto: NVE.



Figur 2-19: Fotomontasje (før og etter) av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2A ved Hanseskogen sett fra øst. Foto: NVE.

3 Tiltakskombinasjon 2B

3.1 Planskisse

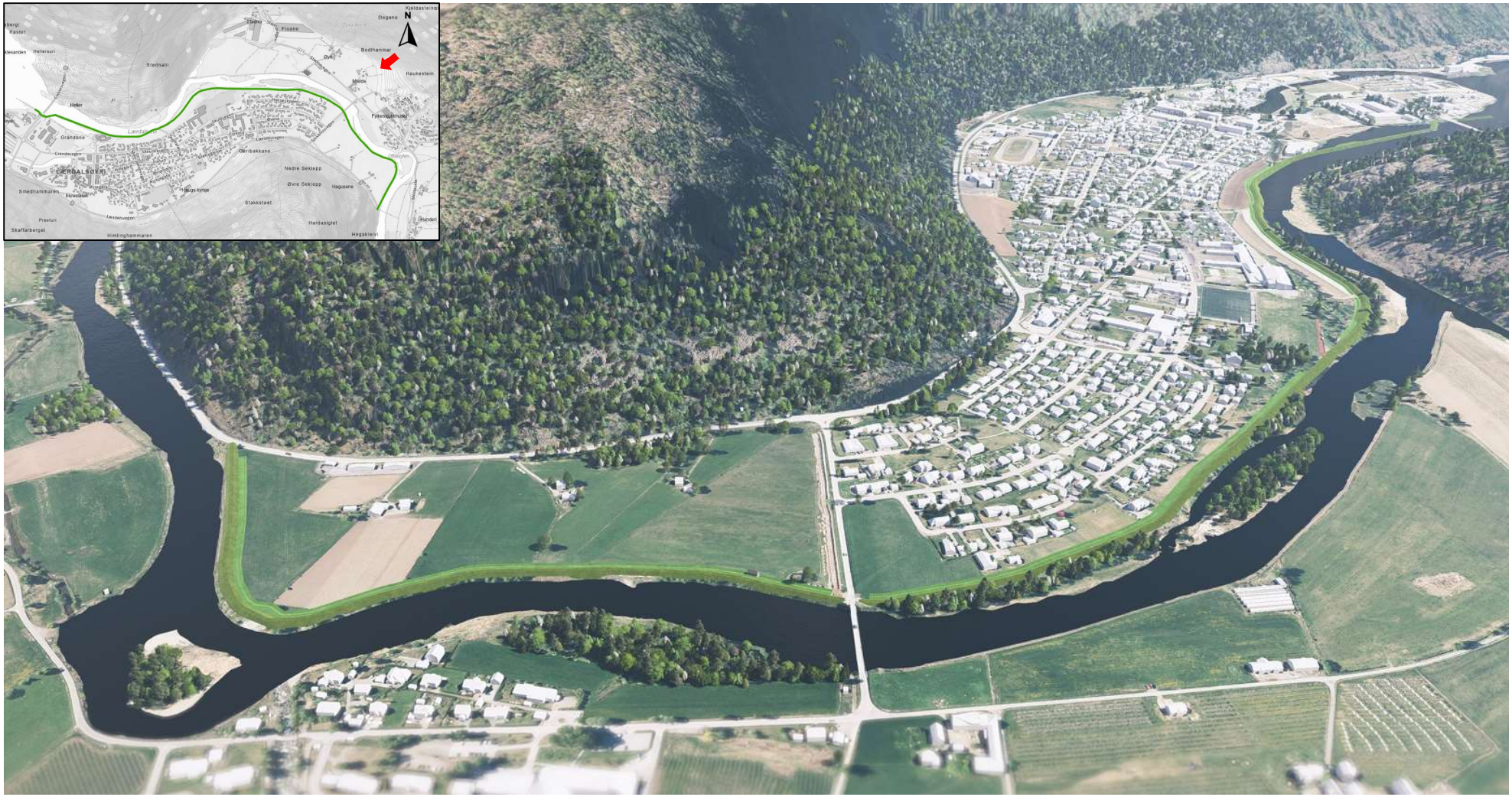


Figur 3-1: Oversiktskart over tiltakskombinasjon 2B. Se Figur 6-7 i hovedrapporten for flere detaljer om tiltakene.



Figur 3-2: Oversiktskart over planlagte rekreasjonsområder (grønne polygoner) i tiltakskombinasjon 2B. Den oransje polygonen viser også et rekreasjonsområde, men med høy flomfare.

3.2 3D – illustrasjoner



Figur 3-3: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B sett fra nord.



Figur 3-4: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B sett fra sørøst.



Figur 3-5: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B sett fra nordøst.



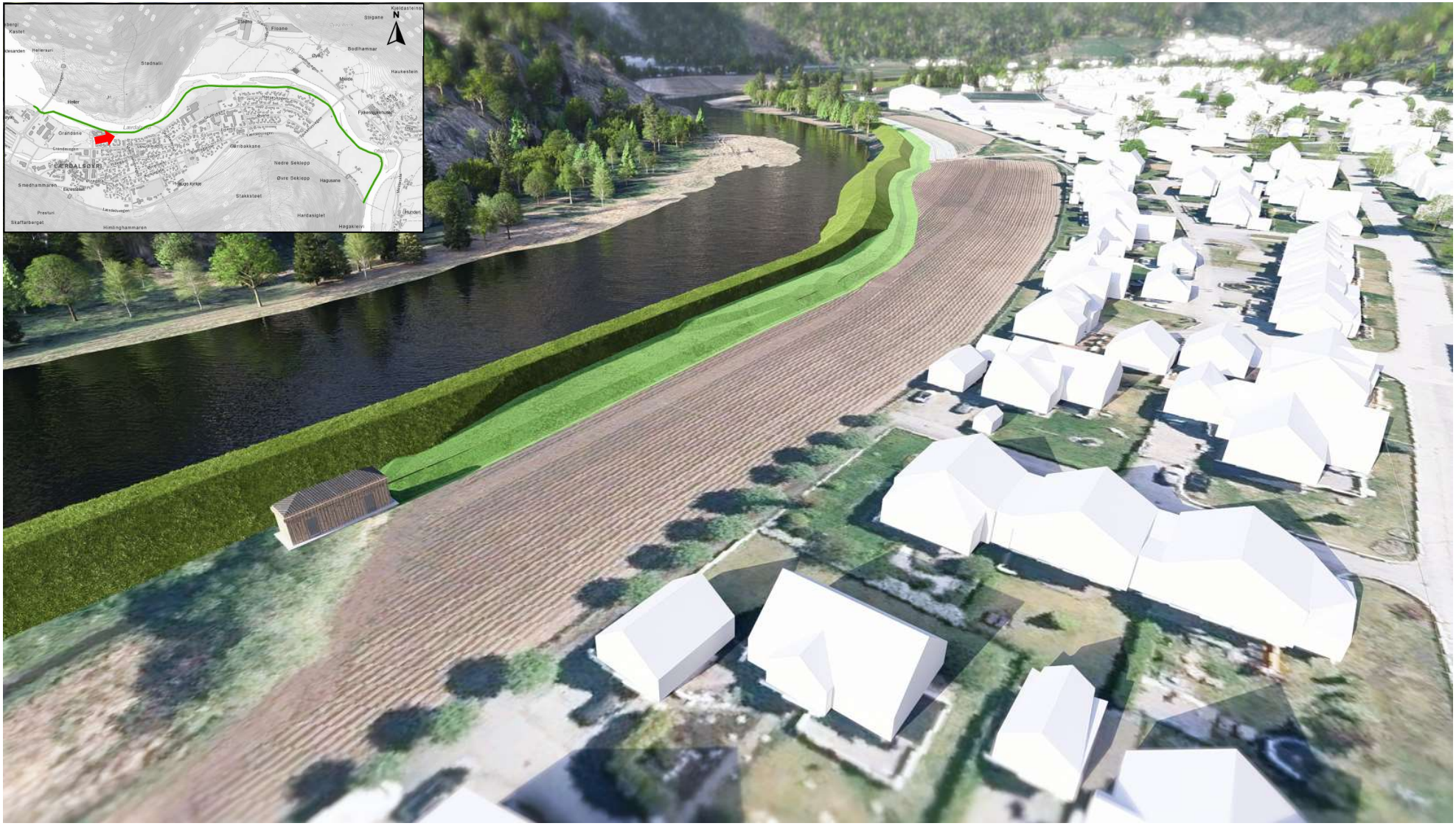
Figur 3-6: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B sett fra øst.



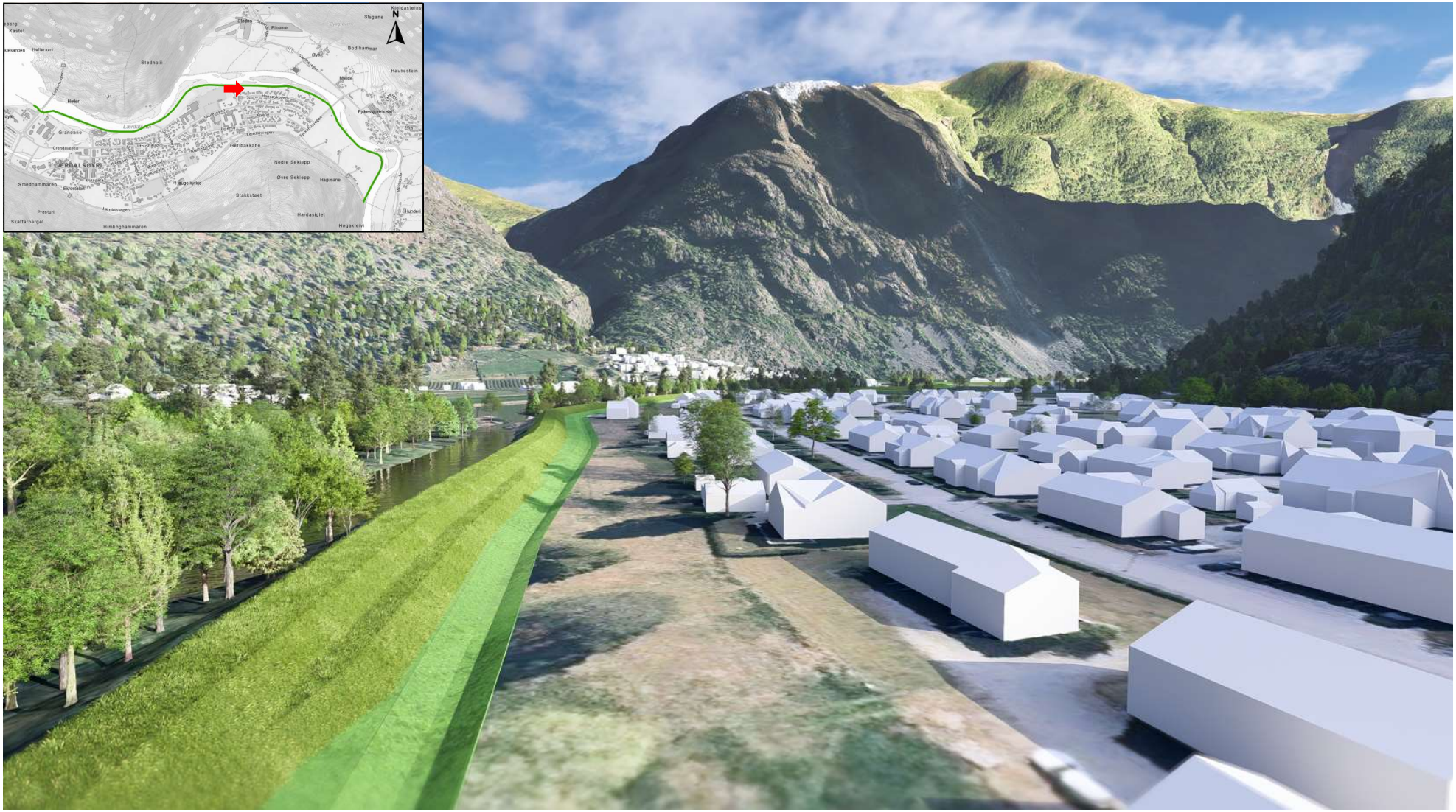
Figur 3-7: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B sett fra sørvest.



Figur 3-8: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B ved Lærdal kultursenter sett fra vest.

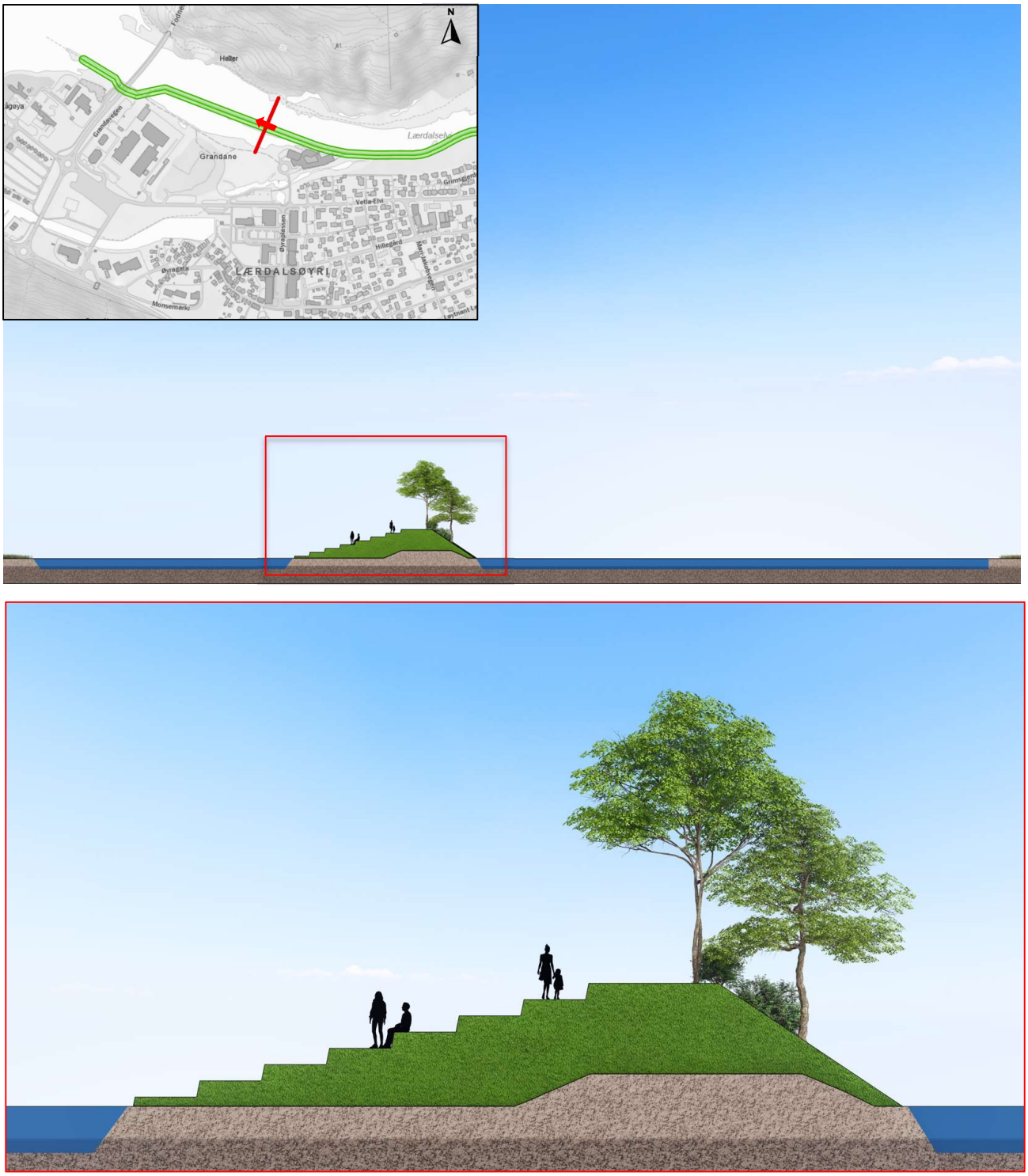


Figur 3-9: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 2B ved Vetla-Elvi sett fra sørvest.

