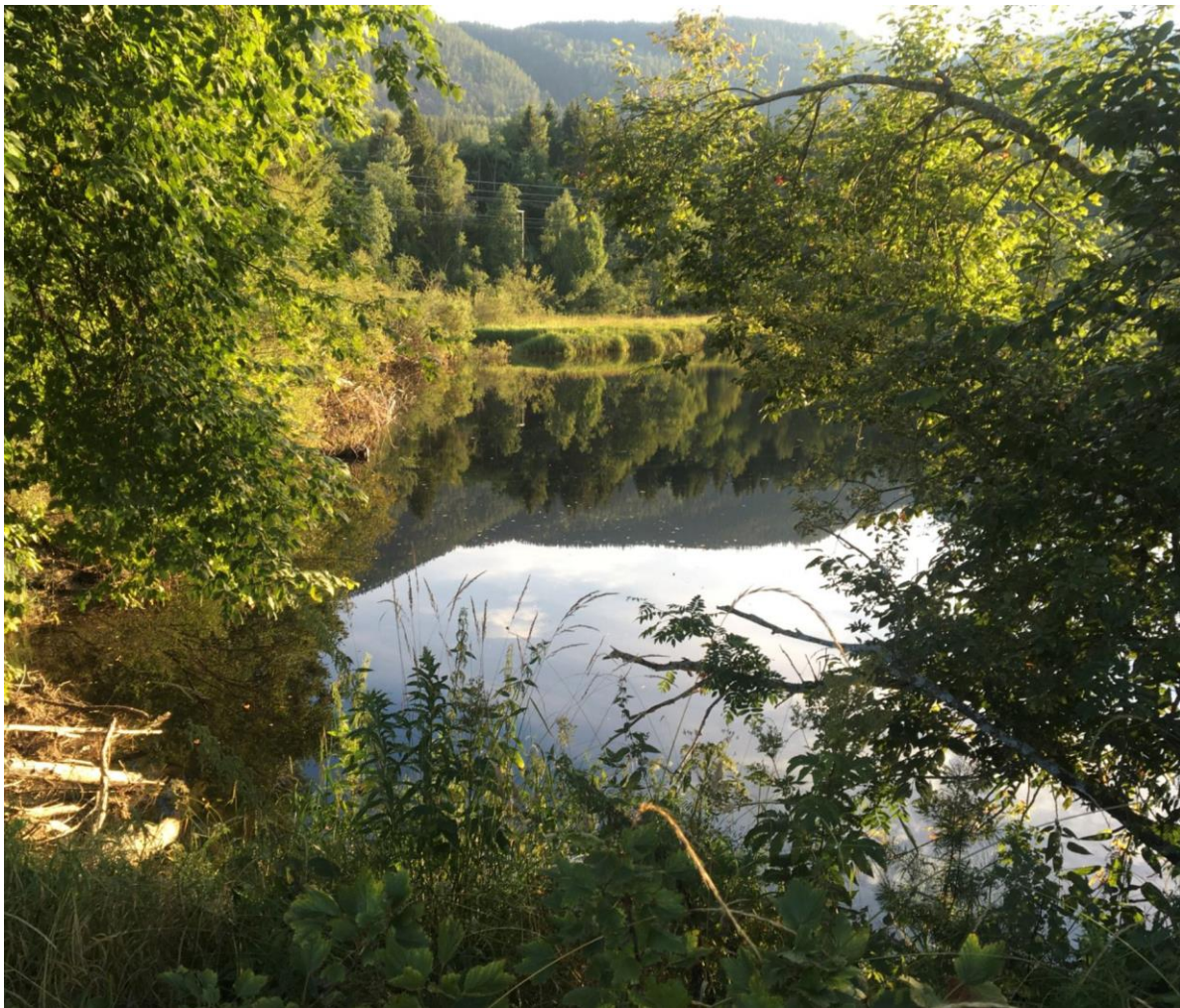


RAPPORT

Hydromorfologisk utredning av restaureringstiltak i Etnavassdraget

Trinn 1: Grunnlagsanalyser

Peggy Zinke



SCIENCEMONASTERY

RAPPORT

Hydromorfologisk utredning av restaureringstiltak i
Etnavassdraget

Trinn 1: Grunnlagsanalyser

RAPPORTNUMMER
2021-01

DATO
31. mai 2021

VERSJON
1.0

ANTALL SIDER
92

DISTRIBUSJON
Åpen

FORFATTER(E)
Peggy Zinke (PhD)

OPPDRAGSGIVER(E) OG KONTAKTPERSON
Dokkadelta Nasjonale Våtmarksenter AS, Magnus Nygård

PROSJEKTNUMMER
2020-Etna

INNHold

Denne rapporten dokumenterer Trinn 1 av prosjektet "Hydromorfologisk utredning av restaureringstiltak i Etnavassdraget" som omfatter en analyse av den hydrologiske situasjonen og hydrologisk regime basert på data som foreligger hos NVE, en beskrivelse og vurdering av elvas hydromorfologiske utvikling over tid ved hjelp historiske kart, flyfoto og dokumenter og en kort utredning om elvas utvikling, morfologisk type og antatt effekt av tiltakene.

NØKKElORD

NO: Etna, vassdragsrestaurering, hydromorfologi, meander, kanalisering
EN: Etna river, river restoration, hydromorphology, meander, channelization

KONTAKTOPPLYSNINGER
Sciencemonastery AS
c/o Peggy Zinke, Fagerliveien 3
7020 Trondheim, Norway
Telefon: +47 99302344
E-post: peggy.zinke@sciencemonastery.com
www.sciencemonastery.com

KVALITETSSIKRET AV
Børre Dervo

ANSVARLIG SIGNATUR
Peggy Zinke (sign.)

Sammendrag

Etna har blitt kanalisert og forbygd over lengre strekninger for å forbedre forholdene for fløting, redusere flompåvirkninger i landbruket og for å vinne jordbruksland. Dokkadeltaet Nasjonale Våtmarksenter (DNV) har på oppdrag av Miljødirektoratet laget en tiltaksplan for Etnavassdraget som foreslår en rekke tiltak som kan bedre miljøtilstanden i elva på strekningen mellom Lunde bru og samløp med Dokka. Blant de foreslåtte tiltakene er utbedring av kantsoner, åpning av gamle voller som skjærer områder som ikke lenger er i bruk, og restaurering av gamle elvesvinger og flomløp. Denne rapporten dokumenterer Trinn 1 av prosjektet "Hydromorfologisk utredning av restaureringstiltak i Etnavassdraget" som omfatter en analyse av den hydrologiske situasjonen og hydrologisk regime basert på data som foreligger hos NVE, en beskrivelse og vurdering av elvas hydromorfologiske utvikling over tid ved hjelp av historiske kart, flyfoto og dokumenter og en kort utredning om elvas utvikling, morfologisk type og antatt effekt av tiltakene. Det ble gjennomført to befaringer sammen med DNV.

Nedbørsområdet til Etna omfatter ved samløp med Dokka et areal av 928 km² og ligger mellom høydene 144 og 1 681 moh. Undersøkelsesområdet i nedre del ligger i et område med morener, bresjø-, innsjø- og elveavsetninger. Vannføringsregimet i Etna er preget av en vårflokk etter snøsmeltingen og lave vintervannføringer. Store flommer kan imidlertid også opptre i forbindelse med regn om høsten. Middelvannføring for Etna ved samløp med Dokka er 12,5 m³/s, og årsflommen er oppgitt med 177 m³/s. Etna er vernet mot vasskraftutbygging.

Analysene viser at kanaliseringen av Etnavassdraget er planlagt i flere steg og er godt dokumentert i gamle kart og historiske dokumenter i NVEs arkivet på Hamar. Allerede før eller tidlig på 1900-tallet gjorde man noen forbygningsarbeider ved Leppa og murer på andre utvalgte steder i Etna i forbindelse med brøtningen (tømmerfløting). Kanaliseringen og forbygninger på strekningen mellom utløp Leppa og Øiom bru ble satt i gang på 1920- og 1930-tallet etter en plan fra 1922. På 1950-tallet realiserte NVE en plan med sprenging av Eidshaugfoss og korreksjons- og forbygningsarbeider på strekningen mellom Lunde og Eidshaugfoss. 1985 foretok man en ytterligere senkning av elveløpet på denne strekningen. I forbindelse med store flommer (1966, 1995) oppsto det skader på forbygninger som førte til rehabilitering og delvis forsterkning og forlengelse av flomverk.

Kanaliseringsskjemaene i NVEs arkiver viser at elveløpet ble omfattende forandret gjennom en rekke tiltak i løpet av flere tiår. Særlig på strekningen mellom Lunde bru og Eidshaugfoss har sprengningene og utredningene ført til helt andre hydromorfologiske forhold enn før kanaliseringen. Staten og lokale interessenter har brukt betydelige midler for å planlegge, etablere og vedlikeholde de eksisterende sikringsanleggene. Det er derfor viktig å samkjøre alle planleggingsprosesser rundt vassdraget og dets flomverk og sørge for en helhetlig løsning med nye premisser i tett samarbeid med grunneiere og NVE.

Det har ikke vært veldig mange prosjekter med flytting av flomvoller i Norge fram til nå, og omfang og innhold av utredninger i forkant har vært veldig varierende. Situasjonen på utvalgte steder i Etna ble derfor diskutert med faglig bistand fra NVE under en befaring i mai 2021, hvor også tiltak ble prioritert. Her ble flytting av flomvollen mellom Lunde bru og Røstenge utvalgt som et tiltak som kan gjennomføres uten problemer, hvis flomsikringsnivået skal forbli uendret. På andre steder bør man på grunn av jordbruksinteressene vurdere en grundig utredning av flomsikkerheten og planlegging av tiltak ved hjelp av dagens verktøy (f.eks. hydrodynamiske modeller). Det kan legges opp til en adaptiv og langsiktig prosess med tiltak som utføres steg for steg med overvåking av effektene. Etna er veldig godt egnet som et regionalt eller nasjonal referanse- og forskningsprosjekt for større restaureringstiltak i norsk jordbrukslandskap.

Innhold

1	Introduksjon	7
1.1	Prosjektområde og -omfang	7
1.2	Metoder og datakilder	7
2	Hydrologi – kunnskapsgrunnlag og analyser	9
2.1	Oversikt over nedbørsfelt og klima	9
2.1.1	Nedbørsfelt	9
2.1.2	Klima	10
2.2	Hydrologiske nøkkeldata og hydrologisk regime	10
2.2.1	Hydrologisk regime	10
2.2.2	Hydrologiske nøkkeldata	12
2.2.3	Flomsoner	14
2.2.4	Effekt av klimaendringer	15
2.3	Geologi og sedimentkilder	15
2.3.1	Geologi	15
2.3.2	Sedimenttransport og -kilder	16
3	Hydromorfologi – generelle effekter av inngrep og restaurering	18
3.1	Litt om elvetyper og elveløpsformer	18
3.1.1	Hierarkisk romtidmodell	18
3.1.2	Hydromorfologiske elvetyper	18
3.1.3	Hydromorfologiske forhold i uregulerte norske vassdrag	20
3.2	Kort om generelle effekter av noen relevante inngrep og tiltak	21
3.2.1	Kanalisering og endring av elvemorfologi	21
3.2.2	Forbygninger og flomvern	22
3.2.3	Reduksjon av vann- og kantvegetasjon	23
3.2.4	Fjerning og tilførsler av masser	24
4	Hydromorfologisk utredning og vurdering av tiltak for Etna	26
4.1	Kort om Etnas betydning og bruk gjennom tidene	26
4.1.1	Etna gjennom tidene	26
4.1.2	Kanaliseringen og sikringstiltak	27
4.2	Delområde I-II fra Lunde bru til Høljerast	30
4.2.1	Hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering	30
4.2.2	Elvas morfologi før og etter kanaliseringen	37
4.2.3	Vurdering av foreslåtte tiltak	42
4.3	Delområde III fra Høljerast til utløp Leppa	46
4.3.1	Elvas morfologi og hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering	46
4.3.2	Vurdering av foreslåtte tiltak	47
4.4	Delområde IV fra utløp Leppa til Øiom	48
4.4.1	Hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering	48
4.4.2	Elvas morfologi før og etter kanaliseringen	52
4.4.3	Vurdering av foreslåtte tiltak	55
4.5	Delområde V fra Øiom til samløp Dokka	60
4.5.1	Elvas hydromorfologi og relaterte endringer i forbindelse med fløting og kanalisering	60
4.5.2	Vurdering av foreslåtte tiltak	62
5	Praktiske erfaringer fra andre steder med lignende tiltak	63
5.1	Praktiske erfaringer fra Norge	63
5.1.1	Kort om aktuell situasjon i Norge	63

5.1.2	Julelv i Austertana	64
5.1.3	Skaktarelva/Divieelva	65
5.1.4	Gjenåpning og mudring av Storøameanderen i Salangselva.....	66
5.1.5	Planer for flytting av flomvoll ved Gausa	68
5.2	Noen erfaringer fra utlandet	69
5.2.1	Åpning av Saale-Meanderen Gräfendorf (Tyskland)	69
5.2.2	Flytting av flomvoll i Elbe ved Lenzen (Tyskland)	70
6	Konklusjoner og veien videre	72
6.1	Oppsummering og konklusjoner	72
6.2	Anbefalinger for veien videre.....	73
7	Referanser	74
8	Vedlegg.....	77
8.1	Vedlegg 1 - Dokumentasjon av befaringen 19.-20. august 2020	77
8.2	Vedlegg 2 - Dokumentasjon av befaringen 7. Mai 2021	82
8.3	Vedlegg 3 - Utvalgte dokumenter fra NVE-arkivet på Hamar – Delområde I-II	88
8.4	Vedlegg 4 - Utvalgte historiske kart	92

Ofte brukte forkortelser og symboler

D ₅₀	Korndiameter, 50-persentil
GIS	Geografisk informasjonssystem
NEVINA	Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse; NVEs nettapplikasjon http://nevina.nve.no/
NiN	Natur i Norge https://www.artsdatabanken.no/NiN
NINA	Norsk institutt for naturforskning
NIVA	Norsk institutt for vannforskning
NTNU	Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
SEK	Svensk elveklassifisering

Forord

Etna har blitt kanalisert og forbygd over lengre strekninger for å redusere flompåvirkninger i landbruket og for å vinne jordbruksland. Dette har forringet miljøkvaliteten i elva i en slik grad at Etna står i fare for å ikke nå målet i EUs vanndirektiv om god økologisk status innen 2021.

På tross av tidligere inngrep i elva finnes det flere intakte flommiljøer med rødlistearter, deriblant arter som svartgubbe (EN), sumpaniskjuke (EN), huldregras (NT) og klåved (NT). Flere av disse miljøene gror igjen som følge av begrenset flompåvirkning på grunn av at elva er rettet ut, flomsikret osv.. I tillegg er det mye som tyder på at fiskebestandene er blitt sterkt reduserte etter at elva ble rettet ut.

Dokkadeltaet Våtmarksenter har på oppdrag av Miljødirektoratet laget en tiltaksplan for Etnavassdraget (Elvigen m.fl. 2018) som foreslår en rekke tiltak som kan bedre miljøtilstanden i elva, blant annet ved å skape mer variasjon på kanaliserte strekninger. Blant de foreslåtte tiltakene er utbedring av kantsoner, åpning av gamle voller som skjermer områder som ikke lenger er i bruk, og restaurering av gamle elvesvinger og flomløp. Man foreslår også mindre tiltak som utsetting av større stein i elva for å gi fisken flere hvile-, skjul- og standplasser og graving av kulper på kanaliserte og renskede strekninger.

Før gjennomføring av tiltak må det gjøres grundige undersøkelser, inkludert hydrologiske beregninger, både for å sikre best mulig utførelse av tiltakene og for å minimere risikoen for uforutsette konsekvenser av tiltakene. I tillegg er det viktig å kunne dokumentere effekten av tiltakene i etterkant.

Tiltaksplanen foreslår tiltak av ulik størrelsesorden og prioritet. Større inngrep i elva må planlegges grundig i samarbeid med flere etater, mens mindre tiltak kan utredes basert på en inspeksjon av den lokale situasjonen i kombinasjon med generell regional kunnskap om den aktuelle elve- og inngrepstypen. Det kan ta tid (ofte flere år eller tiår) til effekten av restaureringstiltak blir synlig. Ulike tiltak må ses i en helhetlig hydromorfologisk sammenheng og gjennomføring av ulike tiltak må planlegges i forhold til det. Suksessen av restaureringsprosjekter er videre avhengig av en god dialogprosess med grunneiere og andre brukere. Det ble derfor foreslått å dele de hydromorfologiske utredningene inn i to trinn: i) Trinn 1: Hydromorfologiske grunnlagsanalyser og forslag for spesialutredninger, og ii) Trinn 2: Spesialutredninger basert på resultater fra Trinn 1. Denne rapporten dokumenterer Trinn 1 av prosjektet "Hydromorfologisk utredning av restaureringstiltak i Etnavassdraget" basert på et tilbud fra Sciencemonastery AS (05/2019).

Det rettes en stor tak til alle prosjektpartnere fra DNV og NVE for et godt samarbeid. Jeg vil også takke Torodd Lybeck og Børre Dervo som har bidratt med kommentarer og innspill gjennom samtaler og skriftlige tilbakemeldinger.

1 Introduksjon

1.1 Prosjektområde og -omfang

Prosjektet gjelder Etnavassdraget, med fokus på strekningen mellom Lunde bru og samløp med Dokka (**figur 1.1**). Trinn 1 av prosjektet omfatter ift. tilbudet:

1. Analyse av den hydrologiske situasjonen og hydrologisk regime basert på data som foreligger hos NVE
2. Beskrivelse og vurdering av elvas hydromorfologiske utvikling over tid (før/etter kanalisering) ved hjelp historiske kart og/eller flyfoto, med fokus på viktige hydromorfologiske strukturer og flomsoner
3. Kort utredning om elvas utvikling, morfologisk type og antatt effekt av tiltakene (foreløpig ekspertvurdering kun basert på foreliggende data og rapporter).
4. Seminar/befaring med grunneierne



Figur 1.1: Undersøkellesområdet mellom Lunde bru og samløp med dokka med inndeling i delområder. Datagrunnlag: *norgeskart.no*

1.2 Metoder og datakilder

Kunnskapsinnhenting og analyse av tilgjengelig hydrologisk data ble gjennomført i perioden august 2020 til februar 2021. Følgende data fra offentlige kilder danner grunnlaget for analysene:

- Kart fra Statens kartverk (f.eks. *norgeskart.no*)
- Høydedata (*hoydedata.no*)
- Flyfoto fra Norgebilder (*norgebilder.no*)
- Historiske flyfoto (levert fra DNV)
- NVE atlas (*atlas.nve.no*) og NVE database
- NVE applikasjoner og -database (f.eks. *nevina.nve.no*)
- NGU kart (f.eks. bergarter, løsmasser)
- Vannforvaltningsdata (*vann-nett.no*)
- NVE arkiv (Hamar)
- Noen historiske bøker, dokumenter og bilder fra regionen (arkiv fra DNV og Geir Høytomt)

Det ble gjennomført to befaringer. Den første fant sted i perioden 18.-20. august 2020 (se **vedlegg 1**) og hadde fokus på:

- å få en generell oversikt over Etna på strekningen mellom Lunde Bru og samløp med Dokka og viktige hydrologiske, landskapsmessige og samfunnsmessige forhold,
- å få oversikt over dagens hydromorfologiske elvetyper og identifisere synlige tegn for endringer og påvirkninger (f.eks. erosjon, innskjæring av elva – stikkprøveaktig; ingen arealdekkende kartlegging) og
- å hente inn lokal informasjon om planlagte tiltak og deres bakgrunn fra DNVs eksperter (Magnus Nygård, Stine W. Elvigen, Geir Høytomt) under en felles befarings den 20. august.

En annen befarings den 7. mai 2021 med DNV og Sturla Dimmen Sæle fra NVE (**vedlegg 2**) ble det fokussert på å inkludere NVEs praktiske erfaringer fra tilsvarende miljøtiltak. Informasjonene som ble samlet inn under befaringsen ble punktkartlagt ved å fotografere og bruke GPS-koordinatene fra bildene til lokalisering.

Det var opprinnelig planlagt et folkemøte på Dokka (på 4. november 2020) som skulle gi mer informasjon knyttet til elva gjennom en dialog med grunneiere. Møtet ble forberedt, men på kort varsel avlyst på grunn av korona.

NVE-arkivet på Hamar ble besøkt på 4. september 2020. Det viste seg at det eksisterer et omfattende materiale om kanaliseringsarbeidene som har blitt gjennomført i Etna, særlig når det gjelder strekningen mellom Lunde bru og Eidshaugfoss. Gjennomgang av dokumentene og tilhørende planer fra NVE-arkivet ble derfor gjennomført med fokus på hydromorfologisk informasjon. Relaterte dokumenter ble fotografert og dannet et viktig grunnlag for denne rapporten. Historiske flyfoto og fotos av plandokumenter fra NVE-arkivet ble georeferert og analysert ved bruk av et geografisk informasjonssystem (QGIS).

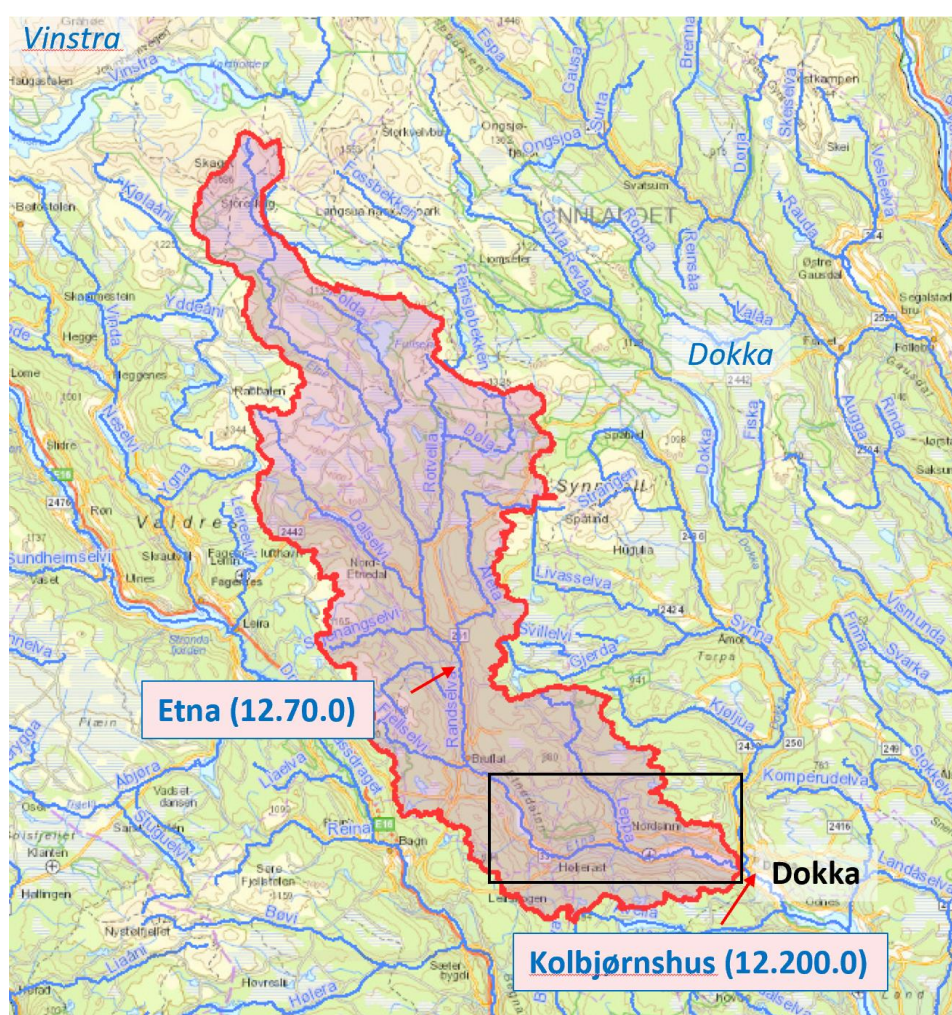
Innsikt i andre dokumenter fra NVEs arkiver – for eksempel korrespondanser rundt konflikter mellom ulike brukerinteresser og fordeling av anleggskostnader – hadde kun stikkprøveaktig karakter og bør ved behov tas videre i oppfølgingsprosjekter eller relaterte studie- og masteroppgaver.

2 Hydrologi – kunnskapsgrunnlag og analyser

2.1 Oversikt over nedbørsfelt og klima

2.1.1 Nedbørsfelt

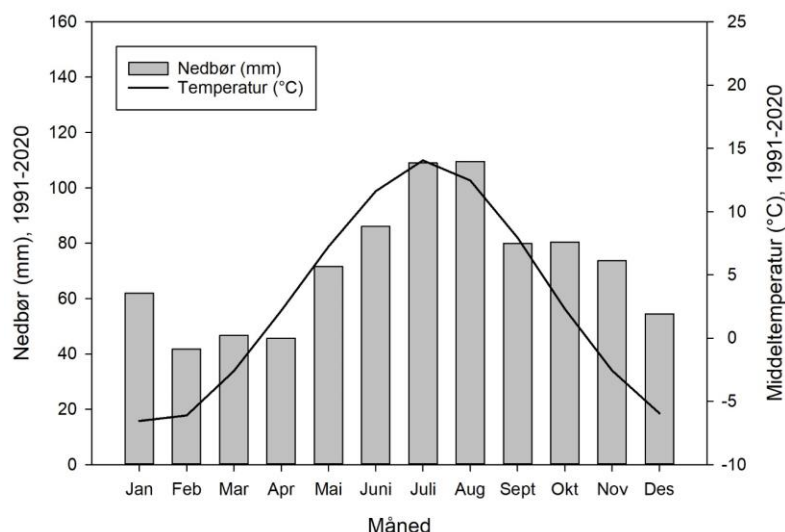
Etna og Dokka drenerer fjellområdet mellom Valdres og Vestre Gausdal. Nedbørsområdet til Etna omfatter ved samtløp med Etna et areal på 928 km² og ligger mellom høydene 144 og 1 681 m o.h. (**figur 2.1**). Høyeste topp i området er Skaget, 1 686 m o.h. øverst i Etna. De største arealene av nedbørsfeltet er dekket av skog (63%) og myr (13 %). Vassdraget har sine kilder i et myrlendt høyfjellslandskap på vannskillet mot Vinstravassdraget. Nedbørsfeltet har flere større innsjøer hvorav Fullsenn er størst med et areal på ca 5,9 km². Samløpet med Dokka ligger bare fem kilometer oppstrøms Randsfjorden.



Figur 2.1: Nedbørsfelt til Etna basert på NVEs NEVINA-applikasjon (nevina.no), og lokalisering av NVEs vannføringsmålestasjoner. Undersøkelsesområdet mellom Lunde bru og samtløp med dokka er merket med svart boks.

2.1.2 Klima

Nedre del av Etnadalen ligger i den mellomboreale bioklimatiske sonen, i overgang til sørboreal sone, og i den svak kontinentale bioklimatiske seksjonen (artsdatabanken.no). **Figur 2.2** viser fordeling av nedbør gjennom året for den nærliggende stasjonen Vest-Torpa som er karakterisert gjennom lav nedbør i februar-mars og høy nedbør om sommeren og utover høsten. Årsnedbør for denne stasjonen er 781 mm (tidsserie 1991-2020) og Årstemperatur 2,9 °C.



Figur 2.2: Månedlig fordeling av nedbør og temperatur for stasjon Vest-Torpa (SN21680), tidsserie 1991-2020. Data fra met.no.

2.2 Hydrologiske nøkkeldata og hydrologisk regime

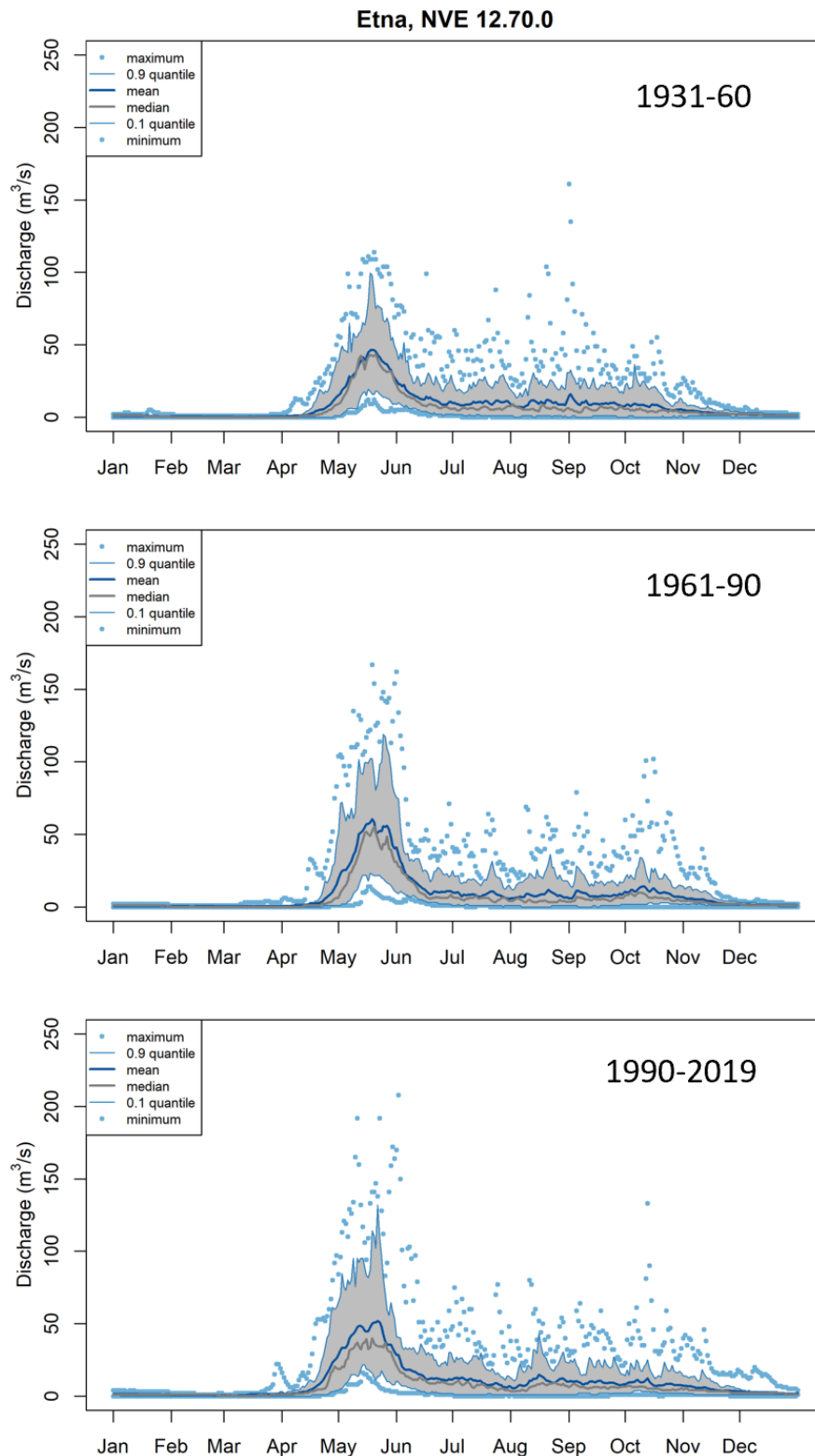
2.2.1 Hydrologisk regime

Ifølge NVE-atlas finnes det ingen aktive vannføringsmålestasjoner innenfor den undersøkte strekningen mellom Lunde Bru og samløp med Dokka. Derfor ble det brukt to aktive vannføringsmålestasjoner i nærheten som er relevant for den undersøkte strekningen i nedre del av vassdraget¹ (se **figur 2.1**):

- Etna (12.70.0) - Etna
- Kolbjørnshus (12.200.0) – Dokka nedenfor samløpet med Etna.

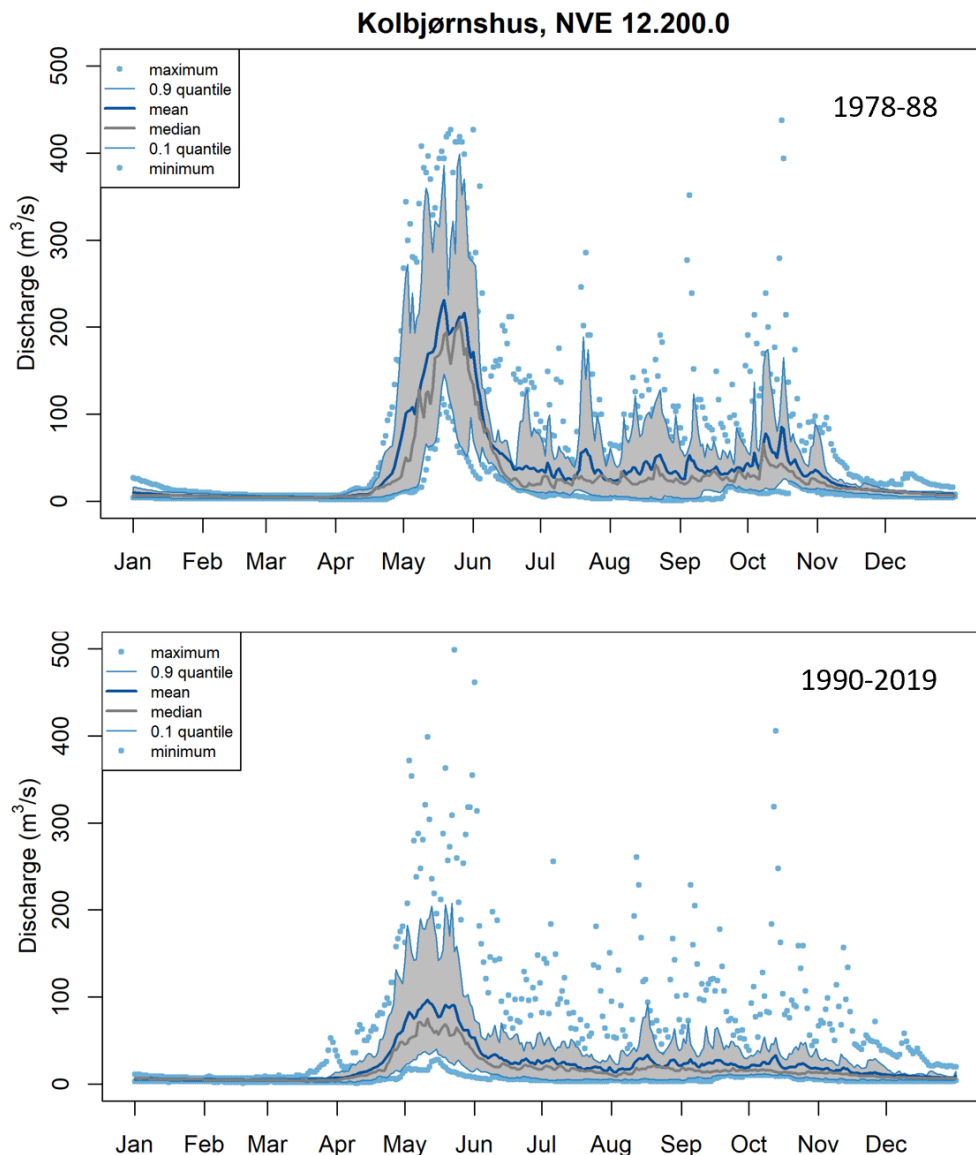
Vannføringsregimet i Etna er preget av en vårflokk etter snøsmeltingen og lave vintervannføringer (**figur 2.3** og **2.4**). Den største avrenningen og de største flommene er i forbindelse med snøsmeltingen i mai/juni. Store flommer kan imidlertid også opptre i forbindelse med regn om høsten. Etna (stasjon 12.70.0, **figur 2.3**) er i motsetning til Dokka (stasjon 12.200.0 Kolbjørnshus, som ligger nedenfor samløpet med Etna, **figur 2.4**) ikke regulert, noe som gjenspeiler seg i et lite forandret vannføringsregimet hvis man ser på ulike perioder. Den midlere årsavrenningen for Etnas nedbørsfelt for tidsserien 1961-90 er 425 mm (13,5 l/s km², nevina.no)

¹ Data fra vannføringsstasjon Nordsinni (12.203) foreligger kun for en kort tidsserie fra 1978-1980.



Figur 2.3: Vannføringsregime i Etna ved NVE-målestasjon 12.70 i ulike tidsperioder. Datagrunnlag: NVE database.

Figur 2.3 ble laget basert på vannføringsdata lastet ned fra NVE-database og er ikke korrigert for eventuelle homogenitetsbrudd i vannføringskurven. Pettersson (2007) hadde noen mistanker om dette for en periode fra 1963 til 1981 ved målestasjonen Etna (12.70).



Figur 2.4: Vannføringsregime i Dokka ved NVE-målestasjon 12.200 i ulike tidsperioder. Datagrunnlag: NVE database.

2.2.2 Hydrologiske nøkkeldata

Hydrologiske nøkkeldata ved utvalgte steder (**tabell 2.1**) ble generert ved hjelp av NVEs nettapplikasjon Nevina (*nevina.no*) og representerer tidsserien fra 1961-90. Forskningsresultater viser hvordan klimaendringer vil påvirke fremtidige flommer. Dokka/Etna forventes å tilhøre kategorien ingen endring i vannføring fram mot år 2100 når det gjelder 200-årsflom. For sidevassdrag og bekker med nedbørsfelt mindre enn 100 m² anbefales imidlertid å legge til grunn 20 % økning i flomvannføringer (Reinemo & Peireira 2015).

Tabell 2.1: Hydrologiske nøkkeldata fra *nevina.no* for undersøkelsesområdet, med høyde (H), nedbørsfelt (A_E), middelvannføring (MQ), flomvannføringer (Q_m til Q₂₀₀), og lavvannføringer oppgitt som alminnelig lavvannføring (ALV), 5-persentil for hele året, sommer (so) = 1/5-30/9 og vinter (vi) = (1/10-30/4). BF = Base Flow, BFI = Base flow index. Dataene representerer tidsserie 1961-90 for uregulerte forhold. *Tallene i parentes er flomverdier (døgnmiddelvannføringer) for nedre del av Etnavassdraget tatt fra Pettersson (2007; *kursiv*) eller beregnet med hans verdier, se kommentarer i tekst.