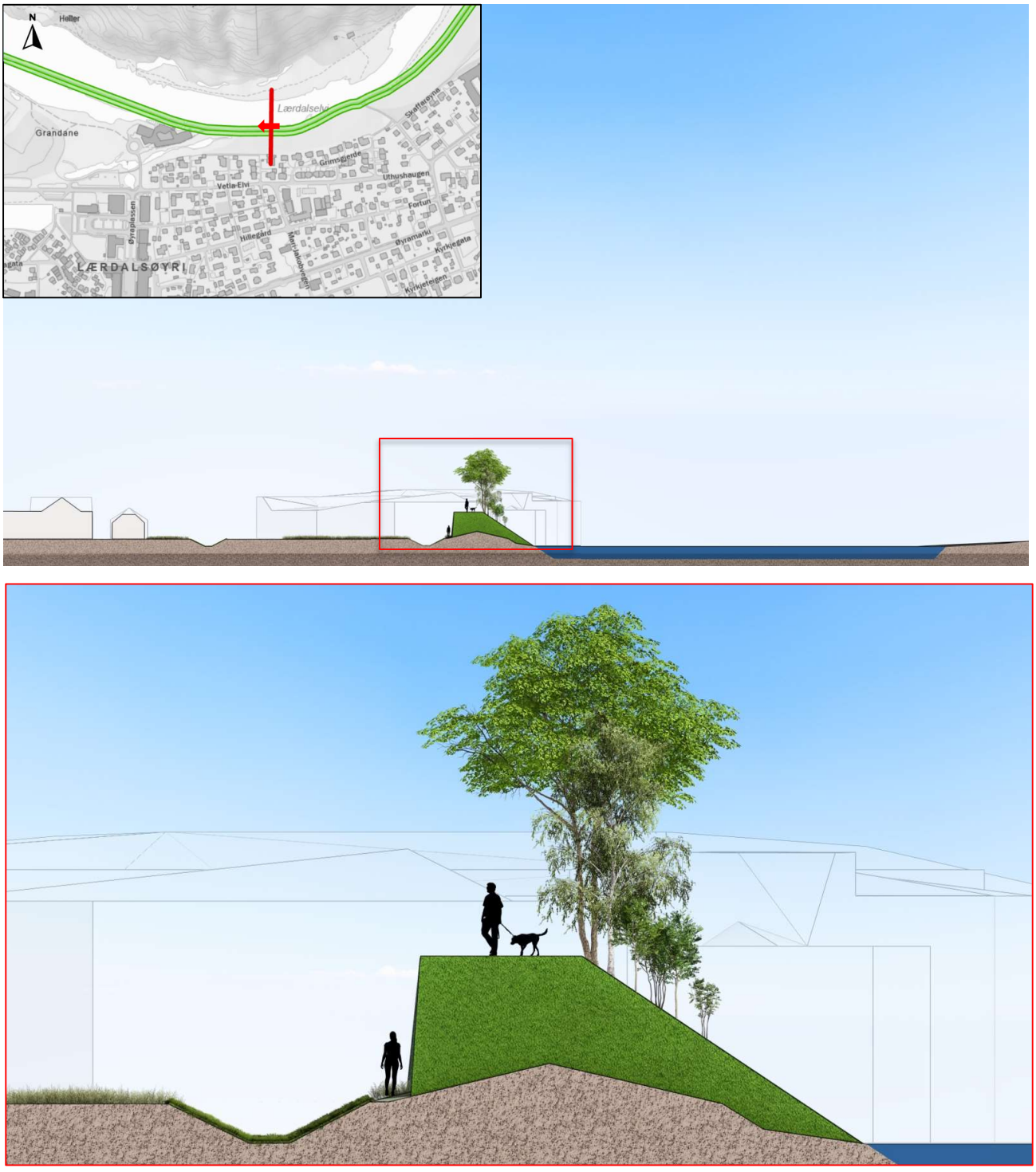


Figur 3-10: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer og grøfter i tiltakskombinasjon 2B ved Hanseskogen sett fra vest.

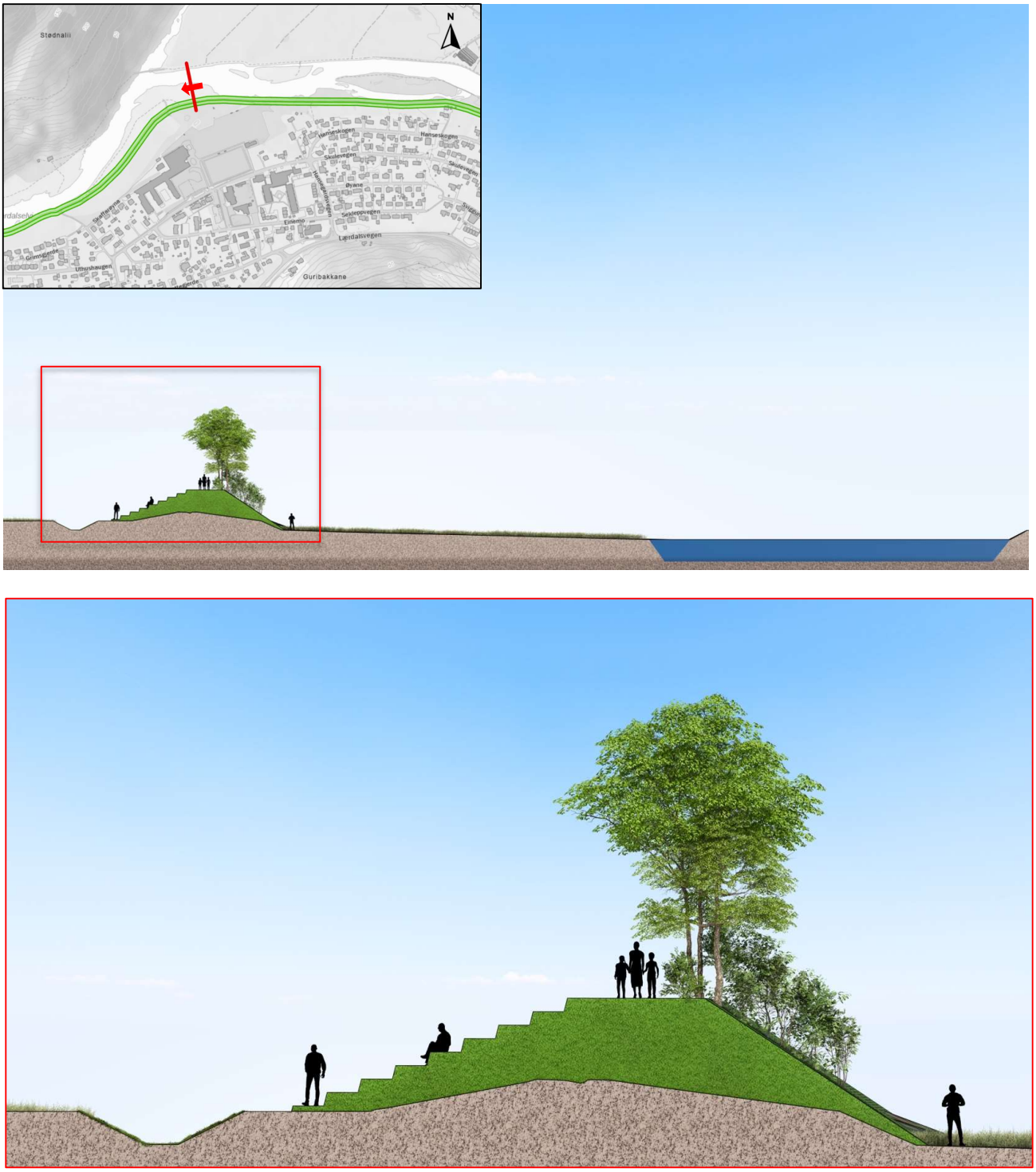
3.3 Snitt



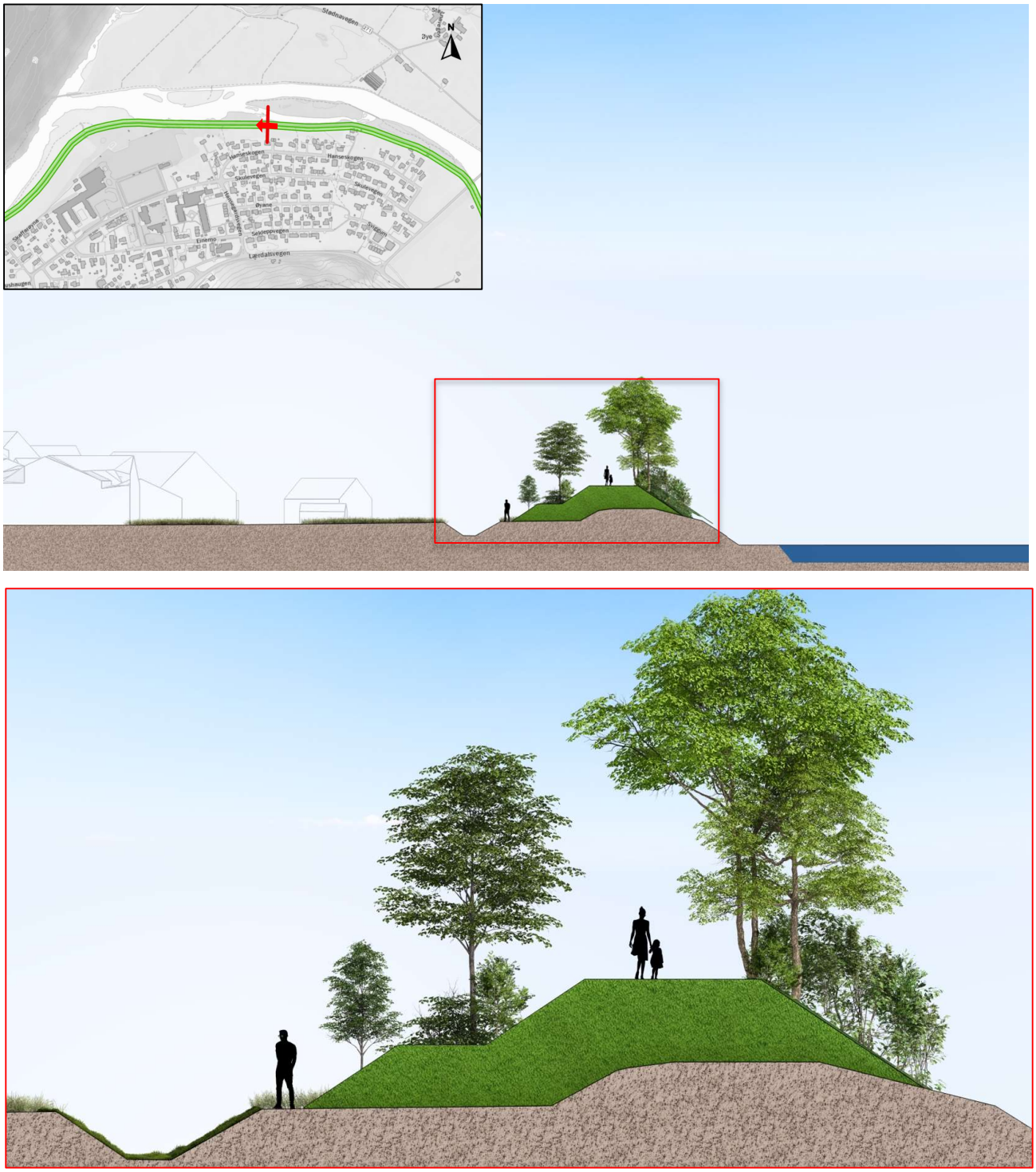
Figur 3-11: Snitt av planlagt flombarriere i tiltakskombinasjon 2B ved Grandane.



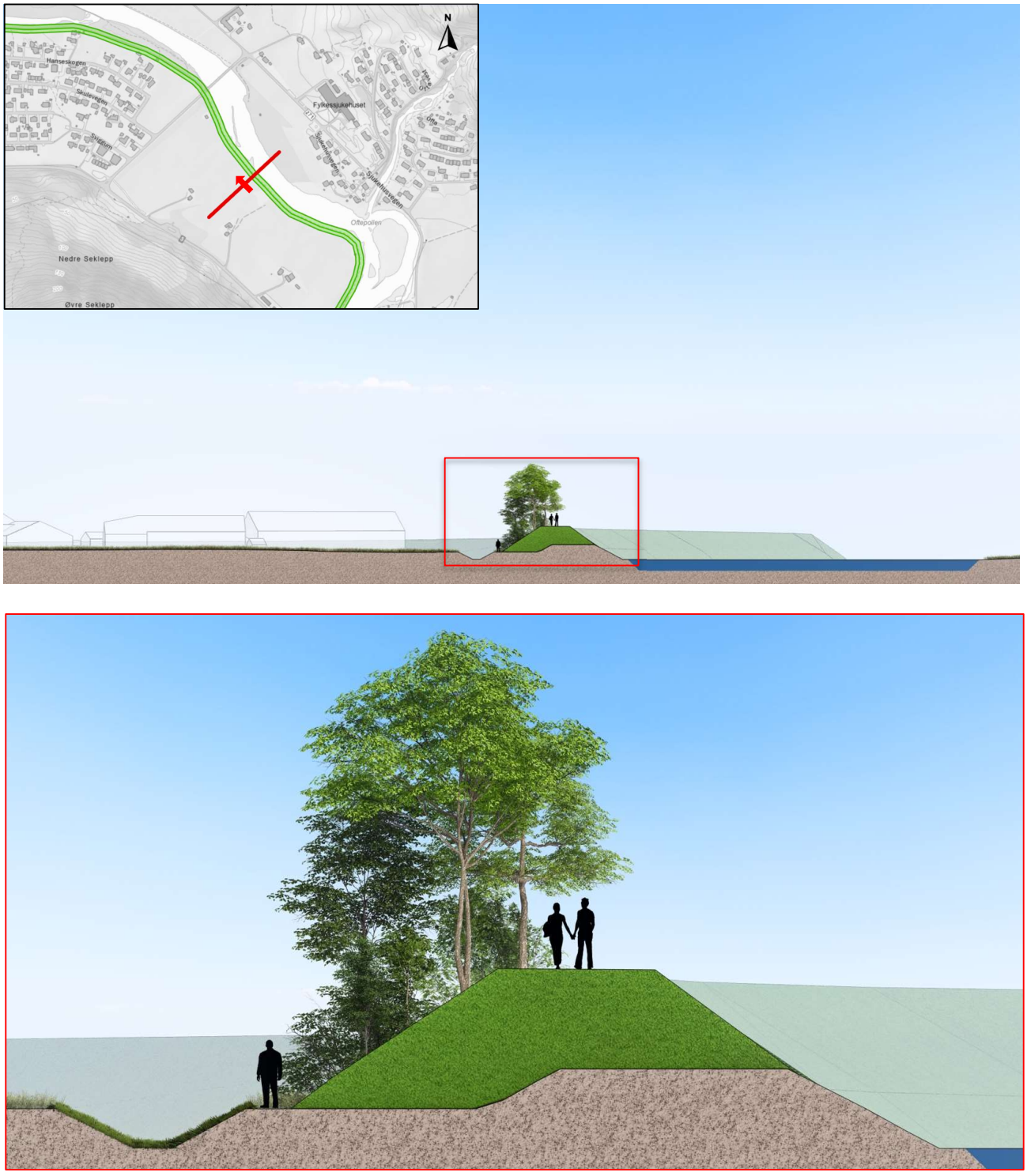
Figur 3-12: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2B ved jordbruksarealet oppstrøms Lærdal kulturhus.



Figur 3-13: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2B ved Lærdalshallen.



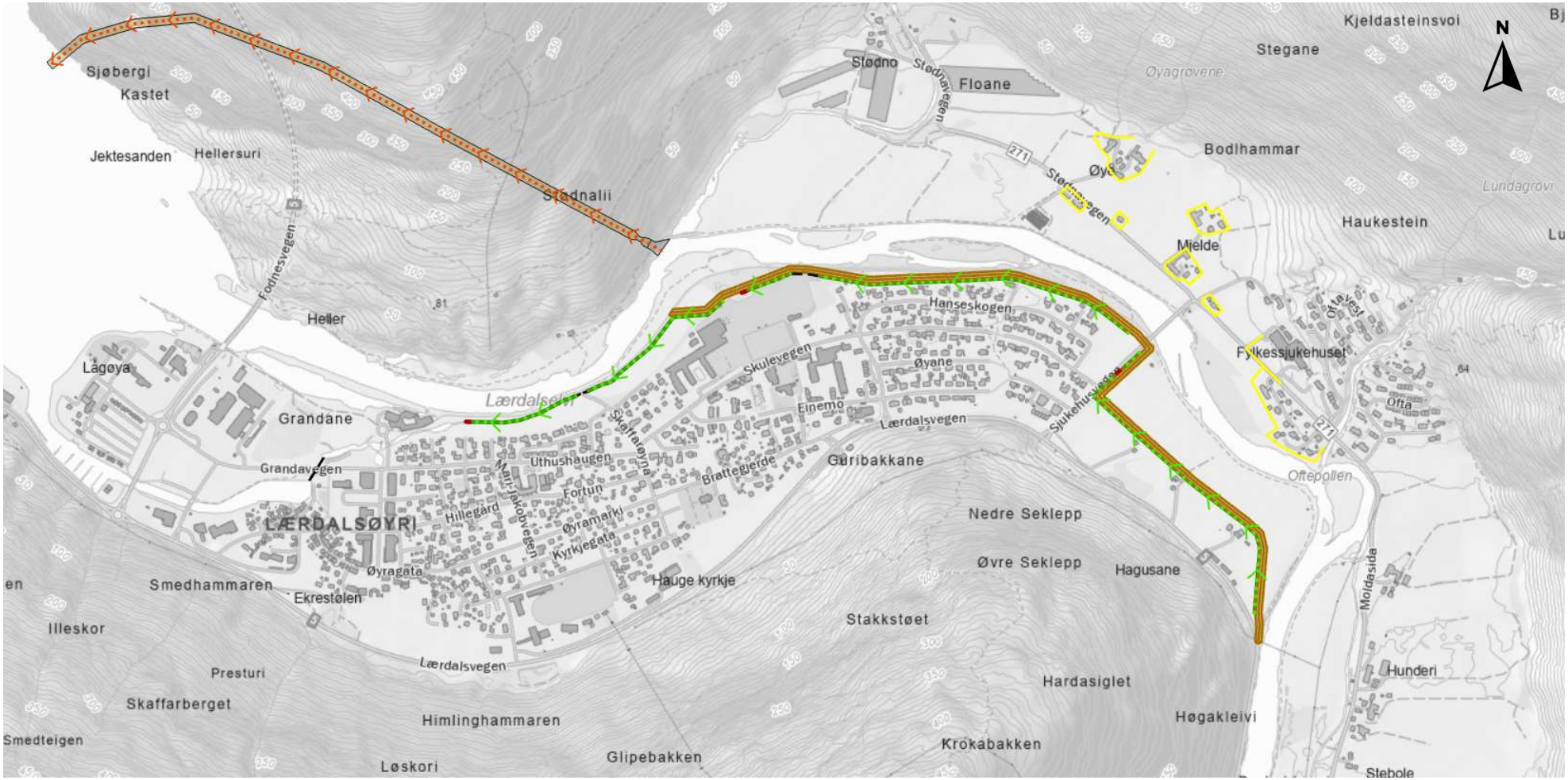
Figur 3-14: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2B ved Hanseskogen.