Punkt	H	A _E	MQ	Flom*				Lavvann					
				Q _m	Q ₅	Q ₂₀	Q ₂₀₀	ALV	5-p (år)	5-p (so)	5-p (vi)	BF	BFI
	m oh.	km ²	m ³ /s	m ³ /s				l/(s km ²)					-
Etna 12.70 (målestasj.)	399	569	7,3	88	119	160	227	1,4	1,4	3,5	1,3	6,1	1,4
Lunde Bru	250	697	9,1	102 (143)	137 (181)	184 (243)	260 (340)	1,4	1,4	3,5	1,3	5,9	1,4
Høljerast	231	761	10,0	107 (156)	144 (198)	192 (265)	272 (371)	1,4	1,4	3,6	1,3	5,9	1,4
Nedf. Leppa	168	875	11,9	120 (179)	162 (228)	216 (305)	305 (427)	1,5	1,4	3,7	1,3	5,8	1,5
Ovf. Dokka	144	928	12,5	121 (177)	162 (225)	216 (301)	303 (421)	1,5	1,5	3,8	1,4	5,8	1,5
Kolbj.hus (mst. Dokka)	143	2062	36,3	303 (416)	404 (528)	534 (707)	734 (989)	1,5	1,5	4,2	1,4	6,7	1,5

NVE har gjennomført flomfrekvensanalyser på årsflommer i og nært Etna/Dokkavassdraget (Pettersson 2007, Reinemo & Pereira 2015). Største observerte flommer i Etna (12.70) er følgende ifølge dette:

- 02.06.1995 170 m³/s
- 01.09.1938 155 m³/s
- 26.05.1930 154 m³/s
- 20.05.1920 151 m³/s
- 04.06.1927 150 m³/s

Flommen i begynnelsen av juni 1995 var den største i området. Pettersson (2007) betegner flomdata fra 12.70 Etna som mistenkelige (sammenlignet med andre stasjoner) ved at foruten 1995-flommen er det flommer før 1940 som dominerer. Han antar at det kan ha sammenheng med ekstra slipp av vann for fløting under vårfloppen i den tiden. Etter 1940 er det vårfloppene i 1966 og 1967 som er de nest største. Floppene i Dokka (Kolbjørnshus) er betydelig redusert etter reguleringen i Dokka. Forholdstallet mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring under flom i nedre delen av vassdraget ligger cirka ved 1,10.

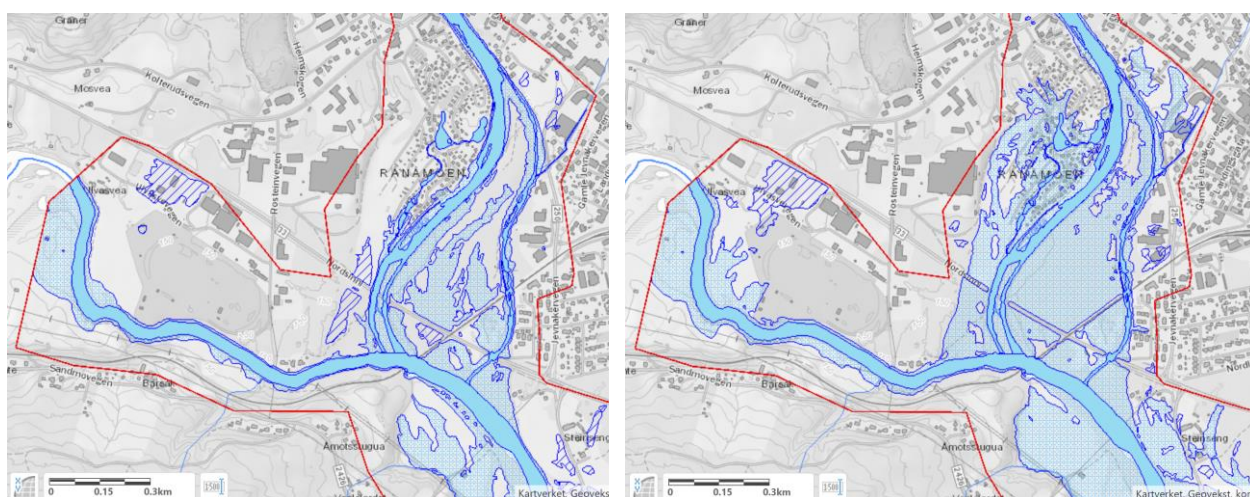
Det viser seg at flomdataene fra NVEs flomfrekvensanalyser (**tabell 2.2**) gir betydelig større verdier for Etna ved samtløp med Dokka enn analysen ved bruk av NVE-nettverktøyet Nevina (**tabell 2.1**). Pettersson (2007) valgte å benytte en representativ spesifikk midlere flom for målestasjonen Etna som kom fram ved bruk av ny, alternativ vannføringskurve uten homogenitetsbrudd. Årsflommen basert på døgnmiddel er oppgitt med 177 m³/s i flomfrekvensanalysen og kun 121 m³/s i Nevina (dvs. faktor 1,46), for 200-årsflommen ligger verdiene ved 421 vs. 303 m³/s (faktor 1,39). Flomverdiene i **Tabell 2.1** inneholder derfor noen verdier i parentes som er enten direkte tatt fra Pettersson (2007) eller beregnet med hans flomfrekvensfaktorer og en spesifikk midlere flom av 205 l/s km² som han legger til grunn for de nedre delene av Etna.

Tabell 2.2: Flomverdier for Etna ved samløp med Dokka ($A_E = 929 \text{ km}^2$) og ved Kolbjørnshus (12.200, $A_E = 2063 \text{ km}^2$) ifølge Pettersson (2007)

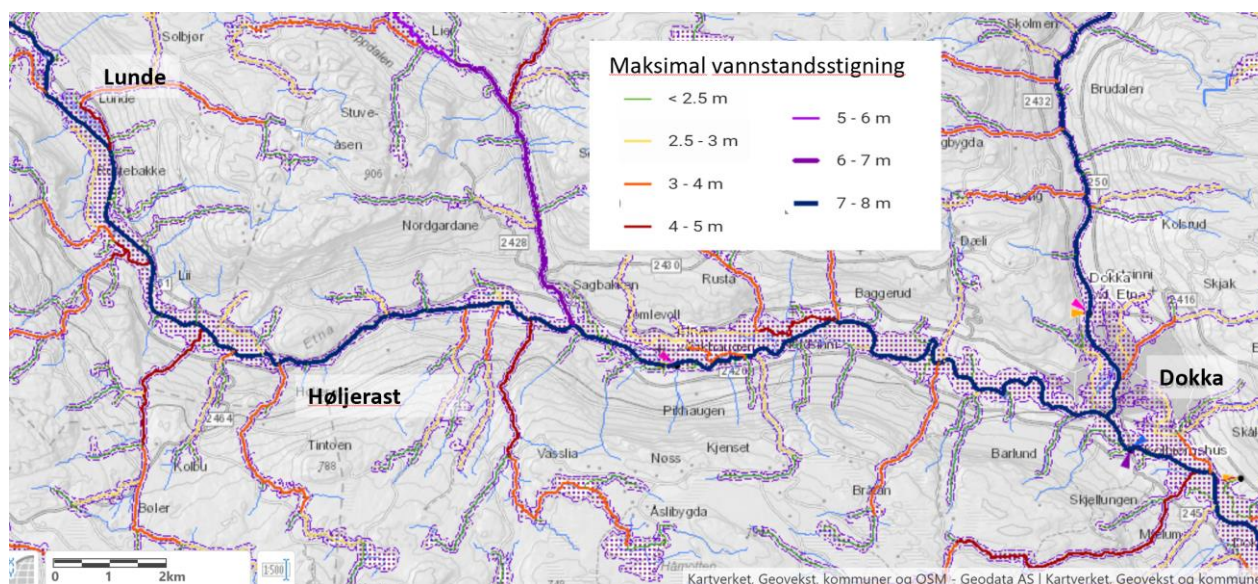
Kommentar	Verdi	Q_m l/s km^2	Q_m	Q_5	Q_{10}	Q_{20} m^3/s	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}
Etna ovf. Dokka	Døgnmiddel	190	177	225	263	301	350	385	421	470
Etna ovf. Dokka	Kulminasjons- vannføringer		194	247	290	331	385	424	463	517
Kolbjørnshus 12.200	Døgnmiddel, uregulert	202	416	528	619	707	823	906	989	1106
Kolbjørnshus 12.200	Døgnmiddel, regulert		295	394	489	577	693	776	859	976
Kolbjørnshus 12.200	Kulminasjons- vannføringer		324	433	538	634	762	854	945	1073

2.2.3 Flomsoner

Det finnes en flomsonekart fra NVE som dekker nedre del av Etnavassdraget på Dokka (**figur 2.5**) og er basert på hydraulisk modellering. En viss orientering over flomfare langs hele strekningen gir NVEs flomaktsomhetskart (**figur 2.6**). NVEs aktsomhetskart for flom viser ifølge NVE hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Kartet vil aldri kunne bli helt nøyaktig, men er godt nok til å gi en indikasjon på hvor flomfaren bør vurderes nærmere. Informasjonen i kartet kan benyttes som et første vurderingsgrunnlag i konsekvensutrednings- og/eller risiko- og sårbarhetsanalyser tilknyttet kommuneplanen og for å identifisere potensielle fareområder for flom (NVE 2020). Flomsonekartet for Etna viser at de store elveslettene er klassifisert som potensielt flomutsatt.



Figur 2.5: NVE-Flomsonekart for området ved samløpet med dokka, for 20-års-flom (venstre) og 200-års-flom (høyre). Fra NVE (Reinemo & Peireira 2015),



Figur 2.6: NVE-Flomaktsomhetskart for nedre delen av Etna. <https://temakart.nve.no/tema/flomaktsomhet> (08/2020)

2.2.4 Effekt av klimaendringer

I følge Norsk klimaservicesenter (KSS 2021) forventes gjennomsnittlig årlig vannføring i tidligere Oppland fylke å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Det kan føre til store endringer i en bestemt sesong:

- Om vinteren forventes stor økning i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø.
- Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet.
- Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordamper mer.
- Om høsten forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør kommer som regn i stedet for snø.

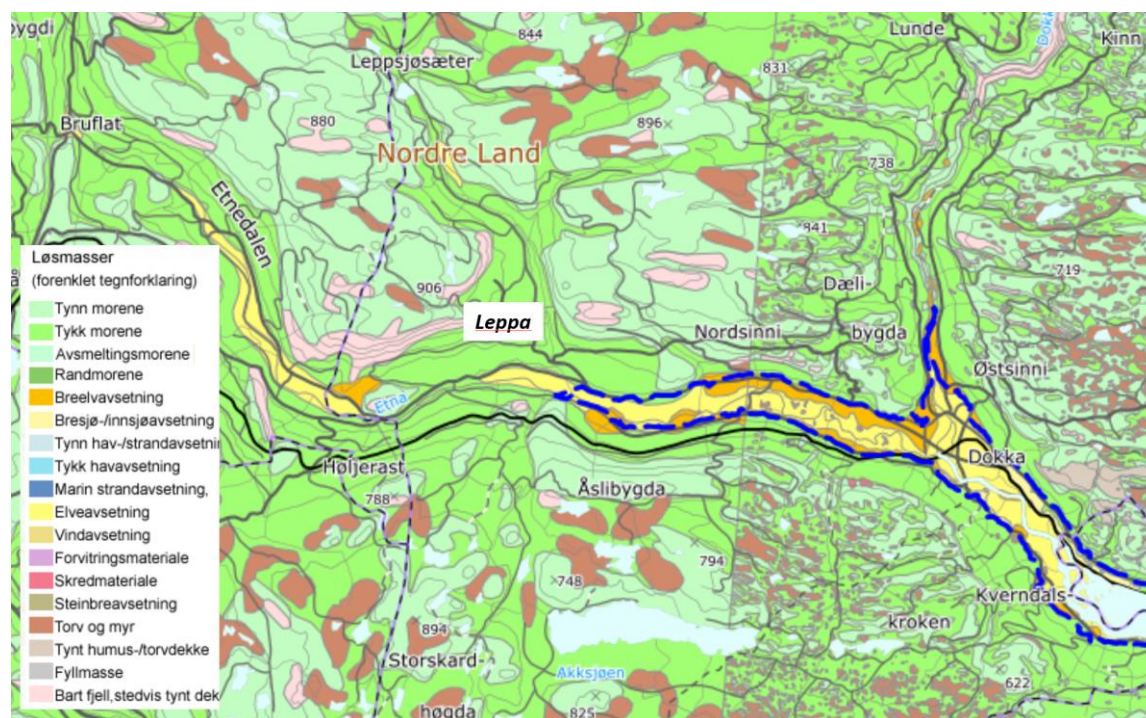
Bortsett fra i store elver som domineres av snøsmelteflommer i dagens klima, anbefales minst 20 % klimapåslag for flomberegninger. NVEs flomberegninger for nedre delen av Etna/Dokka ble utført med 0 % klimapåslag.

2.3 Geologi og sedimentkilder

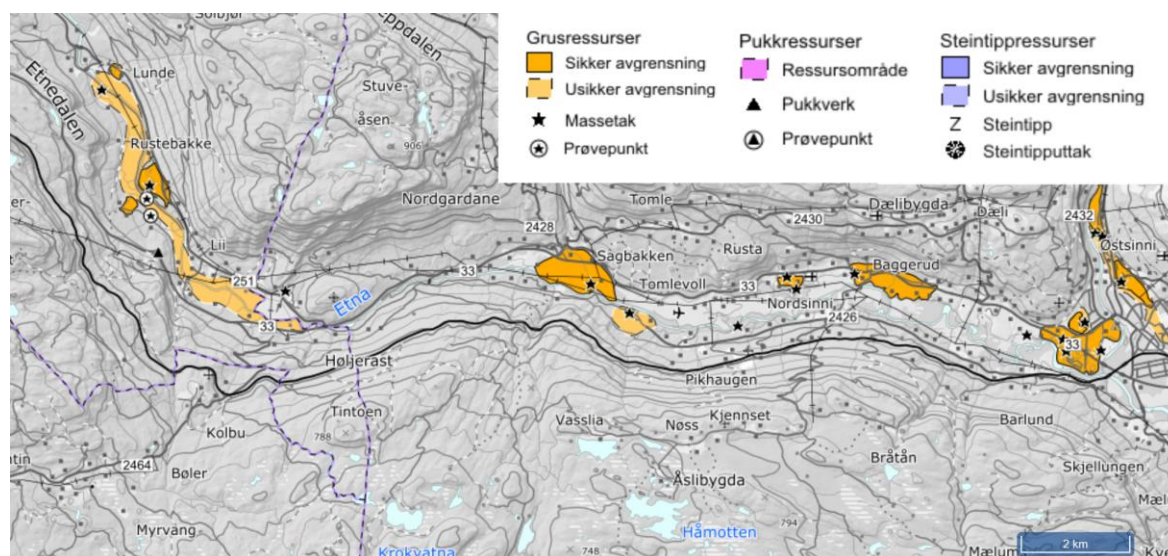
2.3.1 Geologi

Dominerende bergart i nedre del av Etnavassdraget er granitisk og granodioristisk gneis (www.ngu.no). NGUs løsmassekart viser at den nedre del av Etna ligger i et område med morener, bresjø-/innsjøavsetninger og elveavsetninger (figur 2.7). Her renner Etna på ei bred elveslette med mange spor etter tidligere elveløp, som er omkranset av terrasser med glasifluvialt materiale.

Den marine grensen ligger ved Leppa-utløpet, ved cirka 170 m o.h. Fra Matsstugu nedover er det glasifluviale terrasser med markert øvre nivå på 170 m o.h. på begge sider av dalen som antas å ha blitt dannet i en gammel bresjø på slutten av siste istid. Nedenfor terrassekanten er dalbunnen fylt opp av fluviale sedimenter (Carlson m.fl. 1980). På flere steder er sedimentene brukt og kartlagt som grus- og pukkressurser, blant annet ved utløpet av Leppa (figur 2.8).



Figur 2.7: NGU-Løsmassekart for nedre del av Etna. http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/ (08/2020)



Figur 2.8: NGU-ressurskart for grus og pukk for nedre del av Etna. <http://geo.ngu.no/kart/>

2.3.2 Sedimenttransport og -kilder

Vassdraget kan tilføres sedimenter gjennom sideelvene og ved naturlig fluvial erosjon i nedbørsfeltets løsmasser, som ifølge figur 2.7 stammer i vesentlig grad fra siste istid:

- Morenematerialet i øvre og høyereliggende deler omkring Etnavassdraget
- Eroderbare breelv- og elvesletteavsetninger i nedre, lavereliggende deler av Etna
- Grovkornet materiale ved elvevifter (Leppa, Dokka; sidebekker)

I tillegg forventes det at menneskeskapte prosesser påvirker materialtilførselen, som for eksempel jordbruk (tilførsel av sedimenter via erosjon og avrenning fra oppdyrkete arealer), skogsdrift

(snauhogst i nedbørfeltet gir økt erosjon og avrenning og dermed økt tilførsel av sedimenter til vassdraget), vei og anleggsarbeid og uttak av grus og pukk.

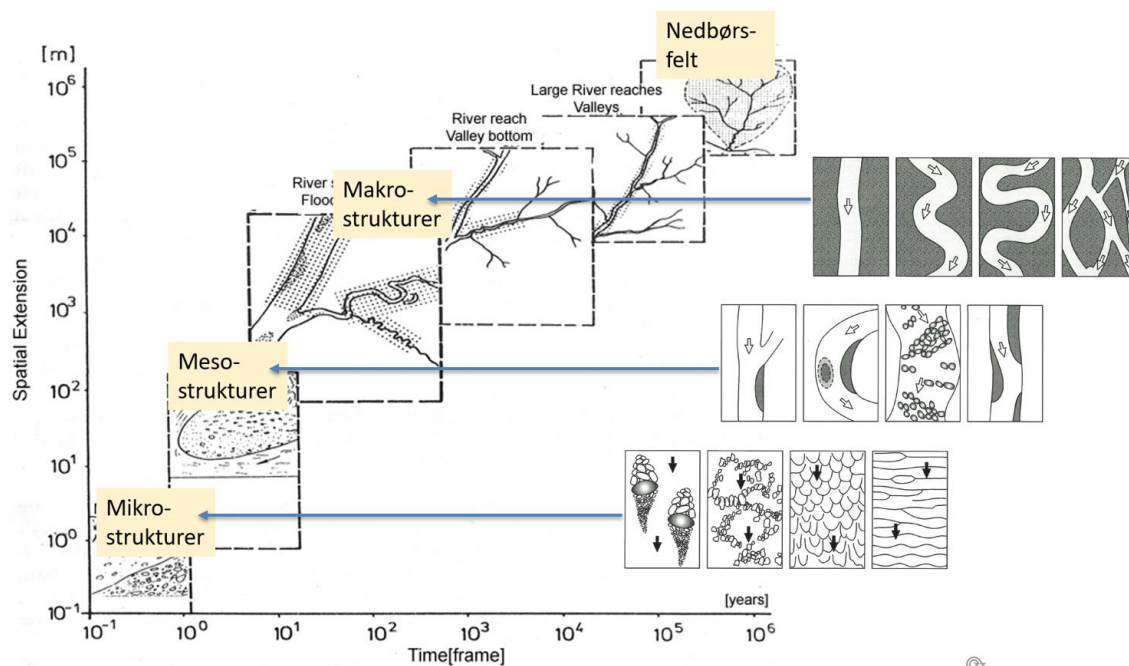
NVE har gjennomført sedimentundersøkelser i Etna-Dokka i perioden 1987-1993, med målinger av suspensjonstransporten i vassdraget i Etna ved Elvang bru i 1987 og ved Støytvoss bru 1987-1993. Sedimenttransporten i Etna skyldes ifølge dette hovedsakelig erosjon fra punktkilder. Den overveiende delen av suspensjonstransporten i vassdraget foregår i tilknytning til flomsituasjoner. Analyser av kornfordelingen til suspensjonsmaterialet viser en dominerende siltfraksjon (>50%) og et noe høyere gjennomsnittlig innhold av sand i år med høye flomtopper (Elster 1995).

3 Hydromorfologi – generelle effekter av inngrep og restaurering

3.1 Litt om elvetyper og elveløpsformer

3.1.1 Hierarkisk romtidmodell

Elver er holistiske systemer hvor prosess-målestokkene går fra de minste mikrohabitatene til hele nedbørsområdet, noe som kan beskrives ved hjelp av “river scapes” (Carbonneau m.fl. 2012). Et vassdrag kan derfor beskrives på ulike romlige nivå (figur 3.1). Størrelsen og utformingen til nedbørsfeltet (målestokk: flere km²) bestemmer blant annet vannføring og tilgang på sedimenter. Et elveavsnitt (“river reach”) kan ha ulike lengder (et grovt estimat er 10 x elvebredden), og er kjennetegnet ved å ha karakteristiske makrostrukturer som for eksempel meandere og flomløp. Innenfor et elveavsnitt finner man forskjellige geomorfologiske elementer, som for eksempel tverrbanker og høl (“riffle/pool”). Disse mesostrukturene kan igjen deles opp i ulike soner på mikrostrukturnivå. De ulike romlige nivåene korresponderer til ulike tidsmessige skalaer for endringer.



Figur 3.1: Hierarkisk romtidmodell av vassdragssystemer og deres morfologisk utvikling.

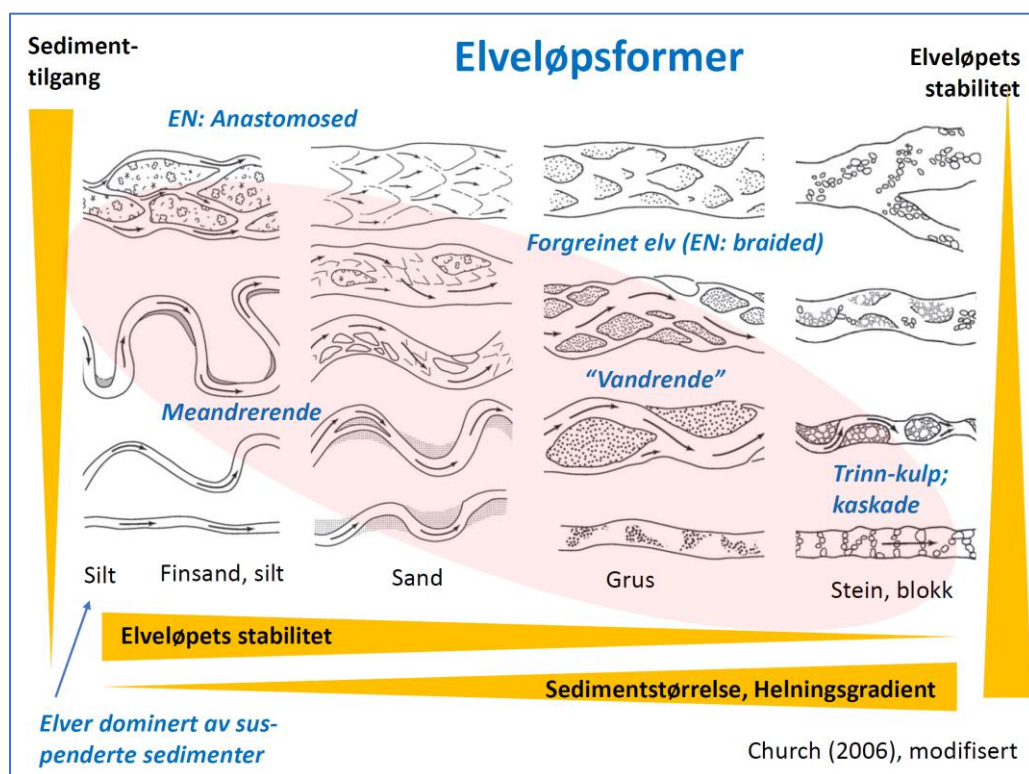
Fra Kern (1996), og DWA (2015) modifisert.

3.1.2 Hydromorfologiske elvetyper

Ut fra de ulike hierarkiene i elvesystemet bruker man også klassifiseringssystemer på ulike nivå som hjelpemiddel for å beskrive vesentlige egenskaper for elver. Schumm (1977) delte elveløpet opp i hoved-soner (*process domains*) med overveiende sedimentproduksjon, transfer, og deponering, noe som gir et grovt prosess-basert inntrykk av sedimenttransporten i geologisk tid. Transport- eller transersonen er kjennetegnet gjennom et dynamisk hydraulisk-sedimentologisk likevekt over lang tid, med “sediment transfer” som hovedeffekt. I denne sonen har man ofte brukt vektmodellen av Lane (1955) (“Lane’s balance”) for å beskrive hvordan endringer i sedimenttilgang, sedimentstørrelse, helning og vannføring fører til deponeringer (*aggradation*) eller innskjæring (*incision*) av et elvesystem.

De fleste systemer for kartlegging og klassifisering av elver inneholder en typifisering av elveløpsmønstre, basert på enten kvantitative relasjoner eller konseptuelle rammeverk (Buffington & Montgomery 2013). Blant de sistnevnte er Schumms forslag til klassifisering av alluviale elver ved å relatere elveløpsmønstre og stabilitet til faktorene (Schumm 1977):

- silt-innholdet i materialet langs elvebredden
- på hvilken form sedimenttransporten foregår (suspendert, blandet, bunntransport)
- forholdet mellom bunntransport og total sedimenttransport
- helning
- bredde-dybde-forhold av elveløpet



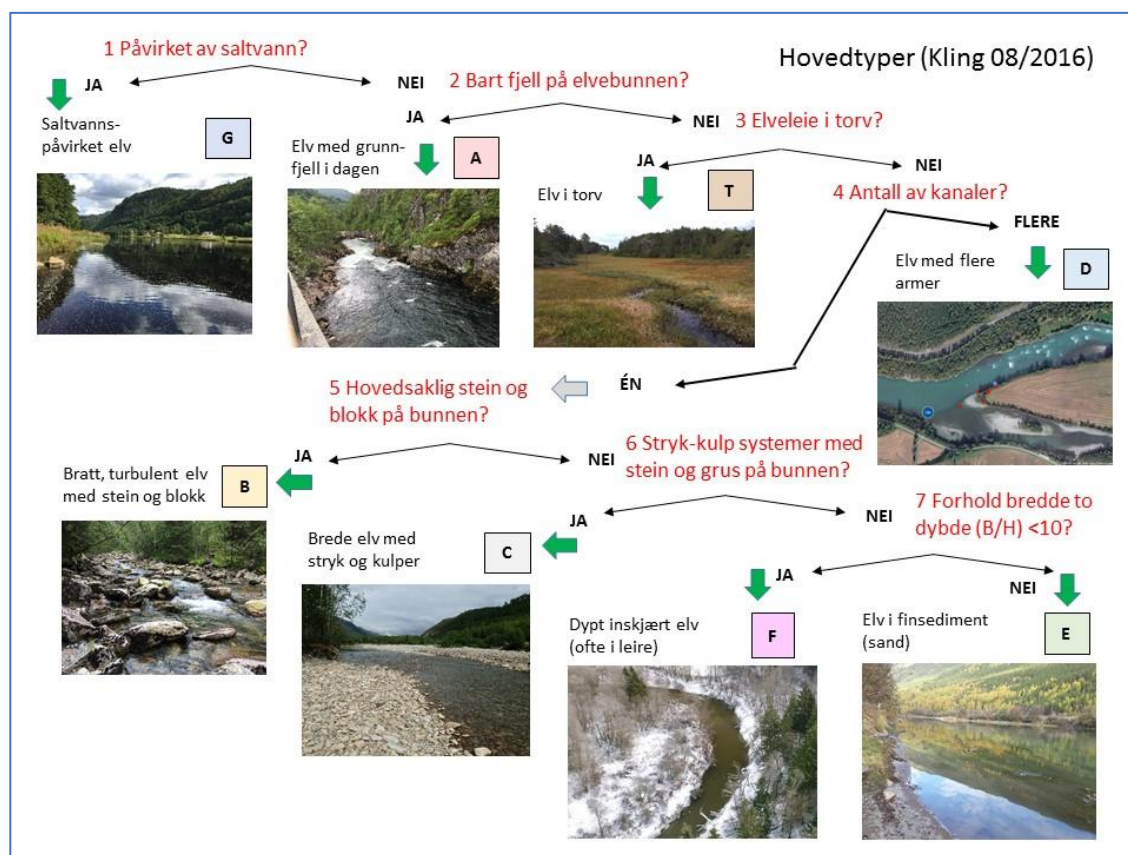
Figur 3.2: Hydromorfologiske elvetyper med merking av naturlige elveløpsformer i Etna (Church 2006, modifisert og oversatt til norsk). Elver i grunnfjell er ikke inkludert.

Det ble utviklet modifiserte versjoner som inkluderer brattere elver på fjellet, se for eksempel **figur 3.2** basert på Church (2006). Et lignende system ble brukt av Montgomery & Buffington (1997), hvor de i tillegg identifiserte effekter av vegetasjon og jordskred, og ulike dal- og substrattyper. Det svenske elveklassifiseringssystemet (SEK, Kling 2016) har tatt utgangspunkt i denne klassifiseringen og skiller mellom hovedtyper ved hjelp av et enkelt beslutningstre (**figur 3.3**). Nyere forskning ser på det naturlige dødvedregimet (*the natural wood regime*), som består av rekruttering, transport og lagring av ved i elvekorridorer, som den tredje viktige bærebjelken for elveforskning og -forvaltning, ved siden av strømnings- og sedimentregimet (Wohl m.fl. 2019, Gurnell 2014).

Hydromorfologiske elvetyper reflekterer samspillet mellom topografi (helning, dalform), vannføringsregime, sedimenttilgang og substrat på elvestrekningsnivå og kan hjelpe til å beskrive "samvariasjon" av disse miljøvariablene. Virkning av vassdragsinngrep og regulering kan synliggjøre seg forskjellig i ulike elvetyper. Elver med stein og grus på bunnen er viktige habitater

for fauna og flora, og disse virker sammen med og påvirker morfologien (Beschta & Ripple 2012; Hauer m.fl. 2016; Marion m.fl. 2014).

Elementer på mesoskalanivå («mesostrukturer» i **figur 3.1**), ofte kalt geomorfiske enheter (GME, på engelsk: *geomorphic unit*), er til sammen med sine strukturelementer og hydrauliske mønstre («*mesohabitater*»), tradisjonelt sett som den mest egnede målestokken til å beskrive sammenhengen mellom fysiske og biologiske habitatforhold (Belletti m.fl. 2017). Det er disse enhetene som danner de romlige mønstrene som utgjør elvas typiske mosaikk innenfor en elvestrekning og disse ulike elvetypene gjenspeiler igjen den overordnede hydromorfologiske strukturen av elvas nedbørsfelt. En typeinndeling basert på mesohabitater har for eksempel blitt brukt for å kartlegge elver for laksefisk i Norge (Forseth & Harby 2013). Assosiasjoner av GME kan brukes for å interpretare elvas oppførsel (Fryirs & Brierley 2013; Rinaldi m.fl. 2016).



Figur 3.3: Hovedtyper i svensk elveklassifisering (Kling 2016), med illustrasjoner fra norske elver. Typene X og Z (svært modifisert eller ukjent type) er ikke inkludert.

3.1.3 Hydromorfologiske forhold i uregulerte norske vassdrag

På grunn av store variasjoner i topografi, nedbørforhold og klima er norske vassdrag svært forskjellige. Hydrologisk er det vanlig å dele norske vassdrag inn i fem typeområder: bre-, fjell-, innlands-, overgangs- og kystvassdrag, basert på variasjonen av avrenning over året (Sæterbø, Syvertsen, & Tesaker 1998). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) bruker en inndeling i ulike flomregioner for årsflommer, vårflokker og høstflommer for eksempel for flomfrekvensanalyser (Wilson m.fl. 2011; Midttømme m.fl. 2011).

Ifølge undersøkelser fra Bogen & Bønsnes (1995) i NVE er norske vassdrag også i en sedimentologisk sammenheng svært variable. Tilgangen på løsmasser som kan eksponeres for erosjon er avgjørende for omfanget av materialtransporten og sammensetningen av sedimenter

og klima og topografi kan også variere mye fra vassdrag til vassdrag og gir opphav til forskjellig vegetasjon. Basert på målinger av sedimenttransporten i vassdragene kan man skille mellom fem hovedtyper basert på erosjonsprosessenes karakter, løsmassetyper, klimatiske og vegetasjonsmessige forhold i nedbørfeltene:

- Brevassdrag
- Vassdrag med bretilførsel
- Vassdrag i høyfjell og Arktis
- Skogsvassdrag
- Leirvassdrag
- Jordbruksområder

Breerosjon er blant de mest intense erosjonsprosessene i norske vassdrag, og de store isbreene setter ofte et dominerende preg på vassdragene. I skogsvassdragene i lavlandet er erosjonsintensiteten vanligvis lav, men forskjellen mellom normalforhold og ekstremforhold er stor. Vegetasjonen danner her ofte en effektiv beskyttelse mot erosjon (Bogen & Bønsnes 1995).

Norge har mye grunnfjell som danner lokale erosjonsbaser (fosser) med tilsvarende lavgradientstrekninger oppstrøms (Jørgensen, Sørensen, & Prestvik 2013), og det er heller diskontinuiteter og variasjoner som er nøkler for å karakterisere disse systemene. De fleste bekkene og elver på fjellet eller i skogssonen tilhører hovedelvetypene A (elv i grunnfjell), B (bratt elv med stein og grus på bunnen) eller C (stryk-kulp-elv) i **figur 3.3**, men man finner elvestrekninger med finsediment (hovedtype E) i avsnitter med lav helning. Det kan også relateres til elvetypene som ble beskrevet for Vestlandet (Hauer & Pulg 2018), hvis man inkluderer subtypene fra SEK (Bk, Bt, Bp, Bf). Studiene for Vestlandet illustrerer den store betydningen av glacial landskapshistorie for de norske elvetypene.

3.2 Kort om generelle effekter av noen relevante inngrep og tiltak

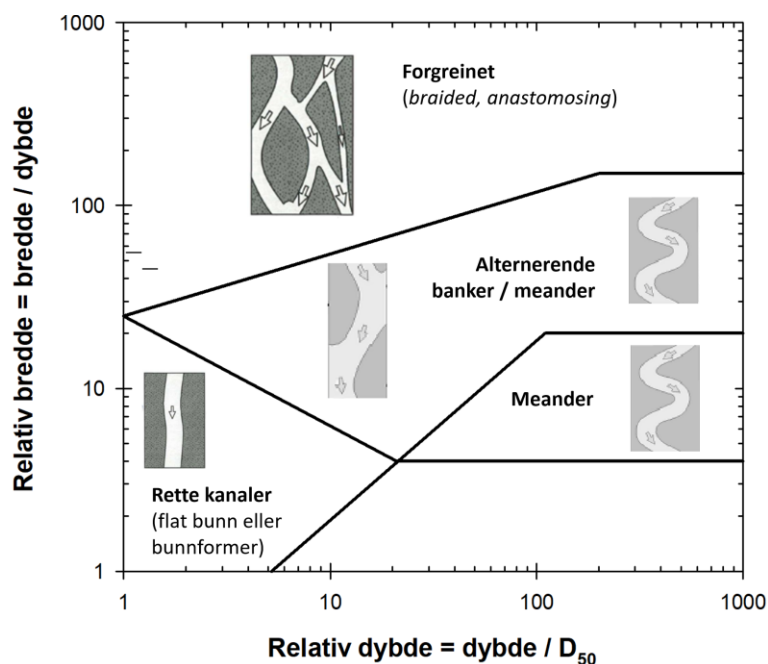
3.2.1 Kanalisering og endring av elvemorfologi

Kanalisering har ofte blitt gjort i alluviale elver, f.eks. i meanderende elver som i Etna. Kanalisering fører til større helning og økt strømhastighet langs de berørte delene av elva, som ofte vil føre til økt sideveis erosjon, eller økt innskjæring (vertikal erosjon), og remobilisering av sedimenter (Hudson, Middelkoop, & Stouthamer 2008; Piégay m.fl. 2005). Det kan gå så langt at elva mister kontakten med flomsletta, eller at flomsletta blir mye sjeldnere oversvømmet. Flomsletter i alluviale elver består ofte av en mosaikk av flomdammer, kroksjøer og fruktbart jordsmonn med rik urtevegetasjon og løvskog, der regelmessig flom er essensiell for redistribusjon av propaguler (frø, hvileegg), planter og invertebrater (Lindholm m.fl. 2007). Blir den regelmessige forbindelsen mellom elv og flomsletter hindret får det en rekke konsekvenser for dette særegne økosystemet (f.eks. Rinaldi m.fl. 2016), og for morfologiske prosesser i elva (Hudson m.fl. 2008).

Rette kanaler er smalere og dypere enn meanderende kanaler, noe som påvirker fordeling av vanddybde og strømningshastigheter. Uten kanalisering har man ofte lavere vanddybder og strømningshastigheter, men større variasjon og med andre hydrauliske habitater (Schweizer, Borsuk, & Reichert 2007).

I tidligere restaureringsprosjekter har man ofte foreslått å gjenskape et meanderende elveløp for kanaliserte elver. Re-meandring er imidlertid kun meningsfylt i elvetyper som har dannet et alluvialt meandersystem tidligere eller kan danne det slikt system under nåværende forhold, se f.eks. Kondolf (2006). Empiriske studier har vist at elvemønstrene i alluviale elver kan avgrenses ved hjelp av "relativ bredde" (forhold bredde/dybde) og "relativ dybde" (forhold dybde / D_{50}), se **figur 3.4**. Slike skjemaer kan brukes for å estimere sannsynligheten for bestemte

løpsformer etter morfologiske inngrep og restaureringstiltak (DWA 2015; Schweizer, Borsuk, & Reichert 2007).



Figur 3.4: Avgrensningskriterier for elvemønstre etter Da Silva (1991), med modifikasjoner fra Zarn (1997). Fra DWA (2015), modifisert. Skjemaet finnes i ulike versjoner og gir kun omtrentlige estimater, dvs. elvemønstre som kan forekomme med en viss sannsynlighet.