Figur 3-15: Snitt av planlagt flombarriere og grøft i tiltakskombinasjon 2B ved jordbruksarealet oppstrøms Sjukehusvegen.

4 Tiltakskombinasjon 5

4.1 Planskisse



Figur 4-1: Oversiktskart over tiltakskombinasjon 5. Se Figur 6-13 i hovedrapporten for flere detaljer om tiltakene.



Figur 4-2: Oversiktskart over planlagte rekreasjonsområder (grønne polygoner) i tiltakskombinasjon 5. Den oransje polygonen viser også et rekreasjonsområde, men med høy flomfare.

4.2 3D – illustrasjoner



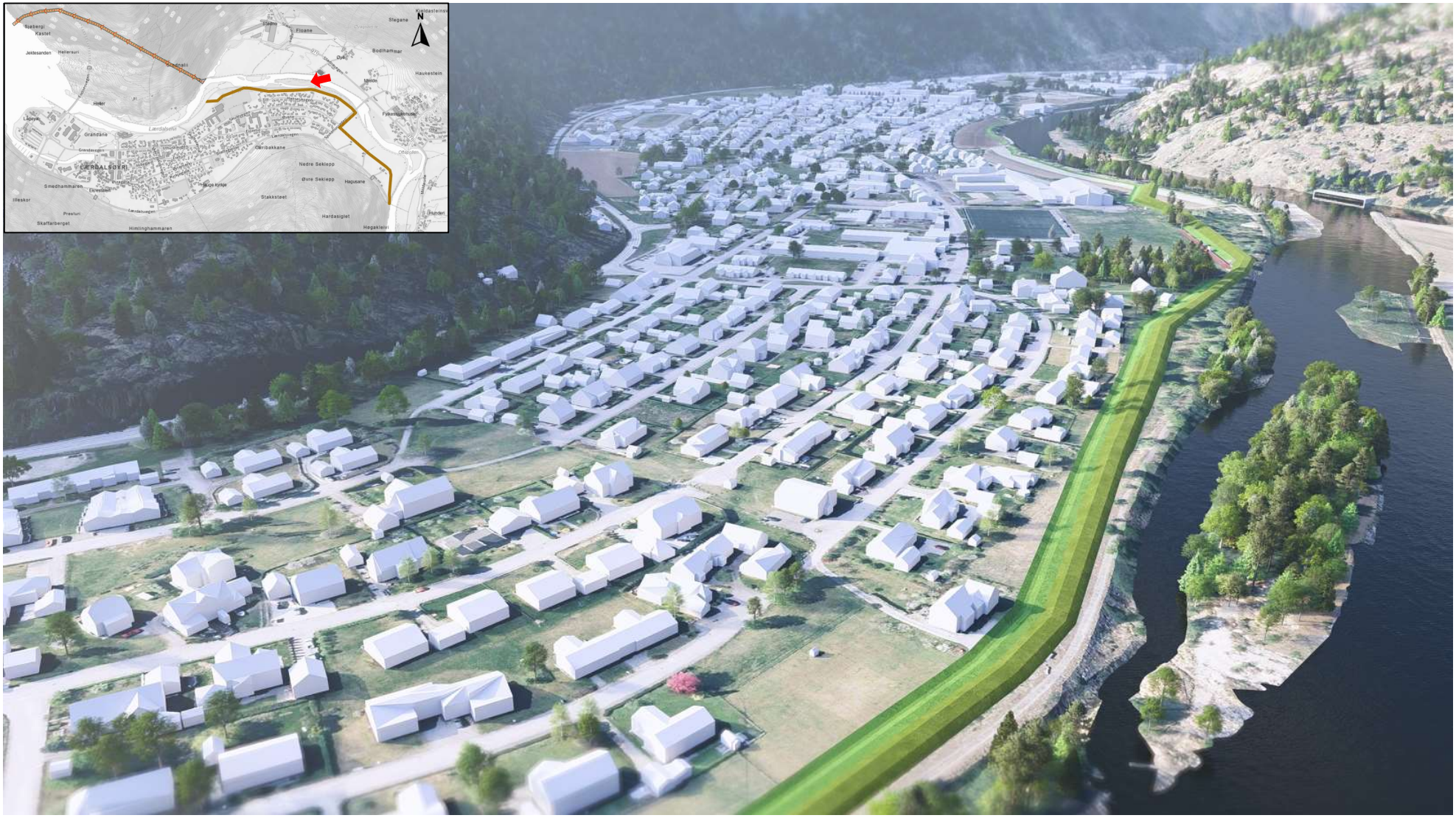
Figur 4-3: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter, pumpestasjoner og inntaksarrangement til flomtunnel i tiltakskombinasjon 5 sett fra nord.



Figur 4-4: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 5 sett fra sørøst.



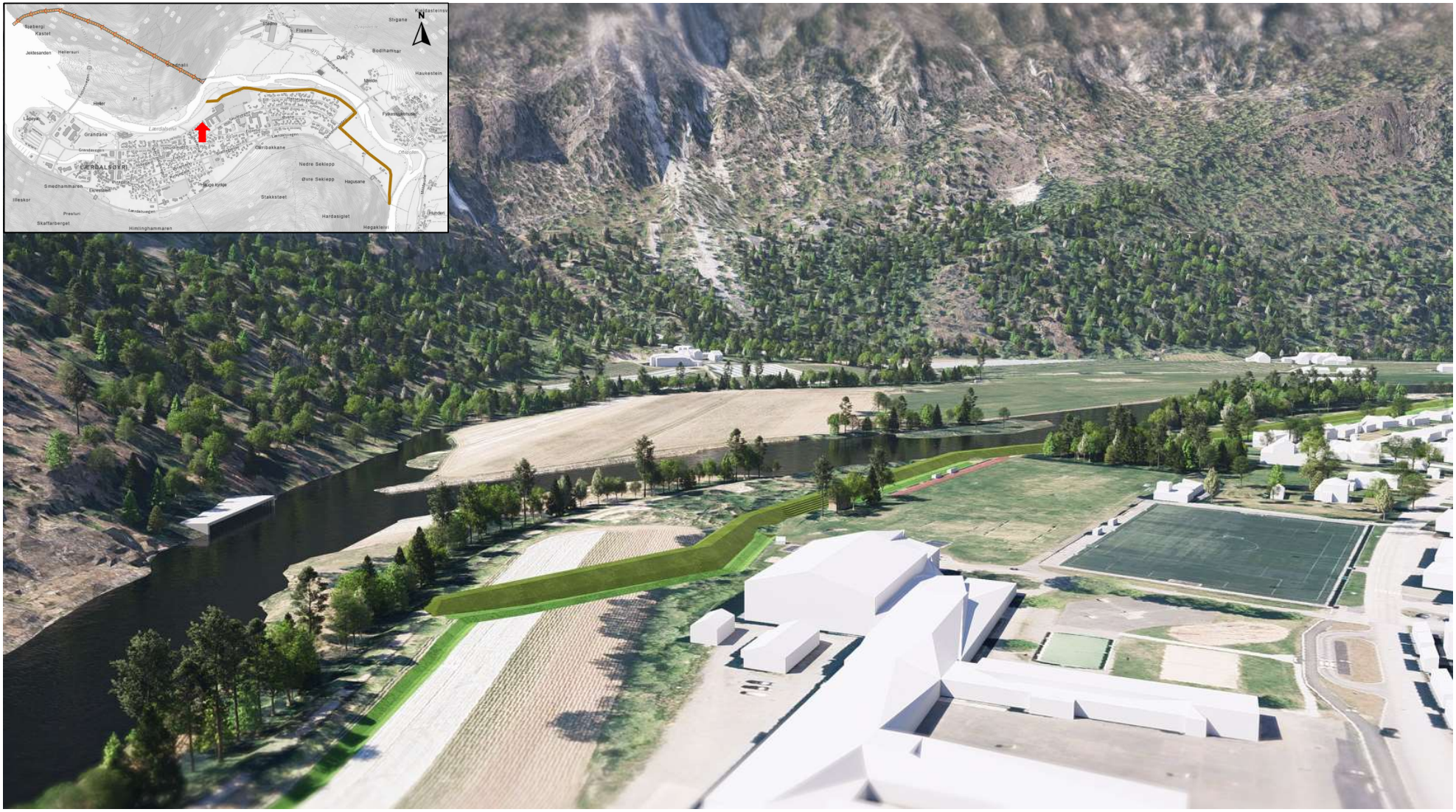
Figur 4-5: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter, pumpestasjoner og inntaksarrangement til flomtunnel i tiltakskombinasjon 5 sett fra nordøst.



Figur 4-6: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter, pumpestasjoner og inntaksarrangement til flomtunnel i tiltakskombinasjon 5 sett fra øst.



Figur 4-7: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter og pumpestasjoner i tiltakskombinasjon 5 sett fra sørvest.



Figur 4-8: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer, grøfter, pumpestasjoner og inntaksarrangement til flomtunnel ved Lærdalshallen i tiltakskombinasjon 5 sett fra sør.



Figur 4-9: 3D-illustrasjon av planlagte flombarrierer og grøfter i tiltakskombinasjon 5 ved Hanseskogen sett fra vest.

4.3 Fotomontasje



Figur 4-10: Fotomontasje (før og etter) av planlagt inntaksarrangement i tiltakskombinasjon 5A sett fra nordøst. Den planlagte flombarrieren er ikke synlig fra denne vinkelen. Foto: NVE.

VEDLEGG B

Hydrogeologiske beregninger

OPPDRAGSGIVER

NVE Region Vest

EMNE

Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11. oktober 2024 / 00



Multiconsult

INNHOLDSFORTENGELSE

1 Hydrogeologiske beregninger av vannlekkasje under/gjennom flomvoll 3
1.1 Innledning 3
1.2 Geometri 3
1.3 Hydrogeologiske parameterne 3
1.4 Analyse og konklusjon 4
2 Hydrogeologiske beregninger av estimerte pumperater 6
2.1 Tilgjengelige hydrogeologisk data 6
2.2 Forutsetninger og beregning av pumpehastighet 8
2.3 Estimerte pumperater 10
2.4 Drenering av pumpet grunnvann 10
2.5 Usikkerhet 12
2.6 Konklusjon 13
2.7 Mulige tiltak 14
3 Referanser 15

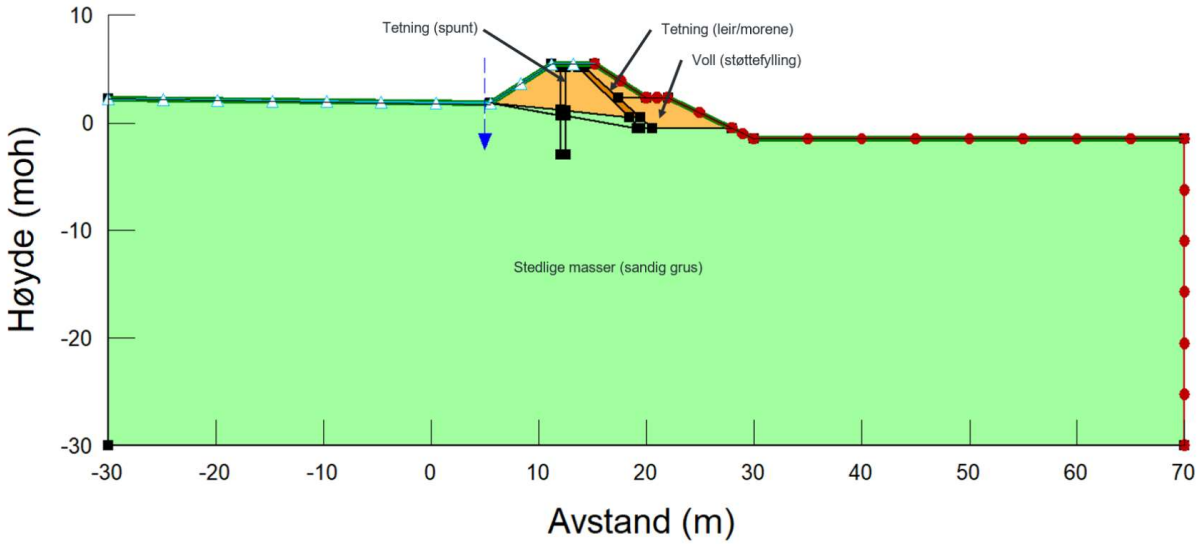
1 Hydrogeologiske beregninger av vannlekkasje under/gjennom flomvoll

1.1 Innledning

Det er gjennomført lekkasjeberegninger for ulike geometrier av flomvoller for å estimere hvor mye vann som forventes og trenge under eller gjennom flomvollen under flomforhold. Analysen er utført ved bruk av programvaren Seep/-W, som er en del av programpakken GeoStudio 2012.

1.2 Geometri

Analysen er basert på en teoretisk forhøyning av eksisterende flomverk i to tverrsnitt: ett oppstrøms ved Sjukehusvegen og ett nedstrøms ved Skaffarøyna. Vannstand og terrengdata brukt er hentet fra HEC-RAS modellen. Geometrien på flomvollen (se Figur 1-1) er identisk lik i begge tverrsnitt, med kun terreng og vannstander som varierer. Flomvollens høyde er 3,7 meter i snitt nr.1 (nedstrøms) og 3 m i snitt nr.2 (oppstrøms) med et fribord på 0,5 meter. Flomvannstandene er henholdsvis 5 moh. og 9,7 moh.



Figur 1-1: Flomvollgeometri og lagdeling brukt i analysen. Modellen er kjørt med to alternative tetningslag - spunt og morene, for å sammenligne effektene.

Vollen er utformet med en toppbredde på 3 meter, med skråningshelning på 1:2. Modellen er kjørt med to alternative tegningslag – spunt (8 meter total høyde) og morene/leire (ført til cirka 1,5 meter under eksisterende terreng).

1.3 Hydrogeologiske parameterne

Den hydrauliske permeabiliteten til de lagene som er brukt i modellen er basert på erfaringstall, samt grunnvannsmodellen utført av Dr. Blasy og Dr. Øverland (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024), og er oppsummert i Tabell 1-1.

Tabell 1-1: Hydrogeologiske parameterne brukt i analysen. Verdiene for flomvollen (støttefylling og tetning) er basert på erfaringstall, mens stedlige masser er basert på grunnundersøkelser utført av Dr. Blasy og Øverland.

Material	**Hydraulisk permeabilitet (m/s)**
Flomvoll (støttefylling)	1×10^{-4}
Flomvoll (tetning)	1×10^{-8}
Stedlige masser	3×10^{-3} og 3×10^{-5}

Det er stor usikkerhet knyttet til den hydrauliske permeabiliteten i de lokale massene, og det kan være betydelige variasjoner. For å forenkle modellene er massene antatt å være homogene, men analysen er utført med både de øvre og nedre verdiene som er presentert i rapporten til Dr. Blasy og Dr. Øverland (Dr. Blasy og Dr. Øverland, 2024).

1.4 Analyse og konklusjon

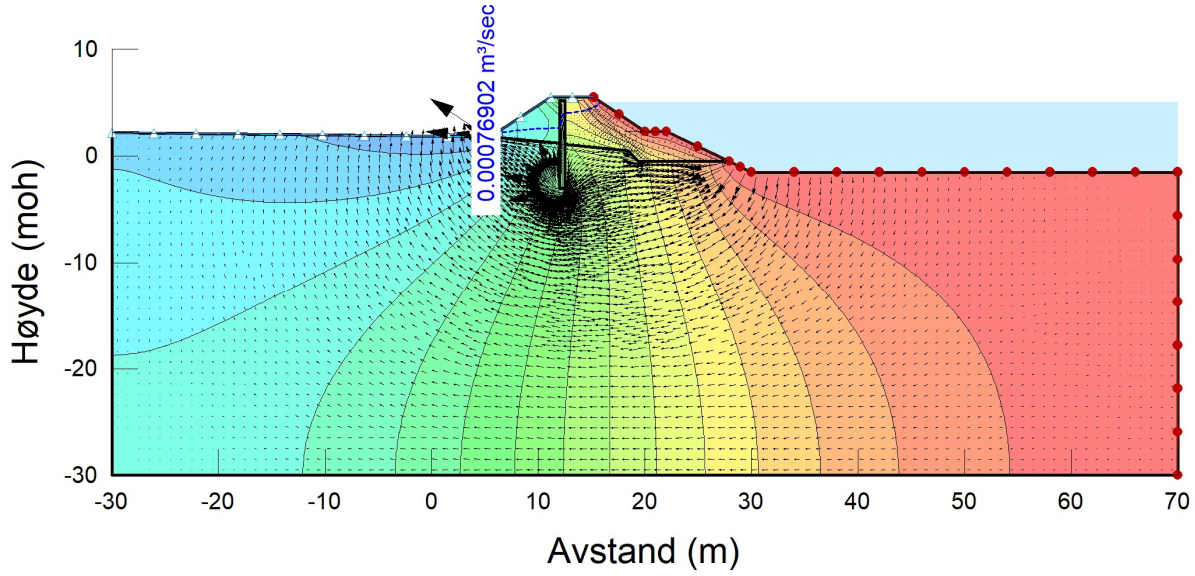
Resultater fra analysen er oppsummert i Tabell 1-2. Analysen viser at det er liten forskjell i total lekkasje mellom tetning med spunt og morenemasser. Derimot har permeabiliteten til de stedlige massene en mye større innvirkning. Det forventes store lokale variasjoner i massenes permeabilitet, spesielt i områder der flomvollen krysser historiske elvekanaler som er nå nedgravd.

Tabell 1-2: Resultater fra Seep/W analysen.

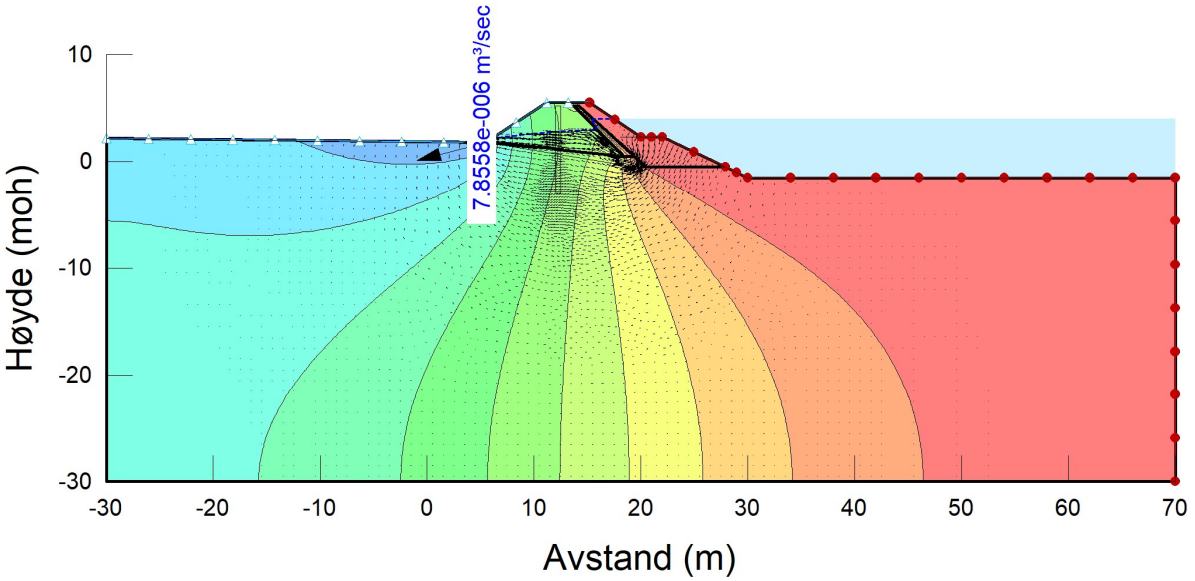
Snitt 1 - Skaffarøyna					**Snitt 2 - Sjukehusvegen**			
Tetning	**Permeabilitet stedlige masser**	**Lekkasje ($m^3/s/m$)**	**Gjennomsnitt lekkasje hver 500 m (m^3/s)**		**Tetning**	**Permeabilitet stedlige masser**	**Lekkasje ($m^3/s/m$)**	**Gjennomsnitt lekkasje hver 500 m (m^3/s)**
Morene	3x10-5	1.07E-05	0.0054		Morene	3x10-5	1.04E-05	0.0052
Spunt	3x10-5	8.22E-06	0.0041		Spunt	3x10-5	6.81E-06	0.0034
Morene	3x10-3	9.05E-04	0.4527		Morene	3x10-3	9.50E-04	0.4749
Spunt	3x10-3	7.69E-04	0.3845		Spunt	3x10-3	7.03E-04	0.3514

Lekkasje gjennom flomvollen reduseres når det er lavere vannstand mot vollen. For eksempel, en reduksjon i vannstanden fra 5 moh. til 4 moh. i snitt nr.1 (nedstrøms) resulterte i en reduksjon i lekkasjen fra 1,07E-05 $m^3/s/m$ til 7,86E-06 $m^3/s/m$, altså en reduksjon på 25%.

Til det videre arbeidet anbefales det å ikke bruke spunt ved etablering av flomvoller, og bruke lekkasjeverdier med antatt høyest permeabilitet. Dette tilsvarer 0,45 – 0,50 m^3/s per 500 meter flomvoll.



Figur 1-2: Eksempel på strømningsnett og resultatet fra modellforsøk med spunt.



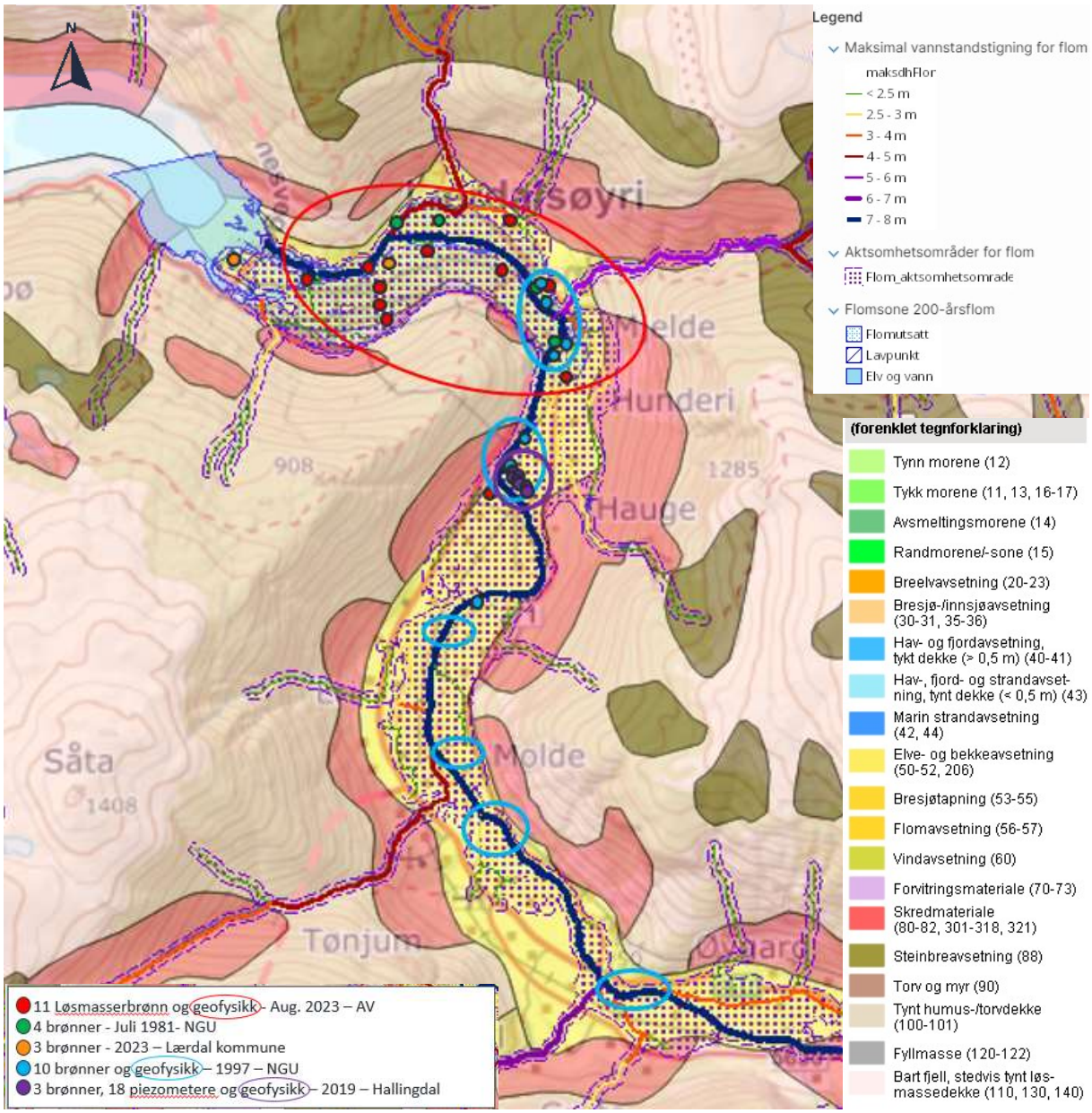
Figur 1-3: Eksempel strømningsnett og resultatet fra modellforsøk med morene-/leirtetning.

2 Hydrogeologiske beregninger av estimerte pumperater

2.1 Tilgjengelige hydrogeologisk data

Som et supplement til kapittel 2.2 i hovedrapporten, viser Figur 2-1 plasseringen av alle brønner og poretrykksmålere i Lærdal. Tabell 2-1 oppsummerer rapportene som beskriver geologien og hydrogeologien i regionen.

I henhold til tilgjengelige data viser undersøkelsene (borehull, geofysiske undersøkelser, pumpetester i felt, osv.) at geologien består av fluviale sedimenter ved varierende innhold av silt, sand og grus. Boredybdene varierte fra 12 til 15 m, med enkelte tilfeller opp til 20 meter. Bare i boring B05 ble det antatt fast berg, som ble påtruffet på 5,8 meters dybde (2,5 m under NN2000).



Figur 2-1: Løsmassegeologi i det aktuelle området med inntegnet informasjon om undersøkelsesbrønner (markert med fargede prikker i rødt, grønt, oransje, blå og lilla) samt områder hvor det er utført geofysiske undersøkelser (merket med store sirkler i rødt, blått og lilla). Kilde: Scalgo med WMS-lag fra NGUs nasjonale Løsmassedatabase og NVE for maksimal vannstandsstigning for flom.

Tabell 2-1: Oppsummering av geologiske og hydrogeologiske data som er tilgjengelige i studieområdet.

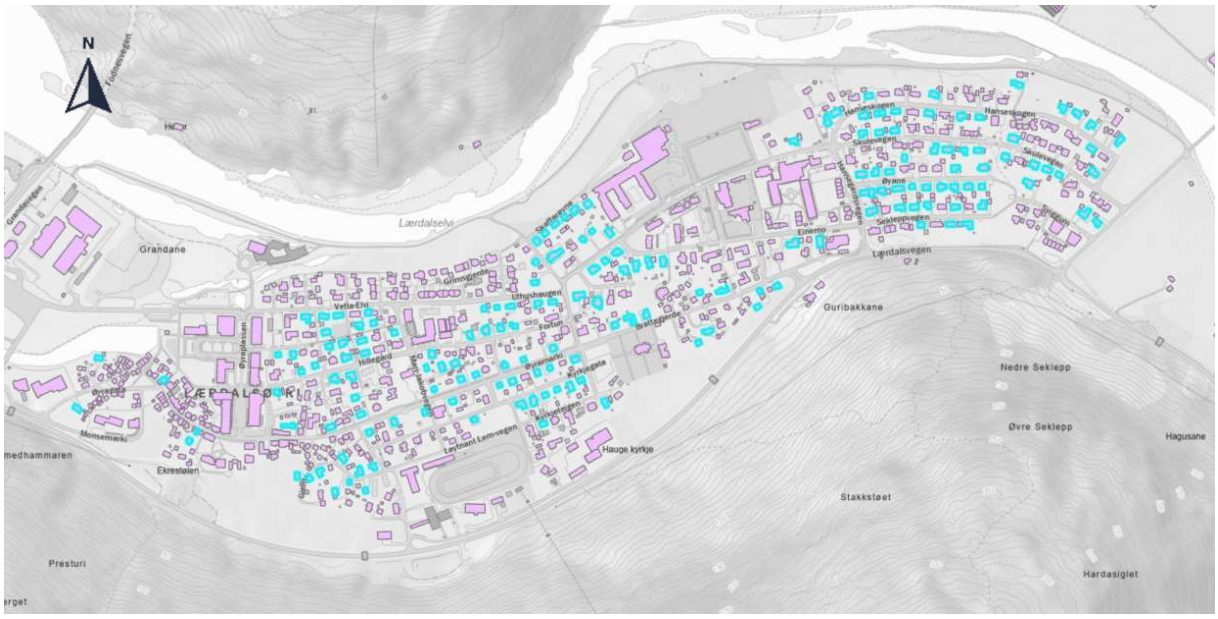
Rapportreferanse	Undersøkelser	Detaljer
Juli 1981- Grunnvannsundersøkelser– NGU – rapport nr. O-80011	Geologi og hydrogeologi fra Lærdal sentrum, Øye, Mjeldo til Hunderi. 4 brønner til 20 meter dybde i Lærdal.	Jordprøver, grunnvannsprøver og analyser. Pumpetest: grunnvannspumping mellom 0,2 og 2,8 l/s (avhengig av sone).
30/06/1997- Grunnvannsundersøkelser i nedre Lærdal – NGU - rapport nr. 97.044	7 studieområder - Geologi og hydrogeologi fra Mjeldo til Tønjum. Geofysisk profil - Jordprøvetaking og analyse. 9 Brønner - Grunnvannspumpetest og vannanalyse.	Grunnens permeabilitet ble bestemt ved hjelp av 24 grunnprøver i ulike geologiske lag og på ulike dybder. Pumpetest: grunnvannspumpehastighet mellom 0,3 og 4 l/s (avhengig av sone).
02/01/2019: GRUNNVASSANLEGG – HAUGE – Hallingdal Bergboring - ikke noe rapportnummer	Hauge-området - Georadar - Langtidspumpetest i 3 brønner - 18 piezometer Grunnvassmodell og vurderinger - HAUGE	Grunnens permeabilitet er fastslått ved hjelp av grunnprøver. Langtidspumpetest av grunnvann på 4 brønner i 1997, 2009 og 2010. (Vedlegg 7 Grunnvassmodell, Hallingdal Bergboring) (Vedlegg 8 Modellering av grunnvannsanlegg, Hallingdal Bergboring)
23/01/2023 – Lærdal kommune –en enkelt figur uten rapportreferanse mottatt per e-post fra Lærdal kommune	Kart som viser plasseringen av de 3 brønnene som eies av Lærdal kommune i Hauge - Fjorden-regionen	(A - Energibrønn ved Grandane busstasjon. B - 2 energibrønner ved Lærdalsøyri skole. C - 5 overvåkings-/målebrønner ved Hauge vannbehandlingsanlegg).
08/06/2023 - eksternrapport2023_17_Grunnundersøkelser - ERA Geo - rapport nr. 17/2023	Det er utført grunnundersøkelser for prosjektet Grunnundersøkelse Lærdal i Lærdal kommune. Grunnundersøkelsene er gjennomført av Lingen Grunnboring og datarapportering er utført av ERA Geo. Det er utført grunnundersøkelser i 32 posisjoner.	Maksimal registrert løsmassemektighet er 20,3 m. Det er påtruffet berg i 1 av 32 posisjoner. Boringene viser generelt et topplag med mektighet på 3-6 m med sandig grusig siltig materiale. Andelen av de forskjellige fraksjonene varierer noe. Deretter viser undersøkelsene sand med ulikt innslag av grus og/eller silt til sonderingene er avsluttet. Grunnvannsnivået ser stort sett ut til å øke jo lengre unna utløpet på Lærdalselva man kommer. Grunnvannstanden ligger generelt mellom 1,5 og 2,8 m under terreng.
21/06/2023-18_Grunnundersøkelser_AV - rapport nr. 18/2023	Geologi: Geofysisk profil - Prøvetaking og analyse av jordsmonn	Basert på registreringer av sedimentprøver i forbindelse med etablering av overvåkingsbrønnene, samt uttak av løsmasseprøver, domineres løsmassegeologien i det undersøkte området av et fluvialt topplag bestående av stein, sand og grus med høy vannføringsevne. Mektighet på det grove topplaget varierte fra 4,5 meter til over 10 meter.
	Hydrogeologi: 11 brønner - Vannstand i april 2023 og grunnvannspumpetest.	Grunnvannsnivå mellom 1 og 2,85 m dyp. Grunnvannspumpehastighet mellom 0,2 og 4,5 l/s avhengig av sone. Overvåking av variasjoner i grunnvannsnivå og elvenivå fra mai til september 2023.