3.2.2 Forbygninger og flomvern

Man kan skille mellom to hovedtyper av menneskeskapte strukturer langs elveløpet, forbygninger og flomvern:

- forbygning: konstruksjoner og forsterkninger langs elvebredden for å hindre sideveis (lateral) graving og erosjon og som ikke overstiger naturlig høyde på elvebredden (hindrer ikke hydrologisk konektivitet til flomsletta ved flom).
- flomvern: Flomforbygninger langs elveløpet som er høyere enn naturlig høyde på elvebredden, slik at flomvann ikke lenger kan trenge inn på områdene som grenser til elveløpet.

Det er vanlig mange steder at flomvern også forbygges og erosjonssikres, slik at påvirkningen blir en kombinasjon av flomvern og forbygning. Blir elva hindret i å grave sideveis (lateralt) grunnet erosjonssikring vil det få flere hydromorfologiske konsekvenser (Rinaldi m.fl. 2016; Reid & Church 2015), se Harby m.fl. (2018) for flere detaljer:

- endringer i hydrauliske forhold;
- reduksjon i lokale tilførsler av sediment, trevirke og kantvegetasjon til elveleia og nedstrøms områder
- grovere og mer homogent sediment, siden fint sediment vil fraktes videre uten å erstattes
- økt strømhastighet langs elvebredden som kan føre til at erosjonen flyttes til motsatt bredd eller videre nedover elven der den ikke er sikret
- innskjæring (vertikal graving, senkning av elvebunn), og fare både for å undergrave erosjonssikringen bygd opp langs elvebredden og for å miste kontakt med flomsletten

Uten forbindelse til flomsletta vil sekundære kanaler, flomdammer og kroksjøer gå tapt (Hudson m.fl. 2008). Elva blir også ofte rettet ut fordi elvas sideveis (laterale) bevegelser samtidig begrenses av forbygninger og diker. Flomvern og diker som er trukket tilbake på flomsletta vil fortsatt påvirke elvas hydromorfologiske kontakt med flomslettene, men i mindre grad. I slike tilfeller kan elva fortsatt til en viss grad bevege seg lateralt og effekten av inngrepet blir derfor mindre (Rinaldi m.fl. 2016; Rumm m.fl. 2016).

Kanaliserings og flomvoller gir beskyttelse lokalt der tiltaket gjennomføres, men fører til raskere avrenning og dermed større flomfare nedstrøms. Åpning eller flytting av flomvoller er derfor ofte brukt for å kontrollere flom i et helhetlig perspektiv og for å få i gang naturlige hydromorfologiske prosesser som er forutsetning for intakte habitater langs elva (f.eks. «Room for the river»-program i Nederland). Viktige rammebetingelser for planlegging av flomvoll-flyttingstiltak omfatter (Hasselsteiner 2017):

- eksisterende flomforbygning (tilstand og funksjon)
- areal som kan disponeres
- naturlige forhold (økologi og hydromorfologi)
- landskapsbilde og estetikk
- tidsplan og valg av tidspunkt for tiltakene
- overvåking og vedlikehold av flomvoller
- juridiske og byggetekniske retningslinjer

For valg av plasseringen for den nye flomvoll er ved siden av naturfaglig-økologiske aspekter hovedsakelig vassdragets hydromorfologi, hydrauliske effekter, retensjonsvolum under flom, eiendomsforhold og eksisterende veiforbindelser avgjørende.

3.2.3 Reduksjon av vann- og kantvegetasjon

Vann- og kantvegetasjon påvirker flere hydromorfologiske faktorer, bl.a. strømningsmotstand og strømningshastigheter, strømnings- og sedimenteringsmønstre under store flommer og skråningsstabiliteten (f.eks. Zinke m.fl. 2011). Type og struktur av kantvegetasjon har også betydning for den økologiske funksjonen (Cowx & Welcomme 1998), og kantsoner regnes ofte som “hotspots” for biologisk mangfold (Feld m.fl. 2011). Gjennom tilførsler av næringsstoffer, sedimenter, organisk materiale og død ved, gir de habitatmangfold for fisk, bunndyr og akvatiske planter. Fjerning av kantvegetasjonen kan føre til (e.g. Harby m.fl. 2018):

- tap av skygge (dermed økning i vanntemperatur)
- økning i sideveis erosjon
- tap av evnen til å beholde sedimenter og næringsstoffer og
- reduserte tilførsler av dødt organisk materiale (blader, greiner, trær)

Reduserte tilførsler av blader, greiner og trær fra bredden fører til geomorfologisk homogenisering av elveleiet nedstrøms, fordi dødt trevirke fungerer som lokale sedimentfeller. Elveleiets morfologi blir også mer homogent da trær i elva påvirker kanalmigrasjon ved å endre elvens strømforhold, som blant annet kunne ført til øydannelser og mer variasjon i strømningsmønstre (Reid & Church, 2015).

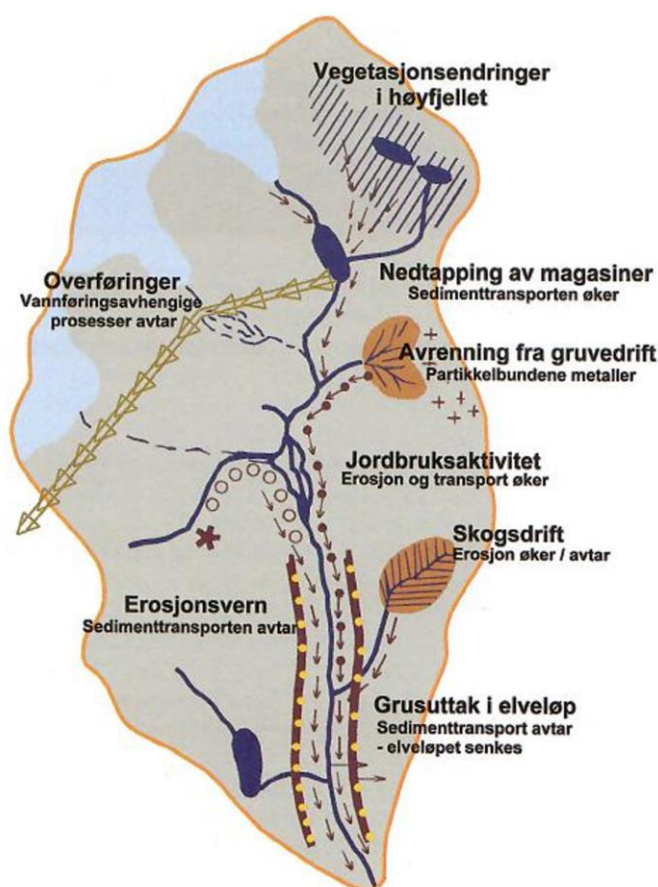
Skråninger uten kantvegetasjon kan ofte lettere eroderes, og økt sedimenttilgang gir mer sannsynlighet for forgreinete elver eller dannelse av grusører eller liknende i elva. Etablering eller fjerning av kantvegetasjon kan føre til endringer av elvetype, med tilsvarende endring av bunnsstrukt og hydrauliske habitater (Bertoldi m.fl. 2015). Trær er viktig i elvelandskap og kan brukes til å skille mellom ulike elvetyper (Raven m.fl. 1998).

Reetablering av vann- og kantvegetasjon kan motvirke de negative effektene beskrevet ovenfor. Det bidrar til reduksjon av næringsstoffer, og lysreduksjonen pga. skygge kan påvirke

vanntemperatur og -kvalitet. Et testprosjekt med planting av trær langs vassdrag i Sør-Norge viste at svartor hadde høyest overlevelse og at grunneiere så på tiltaket stort sett som positiv (Skarbøvik m.fl. 2018).

3.2.4 Fjerning og tilførsler av masser

Fjerning og tilførsler av sediment kan foregå på ulike nivå gjennom forskjellige aktiviteter i og ved vassdraget og påvirker sedimentbalansen. **Figur 3.5** viser en oppsummering av aktiviteter som påvirker sedimenttilførselen til norske hovedvassdrag og deres mulige effekter på morfologien. Erosjon og sedimentkonsentrasjonen kan øke under anleggsperioden f.eks. av vassdragsanlegg, som resultat av masseforflytninger, veibygging og liknende inngrep (Saltveit 2006). I mange elver som tidligere var preget av grov stein i elveleiet har det skjedd en rensing i forbindelse med tømmerfløting. Grusuttak er en annen vanlig påvirkning.



Figur 3.5: Materialstrømningsmodell som illustrerer hvordan forskjellige aktiviteter i vassdraget påvirker sedimenttilførselen til hovedløpet. Tatt fra Fergus & Bogen, i Saltveit (2006).

Harby m.fl. (2018) oppsummerer følgende effekter av uttak av grus og sedimenter basert på litteratur:

- forstyrrer den eksisterende morfologien og sedimentbalansen (Kondolf 1997);
- kan utløse innskjæring både oppstrøms og nedstrøms av uttakstedet, med dannelse av dekklag og drastisk redusert antall hulrom i substratet;
- kan ha store negative følger for kantvegetasjonen (Rinaldi, Wyżga, & Surian 2005);
- er ofte assosiert med reduserte tilførsler av død ved og detritus, som er viktige ressurser for bunndyr og fisk;

- kan føre til lokalt brattere gradienter i elvebunnen, slik at vannhastigheten stiger og vertikal erosjon øker (Kondolf 1997);
- fører til lokalt avbrudd av sedimenttransporten, slik at erosjon oppstrøms og sedimentering nedstrøms av uttaksstedet forsterkes.

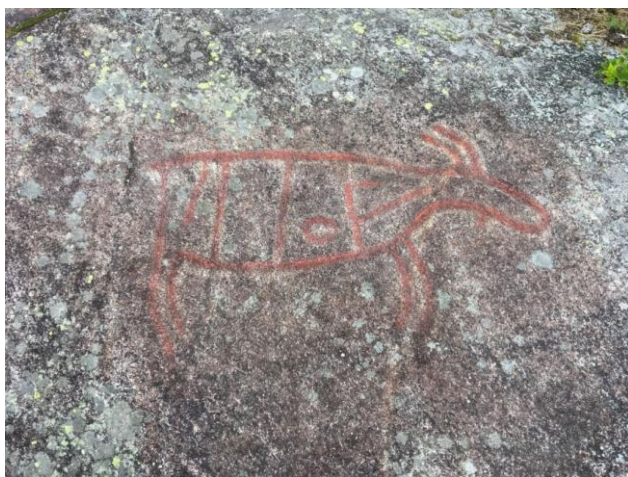
Endringen av balansen mellom sedimentforsyning og elvas transportkapasitet kan føre til morfologiske endringer i elva (Wishart, Warburton, & Bracken 2008), med tilsvarende endring av bunnssubstrat og hydrauliske habitater. Omfanget av endret sedimentbalanse som følger av grusuttak avhenger av hvor mye som er fjernet fra elva (Rinaldi, Wyżga, & Surian 2005).

4 Hydromorfologisk utredning og vurdering av tiltak for Etna

4.1 Kort om Etnas betydning og bruk gjennom tidene

4.1.1 Etna gjennom tidene

Ved Møllerstufossen ligger et helleristningsfelt med veideristninger fra steinalderen (**figur 4.1**) som ble oppdaget i 1961 på et svaberg ved Etna. Feltet dekker rundt 20 m², og består av totalt 14 figurer, blant annet med avbildninger av elger. Ifølge Eide & Vogt (2011) er det vanlig at ristninger av denne typen er plassert ved vann, og det er god grunn til å anta at helleristningene ved Møllerstufossen er hugget en gang mellom 8000 og 6000 år siden.



Figur 4.1: Helleristinger ved Møllerstufossen

Nedre deler av Etnas dalbunn har vært bebodd og dyrka lenge. I årene 1902-06 ble Valdresbanen bygget (**vedlegg 2**). Flere veier går gjennom området og det drives aktivt skogbruk. Fram til 1960-tallet var tømmerfløtingen (også kalt «brøtningen») en svært viktig næring, før man begynte å bygge skogsveier for transport med lastebil. De mest synlige minnene fra tømmerfløtingen er damanleggene ved Etnsenn og Rotvolldammen fra 1880-årene, som ligger lengre nord enn undersøkelsesområdet. Også i nedre del har man utført en del forbygningsarbeider i forbindelse med brøtningen, f.eks. i Leppa. Brøtningen foregikk i omtrent tre uker, men tidspunktet var avhengig av vannmengden. Hovedtyngden av tømmeret passerte i løpet av 3-4 dager (Bjørlien 1994).

Lunde bru, en stor steinkvelvbru (**figur 4.2**), ble bygd i årene 1827-29 og er den største tømmermurede brua i ett spenn i Norge. Veien forbi Lunde var i 1829 en del av Den Bergenske Hovedvei fra Oslo til Bergen, som ble lagt gjennom Etnedal sist på 1700-tallet. Før hadde det vært trebruer over Etna, som ofte ble ødelagt av flommen. Lundebrua ble fredet som kulturminne i 1985 og er symbolet på kommunevåpenet for Etnedal. Under krigshandlingene i april 1940 ble Lunde bru skadet, men etterpå restaurert. Brua ved Høljerast ble også ødelagt av krigshendelsene. Området nedenfor Lunde bru er i dag et populært friluftsområde, tilrettelagt for picknick, skoleaktiviteter osv. Flere skulpturer er fra tegneserien om Bustenskjold, en oppdiktet figur som ble skapt av etnedølen Sigurd Lybeck på 1930-tallet, som bodde i nærheten av brua. Han er kjent fra mange humoristiske fortellinger, og tegneserien som også ble til spillefilm².

² Disse informasjonen er hentet fra kommunale opplysninger ved vassdraget.



Figur 4.2: Vitner om historien ved Lunde bru (brua, saga og Bustenskjold-figurene) og Høljerast (krigsminner)

I vassdraget er det mange gamle kvern-, mølle- og sagsteder samt gamle gårdsverk. Fallet i fossene ble utnyttet i flere sager, for eksempel rundt 50 m nedenfor Lundebrua hvor Ola Lofthus bygde en oppgangssag i 1880-årene. På 1990-tallet ble det satt opp en rekonstruert utgave som er tilrettelagt for undervisningsaktiviteter (saga i **figur 4.2**).

Jordbruksområdene på de breie elveslettene har ofte vært utsatt for flom, og man hadde tidlig planer om å senke flomvannstanden i Etna for å beskytte den dyrkede mark mot oversvømmelse. **Figur 4.3** viser et foto fra en flom i Sør-Etnedal i 1951.

4.1.2 Kanaliseringen og sikringstiltak

Kanaliseringen ble planlagt i flere steg og er godt dokumentert i gamle kart og historiske dokumenter i NVE-arkivet. Kanaliseringshistorien kan oppsummeres slik:

- før eller tidlig på 1900-tallet: forbygningsarbeider i Leppa og murer på utvalgte steder i Etna i forbindelse med brøtningen
- 1908: større forbygningsarbeider i den nedre delen av Dokka mot Etnas samløp
- etter 1922 og på 1930-tallet: Flomforbygning i nedre delen
- før 1948: planer om å senke flomvannstanden i Etna ovenfor Eidshaugfoss for å beskytte den dyrkede mark mot oversvømmelse

- 1951 ff: NVE utarbeidet en plan for korreksjons- og forbygningsarbeider på strekningen mellom Lunde og Eidshaugfoss og i nedre del, med flere revisjoner; forbygningsarbeider og første senkninger
- 1966 under flommen: skader på noen forbygninger og brudd på elvestrekningen som tidligere ikke var forbygget; planlegging av rehabilitering, forsterkning og forlengelse av flomverk
- 1980-tallet: utredninger for vassdragsutbygging Dokka-Etna
- 1985: ytterlige senkning av elveløpet og utsprengning på toppen av Eidshaugfoss for å bidra til flomsenkning
- 1993: Etna blir vernet mot vassdragsutbygging
- 1995: noen skader på flomverk etter flommen som ble reparert i etterkant.
- 2018: tiltaksplan for restaureringstiltak i Etna (DNV); undersøkelse om behov for oppgradering av Lybekkveita flomverk (NVE/Multiconsult)

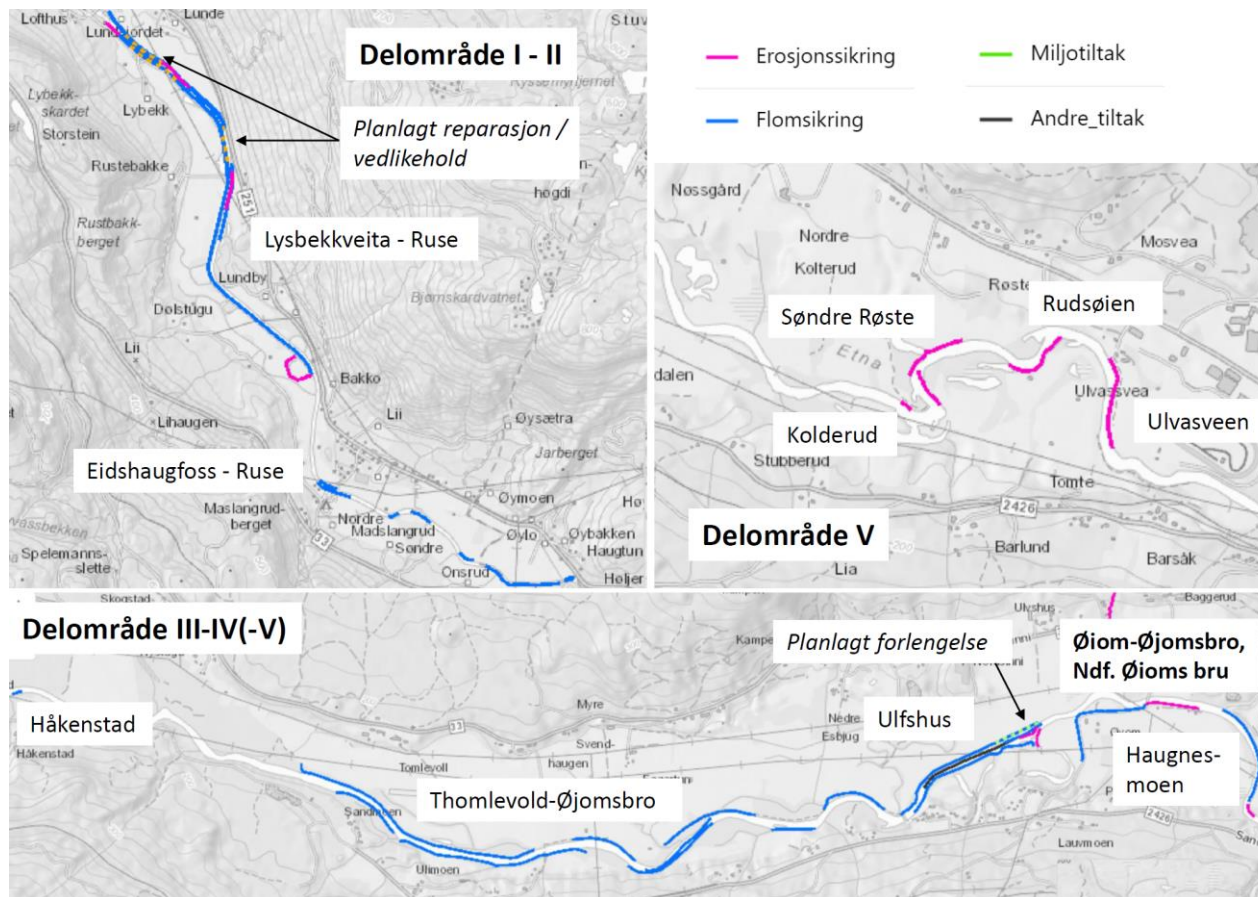


Figur 4.3: Engene i Sør-Etnedal under flom i 1951. På baksida er det skrevet med hånd: «Bildet er fra Sør-Etnedal og viser engene under en flom i 1951. Bildet er tatt fra riksvegen sør for Skartjønn, mot Høljerast. Sletta på motsatt side av elva til venstre er Lundsteinjordet. Elva ble regulert (kanalisert) i 50/60 åra. Store arealer ble deretter oppdyrket. I mange år var dette Etnedals «kornkammer», men er nå hovedsakelig gått over til grasproduksjon.» Fra DNV-arkivet.

På 1970- og 1980-tallet har man utført flere utredninger i Etnavassdraget i forbindelse med Dokka-utbyggingen. Det fantes planer om å regulere Etnsenn og Røssjøen i forbindelse med kraftutbygging i Etna. Ifølge det ville en overføring av Etna til Dokka-utbyggingen vil gi ca 250 GWh midlere årsproduksjon meget billig kraft. Ved behandlingen av konsesjonssøknaden for kraftutbygging i Dokka-Etna ble det pekt på de store natur- og kulturfaglige verdier knyttet til Etna, og det ble ikke gitt konsesjon for utbygging av vassdraget. Etnavassdraget har siden vedtaket i

Stortinget 1. april 1993 vært vernet mot vannkraftutbygging (Vp IV), blant annet på grunn av elveløpsformer med tilhørende prosesser, isavsmeltingsformer, botanikk, fuglefauna, landfauna og vannfauna som inngår som viktige deler av naturmangfoldet (NVE 2021).

Figur 4.4 viser eksisterende sikringstiltak (hovedsakelig erosjons- og flomsikringer) fra NVE-atlas. På oppdrag av NVE ble det nylig gjennomført utredninger om behov for rehabilitering eller oppgradering av flomverkene i øvre del av Etna (Amundsen m.fl. 2019). Rapporten konkluderte med at flomverket generelt er i god stand, men det er observert undergraving mot elven enkelte steder.



Figur 4.4: Sikringstiltak i Etna basert på NVE-atlas (03/2020).

4.2 Delområde I-II fra Lunde bru til Høljerast

4.2.1 Hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering

Ifølge Lybeck (1988) – og i samsvar med noen historiske dokumenter fra NVE-arkivet (**tabell 4.1**) – har «utbedringen» av Etna mellom Lunde bru og Eidshaugfoss vært en gammel drøm. Allerede i 1888 ønsket flere grunneiere en senkning av Etna ovenfor Eidshaugfossen, og Kanaldirektoren (dagens NVE) ansatte en ingeniør for å utarbeide en plan for det. I samme år ble det installert et vannmerke ved Eidshaugfoss.

Tabell 4.1: Utvalgte relevante hendelser basert på dokumenter i NVE-arkiv Hamar (nr. A4977, mappe I)

År	Dokument	Innhold / Kommentar
1888	Brev fra Kanaldirektoren	Oversendelse av et brev fra flere grunneiere Etnedalen som ønsker en senkning av Etna på offentlig bekostning; ansettelse av en ekspert (ing. Hoff) som skal utarbeide en plan for senkning av Etna
1888	«Rapport angaaende Anbringelse av Vandmerker ved Eidshaugfoss ...»	Beskriver installasjon av vannmerker ved Eidshaugfossen «i Anledning av den paatenkte Sænkning av Flomvandstanden ovenfor Eidsfossen»
1892	Flere brev og dokumenter	Omhandler en søknad fra Fløtningsbestyrelsen i Etna om kongelig approbation av en 1847 avsluttet kontrakt om opprettelse av en forening (fellesfløtningsforening) som skal foreta arbeider «til Lettelse av Fløtningen» i Etna.
1905	Noen brev fra Kanaldirektoren	Henviser til et brev fra 1888 fra en del grunneiere i Etnedalen som ønsker en senkning av Etna på offentlig bekostning; påpeker mulig revisjon av plan og overslag på grunn av mer enn 15 år som har gått siden det; foreslår sprenging av Eidshaugfossen med 18 m (i stedet for 16 m) bredde (se beskrivelse i tekst)

I et brev fra Kanaldirektoren fra 1905 (NVE-arkiv nr. 4977, se **tabell 4.1**) heter det:

«Planen gaar ut paa 1 meters Sænkning af høi flom ovenfor Eidshaugfos, nemlig fra cote 5,0 m til cote 4,0 m efter det benyttete generalplan, og for oppnaaelse deraf er foreslaatt utsprengt en 16 m bred og 3,0 m dyp senke i fossen. [...] Af hensyn til den usikkerheten ved antagelsen av vandmengde under høi flom finder jeg at maatte anbefale, at rinden gjøres 18,0 m bed istedetfor 16,0 m, men forøvrigt af samme dybde som foreslaad. Tillegget i bredde tages helet paa fossens høire ved (den sydvestre) idet [...] venstre kant bibeholdes efter planen.»

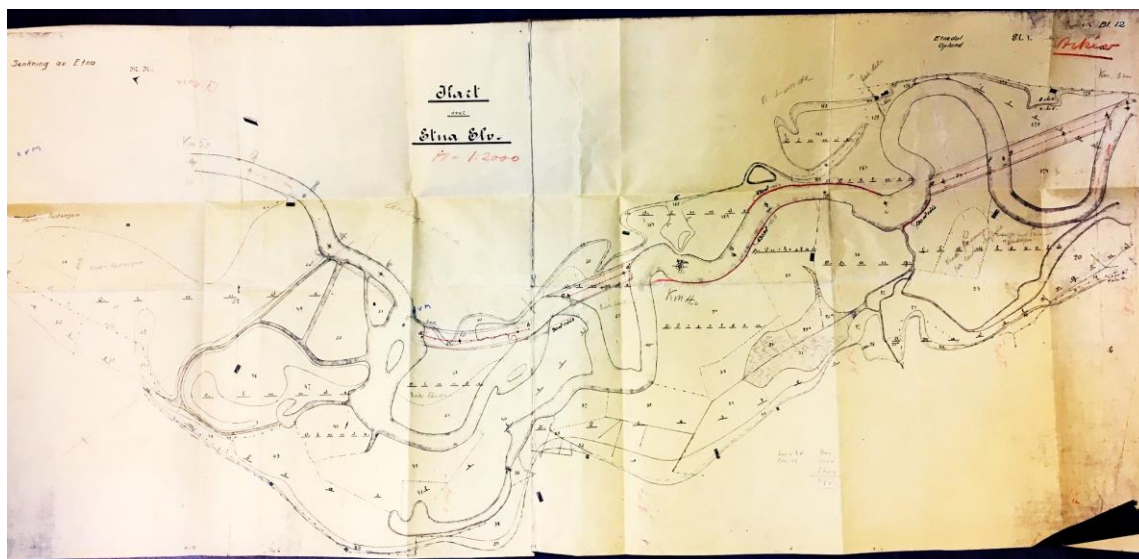
Lybeck (1988) nevner en avisartikkel fra cirka 1905 hvor det Offentlige hadde bevilget midler til senkning av Etna for å hindre skadeflom, med den betingelsen at arbeidet skulle være fullført innen utgangen av 1909. I 1935 ble det lagt fram en ny plan for senkning av Etna ved Eidshaugfoss med flere kart og profiler. Her heter det blant annet (NVE-arkiv nr. 4977, dokument fra 23. mars 1935, U2377):

«Fornanlediget ved det nu foreliggende nye senkningsandragende blev i 1931 av Vassdragsvesenet opprettet 4 vannmerker på strekningen mellem Eidshaugfoss og Ruse med daglige vannstandsavlesninger i alle flomtider. Resultatene de første år viste seg å være lite tilfredsstillende, idet det ikke lyktes å tilverkebringe observasjoner under en så vidt stor flom at de kunne danne grunnlag for en ny senkningsplan. Først under den store flom i 1934 fikk man brukbare data for beregningen av flomsenkningen. « Allminnelig stor flomvannføring ved Eidshaugfoss ble beregnet med 175 m³/s, og «omtrent denne vannføring hadde vårflommen 1931 og høstflommen 1934».

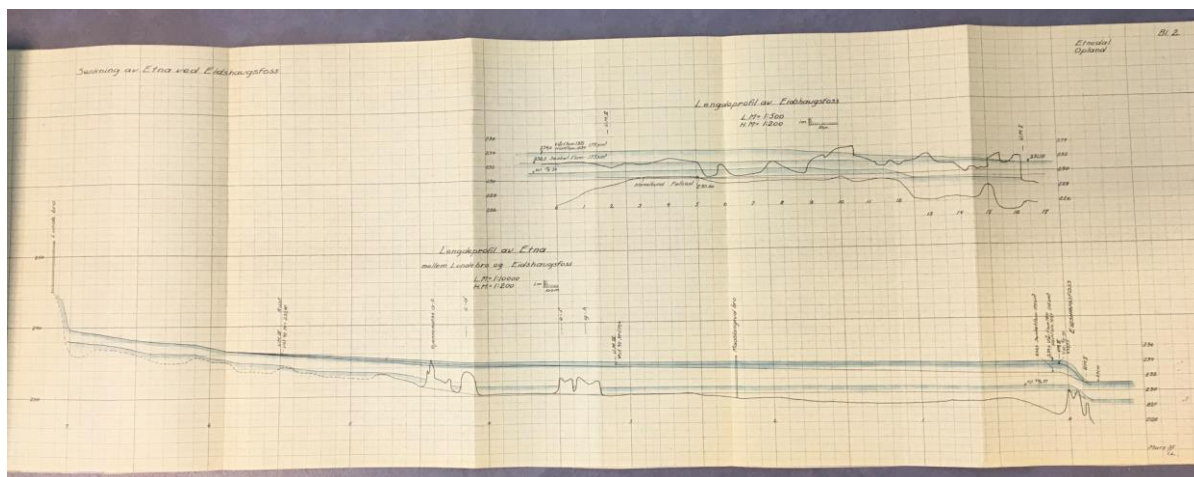
Det nevnes at det er høstflommene som gjør størst skade, og flomvannføringen av 175 m³/s er derfor lagt til grunn for senkningsberegningene. Planen går derfor ut på å senke flom ved vannføring 175 m³/s 1,50 m. Planen beskriver to alternativer, begge to med sprenging av Eidshaugfossen, der alternativ II i tillegg omfatter meandergjennomstikk i øvre del:

«Senkningen tilveiebringes ved sprenging av kanal gjennom Eidshaugfoss samt noen utvidelse i løpet gjennom Madslangrud bro. Alternativt er dessuten planlagt i tillegg til disse arbeider korreksjon av elveleiet over de ovenfor liggende flater mellom Lundby og Bekkelund ved 4 gjennomstikk. Ved begge løsninger forutsettes en del av elvebreddene forbygget for å unngå vesentlig skade ved økning av elvebreddene under den løpende senkning op gjennom elveleiet. [...]. Alt. I. Kanalen ved Eidshaugfoss legges således at den høire bredd og elvebunn blir berørt minst mulig av utsprengningen. [...]. Ved Madslangrud bro er elveprofilet innsnevret og dette forårsaker oppstuvning ovenfor brua. For at senkningen skal komme til sin fulle rett også ovenfor broen må elveprofilet utvides og det bør helst skje i forbindelse med hel ombygging av broen. [...] Selv om elvebunnen og lavvannstanden senkes uvesentlig vil senkningen antagelig medføre noe øket graving i det løse jordsmon, hvorav elvebreddene og bunnen består. Særlig gjelder det yttersvinger i skarpe kurver. Her forutsettes som nevnt stenforbygninger som utføres som stranddekninger av sprengt stein [...]. Alt. II. Mellem Lundeby og Bekkelund har elven et meget serpentinformet forløp. Ved hjelp av de på karter og profiler inntegnede 4 gjennomstikk gis elven et jevnere forløp. Den blir forkortet med ca. 1,0 km, hvorved senkningen i større grad kommer de ovenforliggende arealer til nytte. [...] Sideskråningen stenkles i fornedenkt omfang. [...] Ved begge alternativer er senkningsberegningene tildels bygget på antagelser og resultatene derfor usikre. [...] Arbeidet efter alt kan fremmes i løpet av 3 år [...]. Senkningarbeidet er i sin helhet velskikket til beskjeftigelse av arbeidsløse. [...] Efter den foreliggende eldre opmåling av landbruksingeniøren er ca. 1800 dekar dyrket og dyrkbar mark interessert i senkningen ved begge alternativer.»

Figur 4.6 viser elveløpet mellom Lundby og Bakko med inntegning av fire gjennomstikk som ble omtalt i senkningsplanen. Lengdeprofilen med vannmerkene, flomvannstandene 1931 og 1934 og den planlagte senkningen er gjengitt i **figur 4.7**.



Figur 4.6: Kart med kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1935 i delområde mellom Lundby og Bakko. Meandergjennomstikkene er inntegnet med rød blyant. Fra NVE-arkiv Hamar (A4977, mappe I)



Figur 4.7: Lengdeprofil fra 1930-tallet mellom Lunde bru og Eidshaugfoss med vannmerker, flomvannstander 1931 og 1934, og beregnet flomvannstand etter den planlagte senkningen (NVE-arkiv nr. A4977, mappe I).

Senkningsplanene ovenfor Eidshaugfossen ble imidlertid først realisert på 1950-tallet. Strekningen ble ved dette delt opp i to deler a) Lunde bru – Ruse og b) Ruse – Eidshaugfoss.

a) Lunde bru - Ruse

Figur 4.8 viser planen for delstrekningen fra Lunde bru til Ruse. Ifølge Lybeck (1988) kom man først i gang med arbeidet mellom Lybekkveita og Ruse, hvor man i årene 1952-54 kanaliserte 1,2 km og etablerte flomforbygninger. Arbeidet mellom Lundefossen og Ruse ble gjort etter en revidert plan våren 1955, og «elveløpet Lundefossen – Lybekkveita vart retta ut, og vollane på dei mest utsette stadene sørover vart forsterka med sprengt stein, om lag to kubikkmeter for kvar lengdemeter av elvebredda» (Lybeck 1988, s. 3).



Figur 4.8: Kartgrunnlag fra 1934 (NVE/F 22458) med manuell inntegning av planlagte kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet på delstrekning mellom Lunde bru og Ruse (NVE-arkiv nr. A4977).

I de følgende årene fram til 1959 forsterket man elvebreddene med enda mer masse og sprengt stein, slik at vannet holdt seg der det skulle, i det nye elveløpet. Under storflommen 1966 brøt elva ut på flere steder, slik at man måtte grave ut igjen og kjøre til enda mer stein. Ifølge Lybeck (1988) har man over en 15-16 år lang periode etter 1952 mellom Lundefossen og Ruse utført elvearbeid for 510 kNOK, omlag 55 000 m³ masse ble tatt ut, og elvebreddene ble forsterket med 8000 m³ sprengt stein.

På 1970-tallet ga Vassdragsvesenet tillatelse til å grave ut avlagrete masser ved Lundby og grave noe dypere i deler av profilen, så lenge «*en holder seg godt unna sideskråningene slik at utførte forbygninger ikke på noen punkt undergraves eller svekkes på annen måte*» (NVE-arkiv nr. A4977, H. Haga fra Vassdragsvesenet i et brev til Statens Vegvesen, vegsjefen i Oppland fylke på 12.1.1978).

b) Ruse - Eidshaugfoss

Planleggingen for den nedre delen fra Eidshaugfossen til Ruse var mye mer omfattende og ble basert på nye terrengoppmålinger (se **vedlegg 3**). Ifølge planen fra 1952 dannet Etna ved Eidshaugfossen en fall på 2 m ved lavvannføring. Under midlere flom stiger vannstanden cirka 3,5 m over fossen og oversvømte et betydelig areal dyrket og dyrkbar jord (se **figur 4.9**). Planen gikk ut på å sprengne en senkningskanal, slik at den gjennomsnittlig høyeste vannstand ovenfor fossene i årene 1919-40, tilsvarende 180 m³/s, ble senket 2 m fra kote 234,0 til kote 232,0, og vannstanden ved alminnelig lavvannføring på 1,1 m³/s fra kote 230,50 til cirka 229,50. I planen hadde man tatt med en korreksjon av Etna fra Bekkelund til Ruse på en lengde av 1,8 km. Ved denne korreksjonen ble elva kortet med cirka 1 km, og flommen ville bli senket vesentlig. Det samlede interesserte areal mellom Eidshaugfoss og Ruse ifølge planen var 2018 da (Aarø m.fl. 1955).

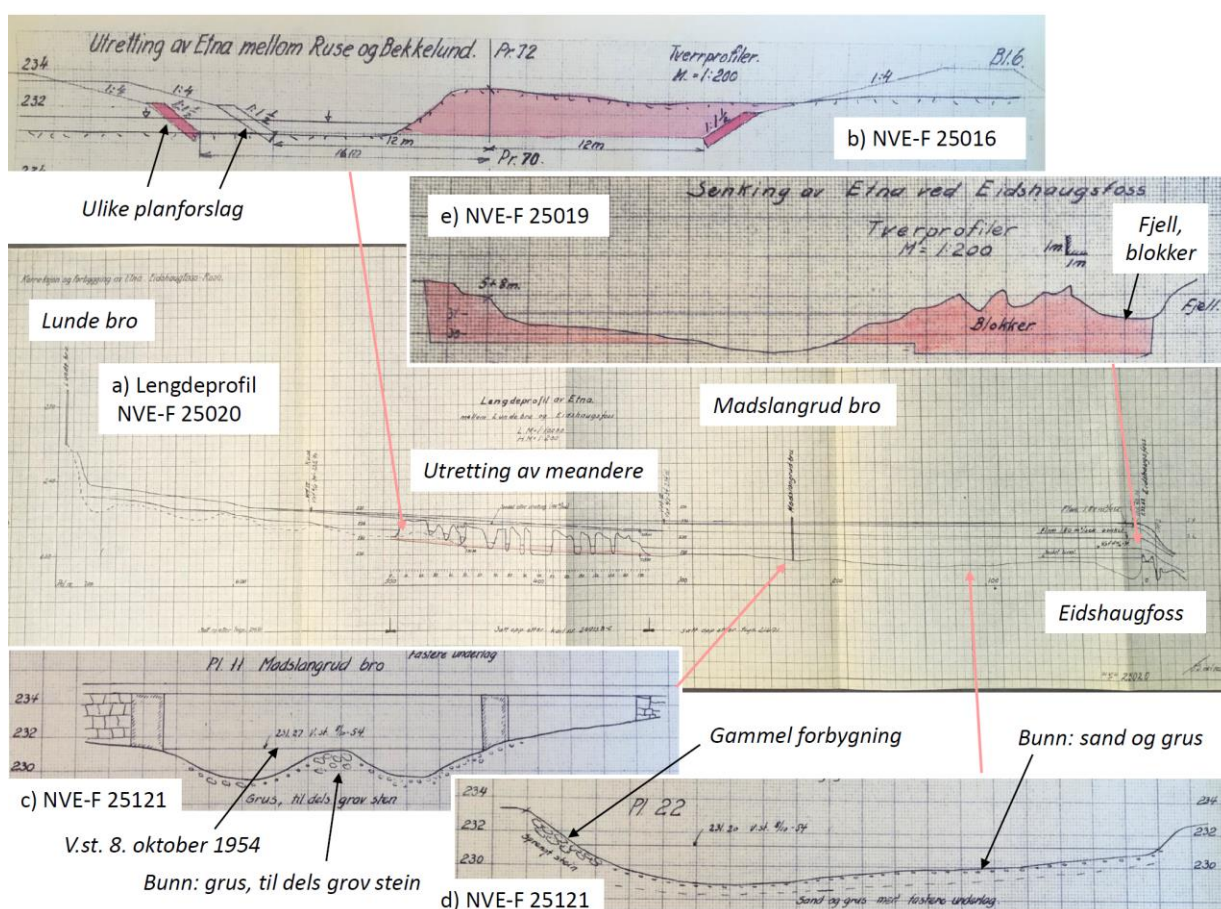
Flere detaljer om senkningsarbeidene er beskrevet i et dokument av Vassdragsvesenets generaldirektør fra en befaring i juni 1955 (NVE-arkiv nr. A4977, Generaldirektør O. Rogstad, Oslo 27. juni 1955, s. 1-2):

«I planen for senkningsarbeidet er det forutsatt at det ved pel 325 – 3 ½ km ovenfor Eidshaugfoss ved 180 m³ vannføring skal bli en vannstand på kote 233 – 1,0 m høyere enn den senkede vannstand ovenfor fossen. For å oppnå dette må man bl.a. grave ut profilet ved Madslangrud Bro, så det her ikke blir noe ekstra fall. Vassdragsvesenet har også forutsatt det. Den gamle bro vil i det hele tatt ikke kunne stå etter at Eidshaugfossen blir senket. Vassdragsvesenet har også forutsatt det. Vassdragsvesenet har gått ut fra at det blir bygget ny bro med tilstrekkelig gjennomsnittlig profil uten at arbeidet med den direkte kommer under senkningsarbeidet. For det annet må elveleiet på strekningen fra kanalens nedre del ned til Eidshaugfoss bli senket ca. 1 m. Det er fortsatt en del grunnundersøkelser i elvebunnen her, og de tyder på at det er løst materiale i en sådan dybde. Dette løsmateriale må forutsees å gå ut av seg selv under flommen på grunn av den sterkere strøm, som da blir etter senkningen. Dette materialet er av en slik beskaffenhet at det ikke vil kunne bevirke noen skade nedenfor i vassdraget. Hvis det på enkelte steder er fast materiale som ikke går ut med flommen i mindre dybde enn forutsatt, skal det etter uttalelse fra Vassdragsvesenets vedkommende utgraves så det blir tilstrekkelig profil for å oppnå den tilsiktete senkningen. [...].