29/02/2024 - Flomsikring Lærdalsøyri Grunnvannsmodell - rapport nr. ea-NVE-013.102	Før modellen ble satt opp, ble alle data som var tilgjengelige på det tidspunktet, evaluert. Det er satt opp en numerisk grunnvannsmodell for nåværende forhold for å undersøke mulige vekselvirkninger av sikringstiltak med grunnvannsforholdene i en seinere fase. Modellen ble kalibrert stasjonært for en målt lavvannssituasjon, og transient for tidsrommet under en flomhendelse.	Til beskrivelse av oppbygningen av undergrunnen foreligger det til sammen 32 boringer (11 er boringer for grunnvannsmålere) fra forundersøkelsene. Det ble prinsipielt boret ut fluviale sedimenter i alle boringer med avvekslende grusige, sandige og siltige andeler. Boredybdene lå mest på 12 til 15 m, i enkelte tilfeller inntil 20 m. Bare i boring B05 ble det støtt på berg i 5,8 m dybde (2,5 m under NN2000). På det tidspunkt da rapporten ble skrevet (01.02.2024), forelå det prosjektrelaterte måledata for tidsrommet 12.05.2023 til ca. 30.09.2023: elleve grunnvannsmålepunktene og de tre vannstandsmålerne i elven / Dagsaktuell døgnnedbør/ Tidevannshøydene. kf-verdiene ligger dermed i det store og hele i et intervall fra 3.10^{-5} til $3.\ 10^{-3}$ m/s. En numerisk grunnvannsstrømningsmodell (programvare: Feflow 8.1, DHI).

2.2 Forutsetninger og beregning av pumpehastighet

Flere av bygger i Lærdal sentrum har kjellere, markert med blå farge i Figur 2-2. For å beskytte disse kjellerne mot oversvømmelse, kan det installeres pumper som et lokalt avbøtende tiltak for å senke grunnvannsnivået. I den forbindelse er det utført forenklede empiriske beregninger for å estimere nødvendig pumperate ved en ønsket grunnvannssenkning på henholdsvis 1 og 3 meter. Beregningene bygger på antagelse om at grunnvannsnivået i en flomsituasjon vil være på høyde med terrenget.

Disse forenklede empiriske beregningene er basert på flere konservative antakelser. Eksisterende rapporter, feltundersøkelser og den tilgjengelige grunnvannsmodellen har blitt brukt som grunnlag i beregningene, og de benyttede dataene er oppsummert i Tabell 2-1.



Figur 2-2: Plassering av bygninger med kjeller i Lærdalsøyri sentrum markert med blå farge.

Tabell 2-2 viser forutsetningene for beregningene og de estimerte pumpehastighetene som kreves for å senke grunnvannsstanden til under bygninger i perioder med elveflom og stigende grunnvannsstand. Dette innebærer pumping for å senke grunnvannsstanden til 3 m eller 1 m under den naturlige grunnvannstanden. Beregningene er utført ved hjelp av Jacobs-metoden og er basert på en fiktiv brønn (15 meter dyp) plassert i midten av området som skal beskyttes, i dette tilfellet en bygning.

Tabell 2-2: Forutsetninger for estimerte beregninger og resultater for henholdsvis 3 og 1 meter grunnvannssenkning.

Grunnvannsnivå: Antakelse om at grunnvannsnivået vil ligge på høyde med terrenget i en flomsituasjon.		
T : Transmissivitet (m^2/s) Antakelse om en gjennomsnittlig permeabilitet på $1x10^{-3}$ m/s med 15 meter løsmasser bestående av sand og grus[1]	$1,5x10^{-2}$	
S : Lagringskoeffisient	0,2	
r : Nødvendig virkningsradius for brønnen (m) (størrelse på undergrunnen som skal beskyttes)	10	
Estimat med en fiktiv brønn i midten av bygningen som skal beskyttes (pumpetid >24 timer)[2]		
s : Grunnvannssenkning (m) (Innenfor en radius på 10 m fra den fiktive brønnen)	**3**	**1**
Senkning av grunnvannsspeilet (m) (ved den fiktive brønnen)	8,6	3
Q : Pumperate (m^3/t)	**410**	**136**
Q : Pumperate (l/s)	**114**	**38**

[1] I henhold til tilgjengelige bibliografiske data (pumpetest og syntese under produksjon av grunnvannsmodellen)
[2] I henhold til Jacobs formel med en oppladningsfront fra nærmeste elv

2.3 Estimerte pumperater

Akviferen har følgende estimerte gjennomsnittlige hydrogeologiske parametere:

- Permeabilitet K = $1x10^{-3}$ m/s
- Tykkelse e = 15 m, dvs. en transmissivitet på T = $1,5x10^{-2}$ m2/s og lagringskoeffisient S = 0,2.

Beregningene er utført ved hjelp av Jacobs-metode. Basert på tilgjengelig dokumentasjon er pumpemengden estimert til 410 m^3/t for å senke grunnvannsstanden med 3 meter ved bruk av en fiktiv brønn plassert i midten av en bygning. Dersom grunnvannsnivå skal senkes 1 meter, er den nødvendige pumpemengden estimert til 136 m^3/t.

For de 168 bygningene som er vurdert, er den totale estimerte pumperate mellom 70000 m^3/t (19500 l/s) ved 3 meter grunnvannssenking, og 22900 m^3/t (6400 l/s) ved 1 meter grunnvannssenkning.

De estimerte pumperatene er basert en fiktiv brønn med en pumpebrønnradius på 10 meter. Dette innebærer at pumpemengdene gjelder innenfor en sone på 10 meter rundt brønnen, og at grunnvannsstanden er høyere utenfor denne sonen. Hvis det er behov for å øke denne vannstanden, vil det kreve økt pumpehastighet.

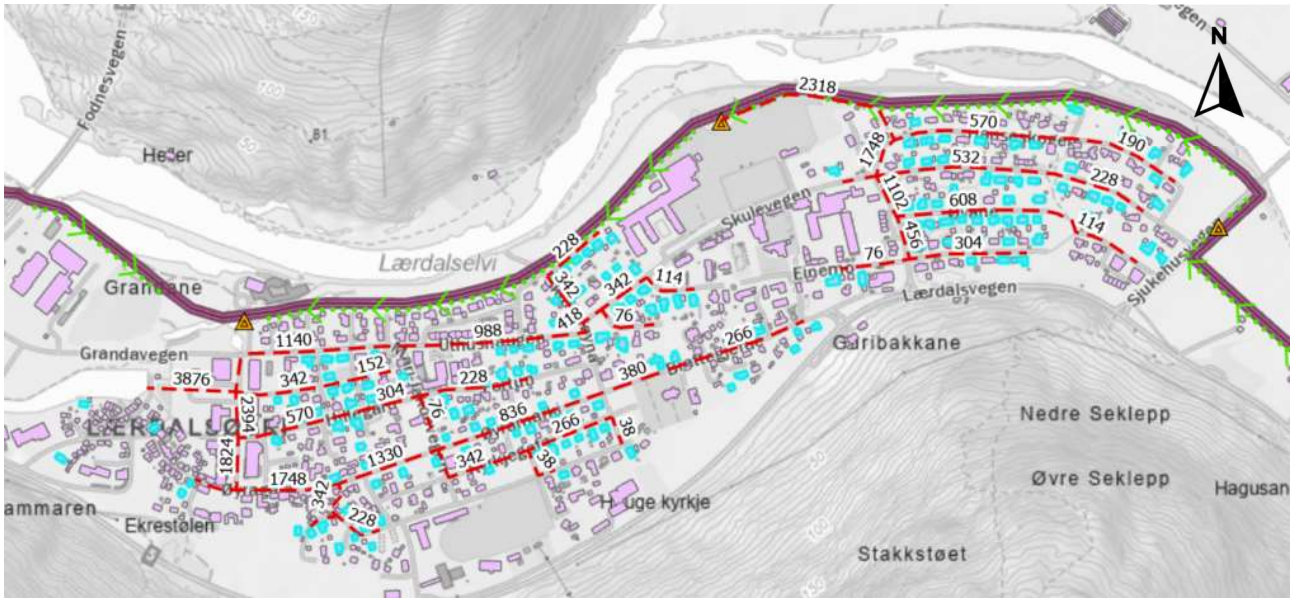
Lærdal kommune har informert om at de har to lensepumper tilgjengelig for innbyggerne når de opplever oversvømmelse i kjelleren på grunn av høy grunnvannstand. Disse pumpene har en kapasitet på 15 l/s og 60 l/s.

2.4 Drenering av pumpet grunnvann

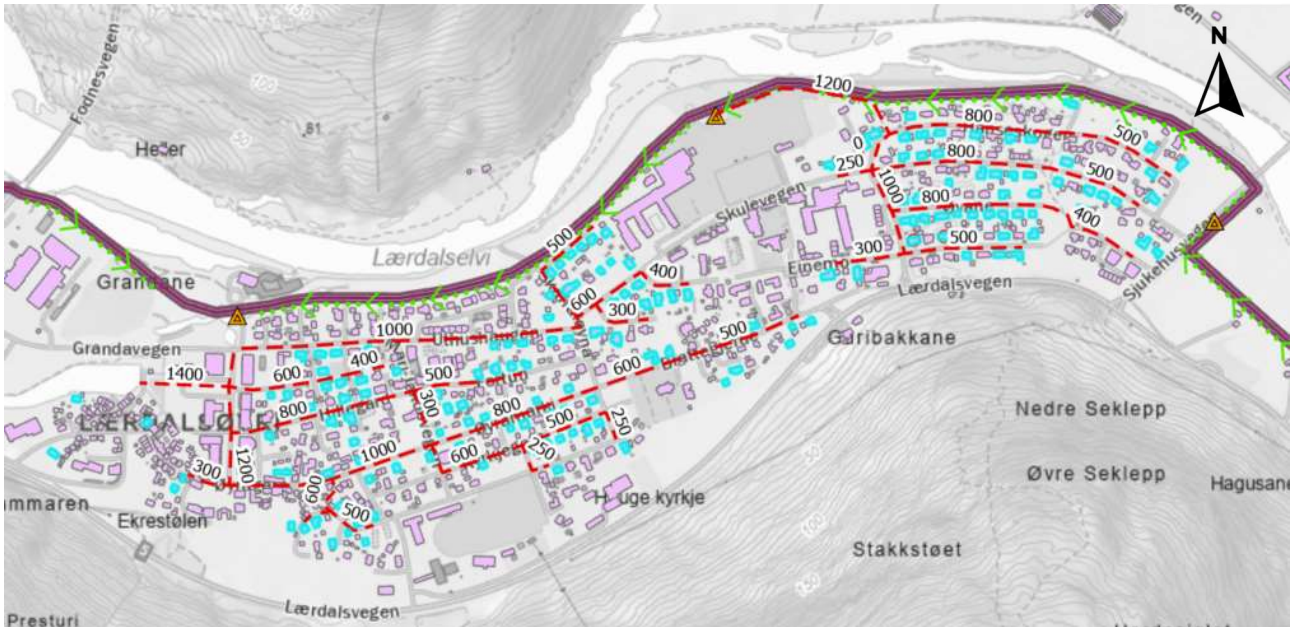
Basert på de beregnede pumperatene og kjellernes plassering, er det vurdert å etablere et nytt dreneringssystem, ettersom det eksisterende overvannsystemet ikke vil være tilstrekkelig. Hensikten er å presentere en mulig løsning og beregne en overordnet kostnad for denne. Gjennomførbarheten av en slik løsning er ikke vurdert i detalj.

For å beregne dimensjonene er det antatt at alle ledningene kan legges med et fall på 5 promille. Mulige konflikter med eksisterende infrastruktur under bakken er ikke tatt med i vurderingen, noe som kan gjøre løsningen dyrere eller til og med umulig å gjennomføre.

- **1 meter grunnvannssenkning**

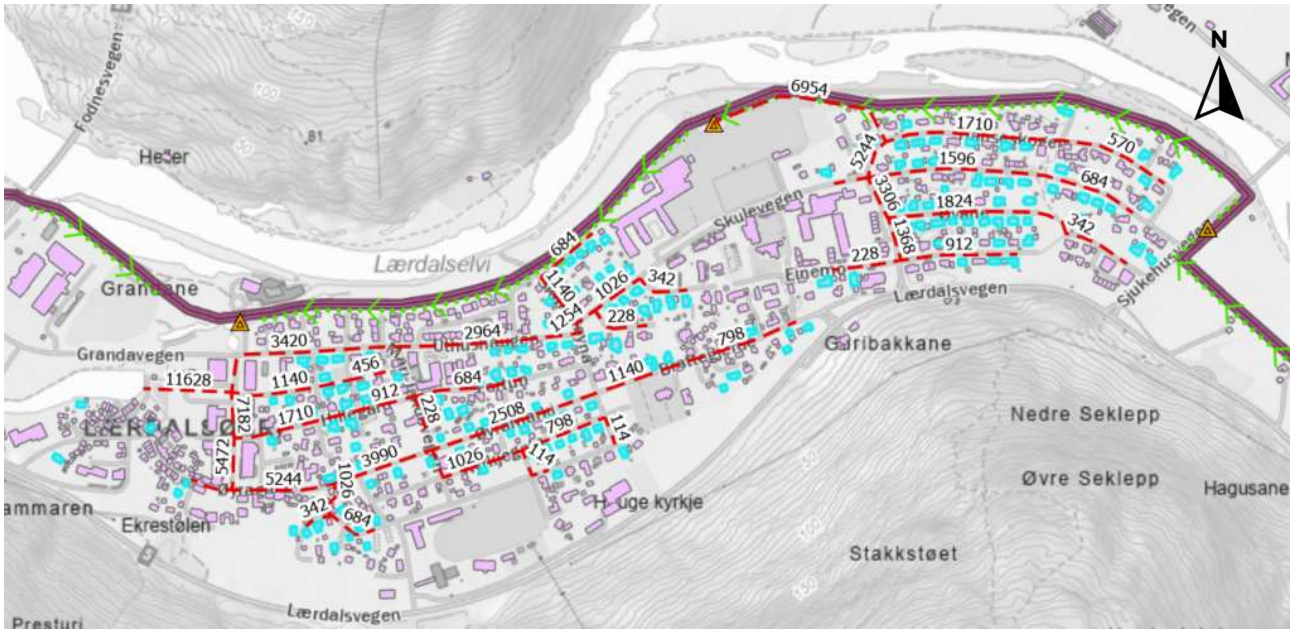


Figur 2-3: Vurdering av nytt dreneringssystem ved 1 meter grunnvannssenkning. Røde linjer viser plassering til de nye ledningene og tallene viser dimensjonerende vannmengde i l/s. Med lyseblå vises bygninger med kjeller.

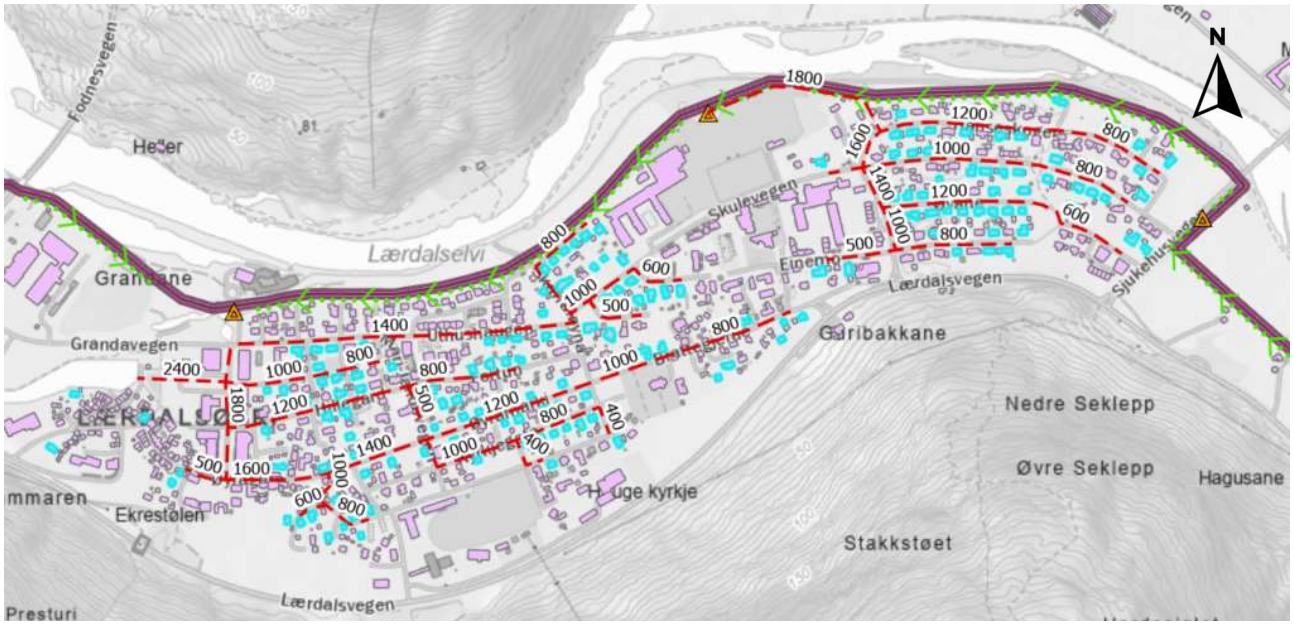


Figur 2-4: Vurdering av nytt dreneringssystem ved 1 meter grunnvannssenkning. Røde linjer viser plassering til de nye ledningene og tallene viser nødvendig diameter i mm. Med lyseblå vises bygninger med kjeller.