Planene fra 1950-tallet inkluderte flere beregninger og grafiske fremstillinger (kart, lengdeprofiler, tverrsnitt) som viser oversvømmelsesområder før og etter den planlagte senkningen, se **vedlegg 3** og **figur 4.10**. Tverrprofilene fra 1950-tallet dokumenterer at det eksisterte noen sprengsteinforbygninger fra før langs elva (se **figur 4.10** tverrprofil d). Lybeck (1988) nevner at det ble utført utbedringsarbeid ved Trondhjem (nord for Madslangrud bru) allerede på 1920-tallet.

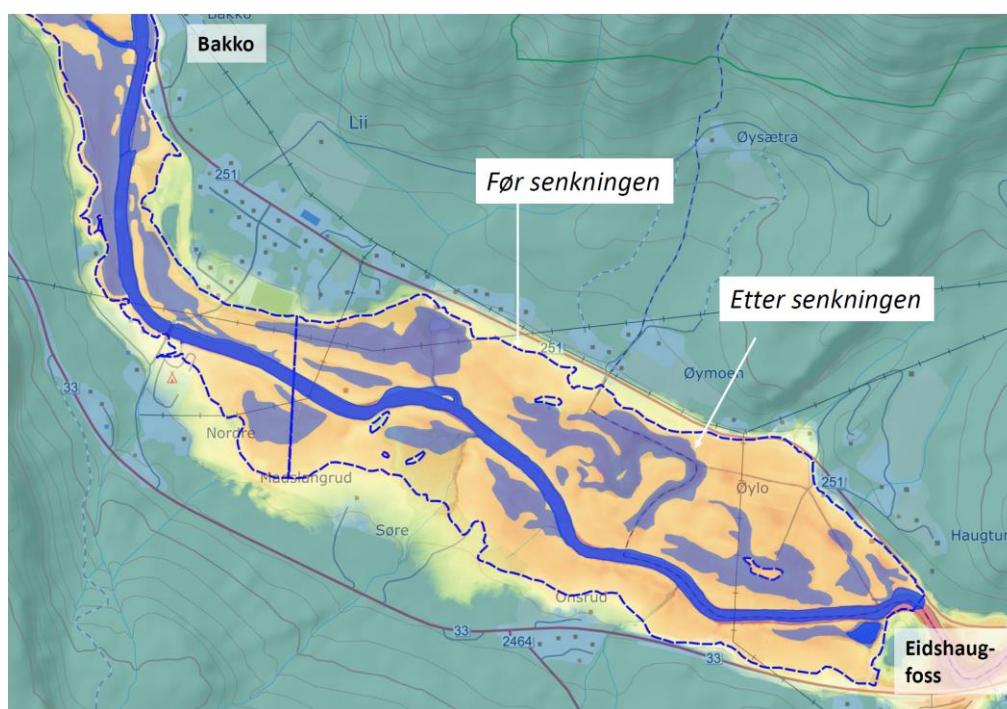


Figur 4.9: Foto av vannstandsmåleren ovenfor Eidshaugfossen under flom 20. august 1951. Vannstanden øket en del etter at bildet er tatt, så det bare var igjen 20-25 cm før det ville gått over vannmerket. (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977, mappe III).



Figur 4.10: Lengdeprofil fra 1952 mellom Lunde bru og Eidshaugfoss (NVE-F 25020) med vannmerker og flomvannstander, med utvalgte tverrprofiler som illustrerer elvas tilstand før og etter den planlagte utbyggingen. Deler av profilen som skal graves ut eller sprenges bort er merket med rødt. Datagrunnlag: NVE-arkiv, nr. A4977.

Arbeidene med senkning av Eidshaugfossen ble ifølge Lybeck (1988) satt i gang i 1953 og gjennomført innen utgangen av 1950-tallet. Det ble sprengt en ti meter dyp renne i bunnen gjennom Eidshaugfossen, og elveløpet der ble gjort bredere ved at cirka 7000 m³ fjell ble sprengt ut. Materialet ble brukt for å stenkle elvebreddene i elva oppover. Meanderne mellom Ruse og Bekkelund ble rettet ut ved å grave et nytt, rettlinje løp for elva. Kanalen fikk en bredde på 24 m i bunnen, og elvas lengde ble redusert med cirka 1 km. Yttersvingene og utsatte strekninger ble forbygd med sprengt stein. Totalt ble det gravd ut cirka 100 000 m³ masse og tilkjørt 12 000 m³ sprengt stein til forsterkninger. Arbeidene på strekningen fra Ruse til Eidshaugfoss kostet bortimot en million NOK. Resultatet var at flommen etter dette ble «senka ein god del, og elva vart betre eigna til tømmerfløyting» (Lybeck 1988).



Figur 4.11: Forventet flomvannstand mellom Bakko og Eidshaugfoss for en vannføring av 180 m³/s før og etter senkningen på 1950-tallet, basert på kart fra NVE-arkivet (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977 kart 249/3A). Bakgrunnsdata: terrenghøyder (DTM1, *hoydedata.no*).

Staten dekket 2/3 av utgiftene for senkning, korleksjon og forbygning av Etna elv på hele strekningen fra Eidshaugfossen til Lybekkveita på 1950-tallet. Distriktsbidraget var 1/3 og ble gjenstand for fordeling ved voldgiftsskjønn. I august 1955 ble det holdt voldgiftsrett i Etnedal med fastsettelse av a) erstatning for skader og ulemper som måtte oppstå som følge av senkningen og avståing av eiendom og rettigheter, og b) tilskuddsplikt og tilskuddets størrelse. To høyesterettsadvokater representerte grunneiere og rettighetshavere langs Etna, deriblant fellesfløtningsforeningen (Aarø m.fl. 1955).

I 1956 forlangte fire grunneiere erstatning fordi sand og grus hadde fylt Støhølen og Bratlandshølen på strekningen mellom Bratland og Madsstuen slik at flomskadene på eiendommene ble større enn før. Under en befaring i november 1957 beskrev man (NVE arkiv nr. A4977, brev fra NVE Oslo sign. K. Malmo fra 9. november 1957):

«vesentlige oppøringer som utvilsomt skyldes arbeidene i Etna ovenfor Eidshaugfoss. På den 4-500 m lange strekningen mellom to stryk var løpet og de to hølene oppgrunnet og det lå avlagret sand langs breddene.»

Senkningsemnda skrev 1965 (NVE-arkiv nr. A4977, Senkningsemnda for Etna elv, Sør-Etnedal, brev signert I.K. Haug, 10. april 1965):

«Senkning og regulering av Etna elv verker stort sett mykje bra [...]. Nytt land er turrlagt og lagt under plogen, jorda gjævn etter måten tilfredsstillende avlingar. Dei aller fleste interesserte jordbrukarar er – etter mi oppfatning – vel nøgde med resultatet. Men det er ein strekning frå Madslangrud bru og nordover til og med Prestøyen (Ivar Rusten) som er det lægste av arealet etter elva her. Der er det ikkje tilfredsstillande. Medan vårflaumane varer, står det meste av arealet under vatn. [...] Der er det deifor sterk misnøye. [...] Det ser ut for at elva dreg for dårlig unda der kanalen Bekkelund-Lybekkveita kjem ut slik at elvevatnet går i bakvatn kanalen nordover og går innover markene [...].»

På 1970-tallet ble det ifølge dokumenter fra NVE-arkivet oppmålt noen profiler på strekningen mellom Eidshaugfoss og Ruse i forbindelse med sediment («ørmasser») som hadde avlagret seg på elvebunnen og skulle fjernes. 1985 la NVE fram en utvidet plan til senkning og korreksjon av Etna mellom Eidshaugfoss og Bekkelund. Plandokumentene ble utarbeidet basert på kartene fra 1950-tallet og nye profiloppmålinger, se **figur 4.12** og **vedlegg 3**. I begrunnelsen heter det (NVE-arkiv nr. A4977, brev fra NVE B. Haga fra 7. mai 1985):

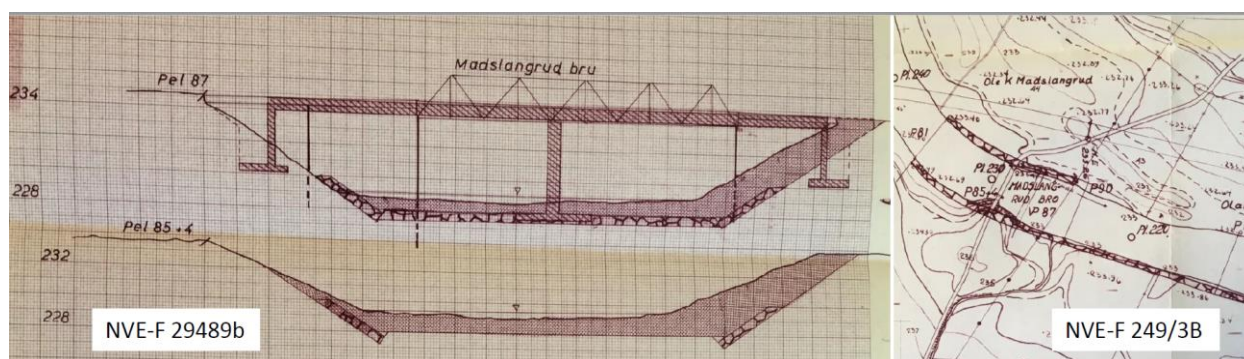
«I Etna er det i årenes løp utført en rekke forbygninger og flomsikringsarbeider. Dessuten er det planlagt flere tiltak som ikke er kommet til utførelse. [...] Registereringer som Forbygningsavdelingen har gjort etter at arbeidet ble avsluttet viser at senkningseffekten umiddelbart oppstrøms Eidshaugfossen er som forutsatt i planen. På strekningen Eidshaugfoss-Bekkelund ble det kanalisert ved graving i elveløpet, og det ble lagt opp til at selvgraving som følge av senkningen i fossen nedenfor skulle gi en senket flom. [...] Kontroller som Forbygningsavdelingen har foretatt på strekningen Eidshaugfoss-Bekkelund ved bl.a. innmåling av flomlinjer og beregning basert på elveprofiler, opptatt i 1984, viser at senket flom 180 m³/s ikke svarer helt til angivelse i plan 09.12.1952, jfr. tegn.nr. 25174 b. Som en ser er flomnivået ca. 10 cm for høyt ved P 100 (N. Munkelien), ca. 40 cm for høyt ved P 225 (nedstrøms Madslangrud bru) og ca. 60 cm for høyt på strekningen Bekkelund-Madslangrud bru.»

Den utvidete planen fra 1985 inkluderte følgende tilleggsarbeider:

- Utvidelse av bredden ved Eidshaugfossen ved utsprengning på høyre side i 60 m lengde (ca 1 500 m³ fjellsprengning), for å bedre innstrømningen til Eidshaugfossen og flomsenkning med 180 m³/s til 20 cm i forhold til situasjonen før
- Utvidelse av elveløpet på fire parseller mellom Bekkelund-Eidshaugfoss (samlet gravemasse 30 000 m³)
- Fjerning av eksisterende stryk ved Madslangrud bru ved utgraving av bunnen til kote 228,0, og forbygning av sidene der det foretas utvidelse (steinsetting av et gjennomsnittlig 0,5 m tykt steinlag med god fundamentering i foten av elveskråningen)
- Ny bru ved Madslangrud ved bruk av prefabrikerte betongelementer og sikring av bunnen.

Etter plan fra 1985 ble det utført ytterligere senkning av elveløpet og utsprengning på toppen av Eidshaugfoss for å bidra til flomsenkning.

Ifølge Amundsen m.fl. (2019) var det i 1995 mindre skader ved Vesleelva, i nedstrøms ende av Lundefossen-Rusestrande-flomverket. Skadene ble reparert i etterkant.



Figur 4.12: Kart og tverrprofiler ved Madslangrud bru (i dag: Etna Camping) fra den utvidete senkningsplanen fra 1985. Datagrunnlag: NVE-arkiv, A4977.

I 2017 igangsatte NVE et toårig prosjekt med formål å bistå kommunene med å framskaffe en oversikt over tilstanden av flomverk. På oppdrag for NVE har Multiconsult systematisk gjennomgått en rekke anlegg [32 flomverk] og utført kartlegging, innmåling, tilstandsvurdering og vurdering av behov for rehabilitering eller oppgradering. En rapport fra Multiconsult (Amundsen m.fl. 2019) beskriver status og vurdering av behovet for oppgradering Lysbekkveita-Ruse flomverk (VV 4866, 4977, se **figur 4.4**). Verket her består av 3 parseller og er ifølge rapporten generelt i god stand, men det er observert undergraving mot elven enkelte steder. Rapporten inneholder kostnadsoverslag for rehabilitering av flomverket på eksisterende sikkerhetsnivå og oppgradering til sikkerhetsnivå 200 årsflom.

4.2.2 Elvas morfologi før og etter kanaliseringen

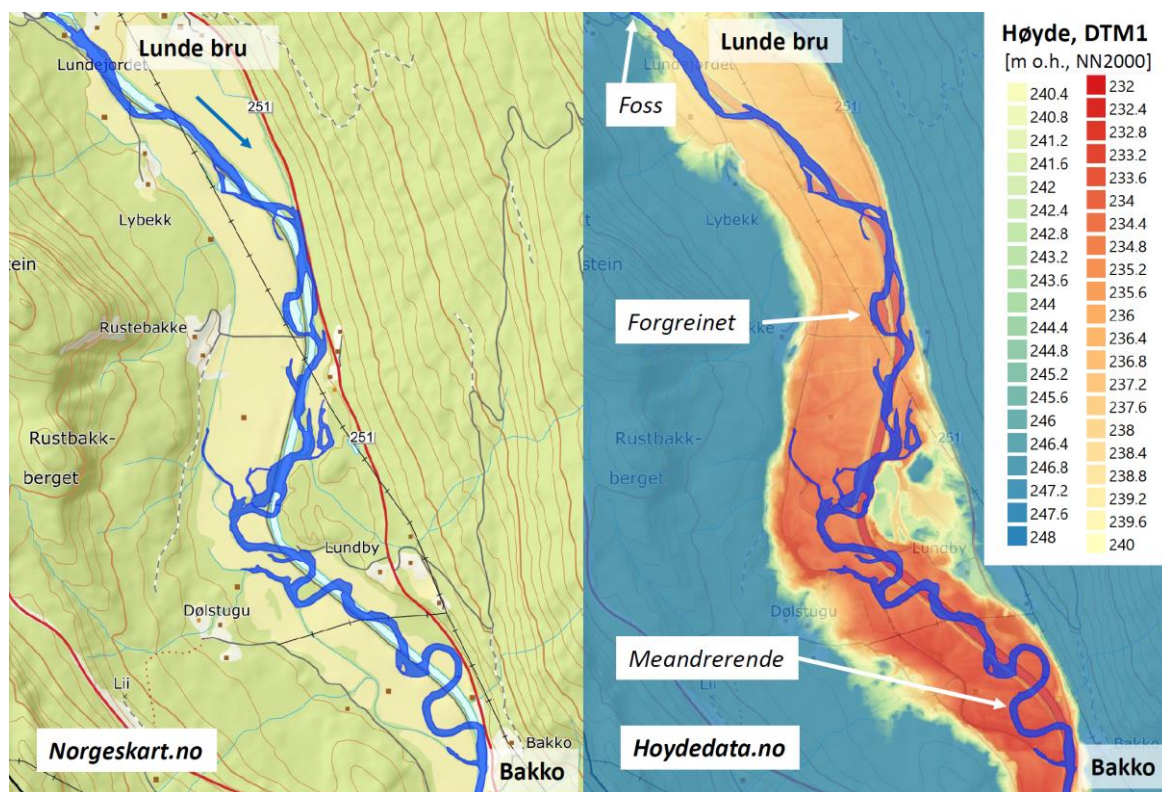
Tilstanden av strekningen mellom Lunde bru og Høljerast er godt beskrevet i artikkelen av Lybeck (1988), som inneholder en beskrivelse av Etnas utseende cirka 1890, av ing. Klem (s. 2):

«I den øvre del av Lundefoss og nedover på en strekning av 4500 m har elven et noenlunde raskt, men meget uregelmessig løp. Elven gjør her både mange og voldsomme bugtninger, og er meget oppfylt av stein og sandører, der på flere steder er årsak i at elven forgreiner seg i flere løp. Da dessuten elvebredden er meget lav og ørene ofte forårsaker opdemning, så har flommen på flere steder let for å løpe over. [...] Den nedre del av elven på plassen Bakken nedover til Eidshaugfoss – en strekning på 3500 m – har et meget rett og regelmessig løp. Fallet er derimot meget svakt, kun 0,25 på denne del. Elvenes bredden er også forholdsvis lave. Ved Eidshaugfoss snevrer elveløpet seg mellom to fjellpartier betydelig inn, hvilket bevirker, at flommen her gjerne oppdemmes og oversvømmer de ovenforliggende flate marker.»

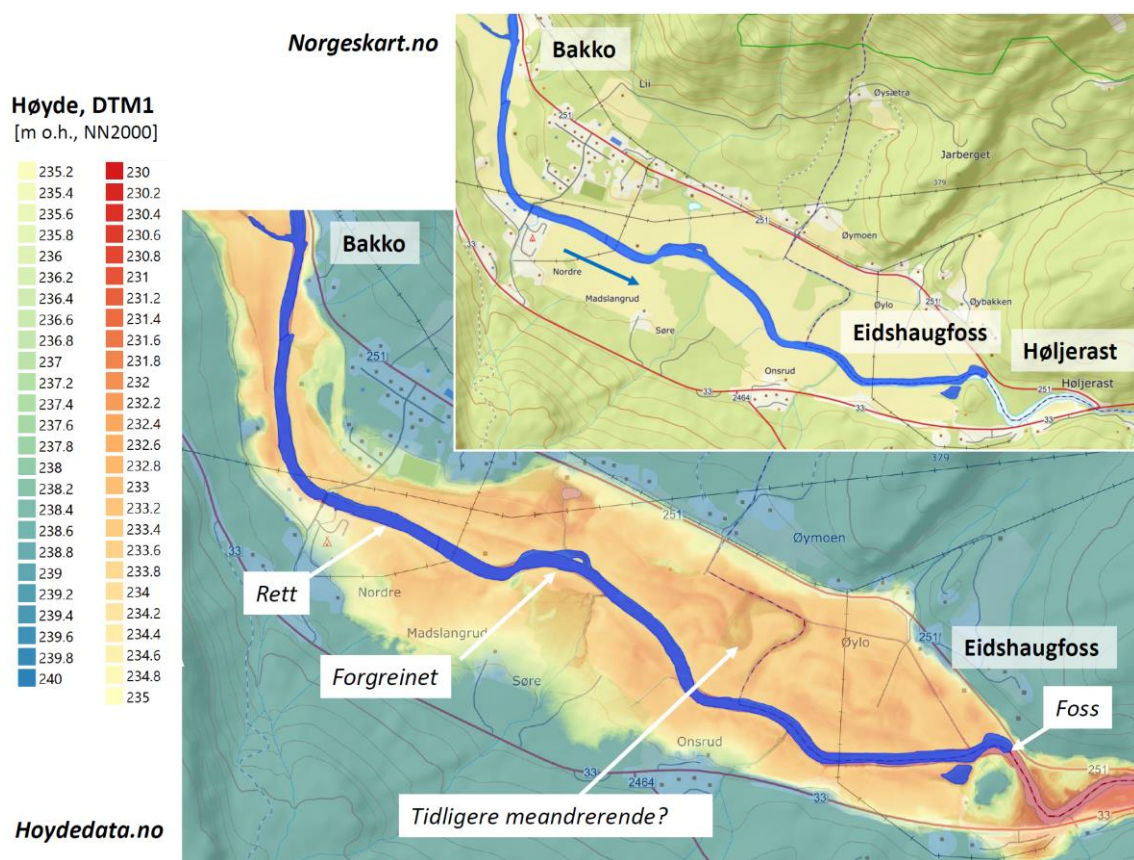
I et dokument fra Vassdragsdirektøren fra 1919 står det (Lybeck 1988, s. 2):

«Etna har på størsteparten av sitt løp efterat den har nådd dalbunnen lite fall og går i store bukninger gjennom meget løst materiale, vesentlig bestående av fin sand. På de store flate jorder under Trondhjem er serpentindannelsen så stor og tiltrer i sådan grad, at den må søkes stanset ved forbygning, om større partier av den gode dyrkede mark ikke skal bli ødelagt.»

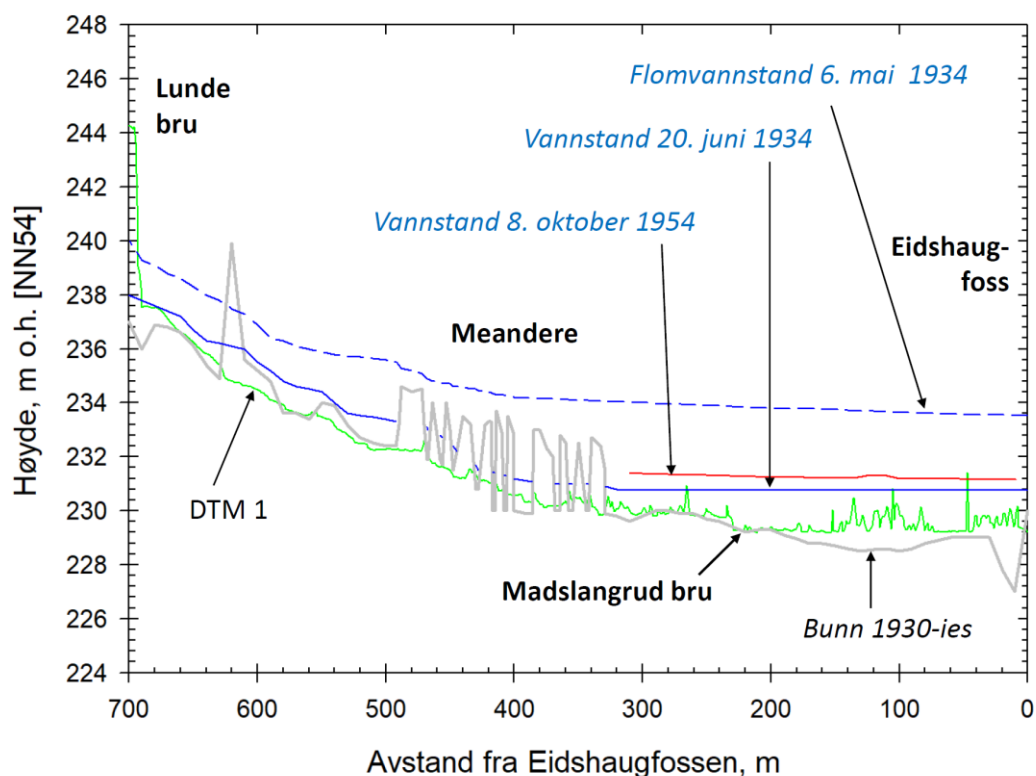
Figur 4.13 og **4.14** illustrerer hvordan elva sannsynligvis har sett ut da man forfattet disse beskrivelser. Elvas forløp i figurene er basert på gamle kart fra NVE-arkivet som viser forløpet før kanaliseringen på 1950-tallet, se **vedlegg 3**.



Figur 4.13: Kart og høydemodell DTM1 for delområde I fra Lunde bru til Bakko, med inntegnet forløp av elva før reguleringen på 1950-tallet og typiske elveløpsformer.



Figur 4.14: Kart og høydemodell DTM1 for delområde II fra Bakko til Høljerast, med inntegnet forløp av elva før reguleringen på 1950-tallet.

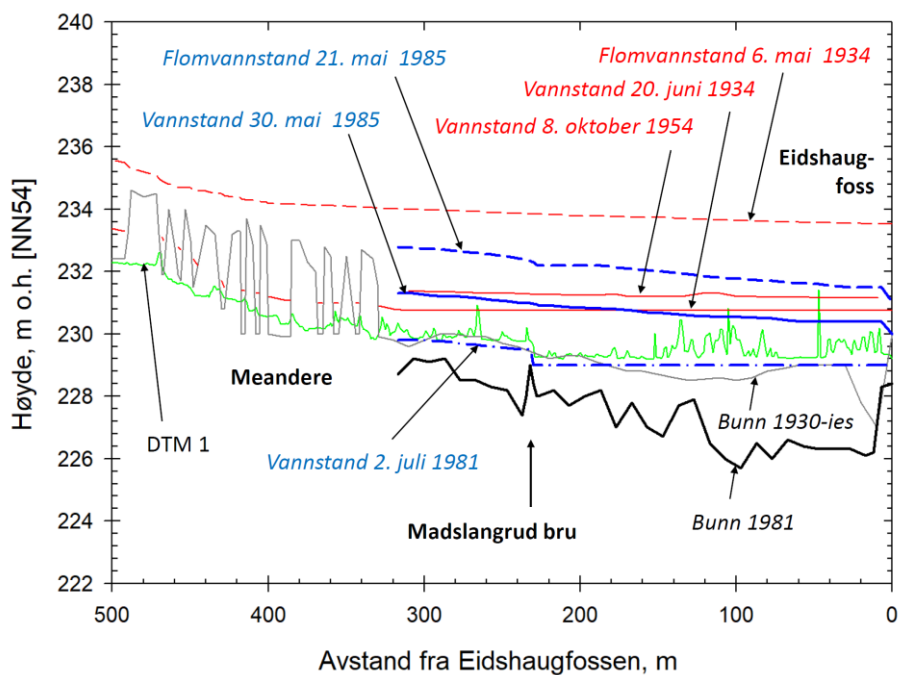


Figur 4.15: Lengeprofil fra Lunde bru til Eidshaugfoss med vannstander (blå) og bunnhøyder som viser tilstanden før kanaliseringen på 1950-tallet og dagens digitale terrengmodell DTM1 (grønn). Avstand er oppgitt for dagens tilstand med kanalisert elv.

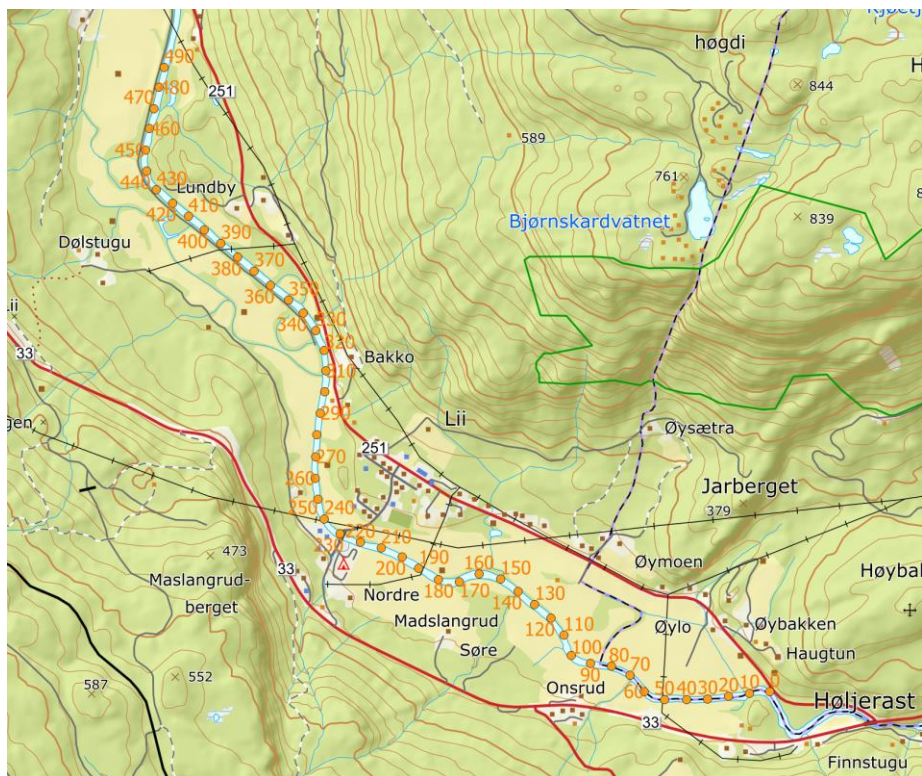
Lengdeprofilene (**figurene 4.15 til 4.17**) for ulike hydrologiske og hydromorfologiske situasjoner ble laget basert på kart og profiler fra NVE-arkivet. **Figur 4.15** viser tilstanden før kanaliseringen og illustrerer at oppstuvningseffekten fra Eidshaugfossen var avgjørende for vannstanden i Etna opp til meanderne ved Bekkelund under flom og under midlere vannføringsforhold. Ved lave vannføringer gikk effekten opp til et område ovenfor Madslangrud bru (i dag: Etna Camping). Det resulterte i veldig lave helninger under alle vannføringsforhold, store oversvømmelser på flomsletta under flom, og en begrenset sedimenttransportkapasitet som førte til de typiske forgreinete løpsmønstre, særlig i øvre del.

Figur 4.16 illustrerer hvordan vannstands- og bunnforholdene har forandret seg etter kanalisering og sprenging av Eidshaugfossen på 1950-tallet. Profilpunktene fra 1980-tallet for strekningen mellom Bekkelund og Eidhaugfoss er vist i **figur 4.17**. Etter kanaliseringen er det ved middelvannføring fortsatt Eidshaugfossen som påvirker vannstanden opp til Madslangrud bru, men vannstanden ligger cirka 2 m lavere enn før. Under høyere vannføringer og flom oppstår nå mye større gradienter, og det er morfologien og ruheten i kanalen som er avgjørende for vannstanden. Elvebunnen mellom Bakko og Eidhaugfossen var i 1981 cirka 1 til 2,3 m lavere enn før kanaliseringen på 1930-tallet. Data fra dagens digitale terrengmodell DTM1 er ikke korrigert for feil på grunn av dataoppløsning, vegetasjon e.l., og er kun vist for å sammenligne de historiske datae med dagens «elveoverflate» på laserscan-dato.

Figurene illustrerer at elveløpet er omfattende forandret. Sprengninger (ved Eidshaugfossen) og innskjæring har ført til helt andre hydromorfologiske forhold enn før kanaliseringen.



Figur 4.16: Lengdeprofil fra Bekkelund til Eidshaugfoss med vannstander før kanaliseringen på 1950-tallet (rødt), på 1980-tallet (blått) og dagens digitale terrengmodell DTM 1. Avstand er oppgitt for dagens tilstand med kanalisert elv. Vannstanden for 2. juli 1981 og 8. oktober 1954 representerer (litt over) midlere vannføringer, 20. juni 1934 lavvann.

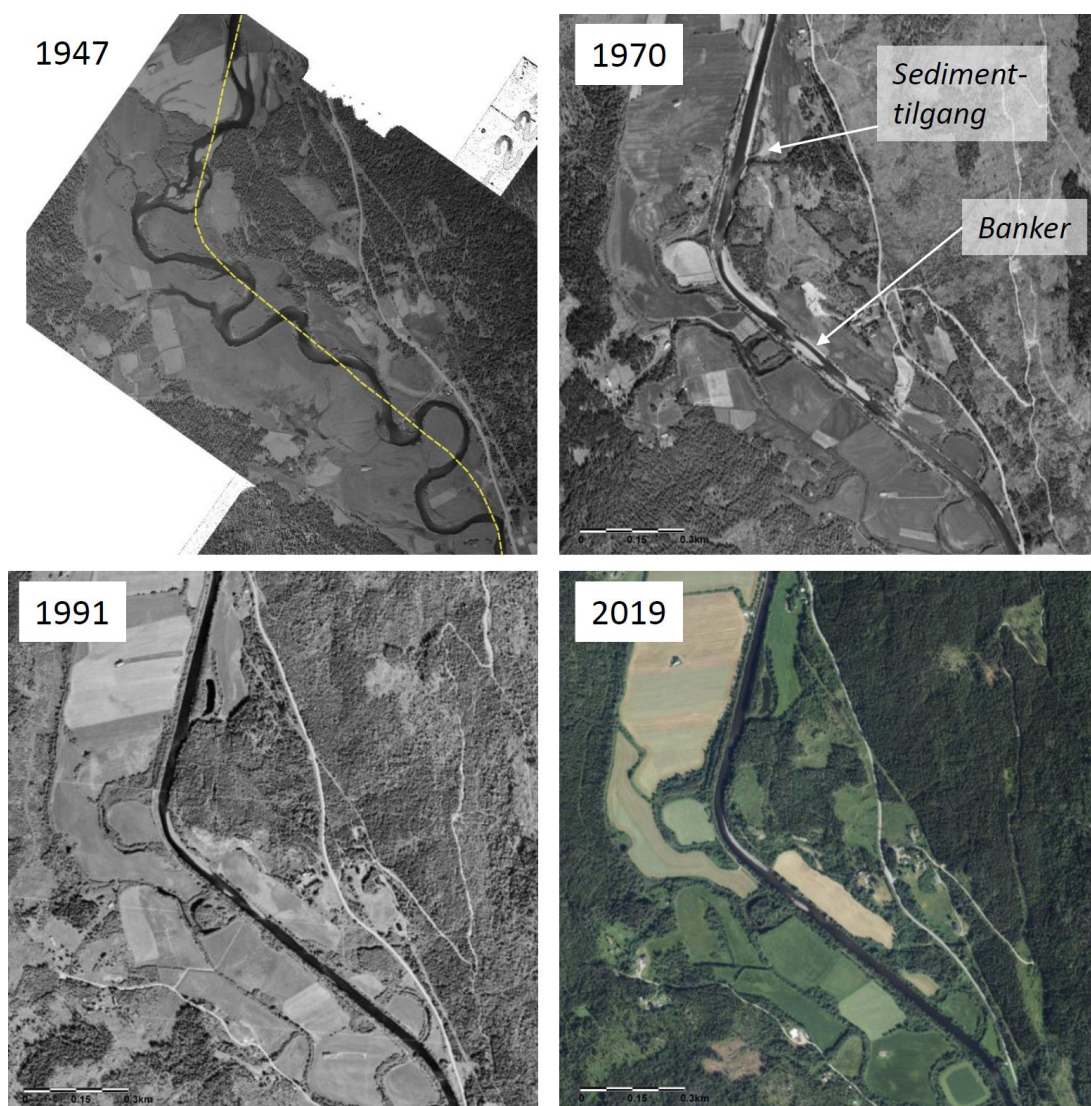


Figur 4.17: Profilpunkter fra 1980-tallet for lengdeprofilen fra Bekkelund til Eidshaugfoss. Avstand er oppgitt for dagens tilstand med kanalisert elv.

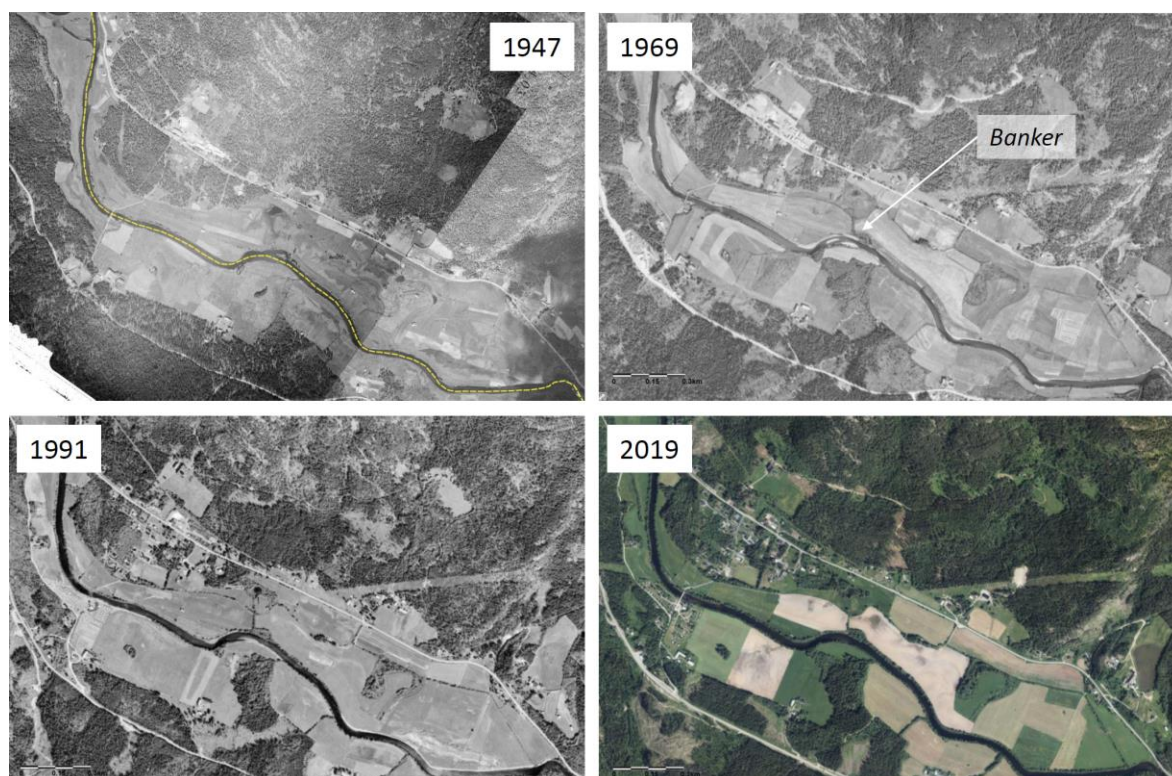
I en inventering 1978/79 er strekningen mellom Lundejordet og Høljerast beskrevet slik (Gjessing & Engen 1980, s. 30):

«De øvre 2/3 av elveløpet i dette dalbekkenet er rettet ut og forbygd med flomverk. I den øverste delen er det skjøvet opp en del materiale fra elveløpet med bulldozer og det er laget forbygning med sprengstein. Her er stenbunn av bevegelige materialer og banker. Jordene på begge sider ligger på flommateriale som er avsatt over steinmateriale. Lenger ned er det småsteinbanker vekselvis på den ene og på den andre siden av elveløpet. Dette er typisk for noenlunde rette løp som fører en del bevegelig materiale. Den slakere, nedre delen av elveløpet i dette dalbekkenet er ikke rettet ut.»

Denne beskrivelsen og kommunikasjonen rundt «opprensning av ørmasser» fra 1970-tallet indikerer også at det var en god del sedimenttransport (bunntransport) på strekningen mellom Eidshaugfoss og Ruse i denne perioden, noe som er synlig på flyfoto fra 1970 (**figur 4.18 og 4.19**). Det er ikke uvanlig at det tar noen tiår før en elv kommer inn i en ny «likevektstilstand» etter dyptgående morfologiske påvirkninger. I flyfoto fra 1970 ser man også at det fremdeles fantes noen aktive sedimentkilder langs elveløpet. Flyfotoene indikerer at tilgang på sedimenter og bunntransport har vært mindre i de siste 30 år. Det har bidratt til en mangel på strukturer i elva.



Figur 4.19: Strekningen mellom Ruse og Bakko i flyfoto fra ulike år. Foto fra 1969, 1991, 2019: *norgebilder.no*.



Figur 4.20: Strekningen mellom Bakko og Eidshaugfoss i flyfoto. I foto fra 1991 er Madslangrud bru fjernet, dvs. bildet ble kanskje tatt under anleggsperioden til den nye brua. Foto fra 1969, 1991, 2019: *norgebilder.no*.

4.2.3 Vurdering av foreslåtte tiltak

Ifølge tiltaksplanen (Elvigen m.fl. 2018) har det blitt gjort store inngrep på denne strekningen, men flere verdifulle flommiljøer har blitt bevart og området har et relativt høyt innslag av rødlistearter knyttet til flommark. Deler av strekningen tilhører naturtypen kroksjøer, meandere og flomløp som er sterkt truet i Norsk rødliste for naturtyper. **Tabell 4.2** og **4.3** og **figur 4.21** viser tiltakene som er planlagt, **tabell 4.4** eksisterende sikringstiltak.

Kanaliseringsen og redusert sedimenttilgang har ført til en strukturfattig elvebunn, og utlegging av større steiner (**tiltak 1-H, 2-H**) er et velegnet habitattiltak i slike tilfeller (se f.eks. Pulg m.fl. 2018). Hydraulisk skaper man en større bunnruhet som fører til mer strømningsvariabilitet og litt høyere vannstander. NVE anbefaler å legge steinene ut 3 og 3, slik at de låser seg (**vedlegg 2**). Det bør sjekkes hvorvidt det kan ha en negativ effekt på eksisterende flomvoller som er litt skadet, f.eks. på høye side mellom Lundefossen og Langøye hvor man har funnet undergraving (Amundsen m.fl. 2019). Utlegging av steiner er imidlertid kun kosmetikk for en kunstig redusert prosessdynamikk. Hvis man ønsker å reetablere naturlige prosesser og la elven gjøre jobben selv, så bør man heller ta bort erosjonssikringene og tillate kanterosjon.

Flytting av flomvoll mellom Lundebro og Røstenge (**tiltak 1-F.1, figur 4.23**) er derfor positiv og ifølge erfaringene fra NVE ikke noe problem hvis sikringsnivå skal forbli det samme som nå (se **vedlegg 2**). Man starter fra nedsida. Man kan måle opp de aktuelle flomvollhøydene med GPS og bruke det som maskinstyring for gravemaskin. Sikringsnivå blir da det samme som før, men erosjonsnivå kan stige. Dagens flomverk ved Lundefossen-Lanøye og Lundefossen-Rusestrande har ifølge Multiconsult-rapporten (Amundsen m.fl. 2019) i dag et beskyttelsesnivå på omtrent en 50-årsflom og flomverket ved Ruse på omtrent 20-årsflom.

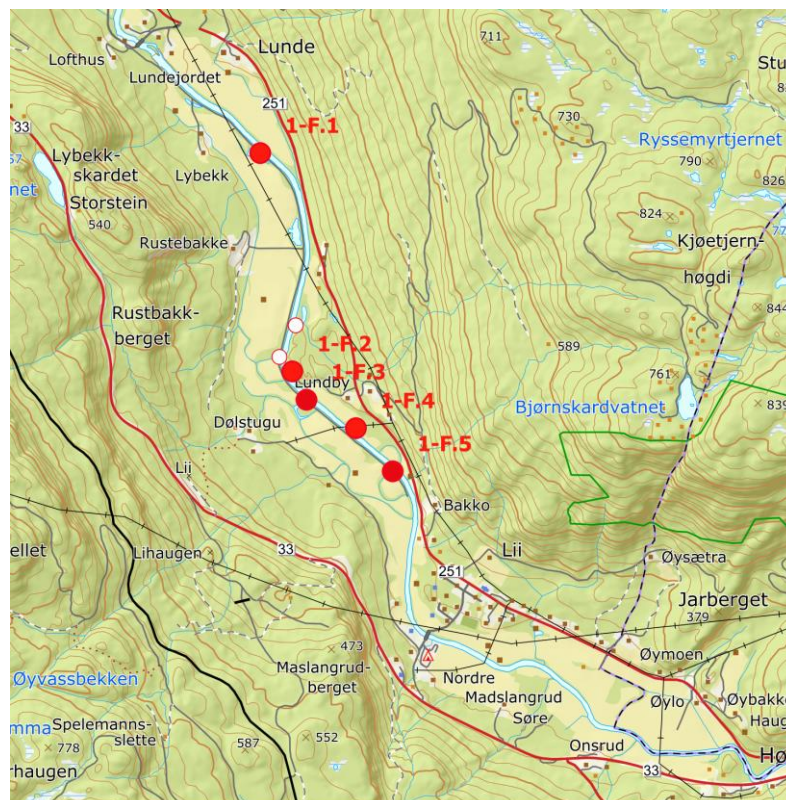
Ny plassering av flomvoll vil gjenskape strukturer av det gamle elveløpet og legger til rette for økt dynamikk med hensyn på strømninger og sedimenter, særlig hvis man beholder deler av den gamle flomvollen som øy og sedimentkilde. Terrengmodellen DTM1 indikerer at det er ingen eller forholdsvis små høydeforskjeller mellom dammene og dagens elva, slik at det blir i praksis en utvidelse av elveløpet med en sjanse for en viss reetablering av forgreinete løpsmønstre og eventuelt grusører i små skala, særlig i øvre del.

Tabell 4.2: Oversikt over tiltakslokaliteter for delområde I fra Lunde bru til Bakko som ble foreslått i tiltaksplanen fra DNV (Elvigen m.fl. 2018) eller senere. Kostnader og prioritet er oppgitt som følger: L = lav, M = moderat, H = høy.

DA	Ref.	Name	Tiltak
I Lunde bru til Bakko			
1-F.1	DNV 03/2021	Flytting av flomvoll mellom Lunde bru og Røstenge	Legge om vegen og flomvollen for å innlemme 3 dammer i elveløpet; legge ut eventuelle store steiner i elva
1-F.2	DNV 01/2021	Tilbakeslagsdam ved Lundby	Lage en forbindelse med elva slik at denne fylles med vann i flomperioder og fungerer som evje
1-F.3	DNV 01/2021	Del av gammelt løp ved Lundby	Åpne flomvoll/erosjonssikring slik at elva får kontakt med en gammel elvesving igjen som kan fylles med vann i flomperioder
1-F.4	DNV 2018 (6.1.3)	Meander ved Dølstogo	Reetablere vanngjennomstrømmingen ved å åpne flomvollen helt eller delvis (alternativt bredt kulvert gjennom flomvollen); steinbuner som leder inn vannet
1-F.5	DNV 2018 6.1.4	Meandre ved Bekkelund	Reetablere vanngjennomstrømmingen i meanderne tidvis eller gjennom hele sesongen; åpne flomvollene eller legge kulvert; evt. senkning av meanderne; steinbuner i elva
1-H	DNV 03/2021 og 2018 (6.1.5)	Habitatforbedrende tiltak	Utlekking av større stein som habitatforbedrende tiltak på strekningen mellom Lundebru og Etna camping (DNV 2018: Tiltak for å bryte opp vannstrømmen og gi mer skjul)
1-K	DNV 2018 (6.1.6)	Kantsoner	Etablere mer enn 5 m brede kantsoner med god sjiktning

Tabell 4.3: Oversikt over tiltakslokaliteter for delområde II fra Bakko til Høljerast som ble foreslått i tiltaksplanen fra DNV (Elvigen m.fl. 2018). Kostnader og prioritet er oppgitt som følger: L = lav, M = moderat, H = høy.

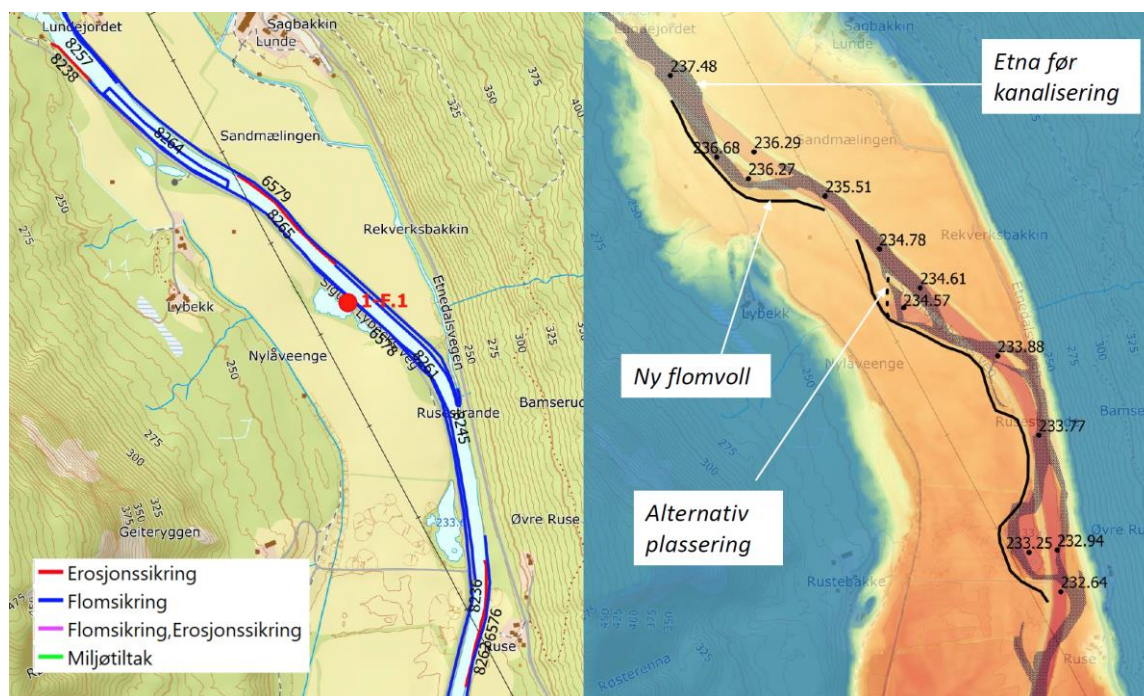
DA	Ref.	Name	Tiltak
II Bakko til Høljerast			
2-F	DNV 2018 (6.2.1)	Tilbaketrukken erosjonssikring	(Delvis) flytting av flomvollen
2-D	DNV 2018 (6.2.2)	Dammer	Grave dammer for å øke arealet med gode våtmarksområder; forhindre at store mengder næringsstoffer renner ut i dammene
2-H	DNV 2018 (6.2.3)	Habitatforbedrende tiltak	Tiltak for å gi mer skjul, f.eks. legge ut større steiner/steingrupper i elva, lage steinbuner, grave kulper osv.
2-K	DNV 2018 (6.1.6)	Kantsoner	Etablere/utvide kantsoner med god sjiktning



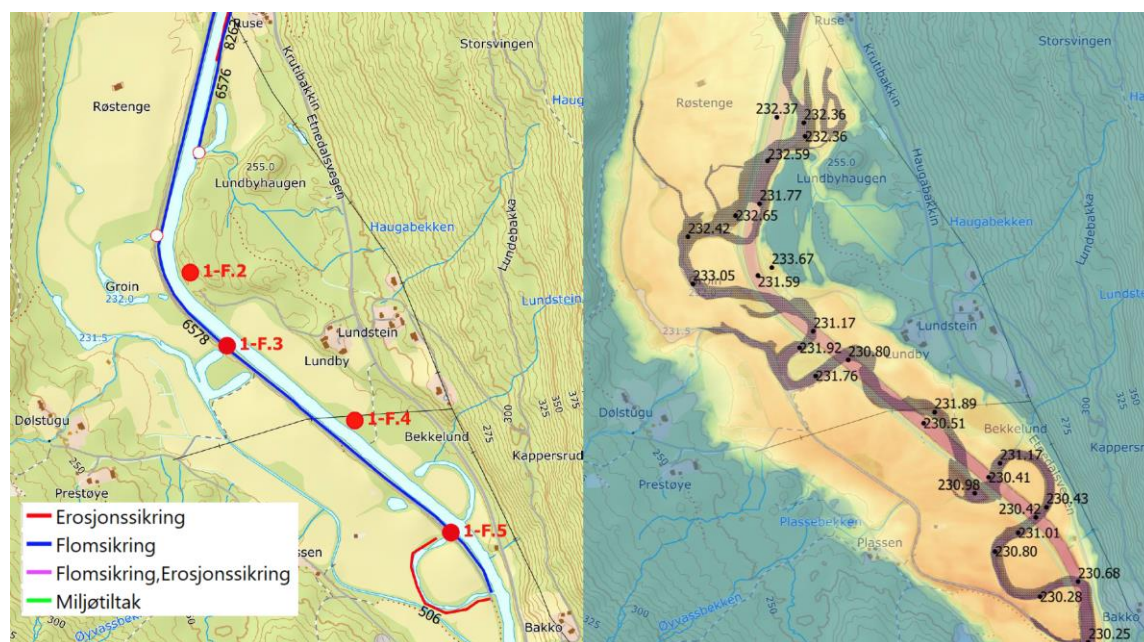
Figur 4.21 Delområde I-II fra Lunde bru til Høljerast med foreslåtte tiltak relatert til åpning eller flytting av flomvoller

Tabell 4.4: Eksisterende sikringstiltak ift. NVE-Atlas (03/2021) som er relevant for planlagte tiltak for delområde I fra Lunde bru til Bakko. L = omfang (lengde) av anlegget Elveside: H = høyre, V = venstre, M = midten

Anlegg Nr	Anleggstyper	Tiltak Nr	L, m	Side	Bygget Dato	Kommentar
Etna ved Trondhjem						
506	Erosjonssikring, Ordnet steinlag	628	370	H	26/11/1926	Usikker plassering
Etna ved Eishaugfoss-Ruse						
6576	Korreksjon av elveleie, Senkning av elveløp,	4977	598	V, M	10/11/1988	Forbygging og korr av elveleie, utf. ca. 1954. Forbygning av sprengt stein i ordnet røys.
6578	Erosjonssikring, Ordnet	4977	3457	H, M	10/11/1988	
6579	steinlag	4977	1305	V, M	10/11/1988	
Etna ved Lybekkskeite-Rusa						
8236	Erosjonssikring	4866	149	V	15/07/1999	Utf. ca. 1955, forsterket e. flom-66.
8238	Erosjonssikring	4866	122	H	15/07/1999	Utf. ca. 1959
8245	Flomverk, Opprenskning, Erosjonssikring, Ordnet steinlag	4866	888	H, M	15/07/1999	Fylling h. side og delvis opprensk. Elveskråning sikres med sprengt stein i ordnet røys. Plan fra 1951.
8257	Flomverk	4866	218	V	15/07/1999	Flomverk. Utf. ca. 1955.
8261	Flomverk	4866	481	V	15/07/1999	Utf. ca. 1955
8262	Erosjonssikring	4866	140	V	15/07/1999	Utf. ca. 1955, forsterket i flom-66.
8264	Flomverk, Opprenskning, Erosjonssikring, Ordnet steinlag	4866	370	H, M	15/07/1999	Fylling h. side, opprensk, nytt løp. plan fra 1951.
8265	Erosjonssikring	4866	300	V	15/07/1999	Utf. ca 1959.



Figur 4.22 Flytting av flomvoll, tiltak 1-F.1. Dagens sikringsanlegg (venstre) og høydemodell med forslag for ny flomvoll og utvalgte høydekoter fra DTM1.



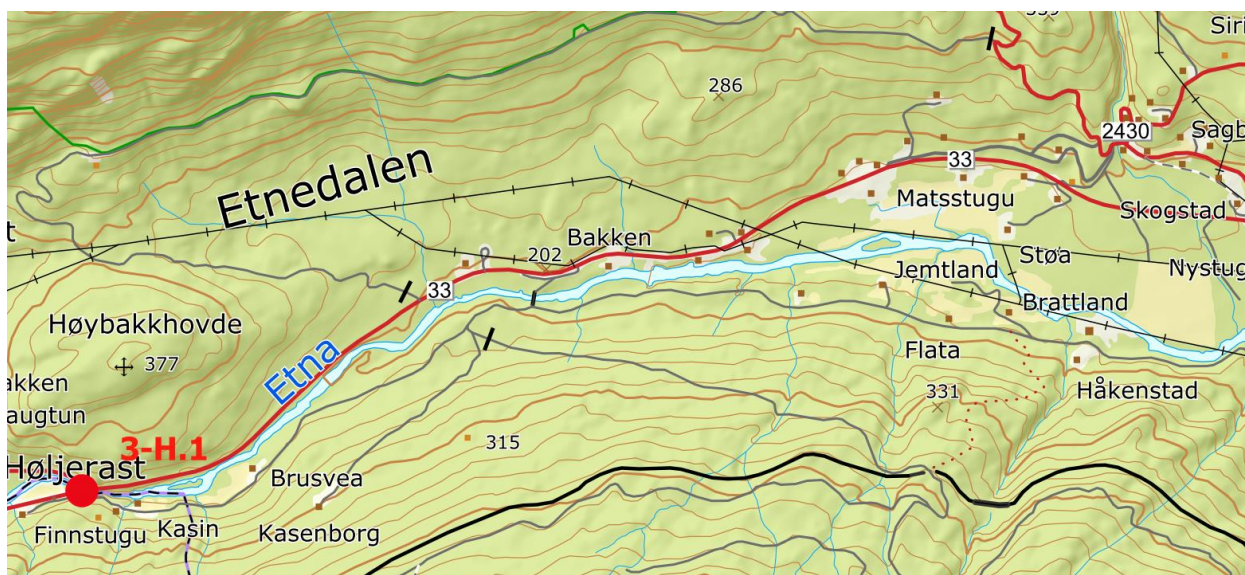
Figur 4.23 Flytting av flomvoll, tiltak 1-F.1. Dagens sikringsanlegg (venstre) og høydemodell med forslag for ny flomvoll og utvalgte høydekoter fra DTM1.

Tilkobling av meanderne (**tiltak 1-F.3, 1-F.5**) kan gjøres f.eks. ved å sette inn et rør, men det er ifølge NVE et krevende tiltak og man får uansett ikke inn mye vann (se **vedlegg 2**). Man kan forbedre det eventuelt litt med en steinranke i elva. På grunn av den sterkt endrete situasjonen etter sprengning av Eidshaugfossen er det umulig å gjenskape de samme hydrologiske forholdene i meandere som før, selv om bunnhøydene f.eks. ved **tiltak 1-F.5** er lite endret. En hydrodynamisk modell tillater å undersøke ulike senarioer for posisjon av flomvoller, bunnterskler og fordeling av vannføring og strømningshastigheter mellom gjenåpnede meandere og elvekanalen for dagens forhold under flom.

4.3 Delområde III fra Høljerast til utløp Leppa

4.3.1 Elvas morfologi og hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering

Strekningen mellom Høljerast og Madsstugu er preget av stryk med steinet bunn, strekninger i fast berg og småfosser (elvetypene A og B i **figur 3.3**). Eldre skildringer nevner at den har atskillige bruer og «kan verken rides eller vades» (Kolrud-Christiansen 1948). Helleristningene fra steinalderen (**figur 4.1**) ligger her. Der Leppa kommer ut har den dannet en stor vifte som har skjøvet hoveddelen av elveløpet over mot den sørlige dalsiden. Det har ført til dannelse av en liten elveslette og midtbanke i elveløpet ovenfor (**figur 4.24**; se også Gjessing & Engen 1980). Langs vifta mellom Madsstugu og dagens utløp av Leppa er Etna en elv med stein og blokk eller stein og grus på bunnen (elvetypene B og C i **figur 3.3**).

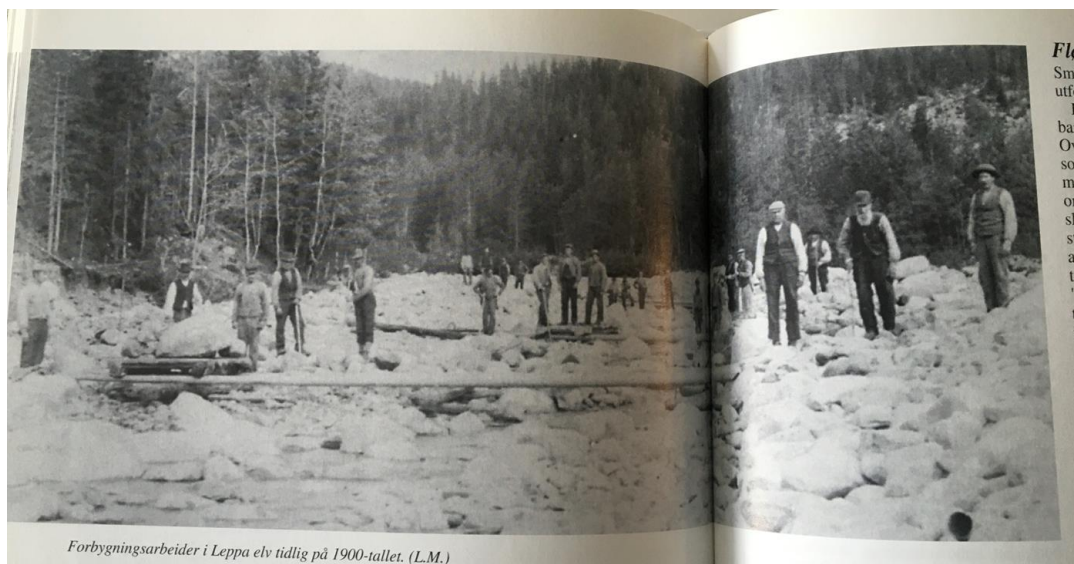


Figur 4.24: Delområde III (fra Høljerast til utløp Leppa) med foreslåtte lokale tiltak

I forbindelse med fløtningen langs Etna er det nevnt at man hadde ei åfløy (båt) ved Høljerasta og ei «huske» (en vaier som var spent over elva) ved Madstuguholmen. Langs elva var det på enkelte utsatte steder bygd murer (Bjørlien 1994) som fortsatt eksisterer, se **figur V.1-3** i **vedlegg 1**.

Ifølge Kolrud-Christiansen (1948) var også Leppa fløtbar fra Lierfoss (nedenfor) til Etna, dvs. på en lengde av 5 km. Fløtningen utførtes av skogseierne. Man hadde en fløtningsdam fra Leppsjo nedre. I nedre delen av Leppa foregikk fløtningen i en tømmerrenne som kom ut i Etna ved Støa gård, 1200 m ovenfor Leppas munning. Bjørlien (1994) nevner at tømmeret i Leppdalen ble lagt ut i store strøvelter, og at det ble utført forbygningsarbeider i Leppa tidlig på 1900-tallet (**figur 4.25**). I kantsonen øst for Leppas utløp er det tatt ut masse i deler av elvevifta (Østdahl m.fl. 2001).

Bilde fra 1900-tallet (**figur 4.25**) tyder på at det var mer og større sedimenter ved utløpet av Leppa denn gangen enn i dag. Sedimenttilførselen fra Leppa er en viktig sedimentkilde for elvestrekningene nedenfor og dynamikken av grusører osv. lengre nedover i Etna.



Figur 4.25: Forbygningsarbeider i Leppa elv tidlig på 1900-tallet. Fra Bjørlien (1994).

4.3.2 Vurdering av foreslåtte tiltak

Foreslåtte tiltak er vist i **tabell 4.5** og **figur 4.24**. Utvidelse av kantsoner og oterkryssingen antas å være ukritisk eller positiv i forhold til elvas hydromorfologi. Elvetyperne i øvre delen av strekningen (ovenfor øya ved Madsstugu) er hydromorfologisk stabile. Naturlige kantsoner kan gi en større strømnings- og habitatmangfold i forbindelse med mer tilgang på død ved. Sedimentuttak i Leppa kan ha påvirket strekningen fra Leppa nedover (se følgende kapittel).

Tabell 4.5: Oversikt over tiltakslokaliteter for Delområde III (fra Høljerast til utløp Leppa) som ble foreslått i tiltaksplanen fra DNV (Elvigen m.fl. 2018). Kostnader og prioritet er oppgitt som følger: L = lav, M = moderat, H = høy.

DA	Ref.	Name	Tiltak
III Høljerast til utløp Leppa			
3-H.1	DNV 2018 (6.3.1)	Oterkryssing ved Høljerast	Lage en viltpassasje under veien/ved brua
3-K	DNV 2018 (6.3.2)	Kantsoner	Utvidelse av kantsoner der det mangler

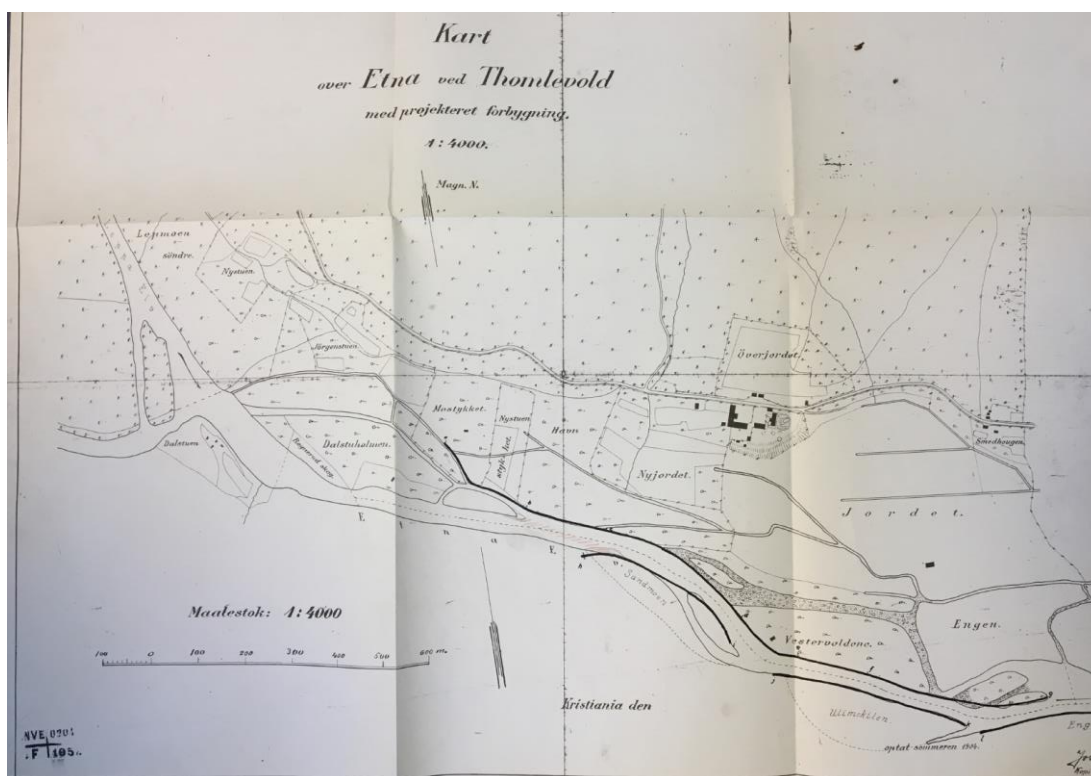
4.4 Delområde IV fra utløp Leppa til Øiom

4.4.1 Hydromorfologiske endringer i forbindelse med fløting og kanalisering

Det kan antas at noen forbygningsarbeider ble utført i forbindelse med fløting allerede før eller tidlig på 1900-tallet. Et kart fra NVE-arkivet for området ved Tomlevoll er basert på en oppmåling fra 1904 (**figur 4.26**). Historiske topografiske kart for nedre del av Etna (**vedlegg 4**) viser imidlertid at det opprinnelige forgreinete til meanderende elveløpet mellom utløp Leppa og Øioms bru antagelig ble lite berørt av dette før 1920-tallet.

Ifølge dokumenter fra NVE-arkivet ble det i desember 1922 lagt fram en plan til forbygning mot Etna mellom Tomlevoll og Øioms bru med kart i målestokk 1:2000, tverrprofiler og omkostningsoverslag (**figur 4.27**). I beskrivelsen fra Vassdrags- og Fløtningsdirektoratets kanalavdeling heter det (NVE-arkiv, dokument NVE/V 2055/1922, Kristiania, 18. desember 1922):

«Som det vil framgå av kartet har Etna på den her omhandlede ca. 3,5 km. lange strekningen et sterkt serpentinformat, meget uregelmessig løp. Der er flere sideløp, som særlig i flom er adskillig vannførende, og som alltid besværliggjør adkomsten mellem de forskjellige jordparseller. Elvebreddene, som består av løst materiale, angripes sterkt i serpentinene med tilsvarende materialavlagringer annetsteds. Elveløpets bredde varierer som følge herav og skifter tildels fra tid til annen. Hele den flate dalbunn, som vesentlig består av dyrket mark, er lavtliggende i forhold til elven, og derfor oversvømmet i alle større flommer. Det påføres herunder og ved den nevnte utgravning den tilstøtende dyrkede jord skade, som også består deri, at tømmeret under fløting i elven i flomtid driver inn over jordene, hvorfra det da senere atter må fraktes til elven.»



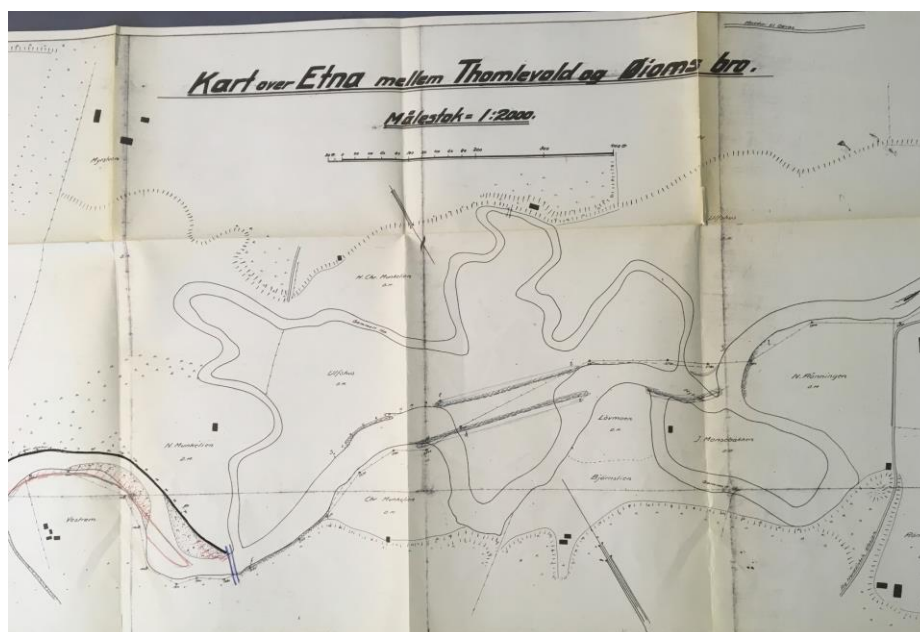
Figur 4.26: Område mellom Leppa og Thomlevold i et kartgrunnlag som ble oppmålt i 1904. Forbygningene ble tegnet inn senere (NVE-arkiv Hamar, A4977).

Det framgår også at man forventet at sikringen ville gi positive effekter både for jordbruk og fløtningen. I samme dokumentet heter det videre:

«Dette i forbindelse med sikring av det nærmeste parti av elven ovenfor korreksjonen, medfører følgende arbeider:

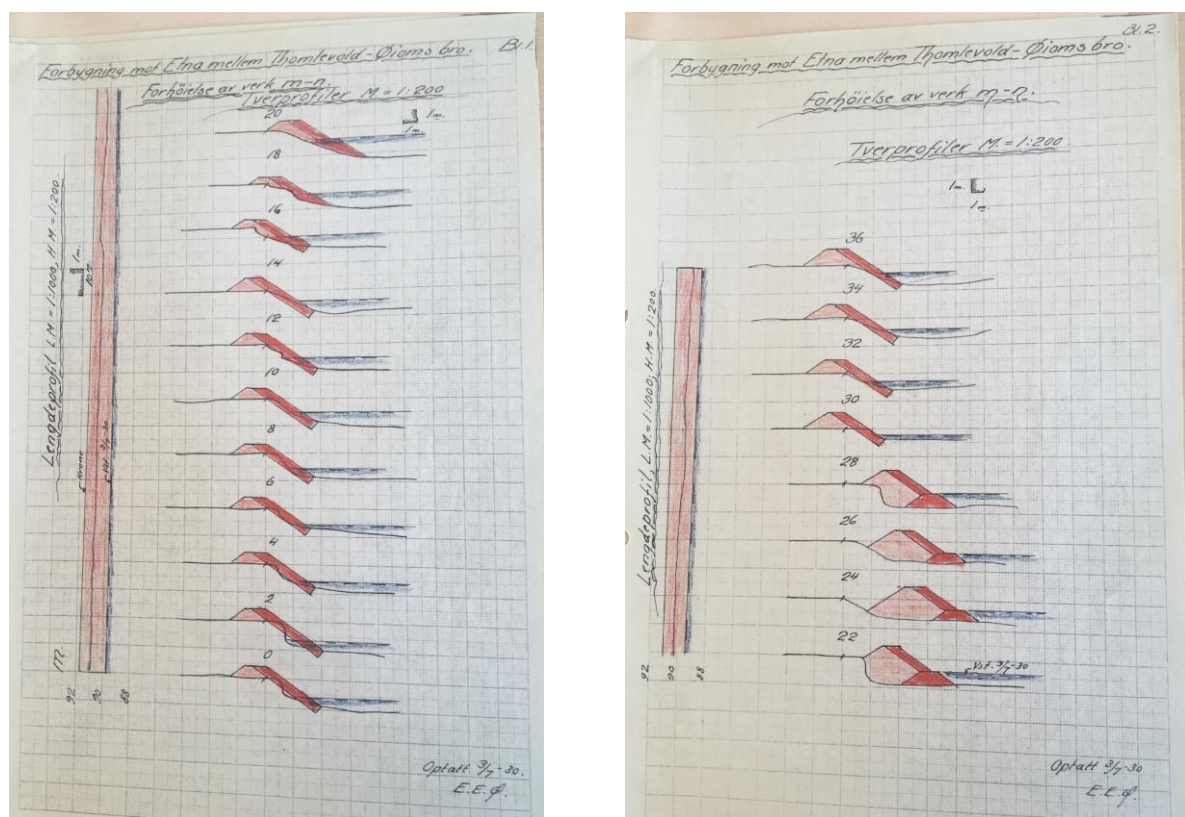
1. Stranddekning med flomgar på høire bredd f-g = 320 m, hvor bredden delvis ligger i brudd i skogbevakst sand- og lerbakke. Delvis er også jorden nedenfor oversvømt.
2. Forsterkning av venstre bredd i 180 m, parsell s-t, ved stranddekning av sprengt stein i velordnet røis.
3. Gjennomstikket h-i = 180 m, med det 60 m. lange gjensteningsverk g-h over det gamle elveløp. [...]. Elven vil da i et par flommer antagelig grave en del selv i det løse jordsmonn i gjennomstikket, delvis hjulpet ved løsning av materialet ved avtagning av torven, ved sprenging og lign. Den endelige utplanering av gjennomstikket foretas derefter med oplegning av verker til flomfri høide, utfylling av utstikkeren ved i, og stenkledning av sidene. Baksidene av flomverkene torvsettes eller bekles med sten usortert fra gravningen. På g-h anvendes plastringsmur, i gjennomstikket derimot 0,30m tykt stenlag av sprengt stein i ordnet røis på underlag av torv.
4. Utrekning av venstre bredd i-j = 220 m. Med stranddekning til terreng høide av sprengt stein i røis. Massene anbringes delvis på motsatt bredd i den forutsatte planering.
5. Avplanering ved høire bredd ved k og l med anvendelse av tidligere nevnte utgravede masser, og anbringelse av stranddekning i 0,30 m.s tykkelse av sprengt stein i ordnet røis til terreng høide.