- **3 meter grunnvannssenkning**



Figur 2-5: Vurdering av nytt dreneringssystem ved 3 meter grunnvannssenkning. Røde linjer viser plassering til de nye ledningene og tallene viser dimensjonerende vannmengde i l/s. Med lyseblå vises bygninger med kjeller.



Figur 2-6: Vurdering av nytt dreneringssystem ved 1 meter grunnvannssenkning. Røde linjer viser plassering til de nye ledningene og tallene viser nødvendig diameter i mm. Med lyseblå vises bygninger med kjeller.

2.5 Usikkerhet

De empiriske beregningene er basert på gjennomsnittlige hydrogeologiske parametere for studieområdet rundt en gitt bygning. Det er imidlertid viktig å merke seg at geologien, og dermed permeabiliteten, varierer fra sted til sted. Den hydrauliske gradienten, strømningsretningen og kildene til grunnvannsfornyelsen (som nedbør, nedbørsfelt, elveflom, osv.) kan også variere over tid og sesong. Dette innebærer en viss usikkerhet knyttet til hvordan grunnvannet oppfører seg lokalt.

For å oppnå en bedre forståelse av grunnvannsituasjonen og optimalisere sikringsløsningene, bør man overvåke naturlige variasjoner over en periode på minst ett år.

Pumping kan senke grunnvannsspeilet under det naturlige nivået, noe som kan føre til setningsskader på bygninger og infrastruktur, eller gjøre grunnen ustabil. Det er derfor viktig å gjennomføre en geoteknisk vurdering før man installerer et dreneringssystem med mål om å senke grunnvannsnivået.

Dreneringssystemet som er vurdert er vurdert på et overordnet nivå. Det er ikke vurdert i detalj at alle ledningene kan legges med 5 promille fall. Det er ikke heller vurdert konflikt av det nye dreneringssystemet med eksisterende infrastruktur under bakken. Sjøvannstand er ikke tatt med ved dimensjonering av ledningene. Det kan føre til større dimensjoner på ledningene som ligger nærmest sjøen.

2.6 Konklusjon

Beregningene og vurderingene gir en innledende størrelsesorden på den nødvendige pumperaten for å senke grunnvannsnivået til henholdsvis 1 og 3 m, med sikte på å beskytte bygninger med kjeller mot lekkasjer ved flom.

For de 168 bygningene med kjeller i Lærdal sentrum er den totale pumperaten estimert til 70000 m^3/t (19500 l/s) ved en grunnvannssenkning på 3 meter, og 22900 m^3/t (6400 l/s) ved en senkning på 1 meter.

Det eksisterende overvannsystemet vil ikke være tilstrekkelig for å håndtere de store vannmengdene som pumpene vil generere. Det vil være behov for å oppgradere overvannssystemet eller etablere et nytt system. Det regnes med at 60% av pumpene vil kunne kobles til et system som leder vannet direkte til sjøen, mens den resterende 40% må føres til en ny pumpestasjon for videre pumping til Lærdalselva, forbi en eventuell ny flomvoll.

Den estimerte pumperaten er svært høy, og individuell grunnvannssenkning med pumpebrønner vil ikke være effektiv i et så permeabelt område. Senkning av grunnvannstand under dagens normalnivå kan føre til setninger, og er ikke akseptabelt.

NVE har utført en nytte-/kostvurdering av tiltakene (se Vedlegg D) basert på blant annet byggekostnadene for de to alternativene (se Vedlegg C). Resultatene viser at det kun er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom:

- Grunnvannstanden senkes med 3 meter.
- Skader i alle kjellerne oppstår med et gjentaksintervall på 2år.
- Den gjennomsnittlige skadekostnaden per bolig er helt i det øvre sjiktet av skadekostnad per bolig.

Selv om det antas at alle kjellerne kan beskyttes ved å pumpe grunnvannet når det har gått inn i konstruksjonen, vil de nødvendige vannmengdene være veldig store basert på lensepumpene som kommunen bruker i dag. Det vil fortsatt være utfordrende å drenere disse mengdene ut til Lærdalselva eller sjøen.

Konklusjonen er derfor at en helhetlig sikring av kjellerne i Lærdalsøyri ikke er realistisk, og at det bør vurderes en kombinasjon av flere avbøtende tiltak som beskrevet i kapittel 2.7. Gjennomførbarheten av disse bør undersøkes nærmere i neste fase av studien.

2.7 Mulige tiltak

Eksempler på mulige tiltak som kan vurderes og undersøkes nærmere i neste fase av studien inkluderer:

- **Komplett tetting av kjellervegger** så lenge konstruksjonen tillater det.
- **Kombiner dreneringssystemet med vanntetting av kjellervegger** til en høyde på 0,5 til 2 meter, så lenge konstruksjonen tillater det.
- **Installer et kollektivt dreneringssystem** ved hjelp av et nettverk av brønner rundt bebyggelsene for å sikre en jevn senkning av grunnvannstanden og unngå uønskede setninger på terrenget. Selv om dette ikke kan implementeres i alle kjellerne samtidig, på grunn av de store vannmengder som må dreneres ut til sjø/elv, kan det være aktuelt for enkelte og kritiske bygninger.

Det presiseres at tiltakene må sees i sammenheng med de øvrige løsningene i prosjektet.

3 Referanser

Dr. Blasy og Dr. Øverland. (2024). *Lærdalselva. Rapport for grunnvannsmodell til Lærdalsøyri.*

VEDLEGG C

Kostnadsestimat

OPPDRAGSGIVER

NVE Region Vest

EMNE

Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11. oktober 2024 / 00



Multiconsult

TILTAKSKOMBINASJON 1: Flomtunnel ved Hauge					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Forberedende arbeider**				
	Vannregulering og fangdam		RS	kr 5 000 000	kr 5 000 000
2	**Tunnelarbeider**				
	Tunnel, inkl. sikring	3350	lm	kr 138 000	kr 462 300 000
	Påhugg og utløp, 150m hver	81000	m^3	kr 400	kr 32 400 000
3	**Inntak**				
	Terskel	290	m	kr 160 000	kr 46 400 000
	Betong inkl. armering	6800	m^3	kr 5 000	kr 34 000 000
	Bru Lærdalsvegen	2900	m^2	kr 60 000	kr 174 000 000
	Reetablering Lærdalsvegen	290	m	kr 15 000	kr 4 350 000
4	**Flombarriere**				
	Flomvoll	600	lm	kr 10 000	kr 6 000 000
				Byggekostnader	kr 764 450 000
	Uforutsette og mindre kostnader (30%)				kr 229 335 000
	Rigg og drift (30%)				kr 298 136 000
				Entreprisekostnader	kr 1 291 921 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 90 435 000
				Total	**kr 1 382 356 000**

TILTAKSKOMBINASJON 2A: Flomvoll alternativ A + Lokale sikringstiltak					
Beskrivelse		Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	3300	lm	kr 20 000	kr 66 000 000
2	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Sjukehusvegen		RS	kr 200 000	kr 200 000
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 500 000	kr 500 000
	Tilpasning vei Lærdal kulturhus		RS	kr 650 000	kr 650 000
3	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 4 000 000	kr 12 000 000
	Grøft ved flomvollen	2800	lm	kr 3 000	kr 8 400 000
	Kulvert grøft	60	lm	kr 10 000	kr 600 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 430 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 200 000
4	**Lokale sikringstiltak**				
	Lave flomvoller/endringer i terreng	1000	lm	kr 5 000	kr 5 000 000
	Heving av veier og torg	7	stk.	kr 250 000	kr 1 750 000
	Flommurer i betong	740	lm	kr 17 500	kr 12 950 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 490 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 10 000
				Byggekostnader	kr 109 180 000
	Uforutsette og mindre kostnader (20%)				kr 21 836 000
	Rigg og drift (20%)				kr 26 204 000
				Entreprisekostnader	kr 157 220 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 11 006 000
				Total	**kr 168 226 000**

TILTAKSKOMBINASJON 2B: Flomvoll alternativ B + Lokale sikringstiltak					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	3300	lm	kr 25 000	kr 82 500 000
2	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Sjukehusvegen		RS	kr 190 000	kr 190 000
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 1 000 000	kr 1 000 000
3	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 4 000 000	kr 12 000 000
	Grøft ved flomvollen	2000	lm	kr 3 000	kr 6 000 000
	Kulvert grøft	60	lm	kr 10 000	kr 600 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 1 640 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 220 000
4	**Lokale sikringstiltak**				
	Lave flomvoller/endringer i terreng	3500	lm	kr 5 000	kr 17 500 000
	Heving av veier og torg	24	stk.	kr 250 000	kr 6 000 000
	Flommurer i betong	2000	lm	kr 17 500	kr 35 000 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 1 190 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 10 000
				Byggekostnader	kr 163 850 000
	Uforutsette og mindre kostnader (20%)				kr 32 770 000
	Rigg og drift (20%)				kr 39 324 000
				Entreprisekostnader	kr 235 944 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 16 517 000
				Total	**kr 252 461 000**

TILTAKSKOMBINASJON 3: Flomvoll alternativ A + Heving av Sjukehusvegen + Lokale sikringstiltak					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	2400	lm	kr 20 000	kr 48 000 000
	Heving Sjukehusvegen	320	lm	kr 30 000	kr 9 600 000
2	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 1 500 000	kr 1 500 000
	Tilpasning vei Lærdal kulturhus		RS	kr 750 000	kr 750 000
3	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 3 800 000	kr 11 400 000
	Grøft ved flomvollen	2200	lm	kr 3 000	kr 6 600 000
	Kulvert grøft	60	lm	kr 10 000	kr 600 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 400 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 360 000
4	**Lokale sikringstiltak**				
	Lave flomvoller/endringer i terreng	1000	lm	kr 5 000	kr 5 000 000
	Heving av veier og torg	10	stk.	kr 250 000	kr 2 500 000
	Flommurer i betong	1200	lm	kr 17 500	kr 21 000 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 490 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 10 000
				Byggekostnader	kr 108 210 000
	Uforutsette og mindre kostnader (20%)				kr 21 642 000
	Rigg og drift (20%)				kr 25 971 000
				Entreprisekostnader	kr 155 823 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 10 908 000
				Total	**kr 166 731 000**

TILTAKSKOMBINASJON 4: Flomvoll alternativ A + Økning av regulering- og overføringskapasitet i magasinene					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	3300	lm	kr 17 000	kr 56 100 000
2	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Sjukehusvegen		RS	kr 130 000	kr 130 000
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 250 000	kr 250 000
	Tilpasning vei Lærdal kulturhus		RS	kr 360 000	kr 360 000
3	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 4 000 000	kr 12 000 000
	Grøft ved flomvollen	2800	lm	kr 3 000	kr 8 400 000
	Kulvert grøft	60	lm	kr 10 000	kr 600 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 400 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 230 000
4	**Regulering- og overføringskapasitet**				
	IKKE BEREGNET				
				Byggekostnader	kr 78 470 000
	Uforutsette og mindre kostnader (20%)				kr 15 694 000
	Rigg og drift (20%)				kr 18 833 000
				Entreprisekostnader	kr 112 997 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 7 910 000
				Total	**kr 120 907 000**

TILTAKSKOMBINASJON 5: Flomtunnel ved utløpet + Flomvoll alternativ A + Lokale sikringstiltak					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Forberedende arbeider**				
	Vannregulering og fangdam		RS	kr 5 000 000	kr 5 000 000
2	**Tunnelarbeider**				
	Tunnel, inkl. sikring	1350	lm	kr 183 000	kr 247 050 000
	Påhugg og utløp, 75m hver	60000	m^3	kr 400	kr 24 000 000
3	**Inntak**				
	Inntakskonstruksjon		RS	kr 25 000 000	kr 25 000 000
	Lukekostnader inntak		RS	kr 23 000 000	kr 23 000 000
	Kommunikasjon og styring		RS	kr 150 000	kr 150 000
	Etablering av nytt lukehus		RS	kr 350 000	kr 350 000
4	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	2000	lm	kr 20 000	kr 40 000 000
5	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Sjukehusvegen		RS	kr 200 000	kr 200 000
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 500 000	kr 500 000
6	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 3 500 000	kr 10 500 000
	Grøft ved flomvollen	2250	lm	kr 3 000	kr 6 750 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 200 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 100 000
7	**Lokale sikringstiltak**				
	Lave flomvoller/endringer i terreng	1000	lm	kr 5 000	kr 5 000 000
	Heving av veier og torg	7	stk.	kr 250 000	kr 1 750 000
	Flommurer i betong	740	lm	kr 17 500	kr 12 950 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 490 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 10 000
				Byggekostnader	kr 403 000 000
	Uforutsette og mindre kostnader (30%)				kr 120 900 000
	Rigg og drift (25%)				kr 130 975 000
				Entreprisekostnader	kr 654 875 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 45 842 000
				Total	**kr 700 717 000**

TILTAKSKOMBINASJON 6: Flomvoll alternativ A + Masseuttak + Lokale sikringstiltak					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Flombarrierer**				
	Flomvoll	3300	lm	kr 20 000	kr 66 000 000
2	**Tekniske tilpasninger**				
	Tilpasning Sjukehusvegen		RS	kr 200 000	kr 200 000
	Tilpasning Lærdalsvegen		RS	kr 500 000	kr 500 000
	Tilpasning vei Lærdal kulturhus		RS	kr 650 000	kr 650 000
3	**VA/drenasje og EL-anlegg**				
	Pumpestasjon	3	stk.	kr 4 000 000	kr 12 000 000
	Grøft ved flomvollen	2800	lm	kr 3 000	kr 8 400 000
	Kulvert grøft	60	lm	kr 10 000	kr 600 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 400 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 230 000
4	**Uttak av masser**				
	Uttak av masser	170000	m^3	kr 300	kr 51 000 000
5	**Lokale sikringstiltak**				
	Lave flomvoller/endringer i terreng	1000	lm	kr 5 000	kr 5 000 000
	Heving av veier og torg	7	stk.	kr 250 000	kr 1 750 000
	Flommurer i betong	740	lm	kr 17 500	kr 12 950 000
	Tilpasning VA-ledninger		RS		kr 490 000
	Tilpasning kabler		RS		kr 10 000
				Byggekostnader	kr 160 180 000
	Uforutsette og mindre kostnader (20%)				kr 32 036 000
	Rigg og drift (20%)				kr 38 444 000
				Entreprisekostnader	kr 230 660 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 16 147 000
				Total	**kr 246 807 000**

SIKRING AV KJELLERE: Senkning av grunnvannstand 1 meter under terrengnivå					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Pumpesystem**				
	Brønnboring	165	stk.	kr 20 000	kr 3 300 000
	Pumpe brønn	165	stk.	kr 80 000	kr 13 200 000
	EL-tilkobling og systemer	165	stk.	kr 15 000	kr 2 475 000
	Pumpe flomvoll	1	stk.	kr 8 000 000	kr 8 000 000
2	**Dreneringssystem**				
	Stikkledninger inkl. grøft	165	stk.	kr 50 000	kr 8 250 000
	Grøft for Ø250 - Ø800	4600	m	kr 5 000	kr 23 000 000
	Grøft for Ø1000 - Ø1400	1800	m	kr 8 000	kr 14 400 000
	Rør Ø250-Ø300	550	m	kr 600	kr 330 000
	Rør Ø400-Ø500	1800	m	kr 900	kr 1 620 000
	Rør Ø600-Ø800	2250	m	kr 1 500	kr 3 375 000
	Rør Ø1000-Ø1200	1650	m	kr 2 800	kr 4 620 000
	Rør Ø1400	150	m	kr 4 800	kr 720 000
	Inspeksjonskummer rør < Ø1000	80	stk.	kr 20 000	kr 1 600 000
	Inspeksjonskummer rør > Ø1000	30	stk.	kr 45 000	kr 1 350 000
				Byggekostnader	kr 86 240 000
	Uforutsette kostnader (30%)				kr 25 872 000
	Rigg og drift (20%)				kr 22 423 000
				Entreprisekostnader	kr 134 535 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 9 418 000
				Total	**kr 143 953 000**