Ved denne korreksjon i forbindelse med fremtidige flomgarer opnåes en såvidt mulig fullstendig beskyttelse av terrenget ved dette vanskelige parti av elven. Omkostningene er store, men der kan ikke på annen måte tilveiebringes rimelig beskyttelse av de verdifulle eiendommer der her handles om. De samlede omkostninger er med inneværende vinters arbeidspriser beregnet til kr. 152 000.- [...]. Interessert er foruten fløtningen hele den del av den omliggende dalbunn som oversvømmes under flom og skades ved utgravning. [...] Dertil kommer endel jord, som efter arbeidets utførelse vil bli skikket til dyrking.»



Figur 4.27: Del av kartgrunnlaget som er nevnt i planene fra 1920- og 1930-tallene (NVE/F 0390/1952) med manuell inntegning av planlagte forbygninger og gjennomstikk mellom Thomlevold og Øioms bru (NVE-arkiv Hamar, A4977).

Anlegg av forbygning mot Etna mellom Thomlevold og Øioms bru ble formelt vedtatt i februar 1923 på budsjettet for Vassdrags- og Elektrisitetsvesenet, med plikt til å betale et distriktsbidrag (NVE-arkiv, Skjematisk vedtagelse signert ordfører H. Hagen, NVE/V 0383/1923).



Figur 4.28: Tegninger av lengdeprofil og tverrprofiler for forbygninger mellom Thomlevold – Øioms bru, basert på oppmålinger 3. juli 1930. Fra NVE-arkiv.

I 1930 kom det forslag om forhøyelse av verket «på parsellen m-n samt forslag til nytt verk fra n til forbi punkt o», og det heter (brev Oslo, 15. juli 1930 til Oppsynsmann Østbak):

«Flomgarden bør antagelig trekkes litt tilbake paa kanten for aa undgaa de mange retningsavvikelser som strandlinjen frembyr. [...]»

Fra 1930-tallet foreligger mange dokumenter i NVE-arkivet i forbindelse med utførelse av arbeider, skyldig distriktsbidrag, gjeldsordninger osv... Det ble delvis uenighet i elveforeningen hvorvidt det var riktig å belaste fløtningen med deler av bedriftsbidraget. Dokumenter fra NVE-arkivet fra mars 1931 og fra januar 1933 viser at forbygning mot Etna mellom Thomlevold og Øioms bru og mellom Jernbanebrua og Randsfjord ble iverksatt som vinterarbeid for arbeidsledige, hvor det er nevnt at arbeidet ble rasjonert (1931) eller hver arbeider sysselsattes i cirka 2 arbeidsuker (1933).

«Spørsmålet om fortsettelsesarbeider i vinter ved disse to anlegg ble drøftet i forbindelse med overveielser av forskjellige tiltak til midlertidig hjelp under den nuværende skogs Krise.»

I februar 1931 skriver man (NVE-arkiv, 19. februar 1931):

«Arbeidsdriften ved de to anlegg blev straks igangsatt, og det vil bli fortsatt vinteren og våren utover i den utstrekning som økonomisk arbeidsdrift tillater. [...] Forbygningarbeidet er iverksatt på parsell m-n og denne vil bli søkt fremmet så hurtig som hensyn til økonomisk arbeidsdrift tillater. Den vil – sammen med avslutningsarbeider på de øvrige påbegynte parseller – antagelig kunne gjøres ferdig for den nevnte foreslåtte bevilgning for kommende termin.»

I et dokument fra Fylkesmannen i Oppland nevner man på februar 1936 at forbygningen mot Etna mellom Thomlevold-Øiom bru er nå regnskapsmessig avsluttet, og forbygning mot Etna ved Øien-Øiom bru er likeledes ferdig og regnskapsmessig oppgjort. Andre dokumenter fra NVE-arkivet fra januar 1936 inneholder noen innspill i forbindelse med senkningsplanene i øvre del ved Eidhaugfossen. Her heter det:

«Fra en del grunneiere nedenfor i vassdraget er innsendt en henvendelse hvor påpekes den ulempe, som atskillig raskere vannavløp fra senkningsområdet vil bevirke for deres eiendommer. I denne del av vassdraget er tidligere utført betydelige forbygningsarbeider dels for beskyttelse av elvebrudd, men vesentlig for beskyttelse mot oversvømmelse. Det har fra distriktets side vært anført at de utførte flomverker tildels viser sig å være for lave antagelig som følge av de siste års store grøftningsarbeider i innmark og skog.»

1949 ble det meldt skader ved Haug som følge av oversvømmelser, og ved Thomlevold på venstre bredd og ved Nordby på høyre bredd ble det henvist til at det trenges stein i foten øyeblikkelig, ellers ville det oppstå store skader i muren (brev fra O. Trondgaard 2. september 1949, J.nr. 806/1949-7). I oktober 1951 framla NVE en plan for opprensning ved forbygning mot Etna ved Thomlevold-Øyom bru med følgende beskrivelse (NVE Oslo, 16. oktober 1951, dokument NVE/F 0390, 1952):

«På en elvestrekning av omlag 3 ½ km er det her utført ganske omfattende forbygninger. De består en vesentlig del av grusfyllinger som går 1 a 1 ½ m over terrenget og beskyttet på vannsiden med sprengt stein lagt som plastring. Det er betraktelige arealer dyrket mark som derved skulle beskyttes mot direkte oversvømmelse og utgraving. Etna fører imidlertid atskillig materiale. Etter det opplyste skriver det seg særlig fra tverrelven Leppa som renner ut i Etna ½ km ovenfor Thomlevoldforbygningen. Elvematerialet, grus og stein, har fylt opp i elveleiet og dannet store ører på strekningen Thomlevold-«Kjerringhuska bru». Resultatet herav er at elven som nå har for lite profil, under større flommer går over fyllingene og truer med å ta seg nye løp. For å bedre forholdene må elven raskest mulig renskes opp. En har derfor planlagt utvidelse av elveleiet, rydning på ører som vist med røde streker på kartene. Det er hertil forutsatt anvendt bulldozer og kanskje tildels slepeskrape. I planen er tatt med et mindre beløp til sikringsarbeider ved nye fyllinger. [...] Det vil senere bli utarbeidet plan for forhøyelse av det gamle flomverket. [...]»

En forutsetning for bevilgning av midlene var at protester mot senkningsarbeider i Etna ved Eidshaugfoss i Etnedal måtte falle bort. Uttaking av stein ved Myre på riksveg 70 i 1955 ble organisert i samarbeid med Vegvesenet.

I 1963 nevner ordføreren i et brev angående fordeling av distriktstilskuddet ved forbygning av Etna ved Thomlevold-Øiom bru (dokument NVE/V 001721, 1963):

«Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen har i skrivelse til Nordre Land kommune av 18/12-62 meddelt at dette anlegget er under oppførelse med ¼ distriktstilskudd. På grunn av forverret forhold i elveleiet må overslaget av 1954 på kr. 180.000.-, økes til kr. 210.000.. Forhøyelsen av distriktstilskuddet fordeles etter samme fordelingstall som tidligere er blitt benyttet ved dette anlegget.» Beløpet på kr 7.500.- skulle fordeles mellom Etna-Leppa Elveforening (kr 5.000.-) og ti grunneiere (kr. 2.500.-).

I juni 1966 ble det lagt fram en revidert plan (dokument fra NVE/H. Haga, 9. juni 1966):

«På en elvestrekning av omlag 3,5 km er det her i årenes løp utført ganske omfattende forbygningsarbeider, for det meste etter en plan utarbeidet i 1922 [...]. Etter ekstraordinære skadeflommer i 1950 og 1951 ble det til opprensning av elveløpet bevilget [midler] på vassdragsbudsjettet [...]. Under ekstraordinær storflom i mai måned i år gikk elva flere

steder over flomverkene. For å hindre at elva ved framtidige flommer gjør ytterligere skade er planlagt følgende arbeider:

Ovenfor Kjerringhuska bru (venstre side):

Gjenstenging av brudd på 30 m lengde med ørmasser fra elveløpet og kledning med 6 m³ sprengt stein pr. l.m. forbi bruddstedet. Videre forhøyes verket langs resten av parsellen (470 m) med ca. 0,5 m. Dette betinger samtidig en utvidelse av bredden på verket. Eksisterende steinkledning føres opp til toppen av verket. Det antas å medgå ca. 6 m³ fyllmasse og 1,5 m³ sprengt stein pr. l.m. inklusive noe forsterkning i foten. [...]

Nedenfor Kjerringhuska bru (høyre side):

Forhøyning av verket med 1,0 m i en lengde av ca. 200 m og supplering av eksisterende steinkledning med 1,5 m³ pr. l.m. i 300 m lengde. Verket utvides til kjørbare bredde. Det antas å medgå ca. 10 m³ pr løp. m fyllmasse som må tilkjøres fra grusbakke i nærheten. Elva vil fortsatt ved stor flom kunne gå over verket lenger nede på samme parsell, men bakvannet vil da gå opp i samme høyde bak verket. [...]

Grunneier Madsstuen henvendte seg flere ganger i forbindelse med istandgjøringen av demningen utenfor brua ved Vesterøyen (1963) og klaget over fotfyllingen som ble gravd vekk under vårfloppen ved Persmoen i 1966. I et brev fra 1968 heter det (brev fra Eivind Madsstuen til Ing. Haga fra NVE, 25. oktober 1968):

«Tillater meg herved å meddele at jeg mener det må gjøres noe med elva (Etna) ved min eiendom Vesterøyen i N. Land før neste flom. Det har lagt seg igjen en masse øyr mellom demningene. Jeg fikk i sommer nesten ingen avling på store deler av Vesterøyen. Herredsagronomen var heroppe og så på åkeren, og han mente at forandringene i elva var årsaken. En øyr på vestsiden gjør at vannet går i en beskjeden renne langs demningen, og dette kan være en fare ved flom.»

En håndskreven setning fra NVE på dette brevet oppsummerer en befaring fra 8. september 1969 som følger:

«Det foregår en kontinuerlig oppøring på nevnte strekning. Med tiden kan det være fare for at verkene blir for lave. [...]»

I NVE-atlas er «Uttak av masser i regi av vegvesenet» dokumentert som sikringstiltak ved Persmoen i 1964.

En avisartikkel fra november 1985 omhandler flomsikringsarbeidene ovenfor Eidshaugfossen som skal gjennomføres, og nevner (Samhold Nytt: «Flomsikring til to millioner», lørdag 16. november 1985):

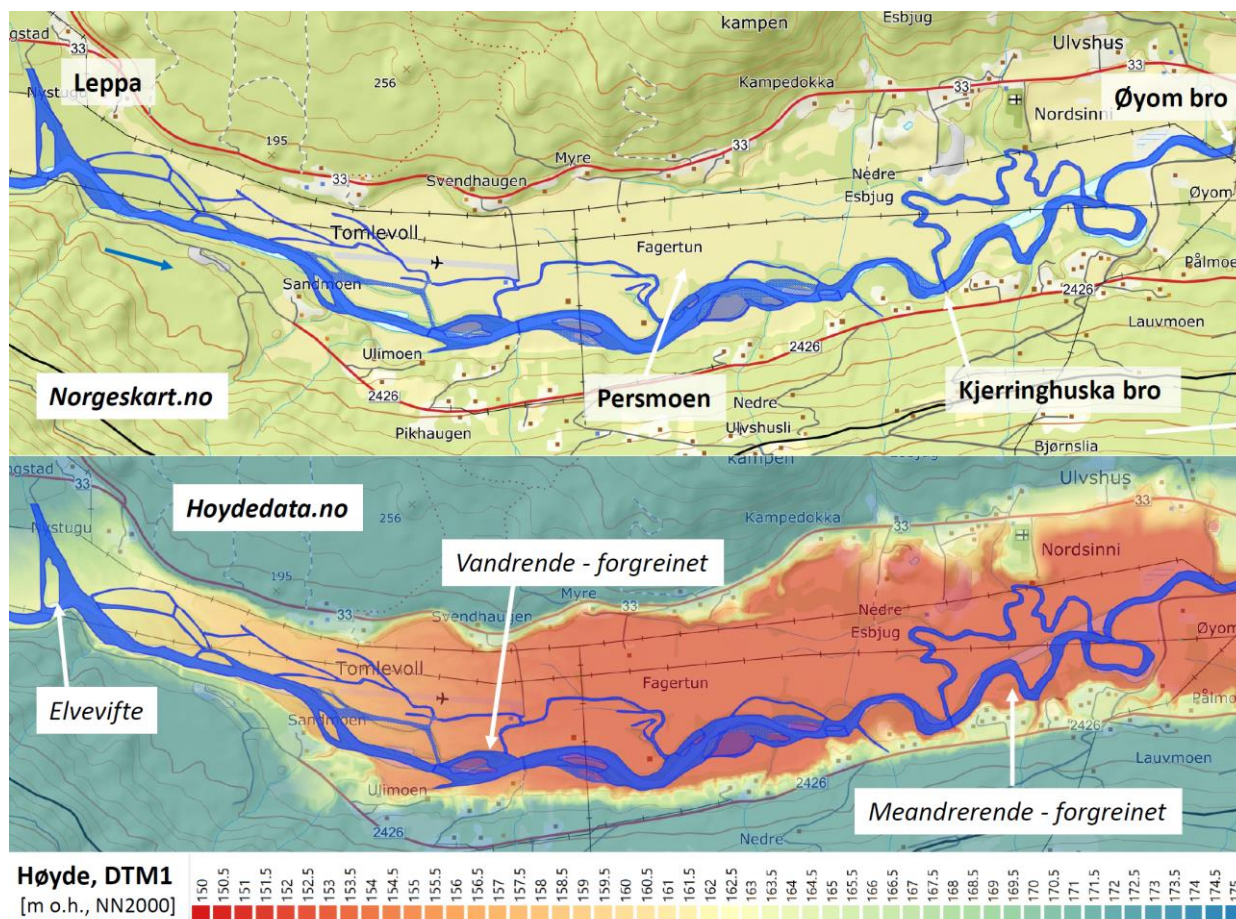
«NVE utarbeidet for øvrig også en plan for kanalisering og flomforbygning på Nordsinni. Mens det ser ut til å gå mot en løsning for Etna i Sør-Etnedal, ligger derimot denne planen på is, slik sjefsingeniør Haga ser det – selv om det er krefter i sving for å få realisert også denne.»

Oversikten over utførte sikringstiltak fra NVE (**tabell 4.6** i følgende kapittel) viser at man antagelig har utført noe vedlikehold på 1980-tallet. Enkelte steder er det dokumentert reparasjoner av flomskader etter 1995.

4.4.2 Elvas morfologi før og etter kanaliseringen

Beskrivelsen i dokumentet fra 1922 og kartene indikerer at elva hadde opprinnelig en vandrende til forgreinet elveløpsform med flere flomløp og dynamisk forflytting av banker i elveleia (hovedelvetype D i **figur 3.3**). Det var åpenbart rikelig tilgang på sedimenter (stein og grus) hovedsakelig fra Leppa, som etter hvert ble deponert og transportert i dynamiske banker. Lengre nede mot Øiom ble det med avtagende sedimentstørrelse (*downstream fining*) en flytende

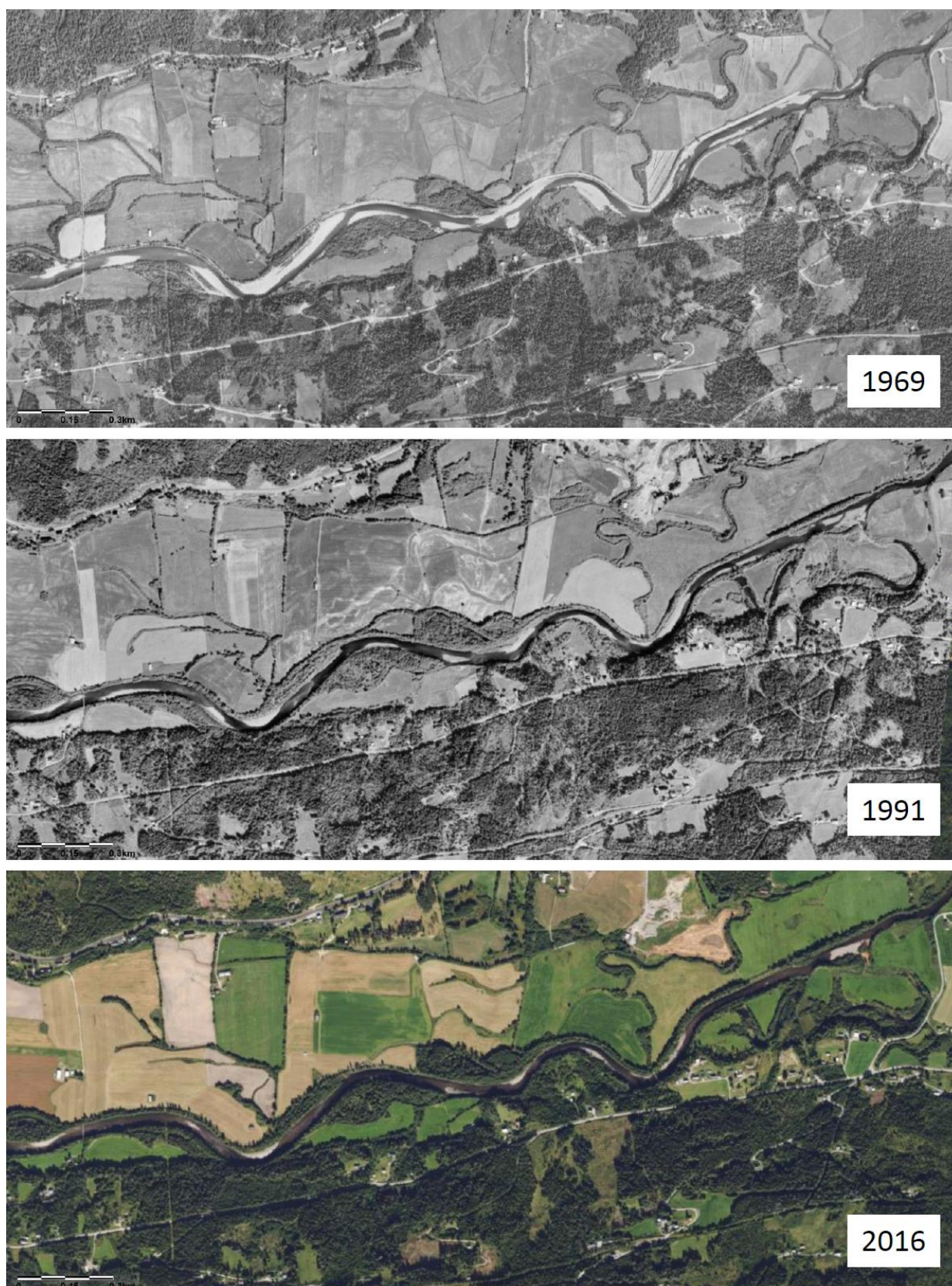
overgang til mer meanderende, men fremdeles noe forgreinete elveløpsformer (figur 4.29). Effekten av kanaliseringen er mindre utpreget enn i delområde I-II, fordi gjennomstikk-strekningen er mye kortere og det er ikke beskrevet forandringer på erosjonsbasis (dvs. ingen sprengninger e.l.). Skildringene om «oppøying» og flyfotoene viser at det fremdeles var mye sediment-transport på 1940-tallet og fram til (minst) 1969, til tross for forbygningene. Det var på grunn av rikelig tilførsel av sedimenter fra Leppa og andre kilder, med dannelse av åpne grusøyrer i elveleia (figur 4.29).



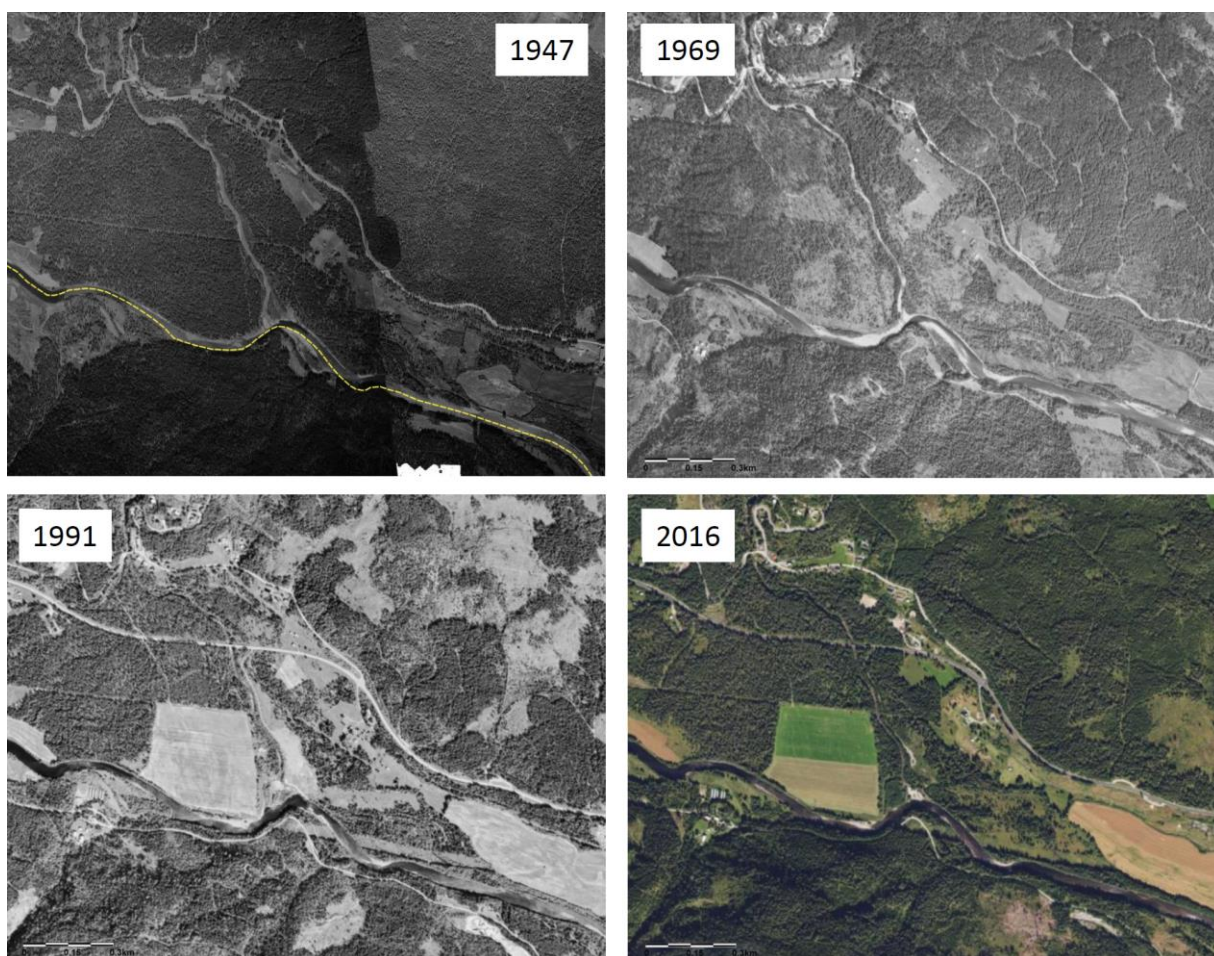
Figur 4.29: Kart og høydemodell DTM1 for delområde mellom utløp Leppa og Øiom bru, med inntegnet forløp av elva før reguleringen på 1930-tallet.



Figur 4.30: Flyfoto fra 1947 (venstre, med overlaging av forbygningskart) og 2016 (høyre) som viser området sør fra Persmoen.



Figur 4.31: Flyfoto for området mellom Tomlevoll og Øiom.



Figur 4.32: Flyfoto for området ved Leppa-utløpet.

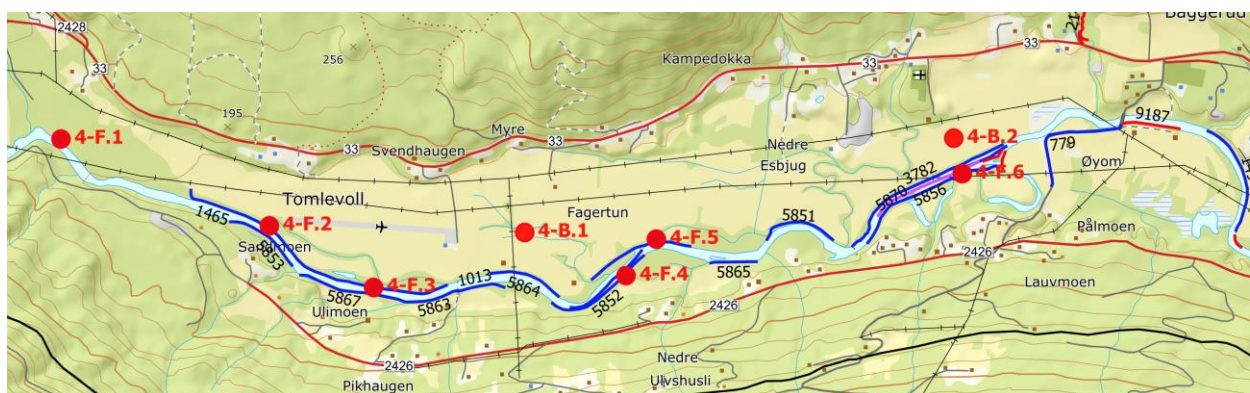
Flyfotoene i **figur 4.31** viser at sedimenttransporten har blitt mye mindre mellom 1969 og 1991. Arealene med åpne grusbanks er betydelig redusert. Noen ser ut til å være tilgrodd, andre forsvunnet. Ved uendrete hydrologiske forhold tyder det på at det må ha blitt mindre tilgang på sediment. Mulige årsaker for det er uttak eller reduksjon av sediment fra Leppa f.eks. i forbindelse med veibyggingen (se **figur 4.32**), uttak av sediment fra elveleia («rensking») og forsterkning av flomverk (ingen tilgang på sedimenter fra kanten). Flyfotoene tyder også på at det var flere åpne kantsoner tidligere, mens det er mer vanlig med et belte av kantvegetasjon eller naturlig tilgroing av grusbanks i dag. Det kan også ha bidratt til å redusere sedimenttilgangen gjennom å øke motstand mot erosjon, mens det samtidig har skapt nye, økologisk verdifulle strukturer.

4.4.3 Vurdering av foreslåtte tiltak

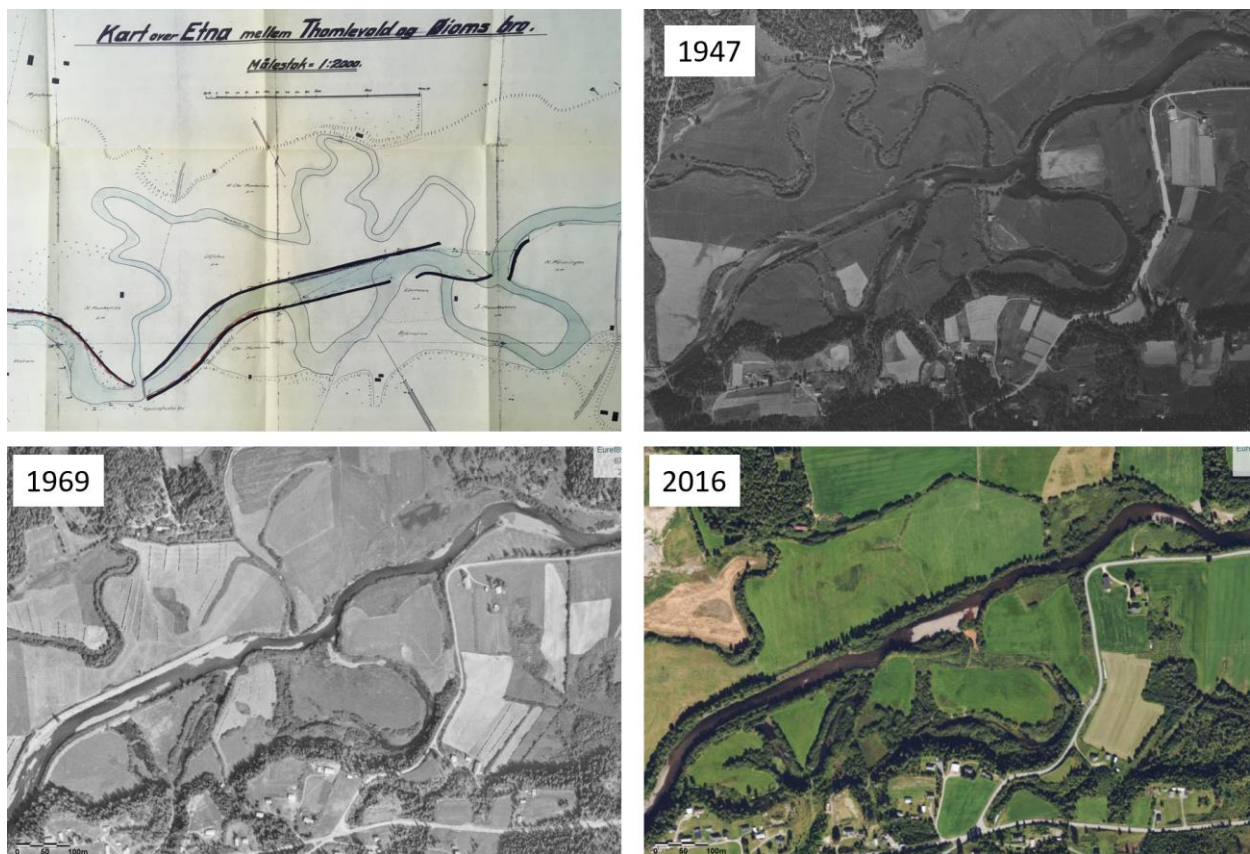
Forslag for tiltak er vist i **figur 4.33** og **tabell 4.6**. Tiltakene relatert til gjenåpning av gamle bekke- og grøftesystemer (**tiltak 4-B.1** og **4-B.2**) forventes å være positiv for strukturmangfold og biodiversiteten uten å ha en storskala effekt på strømningsforholdene i elvekorridoren. Disse tiltakene anbefales og kan prioriteres, særlig hvis de gamle strukturene fremdeles er gjenkjennelig i landskapet (**figur 4.34**). Gjenåpning av gamle bekke- og grøftesystemer bør imidlertid ikke gå på bekostning av eksisterende verdifulle våtmarksområder, f.eks ved at de får bedre drenering og tas i bruk for mer intensiv jordbruk, se **vedlegg 2** (stasjon A). Habitatforbedrende tiltak (**tiltak 4-H**) og utvidelse av kantsoner (**tiltak 4-K**) rett ved elva anbefales å gjennomføre etter at eventuelle flomvolltiltak er gjennomført.

Tabell 4.6: Oversikt over tiltakslokaliteter for delområde IV fra utløp Leppa til Øiom som ble foreslått i tiltaksplanen fra DNV (Elvigen m.fl. 2018) eller senere. Kostnader og prioritet er oppgitt som følger: L = lav, M = moderat, H = høy.

DA	Ref.	Name	Tiltak
IV Utløp Leppa til Øiom			
4-F.1	DNV 2018 (6.4.1)	Flomløp nedstrøms utløp Leppa	Fjerning av flomvollen for å øke flompåvirkningen og reetablere vanngjennomstrømning i flomløpene
4-F.2	DNV 2018 (6.4.2)	Flomvoll ved Sandmoen	Fjerne flomvollen på sørsida av elva
4-F.3	DNV 2018 (6.4.3)	Flomvoll ved Tomlevoll	Flytte eksisterende flomvoll
4-F.4	DNV 2018 (6.4.4)	Flomvoll ved Bjørnmoen	Åpne flomvollen for å reetablere vanngjennomstrømning; evt. senkning av kanalen
4-F.5	DNV 2018 (6.4.5)	Flomvoll sør for Persmoen	Legge rør gjennom flomvollen for å reetablere vanngjennomstrømningen; utgraving/senkning av kanalen; lage en bru; evt. flytte/fjerne flomvollen mellom skogområdet og elva
4-F.6	DNV 2018 (6.4.6)	Meandere ved Øiom	Gjenskape vanngjennomstrømning i de gamle meanderne ved å åpne flomvollen helt eller delvis (evt. kulvert)
4-B.1	DNV 03/2021	Bekke- og grøftesystem ved Fagertun	Fjerne flere stengsler i det gamle bekke- og grøftesystemet og lage noen utvidelser som vil fungere som mindre dammer
4-B.2	DNV 2018 (6.4.7) DNV 01/2021	Gammelt gjenfylt løp nord for Øyom	Åpne et gammelt elveløp som er gjenfylt; stoppe organisk forurensing, bedre kantsoner
4-S	DNV 2018 (6.4.8)	Restaurering av sand- og grusbanker	Fjerne trær og annen vegetasjon; løse opp massene ved hjelp av gravemaskin
4-H	DNV 2018 (6.4.9)	Habitatforbedrende tiltak	Tiltak for å bryte opp vannstrømmen og gi mer skjul; evt. legge ut gyttegrus
4-K	DNV 2018 (6.4.10)	Kantsoner	Utvidelse av kantsoner hvor de er mangelfulle



Figur 4.33: Delområde IV fra utløp Leppa til Øiom med foreslåtte lokale tiltak og eksisterende sikringstiltak ift. NVE-atlas.



Figur 4.34: Gammelt flomløp som skal delvis åpnes gjennom tiltak 4-B.2. Flyfotoene for 1969 og 2016 er fra norgebilder.no.

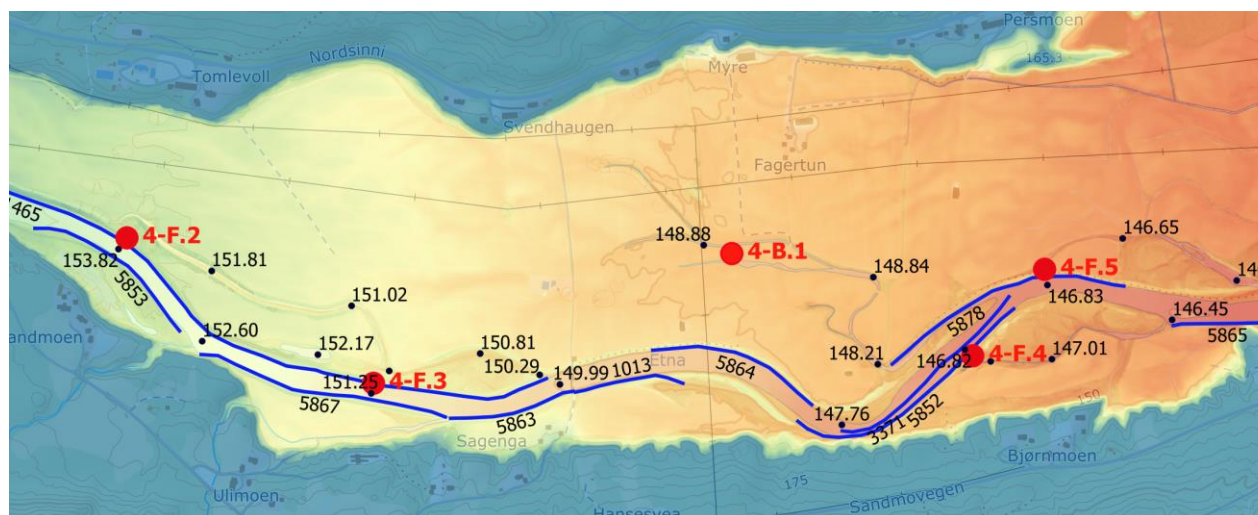


Figur 4.35: Tiltak ved utløp Leppa med terrengmodell, historisk kart fra 1904, registrerte sikringstiltak og utvalgte høydekoter.

Seks tiltak er relatert til eksisterende flomvoller. **Tabell 4.7** viser en oversikt over registrerte sikringstiltak basert på NVE-atlas, med lokalisering ift. **figur 4.35**. Fjerning av flomvollen ved flomløpet nedstrøms utløp Leppa (**tiltak 4-F.1**) for å øke flompåvirkningen og reetablere vanngjennomstrømning i flomløpene krever flere utredninger, se **vedlegg 2** (stasjon B). Denne flomvollen er ikke registrert som sikringstiltak hos NVE, men har kulturminneverdi.

Tabell 4.7: Eksisterende sikringstiltak ift. NVE-Atlas (03/2021) som er relevant for planlagte tiltak for delområde IV. L = omfang (lengde) av anlegget Elveside: H = høyre, V = venstre, M = midten

Anlegg Nr	Anleggstyper	Tiltak Nr	L, m	Side	Bygget Dato	Kommentar
<i>Etna mellom Øiom og Øioms bru</i>						
779	Flomverk	952	563	H	22/06/1933	
<i>Forbygning mot Etna ved Sagengen</i>						
1013	Parallellverk, Erosjonssikring, Ordnet steinlag	1167	208	H	29/06/1937	Parallellverk hvor elveside sikres med sprengt stein i ordnet røys
<i>Etna ved Tomlevold</i>						
1465	Parallellverk	539	1300	V	29/11/1941	Inkl. plan 158. Vedlikeholdt i plan 729 og 785
<i>Etna ved Haugnesmoen</i>						
1494	Flomverk	1138	521	V	11/06/1942	
<i>Opprensning i Etna elv ved Persmoen</i>						
3371	Opprenskning	2033	435	M	31/12/1964	Uttak av masser i regi av vegvesenet
<i>Etna ved Ulfshus</i>						
3782	Flomverk	5525	825	V	10/06/1969	Utført ca 1961
6199	Korreksjon av elveleie, Opprenskning	5525	397	M	06/11/1986	Masser brukt til flomfri fylling v.s. utf ca 1971
<i>Forbygning mot Etna ved Thomlevold-Øjomsbru</i>						
5851	Flomverk, Erosjonssikring	729	339	V	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikehold. Elveside av flomverk sikres med sprengt stein
5852	Flomverk, Erosjonssikring	729	505	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh.
5853	Flomverk	729	349	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh.
5854	Erosjonssikring	729	84	H	23/10/1984	
5856	Korreksjon av elveleie, Opprenskning, Erosjonssikring	729	1101	V, M	23/10/1984	Utretting av elveløp og forbygning
5857	Erosjonssikring	729	97	V	23/10/1984	Plassering av denne usikker
5863	Flomverk	729	239	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh.
5864	Flomverk, Erosjonssikring	729	333	V	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh. se også VV2033
5865	Flomverk, Erosjonssikring	729	204	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh.
5867	Flomverk	729	480	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh.
5870	Flomverk, Erosjonssikring	729	733	H	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikehold. Elveside av verk sikres med sprengt stein
5878	Flomverk, Erosjonssikring	729	488	V	23/10/1984	Utf. fra 1926 m senere vedlikeh. Se også VV2033
<i>Etna nedenfor Øyom bru</i>						
9187	Uspesifisert	9033	253	H	21/11/2001	Rep. etter flom -95
<i>Etna ved Haugnermoen</i>						
9525	Uspesifisert	9163	61	V	24/04/2002	Rep. av brudd ndf. tiltak 1138 etter flomskade-95



Figur 4.36: Tiltak 4-F.2 til 4-F.5 med terrengmodell, registrerte sikringstiltak og utvalgte høydekoter.