SIKRING AV KJELLERE: Senkning av grunnvannstand 3 meter under terrengnivå					
	Beskrivelse	Mengde	Enhet	Enhetspris	Sum
1	**Pumpesystem**				
	Brønnboring	165	stk.	kr 35 000	kr 5 775 000
	Pumpe	165	stk.	kr 200 000	kr 33 000 000
	EL-tilkobling og systemer	165	stk.	kr 30 000	kr 4 950 000
	Pumpe flomvoll	1	stk.	kr 15 000 000	kr 15 000 000
2	**Dreneringssystem**				
	Stikkledninger inkl. grøft	165	stk.	kr 60 000	kr 9 900 000
	Grøft for Ø250 - Ø800	2350	m	kr 5 000	kr 11 750 000
	Grøft for Ø1000 - Ø1400	3150	m	kr 8 000	kr 25 200 000
	Grøft for Ø1600 - Ø2400	900	m	kr 10 000	kr 9 000 000
	Rør Ø250-Ø300	0	m	kr 600	kr 0
	Rør Ø400-Ø500	550	m	kr 900	kr 495 000
	Rør Ø600-Ø800	1800	m	kr 1 500	kr 2 700 000
	Rør Ø1000-Ø1200	2250	m	kr 2 800	kr 6 300 000
	Rør Ø1400-Ø1600	1250	m	kr 6 000	kr 7 500 000
	Rør Ø1800-Ø2400	550	m	kr 15 000	kr 8 250 000
	Inspeksjonskummer rør < Ø1000	40	stk.	kr 20 000	kr 800 000
	Inspeksjonskummer rør > Ø1000	70	stk.	kr 50 000	kr 3 500 000
				Byggekostnader	kr 144 120 000
	Uforutsette kostnader (30%)				kr 43 236 000
	Rigg og drift (20%)				kr 37 472 000
				Entreprisekostnader	kr 224 828 000
	Planlegging og adm (7%)				kr 15 738 000
				Total	**kr 240 566 000**

VEDLEGG D

Nytte/kost-analyse

OPPDRAGSGIVER

NVE Region Vest

EMNE

Mulighetsstudie flom- og erosjonssikring

DATO / REVISJON: 11. oktober 2024 / 00



NVE
Norges vassdrags- og energidirektorat

Multiconsult

NVE
Norges vassdrags- og energidirektorat

Til: Hanne Rosvoll Langset, Ronny Løland, Eloi Denamur (Multiconsult)
Kopi: Siss-May Edvardsen
Fra: Michael W. Madsen, Seksjon for sikring
Dato: 10.10.2024

Nytte-kostnadsvurdering av flomsikringstiltak i Lærdal kommune

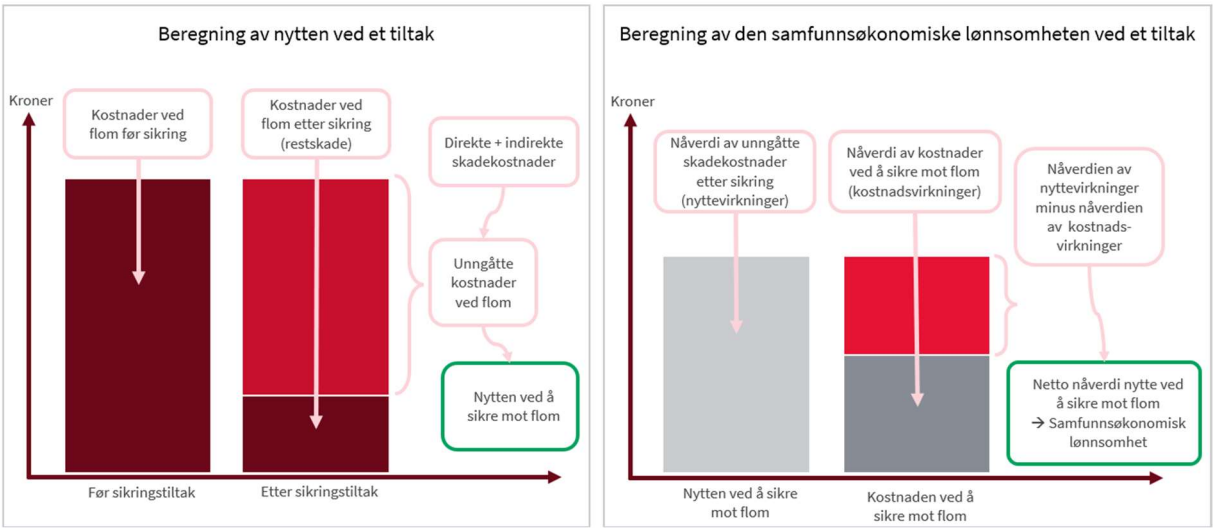
Bakgrunn

Multiconsult har vurdert alternativer for sikring av bebyggelsen i Lærdal kommune mot en flom med 1 000 års gjentaksintervall:

- **Tiltakskombinasjon 1:** Flomtunnel ved Hauge
- **Tiltakskombinasjon 2A:** Flomvoll alternativ A (plass til elva) + Lokale sikringstiltak
- **Tiltakskombinasjon 2B:** Flomvoll alternativ B (heving av dagens flomvoll) + Lokale sikringstiltak
- **Tiltakskombinasjon 3:** Flomvoll alternativ A + heving av Sjukehusvegen + Lokale sikringstiltak
- **Tiltakskombinasjon 4:** Flomvoll alternativ A + økning av regulering- og overføringskapasitet i magasinene
- **Tiltakskombinasjon 5:** Flomtunnel ved utløpet + Flomvoll alternativ A + Lokale sikringstiltak
- **Tiltakskombinasjon 6:** Flomvoll alternativ A + masseuttak i elva + Lokale sikringstiltak

Metode

Figuren under illustrerer nytte-kostnadsanalysene som er gjennomført for alternativene.



I analysen beregnes skadekostnadene som oppstår ved en flomhendelse med et gitt gjentaksintervall. Det gjøres beregninger av skadeomfanget ved to ulike gjentaksintervall, og refereres i det videre til som skadeprofil 1 og skadeprofil 2. Disse kostnadene unngås i det man sikrer bebyggelsen mot flom, og er dermed en nyttevirkning. Som oftest sikrer man kun opp til et visst gjentaksintervall, som betyr at det påløper skadekostnader for

flommer over en viss størrelse. Dette er restskadene etter at bebyggelsen er sikret. Videre beregnes kostnadene ved å etablere, drifte og vedlikeholde sikringstiltaket.

Differansen mellom kostnadene ved å etablere sikringsanlegget og nytten ved å sikre bebyggelsen mot flom utgjør netto nytten ved å sikre mot flom. Dette betegnes også som alternativets samfunnsøkonomiske lønnsomhet. Dersom tiltakskostnadene er høyere enn nytten, vil tiltaket være samfunnsøkonomisk ulønnsomt. Motsatt vil tiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom nytten ved å sikre er høyere enn tiltakskostnadene.

I tabellen under vises faktorene som inngår i nyttevirkningene og kostnadsvirkningene.

Virkning		Faktor	Input til beregningen
Nytte-virkninger	Direkte materielle kostnader	Skader på bygninger	Antall bygninger i flomsonen
		Skader på areal (landbruksareal og offentlig areal)	Areal (dekar) i flomsonen
		Skader på infrastruktur (veg)	Meter veg i flomsonen
	Indirekte materielle kostnader	Bruddkostnader ved skade på infrastruktur	Dager stengt, ÅDT, andel tunge kjøretøy, lengde og minutters reisevei på opprinnelig og alternativ strekning
		Oppryddingskostnader	Følger av skader på bygninger
		Beredskapskostnader	Følger av direkte materielle skader
		Indirekte kostnader	Følger av direkte og indirekte materielle skader
	Immaterielle kostnader	Psykiske helseplager	Antall personer bosatt og med arbeidsplass i flomsonen
		Skader	Følger av antall bygninger i flomsonen
		Tap av liv	Følger av antall bygninger i flomsonen
	Nytte ved redusert flomsone	Skader på bygninger som fremdeles ligger i en flomsone etter tiltak, hvor tiltaket reduserer skadepotensialet til flommen	Antall bygninger i flomsonen før tiltak og antall bygninger i flomsonen etter tiltak
Kostnads-virkninger	Investerings-kostnader	Kostnaden ved å etablere tiltaket	
	FDVU-kostnader	Kostnaden ved å forvalte, drifte og vedlikeholde tiltaket	
	Skatte-kostnader	Kostnaden ved å finansiere tiltaket over skatteseddelen	Følger av nåverdien av investerings- og FDVU-kostnader

Forutsetninger

I tabellen under vises de overordnede forutsetningene for analysene som er gjennomført.

	Alle alternativer		Forklaring
Kalkulasjons-rente	4 % 3 %	0-40 år 40-75 år	Benyttes for å regne fremtidige virkninger om til verdien de har i år (nåverdien av virkningene). Kalkulasjonsrenten er den samfunnsøkonomiske alternativkostnaden ved å binde kapital i et tiltak, sett opp mot den avkastningen kapitalen ellers ville kastet av seg.
Analyseperiode	75 år		Angir antall år som benyttes for å neddiskontere investeringen, og tilsvarer investeringens forventede levetid. Benytter 75 år som standard, i tråd med metodikk for infrastrukturprosjekter.
Ferdigstillelsesår	2024		Året for ferdigstillelse av tiltaket. Satt til 2024, for å unngå prisjustering av nytte- og kostnadsvirkninger. Dette fordi det er stor usikkerhet rundt inflasjonen de nærmeste årene.
Indirekte skade	10 %		Indirekte skader og følgeskader kan være vanskelig å kvantifisere. Vi benytter et prosentvis påslag for å anslå de indirekte skadene som ikke beregnes i verktøyet. Disse beregnes som et påslag på de materielle skadekostnadene.
Begynnende skade	20 år		I Mulighetsstudiets kapittel 2.5.1 har Multiconsult skrevet om begynnende skadeflom. Basert på målinger fra målestasjon Stuvane og rapporterte skader i Lærdalsøyri, oppstår skader ved 600-700 m^3/s. Det er ikke skader ved 500 m^3/s. Det antas derfor at begynnende skadeflom ligger et sted mellom 500 og 600 m^3/s, som tilsvarer en flom med et gjentaksintervall på mellom 10 og 20 år uten klimafaktor. I beregningene er det lagt til grunn at begynnende skade er en 20-årsflom i 2024, som er gjentaksintervallet der skader som følge av flommen begynner å oppstå. En 20-årsflom i 2024 tilsvarer en 13-årsflom i 2085 med en klimafaktor på 1,2. Skadekostnadene ved begynnende skade antas å være null. Det vises til følsomhetsanalysen i notatet for beregninger av netto nytte ved begynnende skade på hhv. 7, 10 og 15 år.
Klimafaktor	1,2		Et klimapåslag på 20 prosent tilsvarer en klimafaktor på 1,2. Iht. Norsk klimaservicesenter, angir klimapåslaget hvor mye dagens dimensjonerende verdi bør økes for å ta høyde for fremtidige klimaendringer.
Gjentaksintervall – skadeprofil 1	427 år		Gjentaksintervallet for en 200-årsflom med klimapåslag. En 200-årsflom i 2085 tilsvarer en 427-årsflom i 2024 med en klimafaktor på 1,2.
Gjentaksintervall – skadeprofil 2	2600 år		Gjentaksintervallet er satt likt som sikkerhetsnivået (1 000-årsflom med klimapåslag). En 1 000-årsflom i 2085 tilsvarer en 2600-årsflom i 2024 med en klimafaktor på 1,2.
Sikkerhetsnivå	2600 år		Dimensjonerende gjentaksintervall – gjentaksintervallet på flommen bebyggelsen sikres mot.

Beregning av nyttevirkninger

Multiconsult har skaffet til veie et datagrunnlag som gir mulighet til å benytte mer detaljerte skadefunksjoner enn det som normalt ligger til grunn for beregningene i NVEs nytte-/kostverktøy. Huizinga, de Moel og Szewczyk utarbeidet i *Global flood depth-damage*

functions (2017) skadefunksjoner for bygninger og infrastruktur, fordelt på kontinenter. Skadefunksjonene følger en 9-delt skala iht. vanndybder på 0, 0.5, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5 og 6 meter. Disse skadefunksjonene ligger til grunn for beregningene av unngåtte skadekostnader knyttet til de ulike alternativene.

Input til beregningene av en flom med gjentaksintervall på hhv. 200 år med klimapåslag (angitt som gjentaksintervall på 427 år) og 1 000 år med klimapåslag (angitt som gjentaksintervall på 2 600 år). I tabellen under vises summen av bygningene som unngår skader som følge av flom i de to flomsonene.

	Alt. 1		Alt. 2A		Alt. 2B		Alt. 3		Alt. 4		Alt. 5		Alt. 6	
	427 år	2600 år	427 år	2600 år	427 år	2600 år	427 år	2600 år	427 år	2600 år	427 år	2600 år	427 år	2600 år
Skur, garasje	368	373	324	330	329	334	324	330	317	321	324	330	325	329
Hytte	15	15	5	5	9	9	5	5	6	6	5	5	7	5
Bolig	493	500	446	449	469	475	446	449	435	437	446	449	448	453
Boligblokk	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Driftsbygninger o.l	65	68	20	20	53	56	21	21	12	12	20	20	21	21
Forretningsbygg	16	16	13	13	14	14	13	13	15	14	13	13	15	15
Kontorbygg	5	5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	4	5	5
Industribygg	20	20	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	16	15
Overnatting og servering	12	12	8	7	8	8	8	8	10	8	8	7	8	8
Skole	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Barnehage	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Kultur og idrett	13	13	9	9	10	10	9	9	10	10	9	9	10	9
Pleieinstitusjon	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Legesenter	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Andre mindre	335	339	276	272	296	301	276	272	274	275	276	272	278	275
Andre mellomstore	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Andre store	5	5	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4

I tabellen under vises beregnede skadekostnader ved en flom for hhv. skadeprofil 1 og skadeprofil 2 for hvert alternativ. Skadeprofil 1 tilsvarer en flom med et gjentaksintervall på 200 år med klimapåslag og skadeprofil 2 en 1000-årsflom med klimapåslag. Skadekostnadene er oppgitt i millioner kroner.

	Alt. 1		Alt. 2A		Alt. 2B		Alt. 3		Alt. 4		Alt. 5		Alt. 6	
	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2	Skade-profil 1	Skade-profil 2
Bygninger	2 094,4	2 609,2	1 823,8	2 235,9	1 925,8	2 385,9	1 826,3	2 240,9	1 819,1	2 214,8	1 823,8	2 235,9	1 850,6	2 284,2
Infrastruktur	281,7	281,7	83,1	142,8	83,1	142,8	83,1	142,8	83,1	142,8	83,1	142,8	83,1	142,8
Areal	2,4	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bruddkostnader	10,0	16,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Oppryddingskostnader	119,8	146,8	109,5	133,6	111,2	137,9	109,5	133,6	108,4	132,6	109,5	133,6	110,2	135,1
Beredskapskostnader	118,9	144,7	95,3	118,9	100,4	126,4	95,5	119,2	95,1	117,9	95,3	118,9	96,7	121,4
Psykiske helseplager	61,7	62,5	61,7	62,5	61,7	62,5	61,7	62,5	61,7	62,5	61,7	62,5	61,7	62,5
Skader	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sum	**2 688,9**	**3 263,2**	**2 173,3**	**2 693,7**	**2 282,2**	**2 855,4**	**2 176,0**	**2 698,9**	**2 167,4**	**2 670,5**	**2 173,3**	**2 693,7**	**2 202,2**	**2 745,9**

Sammenstilling og oppsummering

I tabellen under vises alternativenes beregnede samfunnsøkonomiske lønnsomhet (netto nåverdi). Dette er differansen mellom nyttevirkningene og tiltakskostnadene som er beregnet – altså det som gjenstår av nyttevirkninger når tiltaket er betalt for.

Tabellen viser at samtlige alternativer utenom alternativ 1 er beregnet å være samfunnsøkonomisk lønnsomme. Det vil si at skadekostnader samfunnet unngår ved en flom (nyttevirkningene), er større enn kostnadene knyttet til å investere i flomsikringen.

For FDVU-kostnadene, er det kun gjort anslag for å fremheve at alternativene har ulike grad av vedlikeholdsbehov og -kostnader knyttet til seg. Det er antatt at det er høyere kostnader forbundet med drift, vedlikehold og utskifting av alternativer med flomtunnel enn for alternativer med mer tradisjonelle flomsikringsløsninger.

Alternativenes ikke-prissatte virkninger er ikke vurdert, og vises derfor ikke i tabellen under.