Tiltakene ved Bjørnmoen (**4-F.4**) og rundt de gamle elvesvingene ved Øiom (**4-F.5**) ble diskutert under befaringen med NVE i mai 2021, se **vedlegg 2** (stasjon D og A).

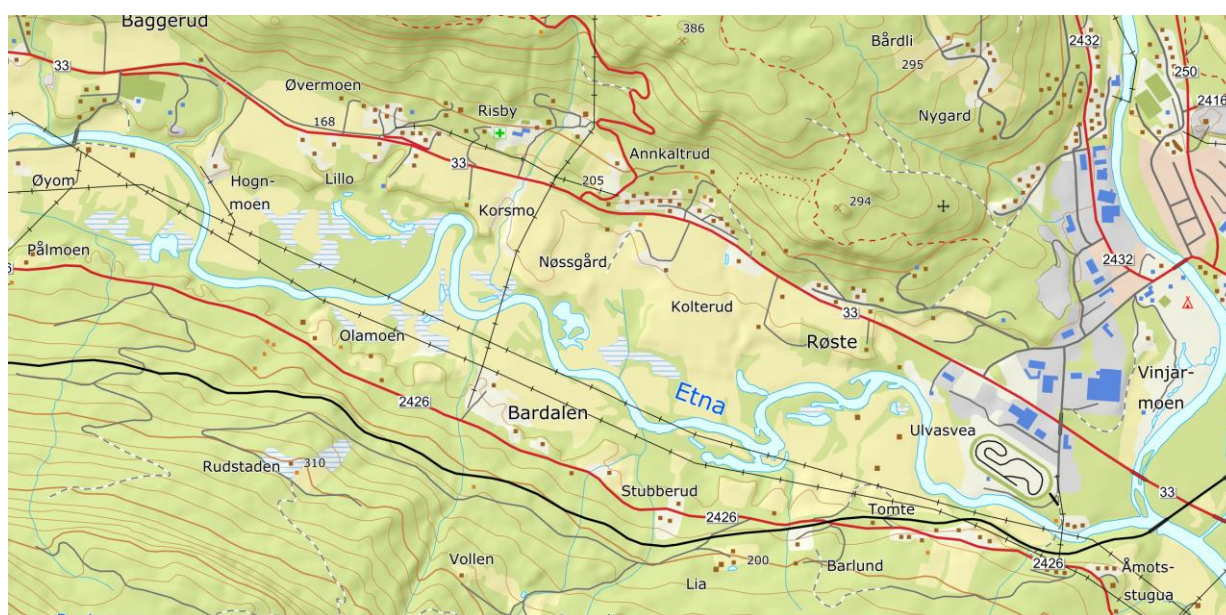
Det anbefales å etablere et bedre planleggingsgrunnlag for hele strekningen mellom utløp Leppa og Øiom. Planleggingsdokumentene for de eksisterende flomvollene er over 80 år gammel. Det finnes ingen aktuelle flommålinger eller flomberegninger. Det må avklares hvilken funksjon flomvollene i dag har, i hvilket tilstand de er og hvilke krav man stiller på flomsikkerhet. Flomvannstander for ulike gjenntaksintervaller og tiltaksvarianter (med/uten flytting av flomvoller) og relaterte strømningshastigheter kan f.eks. beregnes ved hjelp av en hydrodynamisk modell. Det forutsetter at man måler opp elvebunnen (f.eks. fjernmåling - grønn laser), i idealfall også at man kartlegger bunnssubstrat og foretar vannstandsmålinger ved ulike vannstander for modellkalibrering. Eksisterende foto fra tidligere flomvannstander kan også hjelpe ved kalibrering av modellen.

4.5 Delområde V fra Øiom til samløp Dokka

4.5.1 Elvas hydromorfologi og relaterte endringer i forbindelse med fløting og kanalisering

Elvestrekningen mellom Øyom bru og samløp med Dokka (**figur 4.39**) har ikke blitt kanalisert og er i hovedsak meanderende (SEK-elvetype E), med enkelte stryk-kulp partier (SEK-elvetype C). Flomsletta er rik på dammer, bakevjer og kroksjøer. Noen av dem har blitt fylt opp eller er forsvunnet (**figur 4.40**). Flere steder kan man observere forandringer på vegetasjonen, ved at tidligere åpne kantsoner nå er mer tilgrodd eller at flomskog og våtmark har blitt fjernet for oppdyrking og bebyggelse.

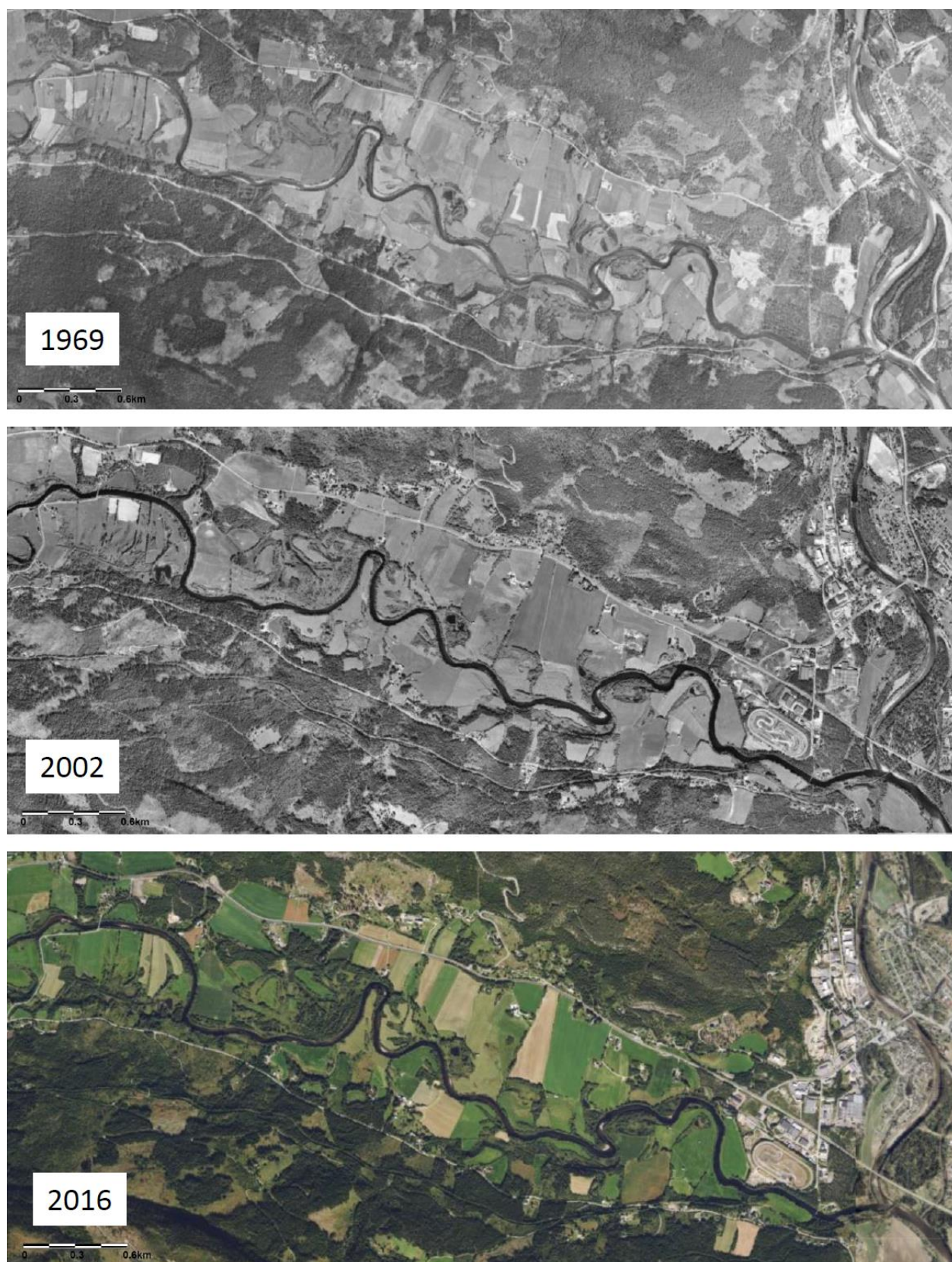
Flyfotoene tyder på at sedimenttransporten er forholdsvis lav og kanskje har vært litt større i 1969, men vært mer eller mindre uendret i perioden mellom 2002 og 2016 (**figur 4.41**). I området ved Roste-Ulvasvea finnes det noen erosjonssikringer (**figur 4.5**) som begrenser naturlige erosjonsprosesser og tilgang på sedimenter fra kanten.



Figur 4.37: Delområde V fra Øiom bru til samløp med Dokka



Figur 4.38: Flyfoto ved Roste-Ulvasvea fra 1947 og 2016/2017 som viser reduksjon av kroksjøer og dammer og endringer på flommarksvegetasjon.



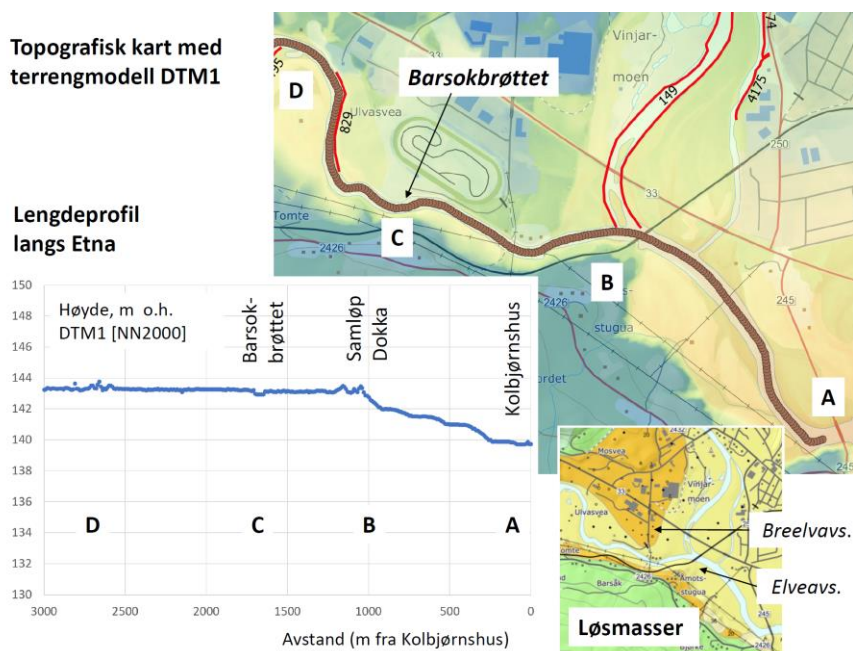
Figur 4.39: Flyfoto fra ulike år for delområde V fra Øiom bru til samløp med Dokka. Fra *norgebilder.no*.

4.5.2 Vurdering av foreslåtte tiltak

Kart av området vist i **figur 4.37** og forslag for tiltak i **tabell 4.8**. Tiltakene anbefales på grunn av positive effekter beskrevet tidligere. Det forventes ingen stor påvirkning på hydromorfologiske prosesser eller flomforhold.

Tabell 4.8: Oversikt over tiltakslokaliteter for Delområde V fra Øiom til samløp Dokka som ble foreslått i tiltaksplanen fra DNV (Elvigen m.fl. 2018). Kostnader og prioritet er oppgitt som følger: L = lav, M = moderat, H = høy.

DA	Ref.	Name	Tiltak
V Øiom til samløp Dokka			
5-D	DNV 2018 (6.5.1)	Dammer	Grave opp gamle dammer og etablere gode kantsoner rundt
5-H	DNV 2018 (6.5.2)	Habitat-forbedrende tiltak	Sjekke om det er behov, f.eks. hvis man har fjernet store stein
5-K	DNV 2018 (6.5.3)	Kantsoner	Etablere 5-10 m brede kantsoner med god sjiktning der de er mangelfulle (må være bredere enn elveskråningen)



Figur 4.40: Kart og lengdeprofil i nedre delen av Etna ved Barsokbrøttet. Lengdeprofil er basert på DTM1, uten korrektur av feil på grunn av dataoppløsning e.l.

Ved Barsokbrøttet er det en naturlig terskel (lite stryk) som noen ønsker å sprengte vekk for å redusere flomproblemer lengre opp i Etna. **Figur 4.40** viser at barsokbrøttet ligger ovenfor et sted hvor dalen er snevet inn (blant annet breelavsetninger), noe som gir naturligvis lettere tilgang på sedimenter og hvor det gjerne dannes stryk. Flomberegningene fra NVE (Reinemo & Pereira 2015, se **figur 2.5**) antyder at man observerer en viss overgang i vannstandsgradientene under flom ved Barsokbrøttet, med større gradienter nedstrøms enn oppstrøms. Det gjelder særlig for flommer med et gjentakintervall inntil 50 år. Det er antagelig en kombinert effekt av dalinnsnevringen og helningsforholdene med en lokal erosjonsbasis ved samløpet med Dokka.

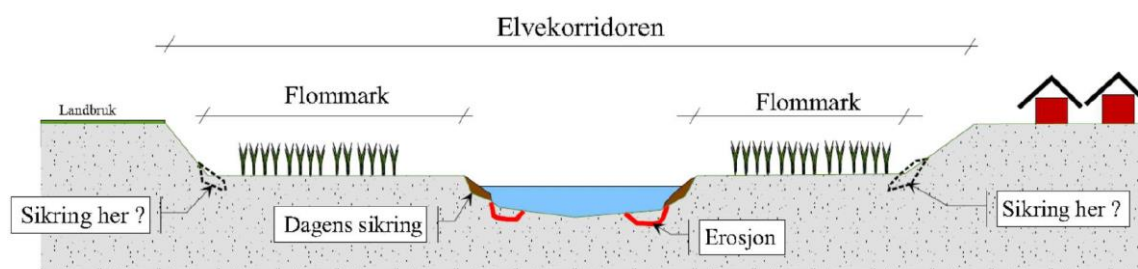
5 Praktiske erfaringer fra andre steder med lignende tiltak

5.1 Praktiske erfaringer fra Norge

5.1.1 Kort om aktuell situasjon i Norge

Ifølge NVE (2019) ble sikringsanleggene i Norge på 1950- og 1960-tallet bygget for å få vannet raskt ut i sjøen. Elvebreddene ble rettet ut og ofte erosjonssikret i jevne svinger. Hastigheten på vannet steg og avrenningen til sjøen gikk fort. Flere av sikringsanleggene ble etablert som tilrettelegging for landbruket, dyrka mark skulle sikres, men også dyrkbar mark, beiteland og skog ble sikret mot ødeleggende erosjon. Særlig etter storflommen 1995 ble man imidlertid mer oppmerksom på miljøeffekter av flomforebyggende tiltak og mulige miljøtilpasninger, blant annet reetablering av meanderne og tilbaketrukne flomverk (Østdahl & Taugbøl 1999). Det har ikke vært mange prosjekter med flytting av flomvoller i Norge fram til nå.

Dagens vassdragsforvaltning i NVE bruker elvekorridoren som grunnlag og utgangspunkt i alle vassdragstiltak (e.g. NVE 2019). Det går ut på at elva må få den plassen den trenger for å kunne «leve» fritt, dvs. at elva må gis mulighet til å erodere, meandere og flomme innover flomslettene uten at samfunnet reagerer. Elva skal likevel stoppes der samfunnet har bestemt at den skal stoppes, som vist i skissen (figur 5.1).



Figur 5.1: Elvekorridoren. Fra NVE (2019)

Ifølge NVE-ekspert Sturla Dimmen Sæle (munlig, 03/2021) kan dagens praksis med håndtering og praktisk gjennomføring av vassdragstekniske miljøtiltak som fjerning av flomvoller e.l. beskrives slik:

- Som regel planlegger NVE den vassdragstekniske delen som “miljøtiltak” selv, men legger NiN-kartlegging e.l. ut på anbud. Ofte er grunneiere i utgangspunkt litt skeptisk, men blir begeistret når de ser hvordan fisken kommer tilbake.
- Når det gjelder omfang og innhold av utredninger i forkant, så har det fram til nå variert veldig [hos NVE]. I noen tilfeller har man bare utført tiltakene og fulgt med på hva som skjer (særlig i Nordland/Finnmark, hvor det ikke var store landbruksinteresser inn i bildet). I andre tilfeller har man gjort flere førundersøkelser inkludert vannlinjeberegninger, dvs. hydrauliske modeller.
- Hvis det er betydelige landbruksinteresser berørt, så er det viktig med grundigere utredninger i forkant. Eksisterende sikringer har da som regel en funksjon som må opprettholdes på et eller annet vis.
- NVE jobber for tiden med en systematisering av erfaringene for å komme til en mer helhetlig approach (noen retningslinjer) i forbindelse med flytting av flomvoller, setting av rør gjennom vollen osv. i Norge.

5.1.2 Julelv i Austertana

I elvene i Austertana (Tana kommune, Finnmark) ble det ifølge NVE (2019) gjennomført store flom- og erosjonssikringsanlegg i perioden fra ca 1950 og fram mot 1980-årene. Elvene ble flom- og erosjonssikret langs begge elvesider over relativt lange strekninger, slik at elvene fikk et kanalpreg. Dette har ført til høyere vannhastighet og dårlige forhold for sjørøya. De tidligere store flomområdene langs begge sider av elva er nå i ferd med å gro igjen og biotoper som trenger årviss flom er i ferd med å forsvinne. I Austertana ble ikke landbruket langs elvene utviklet over alt, og restene av de gamle elveløpene ses flere plasser tydelig i terrenget. Ved å flytte dagens flom- og erosjonssikringsanlegg på utvalgte steder, vil man tilbakeføre elvene i Austertana til en mer naturlig form (**figur 5.2**). Tiltaket er beskrevet i tiltaksplanen fra NVE (2019). I forkant har man gjort utredninger av forhold etter naturmangfoldloven og vannforskriften, og en kort vurdering av virkninger for hydrauliske forhold, kulturminner og brukerinteresser. Det legges opp til at toppen av flomvollen skal kunne brukes som sti/gangvei langs elva.

Tiltaket, med en beregnet kostnad av 2 mill NOK, går ut på å fjerne dagens flom- og erosjons-sikringsanlegg over en strekning på ca 1 400 meter og bygge en ny flomvoll i overgangen mellom gammel elvebredd og høyereliggende terreng innenfor. Stein- og grusmassene i dagens sikrings-anlegg graves opp og kjøres i nytt sikringsanlegg lenger bort fra dagens vannstreng. Massene holdes avskilt, slik at grusmassene kan brukes i selve flomfyllingen, mens steinmassene brukes som erosjonssikring på vannsiden. Alle steinmasser fjernes, også under vann. Grusmassene i selve flomfyllingen fjernes slik at det blir en jevn overgang fra det aktuelle vannivået den dagen og opp til terrenget på innsiden. Det nye sikringsanlegget bygges opp som et tradisjonelt flom- og erosjonssikringsanlegg, med erosjonssikring av stein mot vannsiden og adkomstvei på toppen. Tiltakene er vurdert som positivt for de vassdragsnære naturtypene ved at elvebredden og elvenærearealer blir tilbakeført med tilhørende erosjons, sedimentasjons og flomprosesser. Elva gis større plass, vannhastigheten vil gå ned og bedre leve og oppvekstplasser for sjørøye (NVE 2019).



Figur 5.2: Prosjektert ny flomvoll plassert på ortofoto fra 2018. Fra NVE (2019).

Prosjektet omfatter følgende forberedende arbeider:

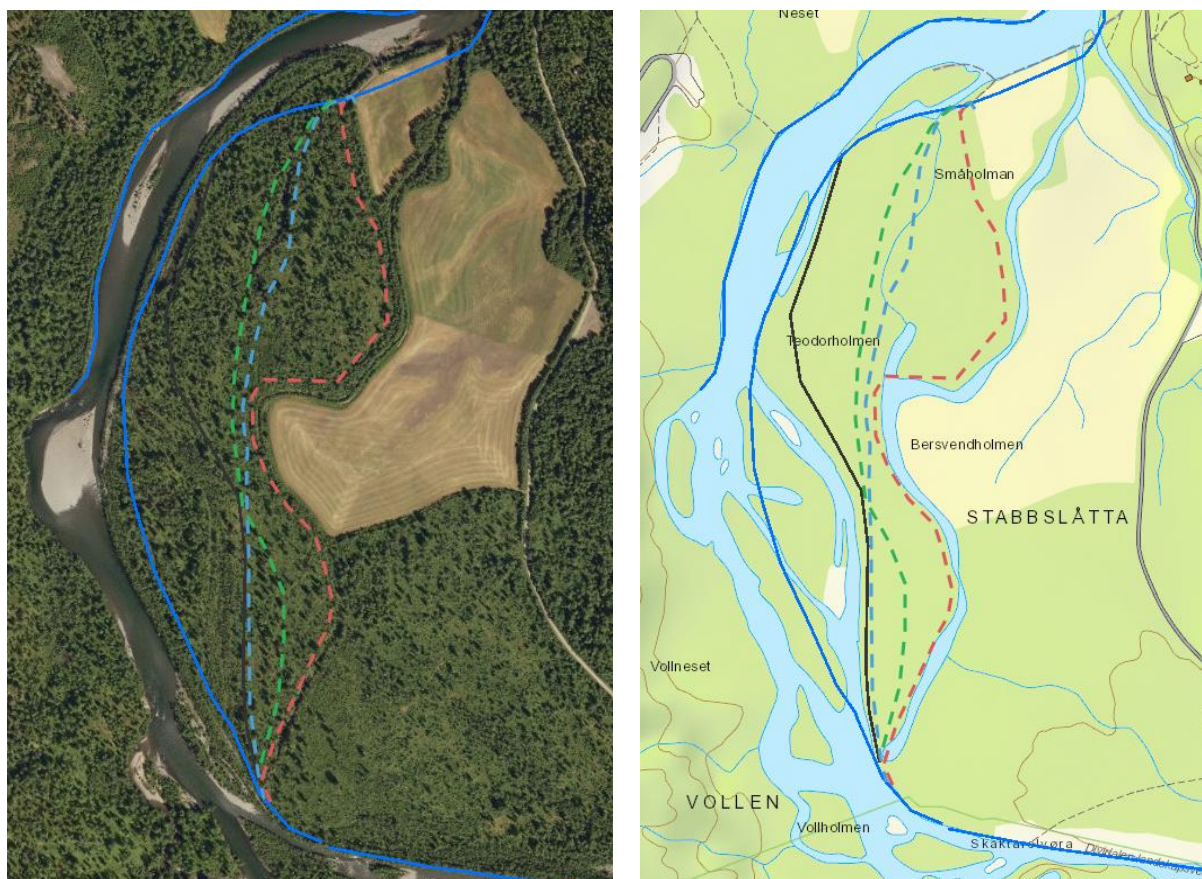
- Sikring adkomst inn i området etter eksisterende veier og på flomvoll
- Noe skogrydding
- Merking av områder hvor det ikke skal tillates anleggstrafikk (forekomst av røde liste arter)
- Merking og setting av fysiske hindringer ved registrerte kulturminner innenfor anleggsområdet.

5.1.3 Skaktarelva/Divieelva

Nedstrøms samløpet mellom Skaktarelva og Divieelva ved Frihetsli (Målselv kommune, Troms og Finnmark fylke) ble det bygd lange flomvern langs begge sider av elveløpet. Flomvernet på høyreside (sett nedstrøms) stengte av flere tidligere sideløp og elva ble derfor kanalisert, og vassdragsmiljøet forringet. Flommarksområdet og bekkesystemet er i dag tørrlagt.

NVE har laget en tiltaksplan (NVE 2020) for miljøtilpasning av sikringsanlegg og biotopjusterende tiltak i strekninger påvirket av sikringsanlegg som bør derfor gjennomføres for å nå målet om god økologisk tilstand ifølge vannforskriften. Dette tiltaket gjelder et område hvor landbruket ikke har utnyttet de tørrlagte området, og det er i dag god avstand mellom elveløpet og nærmeste dyrka mark. Dagens flom- og erosjonssikringsanlegg graves opp over en strekning på ca. 770 meter, og flyttes bort fra dagens elveløp. Nytt sikringsanlegg legges i overgangen mellom gammelt sideløp og høyereliggende terreng innenfor. Beregnet samlet kostnad er 1,5 mill. NOK. Elva vil på den måten kunne utnytte det naturlige vassdragsmiljøet, samtidig som flomsikkerheten ivaretas (NVE 2020).

Bildene nedenfor er fra NVE-ekspert Sturla Dimmen Sæle og gir et inntrykk av variantene som ble undersøkt (**figur 5.3**) og praktisk gjennomføring av tiltakene (**figur 5.4**).



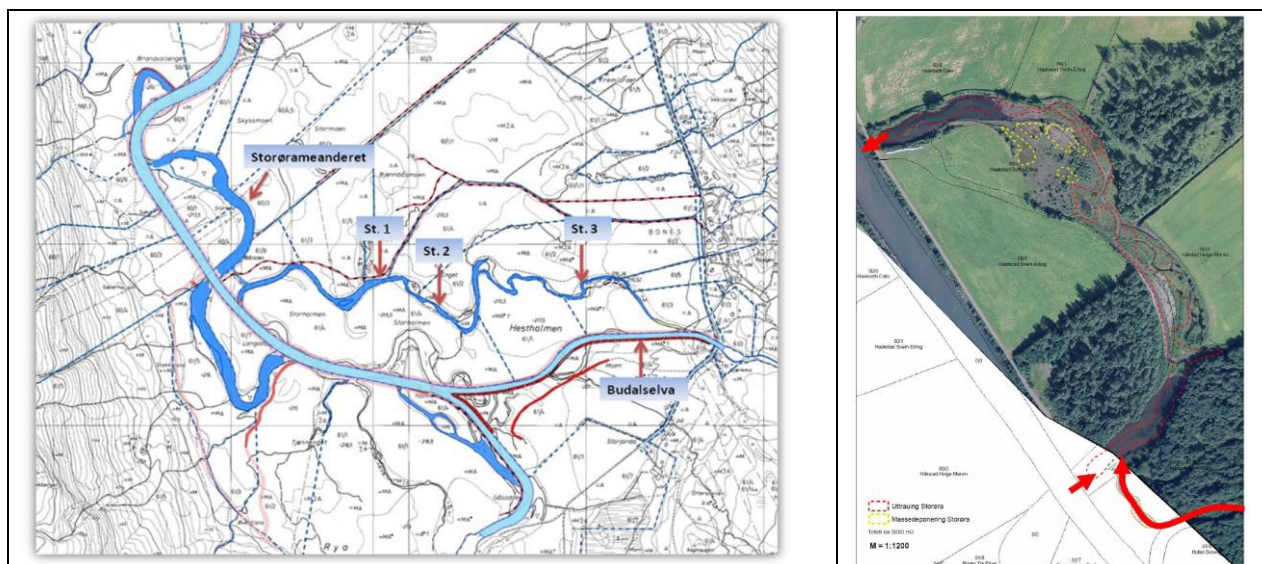
Figur 5.3: Flytting av flomvoller i Skaktarelva/Divieelva, alternative traseer som ble undersøkt. Datakilde: Sturla Dimmen Sæle (NVE)



Figur 5.4: Flytting av flomvoller i Skaktarelva/Divieelva, anleggsarbeidene. Datakilde: Sturla Dimmen Sæle (NVE)

5.1.4 Gjenåpning og mudring av Storørameanderen i Salangselva

Salangselva og Kvernmoelva i Troms ble kanalisert og sikret med forbygning på 1980-tallet. I 2006 og 2007 ble deler av de eldre elveforbygningene ved Bones i Salangselva i Troms restaurert. Et eldre elveløp samt en større meander ble igjen åpnet for vanngjennomstrømning samt at det ble gjennomført flere mindre justeringer på det gamle inngrepet. Meanderen ble åpnet inn mot elvekanalen sensommeren/høsten 2007, i tillegg til Budalsfaret som ble åpnet og drenert inn i øvre del av Storørameanderen (markert med røde piler i **figur 5.5**).



Figur 5.5: Gjenåpning og mudring av Storøameanderet. Oversiktskart (venstre) og området som ble mudret (høyre) sommeren 2006 i Storøameanderet (stiplet rød linje) samt massedeponeringsområde (gul stiplet linje).

I forbindelse med tiltaket ble det gjennomført før- og etterundersøkelser på naturmiljøet, som er dokumentert i en NINA-rapport og oppsummert slik (Strann m.fl. 2010, s. 3-4):

- «Forholdene for fisk i området rundt Bones ser ut til å ha bedret seg noe i årene etter restaureringen. [...] Vanngjennomstrømmingen bør økes ytterligere og gjøres mer stabil ved ulike vannføringer for å oppnå ønsket effekt av restaureringen.»
- «Det strømmer ikke nok vann gjennom meandren for å vaske ut de betydelige mengdene med mudder. Åpningen i 2007 har ikke resultert i noen større endring i tilgangen på mat eller reirplasser rundt Storøra for vannfuglene.»
- «For den nyetablerte vannvegetasjonen i de avsnørte meandrene har gjenåpning negativ effekt. På mudderbankene i Storøra vokser den rødlistede kvitstarren (NT=nær truet). Dette er likevel ikke veldig alvorlig ettersom en tilstreber å komme tilbake til opprinnelige kvaliteter i elveløpene der denne typen vannvegetasjon ikke er særlig utbredt. [...]»
- «En positiv effekt av de tiltak som nå er gjennomført vil være at flommarksskogene trolig vil få igjen noe av den naturlige flomdynamikken som opprinnelig dominerte disse områdene. «

Flyfotoene i **figur 5.6** viser tilstanden av meanderen før, under og noen år etter tiltaket. Man har tatt bort myr- og våtmarksområder som hadde etablert seg i meanderen. Gjennom mudring og profilering har man skapt et grunnlag for reetablering av våtmark- og flomskog med en viss andel åpne vannflater i meanderen.

Flyfotoene antyder imidlertid at strømningsmønstre etter restaureringen har lite til felles med det som er typisk for en naturlig meanderende elv. Den kanaliserte elv har åpenbart innskjært seg, og det nye hydrodynamiske regimet i meanderen er svært forskjellig fra det opprinnelige. Flyfotoene viser også at skogen (delvis flomskog?) på meanderøya har blitt fjernet cirka 10 år etter tiltaket. Det kan ikke utelukkes at mudring av meanderen la til rette for dette gjennom senkning av grunnvannet.

Eksemplet fra Salangelva illustrerer at planlegging av tiltak i kanaliserte meanderende elver bør inkludere en god vurdering av den langsiktige totale økologiske effekten, for å sikre et helhetlig sett positivt resultat i samarbeid med grunneierne.



Figur 5.6: Gjenåpning av gamle meandere ved Salangelva. Flyfotoene fra *norgebilder.no* viser tilstanden før tiltaket (a), i året da tiltakene ble gjennomført (b), og noen år senere (c,d), med fjerning av skog mellom 2015 og 2017.

5.1.5 Planer for flytting av flomvoll ved Gausa

Dette prosjektet ble presentert av Innland fylkeskommune under nasjonalt restaureringsseminar i september 2020 (Olsen, 2020). Gausa er en av de største tilløpselvene til Gudbrandsdalslågen og renner ut i Lågendeltaet naturreservat et lite stykke oppstrøms Lillehammer. Flom i 2011 og 2013 førte til store og kostbare skader i Gudbrandsdalen, og Gausa ble identifisert som problemområde i en Regional plan for Gudbrandsdalslågen med sidevassdrag. Vassdraget er vernet og har store naturverdier (artsrik flommarksskog med flere rødlistede arter, storørret i elva). Ulike alternativer ble vurdert. Valget falt på tilbaketrukket flomvoll mellom dyrka mark og flommarksskogen. Innlandet fylkeskommune er partner i EU Horizon 2020-prosjektet “PHUSICOS”, hvor tilbaketrukket flomvoll langs Gausa er med som et av tiltakene. Tiltakets influensområde skal evalueres før og etter blant annet i forhold til innbyggere, hus, infrastruktur, biodiversitet, vannkvalitet, landskap, kost nytte, sosialt/samfunn (Olsen 2020).

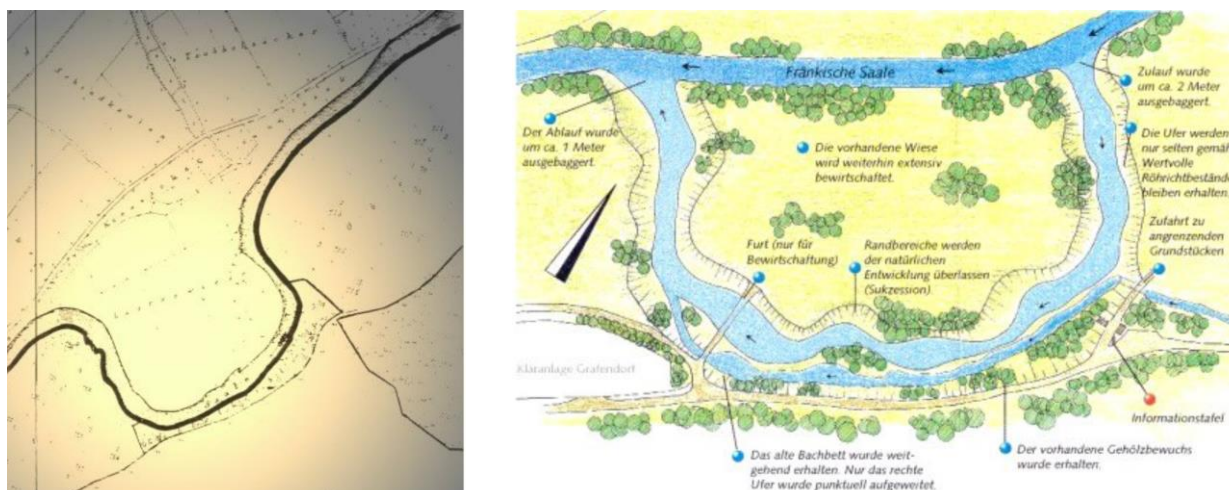
Ifølge PHUSICOS-website jobber en master student fra NMBU med det og bruker HECRAS til modellering.

5.2 Noen erfaringer fra utlandet

5.2.1 Åpning av Saale-Meanderen Gräfendorf (Tyskland)

På 1920-tallet kanaliserte man elven Fränkische Saale i Bayern for fløtningsformål. Elva ble utrettet, senket og sikret med forbygninger. Gamle kart viste tilstanden før inngrepet. Meanderen ble senere fylt opp. Den lokale vannforvaltningsplanen ønsket forbedringer som skulle skape et mer strukturrik vassdragsavsnitt med gode økologiske habitatforhold og samtidig bidra til flomretensjon ved hjelp av gjenåpningen av meanderen (**figur 5.7**).

Tiltaket ble ifølge WWA (2021) gjennomført i årene 2001 og 2002 med en kostnad av 130.000 EUR. På en lengde av cirka 500 m ble fyllmassene fjernet, slik at den del av strømmingen kunne igjen renne gjennom meanderen. Skråningene utformet med lav helning og flere uregelmessige strukturer for å etablere økologisk verdifulle kantsoner. De ble ikke sikret mot erosjon, slik at elva kan utvikle sin egen dynamikk i meanderen. Gresset på den nydannete øya blir slått av en lokal grunneier, mens kantsonene er overlatt den naturlige suksesjonen.



Figur 5.7: Gjenåpning av Saale-Meander Gräfendorf: Plantegning fra 1860 (venstre) og tiltaksplan for gjenåpning (Høyre). Fra WWA (2020).