			Alt. 1	Alt. 2A	Alt. 2B	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
Hendelsestype			Flom	Flom	Flom	Flom	Flom	Flom	Flom
Begynnende skade			20	20	20	20	20	20	20
Sikkerhetsnivå			Full sikring	2 600	2600	2600	2600	2600	2600
Prissatte virkninger									
Nytte-virkninger (unngåtte kostnader)	Direkte materielle kostnader	Skader på bygninger	1 003,9	833,4	879,8	834,5	831,5	943,2	845,5
		Skader på infrastruktur	137,0	39,1	39,1	39,1	39,1	52,5	39,1
		Skader på areal	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Indirekte materielle kostnader	Bruddkostnader ved skade på infrastruktur	4,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Opprydding og midlertidig bopel	57,4	50,0	50,8	50,0	49,5	56,5	50,3
		Beredskap og krisehåndtering	57,0	43,6	45,9	43,6	43,5	49,8	44,2
		Indirekte kostnader	126,1	101,4	106,6	101,5	101,1	116,6	102,8
	Immaterielle kostnader	Psykiske helseplager	38,1	36,5	36,5	36,5	36,5	36,7	36,5
		Skader	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SUM nyttevirkninger		**1 425,6**	**1 099,3**	**1 153,7**	**1 100,6**	**1 096,5**	**1 248,8**	**1 113,6**
Kostnads-virkninger	Investeringskostnader		1 382,4	168,2	252,5	166,7	120,9	700,7	246,8
	FDVU-kostnader		121,3	48,5	52,4	48,5	72,8	97,1	48,5
	Skattefinansieringskostnader		300,7	43,4	61,0	43,1	38,7	159,6	59,1
	SUM tiltakskostnader		**1 804,4**	**260,1**	**365,9**	**258,3**	**232,5**	**957,3**	**354,4**
Beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet (netto nåverdi)			**-378,8**	**839,2**	**787,9**	**842,2**	**864,0**	**291,5**	**759,2**
Nytte/kost-forhold			0,8	4,2	3,2	4,3	4,7	1,3	3,1
I. Rangering basert på prissatte virkninger			**7**	**3**	**4**	**2**	**1**	**6**	**5**

Følsomhetsanalyse

Begynnende skade

I beregningene over er begynnende skade satt til et gjentaksintervall på 20 år. Det vil si at skader på bebyggelse er ventet å oppstå ved en 20-års flom.

I Mulighetsstudiets kapittel 2.5.1 har Multiconsult skrevet om begynnende skadeflom. Basert på målinger fra målestasjon Stuvane og rapporterte skader i Lærdalsøyri, oppstår skader ved en 600-700 m3/s, mens det ikke er skader ved 500 m^3/s. Det er en viss usikkerhet knyttet til gjentaksintervallet for begynnende skade, siden det antas at begynnende skadeflom ligger et sted mellom 500 og 600 m^3/s. En skadeflom mellom 500 og 600 m^3/s tilsvarer en flom med et gjentaksintervall på mellom 10 og 20 år uten klimafaktor.

Det er derfor gjort beregninger av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for andre gjentaksintervall for begynnende skade enn det som er benyttet i beregningene over. Det er gjort beregninger for begynnende skade ved en flom med gjentaksintervall på hhv. 7, 10, 15 og 20 år i 2024. Begynnende skade på 20 år i 2024 er benyttet i beregningen over og vist i grått.

Med unntak av alternativ 1, endres ikke konklusjonene når det gjelder alternativenes samfunnsøkonomiske lønnsomhet av endringer i begynnende skade. Dersom gjentaksintervallet for begynnende skade er lavere enn 15 år, vil også alternativ 1 kunne være samfunnsøkonomisk lønnsomt.

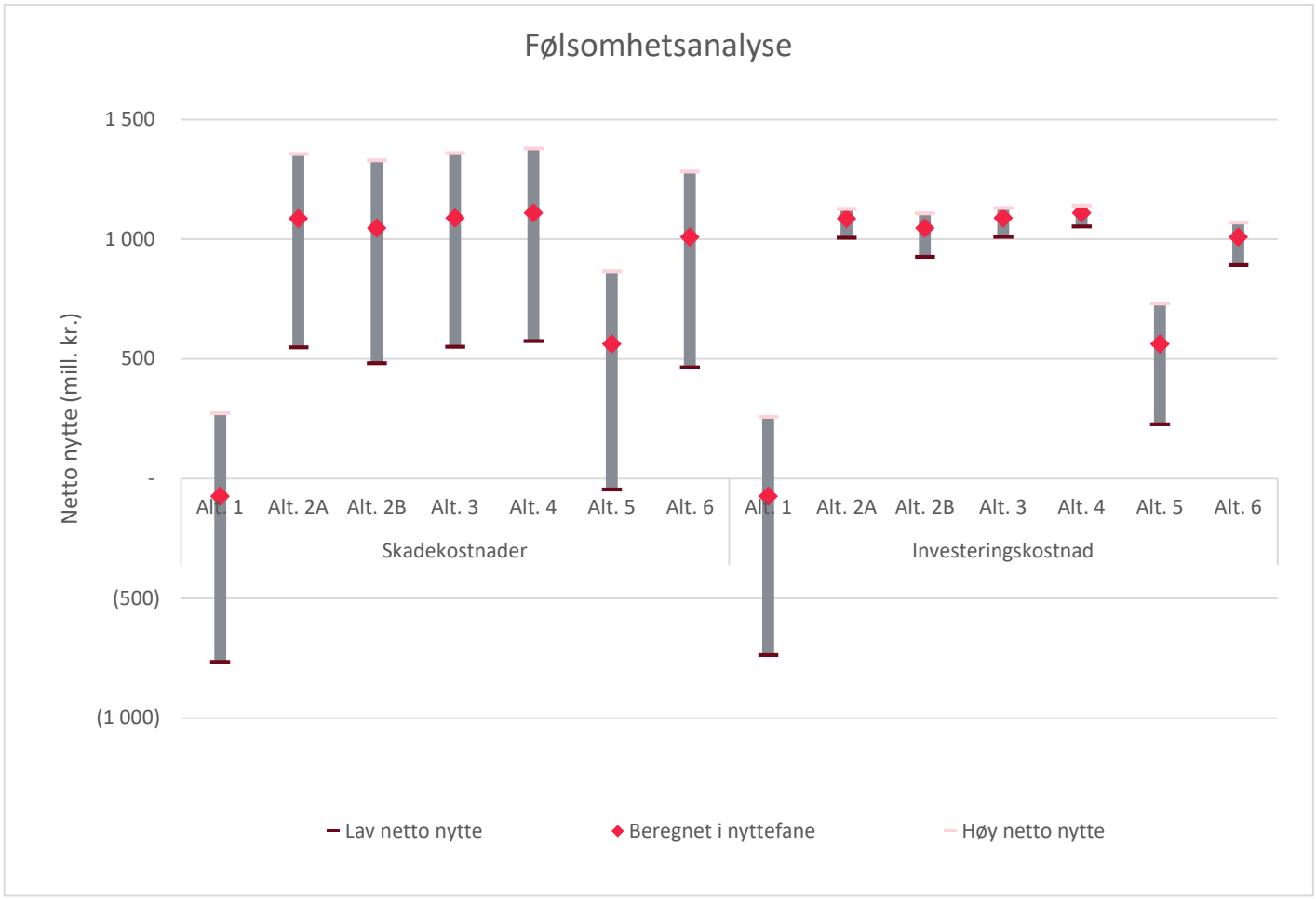
Dvs. at den samfunnsøkonomiske lønnsomheten til alternativ 1 er betinget på at skader på bebyggelsen oppstår ved en flom med et gjentaksintervall på under 15 år i 2024.

		Alt. 1	Alt. 2A	Alt. 2B	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
Begynnende skade	7 år	1 154,5	2 138,2	2 145,8	2 143,0	2 153,9	1 717,4	2 070,7
	10 år	488,7	1 600,0	1 581,1	1 604,1	1 616,8	1 123,2	1 525,6
	15 år	-74,0	1 144,6	1 103,4	1 148,2	1 162,5	622,2	1 064,4
	20 år	-378,8	897,7	844,3	901,0	916,2	351,7	814,3

Skadekostnader og investeringskostnad

I beregningene vil det alltid være en viss usikkerhet knyttet både til nyttevirkningene og til kostnadsvirkningene. Nyttevirkningene kan være feilestimert enten ved at skadekostnadene ved en hendelse blir lavere eller høyere enn beregnet. Videre kan kostnadsvirkningene være både lavere og høyere enn beregnet.

For å vurdere robustheten til resultatene gjøres det følsomhetsberegninger av skadekostnadene og investeringskostnaden. Påvirkningen på netto nytten av 40 prosent lavere og 20 prosent høyere skadekostnader er vurdert, i tillegg til 40 prosent høyere og 20 prosent lavere investeringskostnader. Resultatene vises i figuren under.
Gitt de forutsetninger som er lagt til grunn, vil samtlige alternativer med unntak av alternativ 1 fremdeles ha en positiv netto nytte og dermed være samfunnsøkonomisk lønnsomme. Under visse forutsetning kan også alternativ 5 ende med å være samfunnsøkonomisk ulønnsomt.


Følsomhetsanalyse
1 500
1 000
500
-
(500)
(1 000)
Netto nytte (mill. kr.)
Alt. 1
Alt. 2A
Alt. 2B
Alt. 3
Alt. 4
Alt. 5
Alt. 6
Skadekostnader
Investeringskostnad
Lav netto nytte
Beregnet i nyttefane
Høy netto nytte

Samfunnsøkonomisk vurdering av grunnvannstandsenking

Multiconsult har vurdert to alternative løsninger for sikring av kjellere i Lærdal, ved å senke grunnvannstandnivå rundt alle bygningene med kjeller med hhv. 1 og 3 meter. Multiconsult antar at skader i kjellere oppstår først når grunnvannstandnivået nærmer seg terrengnivå, som først skjer ved en klimajustert 5-årssflom. Videre antas det at skadene vil være relativt like for alle gjentaksintervaller for flom.

I tabellen under vises forutsetningene for analysene som er gjennomført.

Kalkulasjonsrente	4 %	0-40 år
	3 %	40-75 år
Analyseperiode	75 år	
Ferdigstillelsesår	2024	
Klimafaktor	1,2	
Antall boliger hvor kjeller sikres	164	
Minste gjentaksintervall for skader	7 år	Klimajustert 5 års gjentaksintervall – 5 år i 2085 tilsvarer 7 år i 2024.

Ved en senkning på 3 meter kan man forvente minimale skader på grunn av grunnvannstandnivået, mens en senkning på 1 meter fortsatt kan føre til noe skader – men i mindre omfang enn uten senkning. I beregningene reflekteres dette ved at det antas at de unngåtte skadekostnadene er høyere ved en senkning på 3 meter enn ved en senkning på 1 meter.

For å finne anslag på kostnadene fra skader som følge av oversvømmelse i kjeller, er det hentet data fra VASK for 2023. Kategorien «inntrenging utenfra» og årsaken «ytre påvirkning» er benyttet. Til sammen var det meldt inn 15 620 skader i løpet av året, med et samlet erstatningsbeløp på om lag 1 milliard kroner. NVE har ikke tilgang til data på individnivå, som betyr at det ikke er benyttet en oversikt over hver enkelte innmeldte skade og erstatningssum. Data er tilgjengelig per dag, slik at dataene som er hentet ut gjelder samlet antall skader og erstatningssum per dag.

På bakgrunn av disse dataene, er det beregnet gjennomsnittlige erstatningssummer per skade, per dag i løpet av 2023. De beregnede gjennomsnittlige erstatningssummene per skade er benyttet til å beregne sannsynlighet for ulike erstatningssummer – for eksempel var det 95 % sannsynlig at en erstatningssum var 125 000 eller lavere i 2023. Sannsynlighetsfordelingen til erstatningssummene for 2023 er lagt til grunn for beregningen av kostnader knyttet til skader i kjeller. Videre er det lagt til et påslag på 25 % til kostnader utover erstatningssummen, som bl.a. rommer kostnader til egeninnsats.

For grunnvannstandsenking på 3 meter brukes erstatningssum inkl. påslag som vist i tabellen under for å beregne nytten av tiltaket.

Grunnvannstandsenking på 1 meter vil ikke gi full sikring av kjellerne. Det vil dermed være skadekostnader også etter at tiltaket er gjennomført. For å reflektere dette, er det lagt til grunn at tiltak med grunnvannstandsenking på 1 meter gir unngåtte kostnader på 50 prosent av senkning på 3 meter.

Tabellen under viser forutsetningene som er lagt til grunn for skadekostnaden per bolig, fordelt på sannsynlighet og alternativ. Grunnet usikkerhet rundt skadeomfanget, er det benyttet tre ulike sannsynligheter for skadekostnadene – 50 prosent, 85 prosent og 95 prosent. 50 prosent sannsynlighet vil si at det er 50 prosent sannsynlighet for å kostnadene per skade er 24 700 kroner.

	Alternativ		
Enhetskostnad (kostnad per skade) – 50 % sannsynlig	Grunnvannstandsenking 3 meter	19 800	Erstatningssum
		24 700	Erstatningssum med 25 % påslag
	Grunnvannstandsenking 1 meter	9 900	Erstatningssum
		12 300	Erstatningssum med 25 % påslag
Enhetskostnad (kostnad per skade) – 85 % sannsynlig	Grunnvannstandsenking 3 meter	51 600	Erstatningssum
		64 500	Erstatningssum med 25 % påslag
	Grunnvannstandsenking 1 meter	25 800	Erstatningssum
		32 300	Erstatningssum med 25 % påslag
Enhetskostnad (kostnad per skade) – 95 % sannsynlig	Grunnvannstandsenking 3 meter	125 500	Erstatningssum
		156 800	Erstatningssum med 25 % påslag
	Grunnvannstandsenking 1 meter	62 800	Erstatningssum
		78 400	Erstatningssum med 25 % påslag

Tabellene under viser resultatene for beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet for de alternativene. Den øverste tabellen viser resultater for grunnvannstandsenking med 1 meter, og den nederste for grunnvannstandsenking med 3 meter. Erstatningssum med 25 prosent påslag er benyttet for å beregne skadekostnad per bolig.

Med forutsetningene som er lagt til grunn, er ingen av alternativene samfunnsøkonomisk lønnsomme.

	Grunnvannstandsenking - 1 meter		
	Enhetskostnad 50 % sannsynlig	Enhetskostnad 85 % sannsynlig	Enhetskostnad 95 % sannsynlig
SUM nyttevirkninger	**8,3**	**21,6**	**52,5**
Investeringskostnader	144,0	144,0	144,0
FDVU-kostnader	1,2	1,2	1,2
Skattefinansieringskostnader	29,0	29,0	29,0
SUM tiltakskostnader	**174,2**	**174,2**	**174,2**
Beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet	**-165,9**	**-152,6**	**-121,7**

	Grunnvannstandsenking - 3 meter		
	Enhetskostnad 50 % sannsynlig	Enhetskostnad 85 % sannsynlig	Enhetskostnad 95 % sannsynlig
SUM nyttevirkninger	**16,5**	**43,1**	**104,9**
Investeringskostnader	240,6	240,6	240,6
FDVU-kostnader	2,4	2,4	2,4
Skattefinansieringskostnader	48,6	48,6	48,6
SUM tiltakskostnader	**291,6**	**291,6**	**291,6**
Beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet	**-275,0**	**-248,5**	**-186,7**

Følsomhetsanalyse

Det er store usikkerheter knyttet til beregningene av nyttevirkningene – særlig når det gjelder gjentaksintervallet for når skader i kjeller oppstår.

Det er derfor gjort beregninger med lavere gjentaksintervall for skader, som vist i tabellen under.

Minste gjentaks-intervall for skader	7 år	Klimajustert 5 års gjentaksintervall – 5 år i 2085 tilsvarer 7 år i 2024.
	5 år	Klimajustert 4 års gjentaksintervall – 4 år i 2085 tilsvarer 5 år i 2024.
	2 år	Klimajustert 2 års gjentaksintervall – 2 år i 2085 tilsvarer 2 år i 2024.

De endrede forutsetningene gir, sammen med øvrige antagelser vist tidligere, følgende resultater:

		Grunnvannstandsenking - 1 meter		
	Gjentaksintervall for skader	Enhetskostnad 50 % sannsynlig	Enhetskostnad 85 % sannsynlig	Enhetskostnad 95 % sannsynlig
Beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet	7 år (5 år i 2085)	-165,9	-152,6	-121,7
	5 år (4 år i 2085	-162,8	-144,4	-101,8
	2 år (2 år i 2085)	-146,8	-236,7	-102,7

		Grunnvannstandsenking - 3 meter		
	Gjentaksintervall for skader	Enhetskostnad 50 % sannsynlig	Enhetskostnad 85 % sannsynlig	Enhetskostnad 95 % sannsynlig
Beregnet samfunnsøkonomisk lønnsomhet	7 år (5 år i 2085)	-275,0	-248,4	-186,7
	5 år (4 år i 2085	-268,7	-232,1	-146,9
	2 år (2 år i 2085)	-148,6	-0,2	56,2

Tabellene over viser at det kun er samfunnsøkonomisk lønnsomt med senkning av grunnvannstanden under følgende forutsetninger:

- Grunnvannstanden senkes med 3 meter
- Skader oppstår med et gjentaksintervall på 2 år
- Den gjennomsnittlige skadekostnaden per bolig er helt i det øvre sjiktet av skadekostnad per bolig

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 22 95 95 95