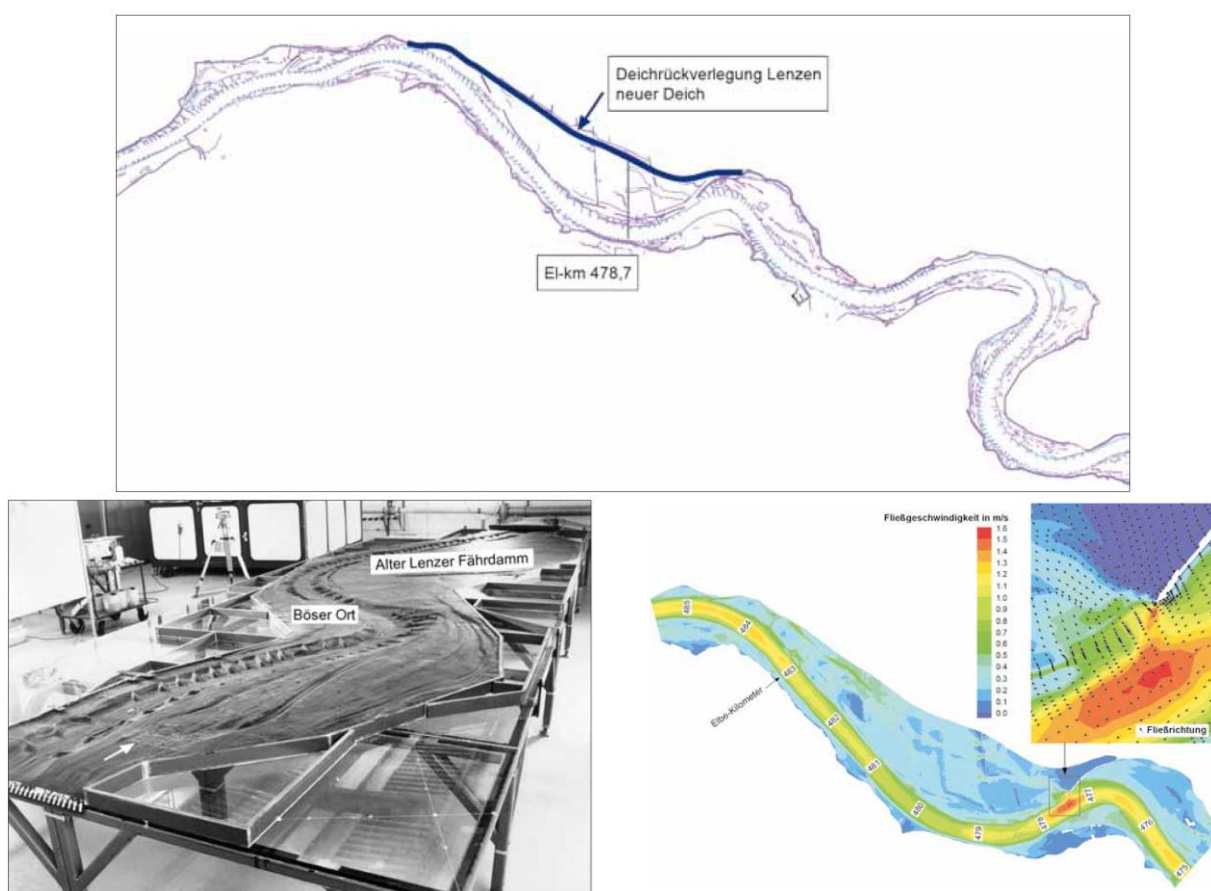


Figur 5.8: Aktuell flyfoto av den restaurerte meanderen. Fra Google.

Åpning av meanderen har ifølge WWA (2021) ført til reetablering av noen grunne habitater med moderat strømming som tidligere var typisk for elva Saale. Overvåkingen viste positive effekter blant annet for fisk. Et aktuelt flyfoto (**figur 5.8**) indikerer at man gjennom åpningen av meanderen har skapt økologisk verdifulle våtmarksområder med positiv effekt på flomforholdene i et aktivt jordbrukslandskap. Man har derimot ikke reetablert selve elvetypen av en meandrerende elv, og strømningsforholdene i dag er svært forskjellige fra tilstanden før kanaliseringen.

5.2.2 Flytting av flomvoll i Elbe ved Lenzen (Tyskland)

Elbe er en av de største elvene i Tyskland som munner ut i Nordsjøen ved Hamburg og har stor betydning blant annet for skipstrafikk. Etter en storflom i 2002 med store skader på infrastruktur, begynte man å se etter muligheter for å senke flomvannstander ved å gjenskape større retensjonsområder. Det resulterte i et stort prosjekt (25 km) ved Lenzen med mange utredninger og flere relaterte forskningsprosjekter underveis. Mange grunneier- og andre interesser måtte tas i betraktning, og ulike varianter og vegetasjonstilstander etter tiltaket og deres effekt på vannstanden ble undersøkt. Utredningene inkluderte også lab forsøk for å forstå effekten på sedimenttransporten og hydrodynamiske modelleringer for å optimalisere strømningshastighetene ved innløpet (**figur 5.9**). Flomvollen ble åpnet i 2009, og området er nå regelmessig oversvømt under flom (**figur 5.10**).



Figur 5.9: Flytting av flomvoller i Elbe ved Lenzen; Planlegging (øvre), labforsøk (venstre) og hydrodynamiske modelleringer for å optimalisere strømningshastighetene ved innløpet (høyre). Fra BAW (2013).



Figur 5.10: Flytting av flomvoller lange elva Elbe i Tyskland, under anleggsperioden (venstre) og under flom etter gjennomføring av tiltakene (høyre). Fra BAW (2013).

6 Konklusjoner og veien videre

6.1 Oppsummering og konklusjoner

Nedbørsområdet til Etna omfatter ved samløp med Dokka et areal av 928 km² og ligger mellom høydene 144 og 1 681 m o.h. Undersøkellesområdet i nedre del ligger i et område med morener og bresjø-, innsjø- og elveavsetninger. Vannføringsregimet i Etna er preget av en vårflokk etter snøsmeltingen og lave vintervannføringer. Store flommer kan imidlertid også opptre i forbindelse med regn om høsten. Middelvannføring av Etna ved samløp med Dokka er 12,5 m³/s, og årsflommen er oppgitt med 177 m³/s. Etna er vernet mot vasskraftutbygging.

Analysene viser at kanaliseringen av Etnavassdraget ble planlagt i flere steg og er godt dokumentert i gamle kart og historiske dokumenter i NVE-arkivet på Hamar. Allerede før eller tidlig på 1900-tallet gjorde man noen forbygningsarbeider i Leppa og etablerte murer på utvalgte steder i Etna i forbindelse med brøtningen. Kanaliseringen og forbygninger på strekningen mellom utløp Leppa og Øiom bru ble satt i gang på 1920- og 1930-tallet etter en plan fra 1922. På 1950-tallet NVE realiserte man en plan med sprenging av Eidshaugfoss og korreksjons- og forbygningsarbeider på strekningen mellom Lunde og Eidshaugfoss. 1985 foretok man en ytterligere senkning av elveløpet på denne strekningen. I forbindelse med store flommer (1966, 1995) oppsto det skader på forbygninger som førte til rehabilitering og delvis forsterkning og forlengelse av flomverk.

Kanaliseringsdokumentene fra NVE-arkivet viser at elveløpet ble omfattende forandret gjennom en rekke tiltak over flere tiår. Særlig i strekningen mellom Lunde Bru og Eidshaugfoss har sprengningene og utredningene ført til helt andre hydromorfologiske forhold enn før kanaliseringen. Staten og lokale interessenter har brukt betydelige midler for å planlegge, etablere og vedlikeholde de eksisterende sikringsanleggene. På oppdrag av NVE ble det nylig gjennomført utredninger om behov for rehabilitering eller oppgradering av flomverkene i øvre del av Etna (Amundsen m.fl. 2019). Det er derfor viktig å samkjøre alle planleggingsprosesser rundt vassdraget og dens flomverk og sørge for en helhetlig løsning med nye premisser i tett samarbeid med grunneiere og NVE.

Dagens vassdragsforvaltning i NVE bruker elvekorridoren som grunnlag og utgangspunkt i alle vassdragstiltak. Det går ut på at elva må gis mulighet til å erodere, meandere og flomme innover flomslettene så langt det er mulig. Alle tiltak som innebærer flytting eller åpning av flomvoller og gjenåpning av gamle meandere og flomløp må vurderes sammenhengende for hele elvestrekningen. Flytting av flomvoller og gjenåpning av meandere kan også påvirke tiltak relatert til kantsoner og nødvendighet av habitatforbedrende tiltak eller rensing av grusbanker.

Det har ikke vært veldig mange prosjekter med flytting av flomvoller i Norge fram til nå, og omfang og innhold av utredninger i forkant har vært veldig varierende. Flytting av flomvoller er ifølge NVE forholdsvis uproblematisk hvis flomsikringsnivået kan forbli det samme som nå. For tiltak som kan føre til mindre flomsikkerhet enn dagens sikringsnivå, bør man på grunn av jordbruksinteressene, vurdere en grundig utredning av flomsikkerheten. Tiltakene bør planlegges ved hjelp av dagens verktøy (f.eks. hydrodynamiske modeller). Det vil gjøre det mulig å komme med en prognose på hvordan tiltakene påvirker flomforholdene. Større vassdragstekniske inngrep medfører at kommunen må lage en ny reguleringsplan.

6.2 Anbefalinger for veien videre

Restaureringsprosjektet i Etna har så langt vært en dynamisk prosess med mange endringer og tilpasninger av tiltaksforslag underveis. Restaureringen i Etna kan derfor også i framtida være en kombinasjon av å “prøve seg sakte fram” med et minimum av undersøkelser og fokus på praktiske tiltak på steder der flomsikkerheten ikke er påvirket. Tiltak som kan ha negativ effekt på flomsikkerheten for viktige jordbruksområder eller bebyggelse må gjennom mer grundige utredninger før utføring. Det kan legges opp til en adaptiv og langsiktig prosess med tiltak som utføres steg for steg med observasjon av effektene. Det er viktig å fortsette dialogen med grunneierne, og få inn deres innspill og visjoner for Etna tidlig i planleggingsprosessen. Suksessen for alle tiltakene bør overvåkes f.eks. ved å NiN-kartlegge elvekorridoren før og etter tiltakene.

Noen av de foreslåtte tiltakene er uavhengig av hydromorfologiske faktorer og kan gjøres umiddelbart, f.eks. oterkryssing ved Høljerast eller tiltak for å stoppe organisk forurensing. Tiltakene i Delområde V er i et område som er forholdsvis lite påvirket av kanaliseringen. Disse tiltakene, særlig etablering av kantsoner og oppgraving av gamle dammer, kan fortsettes og prioriteres i 2021.

Under befaringen med NVE i mai 2021 ble flytting av flomvoll mellom Lunde bru og Røstenge (**tiltak 1-F.1**) utvalgt som et hydromorfologisk tiltak som kan gjennomføres uten problemer, hvis sikringsnivået skal forbli det samme som nå. Det gjensker deler av det gamle elveløpet og kan gjennomføres i flere trinn ved å begynne med den nederste runden. Man kan teste og dokumentere effekten av ulike ideer og tiltakskombinasjoner, som f.eks. av å lage en øy av den gamle flomvollen som sedimentkilde og ved å legge ut store steiner.

Særlig i strekningen mellom Lunde bru og Eidshaugfoss har sprengningene og utretningene ført til helt andre hydromorfologiske forhold enn før kanaliseringen. Her anbefales det å utrede nærmere i hvilken grad en reetablering av vanngjennomstrømningen i meandere overhodet kan oppnås, og hvilke andre tiltak det eventuelt bør kombineres med (utgraving, steinbuner etc.). Det kan inkludere en hydraulisk 2D-modellering med utredning/testing av ulike varianter (f.eks. ulike bunnterskler, ulike flomvollforløp, ulik grad av mudring osv.).

Etna er veldig godt egnet som et regionalt eller nasjonalt referanse- og forskningsprosjekt for større restaureringstiltak i norsk jordbrukslandskap med flytting av flomvoller og gjenåpning av meandere. Det anbefales å undersøke muligheter for et slikt tverrfaglig prosjekt i samarbeid med NVE og flere forsknings- og forvaltningspartnere. Prosjektet kunne ved siden av utredningene om meanderåpningen for Delstrekningen I-II også inkludere modellbaserte utredninger for Delstrekning IV mellom Leppa og Øiom med test av ulike varianter og kombinasjoner for flytting av flomvoller og deres effekt ved lav-, middle- og flomvannføring. Her må man ta hensyn til en mer krevende situasjon i forhold til sedimenttransport og modellering av vegetasjon. Hydrodynamiske modeller kan også brukes til kommunikasjon med grunneieren, f.eks. ved å vise eventuelle ulike effekter ved flom.

Hydrauliske modelleringer krever at man har erfaring/kunnskap om vassdraget og tilgang til følgende data (NVE 2021b):

- Topografi: Tverrprofiler og/eller digital terrengmodell (inkludert terrenget under vann);
- Hydrologi: Flomhistorikk og flomvannføringer for ulike gjentakintervall (**kapittel 2.2**);
- Data fra tidligere hendelser og hydrauliske observasjoner som brukes både til kalibrering og for å avgrense modellen;
- Befaringsrapport: Notater, bilder og video av strømningsforhold og punkter med hydraulisk kontroll og kritiske punkt;
- Overflateruhet: Parametere som kan brukes til å estimere Mannings tallet.

7 Referanser

- Amundsen, J.M., Liebig-Andersen, R., Rønning, B., Wang, T.C., Bugten, A. & Wood, R. 2019. Lybekksveita - Ruse flomverk (VV 4866, 4977), Etnedal kommune. Status og vurdering av behovet for oppgradering. Multiconsult. NVE, Ekstern rapport nr 18-2019.
- BAW. 2013. Die Deichrückverlegung bei Lenzen an der Elbe. Bundesanstalt für Wasserbau, BAW Mitteilungen Nr. 97, Dezember 2013. Karlsruhe.
- Belletti, B., M. Rinaldi, M. Bussetini, F. Comiti, A. M. Gurnell, Luca Mao, Laura Nardi, & Paolo Vezza. 2017. Characterising Physical Habitats and Fluvial Hydromorphology: A New System for the Survey and Classification of River Geomorphic Units. *Geomorphology* 283 (April): 143–57. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.01.032>.
- Bertoldi, W., M. Welber, A. M. Gurnell, L. Mao, F. Comiti, & M. Tal. 2015. Physical Modelling of the Combined Effect of Vegetation and Wood on River Morphology. *Geomorphology* 246 (October): 178–87. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.05.038>.
- Beschta, R. L., & W. J. Ripple. 2012. The Role of Large Predators in Maintaining Riparian Plant Communities and River Morphology. Special Issue Zoogeomorphology and Ecosystem Engineering Proceedings of the 42nd Binghamton Symposium in Geomorphology, Held 21-23 October 2011 157–158 (July): 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.04.042>.
- Bjørlien, O.H.E. 1994. Boka om Land, del VI. Skogbrukshistorie for Land. Utgitt av Lands museum.
- Bogen, J., & T. Bønsnes. 1995. Miljøvirkninger av erosjon og sedimenttransport under flommer. Hydra-rapport Mi05. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Buffington, J. M., & D. R. Montgomery. 2013. Geomorphic Classification of Rivers. In *Treatise Geomorphology*, 730–67. San Diego: Academic Press.
- Carbonneau, P., M. A. Fonstad, W. A. Marcus, & S. J. Dugdale. 2012. Making Riverscapes Real. *Geomorphology* 137 (1): 74–86. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.09.030>.
- Church, M. 2006. Bed Material Transport and the Morphology of Alluvial Rivers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences* 34: 325–54.
- Cowx, I. O., & R. L. Welcomme. 1998. Restoration of Rivers for Fish. Food and Agriculture Organization.
- Da Silva, A M A F. 1991. Alternate Bars and Related Alluvial Processes. Master Thesis, Ontario, Kanada: Queens University Kingston.
- DWA. 2015. Merkblatt DWA-M 526. Grundlagen morphodynamischer Phänomene in Fließgewässern. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Merkblatt DWA-M 526. DWA-Regelwerk. Hennef, Germany: DWA.
- Eide, M.E. & Vogt, D. 2011. «Møllerstufossen». *Årboka Landingen* (2011 utg.). Lands museum. s. 6.
- Elster, M. 1995. Sedimentundersøkelser i Etna-Dokka 1987-1993. NVE Publikasjon 05/1995. Norges vassdrags- og energiverk, Oslo.
- Elvigen, S.W., Heistad, K., Høitomt, G. & Nygård, M. 2018. Tiltaksplan for Etnavassdraget, Lundebro til samløp med Dokka. Dokkadelta Våtmarksenter AS, Rapport 2018-10, 55s.
- Feld, C. K., S. Birk, D. C. Bradley, D. Hering, J. Kail, A. Marzin, A. Melcher, m.fl. 2011. Chapter Three - From Natural to Degraded Rivers and Back Again: A Test of Restoration Ecology Theory and Practice. In *Advances in Ecological Research*, edited by Guy Woodward, 44:119–209. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374794-5.00003-1>.
- Forseth, T. & Harby, A. (2013): Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag. NINA Temahefte 52. CEDREN Trondheim.
- Fryirs, K. & G J Brierley. 2013. Geomorphic Analysis of River Systems: An Approach to Reading the Landscape. 1th ed. Blackwell Publishing.
- Gjessing, J. & Engen, I.K. 1980. Fluvialgeomorfologisk befaring i Etnas og Dokkas nedbørfelt (del 1) og fluvialgeomorfologisk inventering i de nedre delene av Etna og Dokka (del 2). Kontaktutvalget for vassdragsreguleringer, Universitetet i Oslo. Rapport 80/02. Oslo.
- Gurnell, A. 2014. Plants as River System Engineers. *Earth Surface Processes and Landforms* 39 (1): 4–25. <https://doi.org/10.1002/esp.3397>.
- Harby, A., T. H. Bakken, B. Dervo, M. P. Gosselin, M. R. Kile, M. Lindholm, H. Sundt, & P. Zinke. 2018. Forslag til metode for klassifisering av hydromorfologisk tilstand i norske elver. SINTEF Report 2018:00482. Trondheim: Sintef Energi AS.
- Hasselsteiner, R. 2017. Ertüchtigung von Flusssdeichen – Theorie und Praxis. Presentasjon på DWA-konferansen «11. Deichtage», 16.-17. Oktober 2017, Karlsruhe.

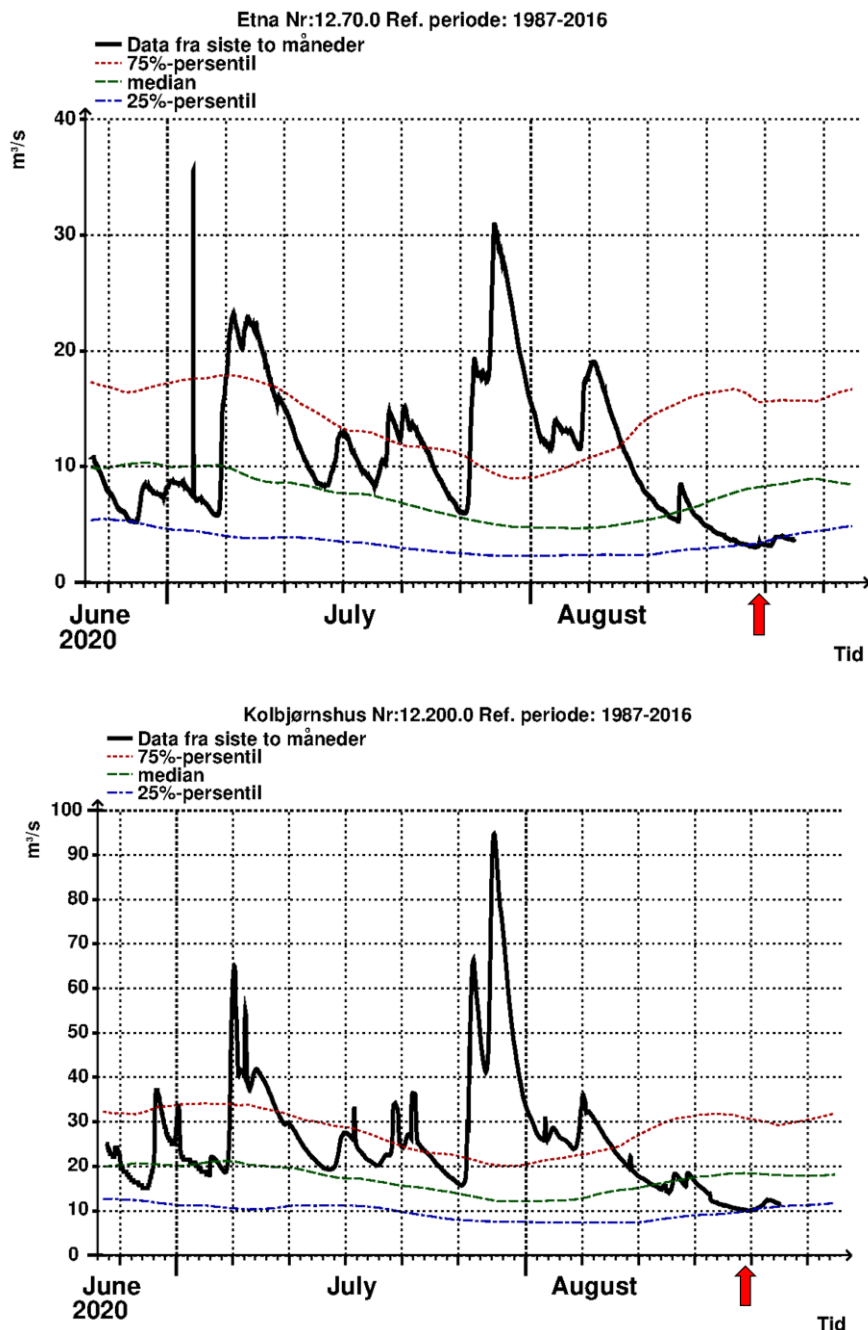
- Hauer, C., & U. Pulg. 2018. The Non-Fluvial Nature of Western Norwegian Rivers and the Implications for Channel Patterns and Sediment Composition. CATENA 171 (December): 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.06.025>.
- Hauer, F., R., H. Locke, V. J. Dreitz, M. Hebblewhite, W. H. Lowe, C. C. Muhlfeld, C. R. Nelson, M. F. Proctor, & Stewart B. Rood. 2016. Gravel-Bed River Floodplains Are the Ecological Nexus of Glaciated Mountain Landscapes. Science Advances 2 (6): e1600026. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1600026>.
- Hudson, P. F., H. Middelkoop, & E. Stouthamer. 2008. Flood Management along the Lower Mississippi and Rhine Rivers (The Netherlands) and the Continuum of Geomorphic Adjustment. The 39th Annual Binghamton Geomorphology Symposium: Fluvial Deposits and Environmental History: Geoarchaeology, Paleohydrology, and Adjustment to Env. Change 101 (1): 209–36. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2008.07.001>.
- Jørgensen, P., R. Sørensen, & O. Prestvik. 2013. Norske Jordarter.
- Kern, K. 1996. Grundlagen naturnaher Gewässergestaltung. Geomorphologische Entwicklung von Fließgewässern. Berlin: Springer Verlag.
- Kling, J. 2016. Vattendrag Morfologi. Unpublished draft 08/2016. Gøteborg.
- Kolrud, O. & Christiansen, R.T. 1948. Boka om Land, utgitt etter tiltak av landinger. Oslo 1948.
- Kondolf, G M. 1997. PROFILE: Hungry Water: Effects of Dams and Gravel Mining on River Channels. Environmental Management 21 (4): 533–51.
- Kondolf, G. M. 2006. River restoration and meanders. Ecology and Society 11(2): 42.
- KSS 2021. Klimaprofil for Oppland. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/oppland>, mars 2021.
- Lane, E. W. 1955. The Importance of Fluvial Morphology in Hydraulic Engineering. American Society of Civil Engineering, Proceedings 81 (Paper 745): 1–17.
- Lindholm, M., D. O. Hessen, K. Mosepele, & P. Wolski. 2007. Food Webs and Energy Fluxes on a Seasonal Floodplain: The Influence of Flood Size. Wetlands 27 (4): 775–84.
- Lybeck, T. 1988. Kanaliseringa gjennom Sør-Etnedal. Notat, NVE-arkiv Hamar nr. A4977. Senere publisert i: Lybeck, T. & Espeset, M. 1988. Etna : frå fjell til fjord. Etnedal naturvernlag. Paul T. Dreyers forlag, Aurdal.
- Marion, A., V. Nikora, S. Puijalon, T. Bouma, K. Koll, F. Ballio, S. Tait, m.fl. 2014. Aquatic Interfaces: A Hydrodynamic and Ecological Perspective. Journal of Hydraulic Research 52 (6): 744–58. <https://doi.org/10.1080/00221686.2014.968887>.
- Midttømme, G. H., L. E. Pettersson, E. Holmqvist, Ø. Nøtsund, H. Hisdal, & R. Sivertsgård. 2011. Retningslinjer for flomberegninger. Retningslinjer. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Montgomery, D. R., & J. M. Buffington. 1997. Channel-Reach Morphology in Mountain Drainage Basins. Geol Soc Am Bull 109: 596–611.
- NVE 2019. Tiltaksplan Julelv i Austertana – Miljøtiltak, Tiltaksnr. 20166X. Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE Region Nord, Narvik.
- NVE 2021a: 012/18 Etna. Verneplan for Vassdrag. <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/verneplan-for-vassdrag/innlandet/012-18-etna/>, 06. januar 2021
- NVE 2021b: Sikringshåndboka, modul f1.003 hydraulisk analyse og vannlinjeberegning. <https://www.nve.no/moduler/modul-f1-003-hydraulisk-analyse-og-vannlinjeberegning/> mars 2021.
- NVE 2020. Tiltaksplan Skaktarelv/Divieelva – Miljøtiltak, Tiltaksnr. 20725X. Norges vassdrags- og energidirektorat, NVE Region Nord, Narvik.
- Olsen, M. 2020. Flytting av flomvoll ved Gausa. Foredrag på Nasjonalt restaureringsseminar, 11.09.20. Innlandet Fylkeskommune.
- Pettersson, L.-E. (2007): Flomberegning for Etna/Dokka (012.EZ). NVE-dokument 15/2007. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- Piégay, H., S. E. Darby, E. Mosselman, & N. Surian. 2005. A Review of Techniques Available for Delimiting the Erodible River Corridor: A Sustainable Approach to Managing Bank Erosion. River Research and Applications 21 (7): 773–89. <https://doi.org/10.1002/rra.881>.
- Raven, P. J., N. T. H. Holmes, F.H. Dawson, & M. Everard. 1998. Quality Assessment Using River Habitat Survey Data. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 8 (4): 477–99. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0755\(199807/08\)8:4<477::AID-AQC299>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0755(199807/08)8:4<477::AID-AQC299>3.0.CO;2-K).
- Reid, D., & M. Church. 2015. Geomorphic and Ecological Consequences of Riprap Placement in River Systems. JAWRA Journal of the American Water Resources Association 51 (4): 1043–59. <https://doi.org/10.1111/jawr.12279>.
- Reinemo, P. & Pereira, J. (2015): Flomsonekart, Delprosjekt Dokka. NVE-rapport 99/2015. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo.
- Rinaldi, M., A. M. Gurnell, M. Gonzales del Tanago, M. Bussettini, & D. Hendriks. 2016. Classification of River Morphology and Hydrology to Support Management and Restoration. Aquatic Science 78: 17–33.

- Rinaldi, M., B. Wyżga, & N. Surian. 2005. Sediment Mining in Alluvial Channels: Physical Effects and Management Perspectives. *River Research and Applications* 21 (7): 805–28. <https://doi.org/10.1002/rra.884>.
- Rogstad, G. 1955. Dokument med informasjon for befaringen i juni 1955. Vassdragsvesenet, Generaldirektor Olaf Rogstad, Oslo 27. juni 1955. NVE-arkiv Hamar, nr. A4977.
- Rumm, A., F. Foeckler, O. Deichner, M. Scholz, & M. Gerisch. 2016. Dyke-Slotting Initiated Rapid Recovery of Habitat Specialists in Floodplain Mollusc Assemblages of the Elbe River, Germany. *Hydrobiologia* 771 (1): 151–63.
- Saltveit, S. J. (red) 2006. Økologiske forhold i vassdrag - Konsekvenser av vannføringsendringer. En Sammenstilling Av Dagens Kunnskap. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Schumm, S. A. 1977. *The Fluvial System*. Caldwell, NU: Blackburn Press.
- Schweizer, S., M. E. Borsuk, & P. Reichert. 2007. Predicting the Morphological and Hydraulic Consequences of River Rehabilitation. *River Research and Applications* 23 (3): 303–22. <https://doi.org/10.1002/rra.981>.
- Skarbøvik, E., Martinsen, S., Blankenberg, A.-G. B. & Isdahl, C. R. (2018): Treplanting langs vann i jordbruksområde. Overlevelse a trær og grunneiers erfaringer. Våler kommune i Østfold (Vannområde Morsa). Norsk institutt for bioøkonomi, NIBIO Rapport Vol 4 Nr. 30, 46s.
- Strann, K.-B., Rikardsen, A., Bjerke, J.W. & Dahl-Hansen, G. 2010. Økologiske konsekvenser av restaurering av elveforbygninger og avsnørte meandre ved Bones, Salangselva. Sluttrapport 2003-2009. - NINA Rapport 575. 40 s.
- Sæterbø, E., L. Syvertsen, & E. Tesaker. 1998. *Vassdragshåndboka*. Trondheim: Tapir Forlag.
- Wilson, D., A. K. Fleig, D. Lawrence, H. Hisdal, L. E. Pettersson, & E. Holmqvist. 2011. A Review of NVEs Flood Frequency Estimation Procedures. NVE Report 9/2011. Oslo: Norwegian Water Resources and Energy Directorate.
- Wishart, D., J. Warburton, & L. Bracken. 2008. Gravel Extraction and Planform Change in a Wandering Gravel-Bed River: The River Wear, Northern England. *Geomorphology* 94 (1): 131–52. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.05.003>.
- Wohl, E., N. Kramer, V. Ruiz-Villanueva, D. N. Scott, F. Comiti, A. M. Gurnell, H. Piegay, m.fl. 2019. The Natural Wood Regime in Rivers. *BioScience* 69 (4): 259–73. <https://doi.org/10.1093/biosci/biz013>.
- WWA (2021). Öffnung des Saale- Mäanders in Gräfendorf. Wasserwirtschaftsamt Aschaffenburg. https://www.wwa-ab.bayern.de/fluesse_seen/massnahmen/saalemaeander/index.htm (03/2021).
- Zarn, B. 1997. Einfluss der Flussbettbreite auf die Wechselwirkung zwischen Abfluss, Morphologie und Geschiebetransportkapazität. 154. Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaziologie. Zürich: ETH Zürich.
- Zinke, P., Olsen, N. R. B. & Bogen, J. 2011. Three-dimensional numerical modelling of levee depositions in a Scandinavian freshwater delta. *Geomorphology* 129, 320-333.
- Østdahl, T. & Taugbøl, T. (1999). Miljøtilpasninger ved eksisterende og nye flomsikringstiltak – en litteraturstudie. Østlandsforskning. HYDRA-rapport nr. Mi04.
- Østdahl, T., Taugbøl, T. & Spikkeland, O.K. (2001): Verdier i Etnavassdraget, Nordre Land, Etnedal, Sør-Aurdal, Nord-Aurdal og Øystre Slidre kommuner i Oppland. Utgitt av Direktoratet for naturforvaltning i samarbeid med Norges vassdrags- og energidirektorat og Fylkesmannen i Oppland. VVV-Rapport nr. 2001-27, 63s, 6 kart + vedlegg.
- Aarø, O., Rogstad, O., Herberg, K., Grimsrud, E.H. & Heen, T.T. (1955). Voldgiftsskjønn: Eidshaugfoss-Lysbekkveita, avhjemlet den 10. august 1955. Samholds Trykkeri, Gjøvik. NVE-arkiv Hamar nr. A4977.

8 Vedlegg

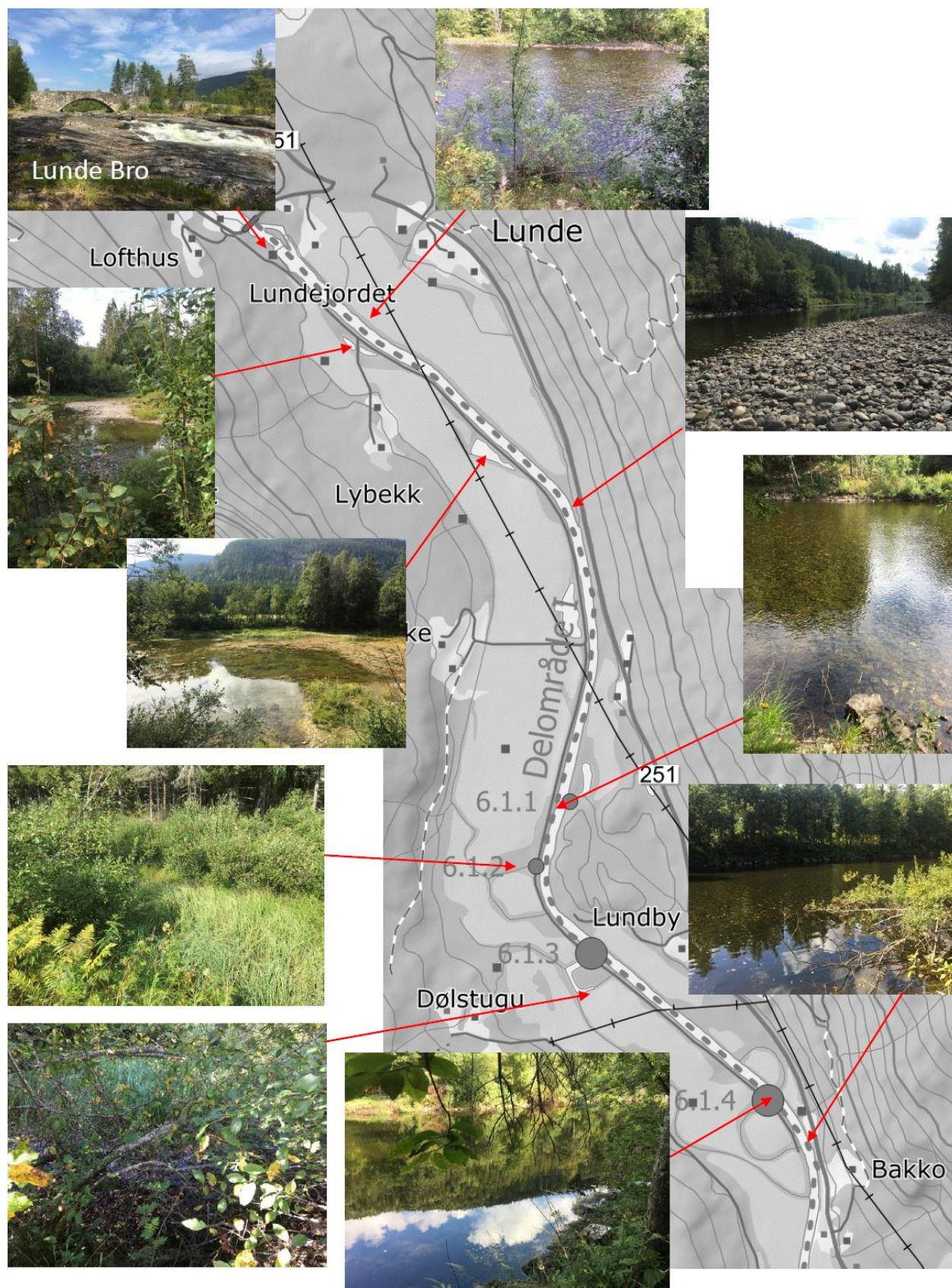
8.1 Vedlegg 1 - Dokumentasjon av befaringen 19.-20. august 2020

Vannføring under befaringen

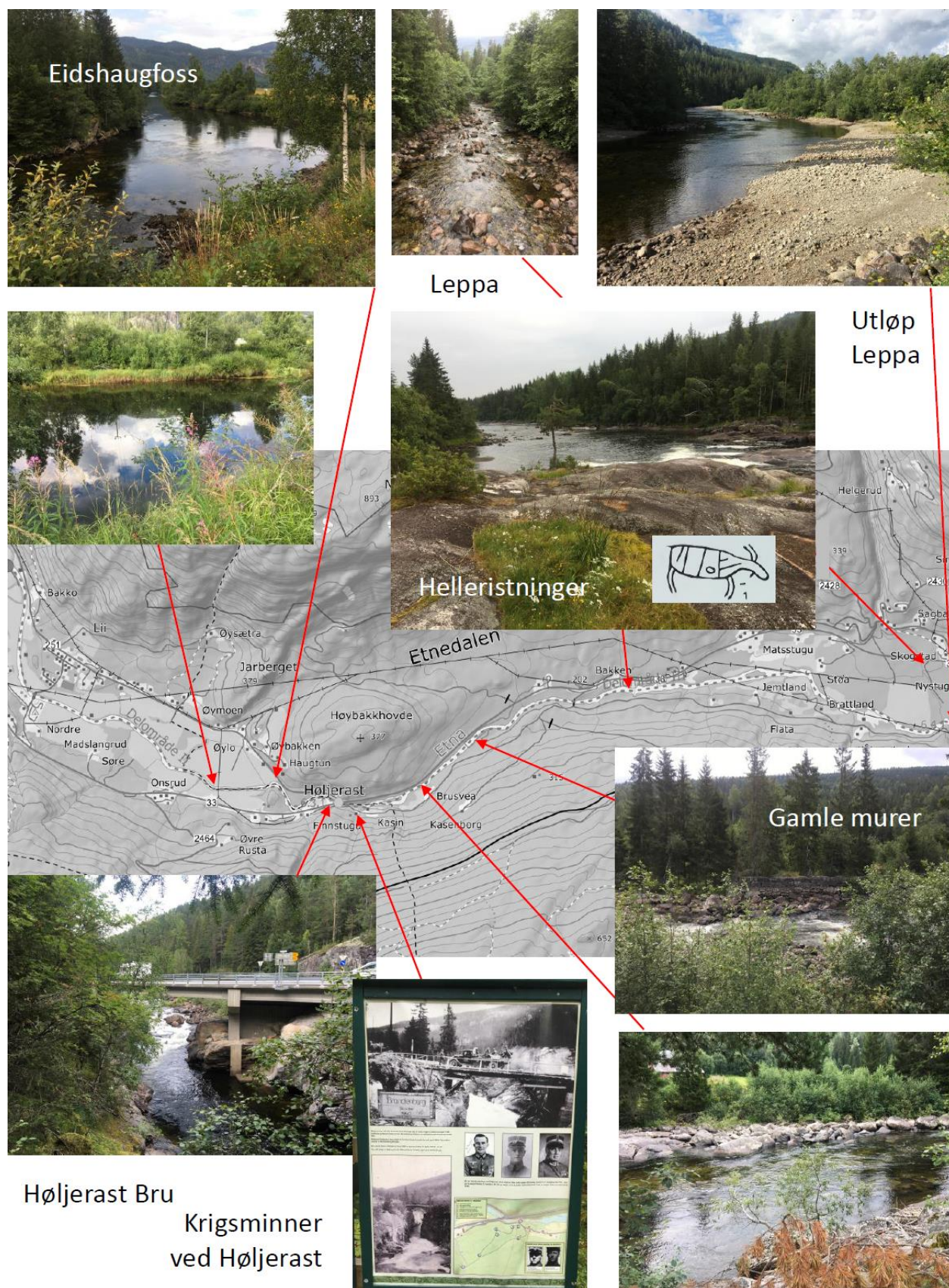


Figur V.1-1: Vannføringer i Etna (øverst) og Dokka (nederst) i sommer 2020, basert på NVEs sanntidsmålinger. Tidspunkt til befaringen er merket med rød pil.

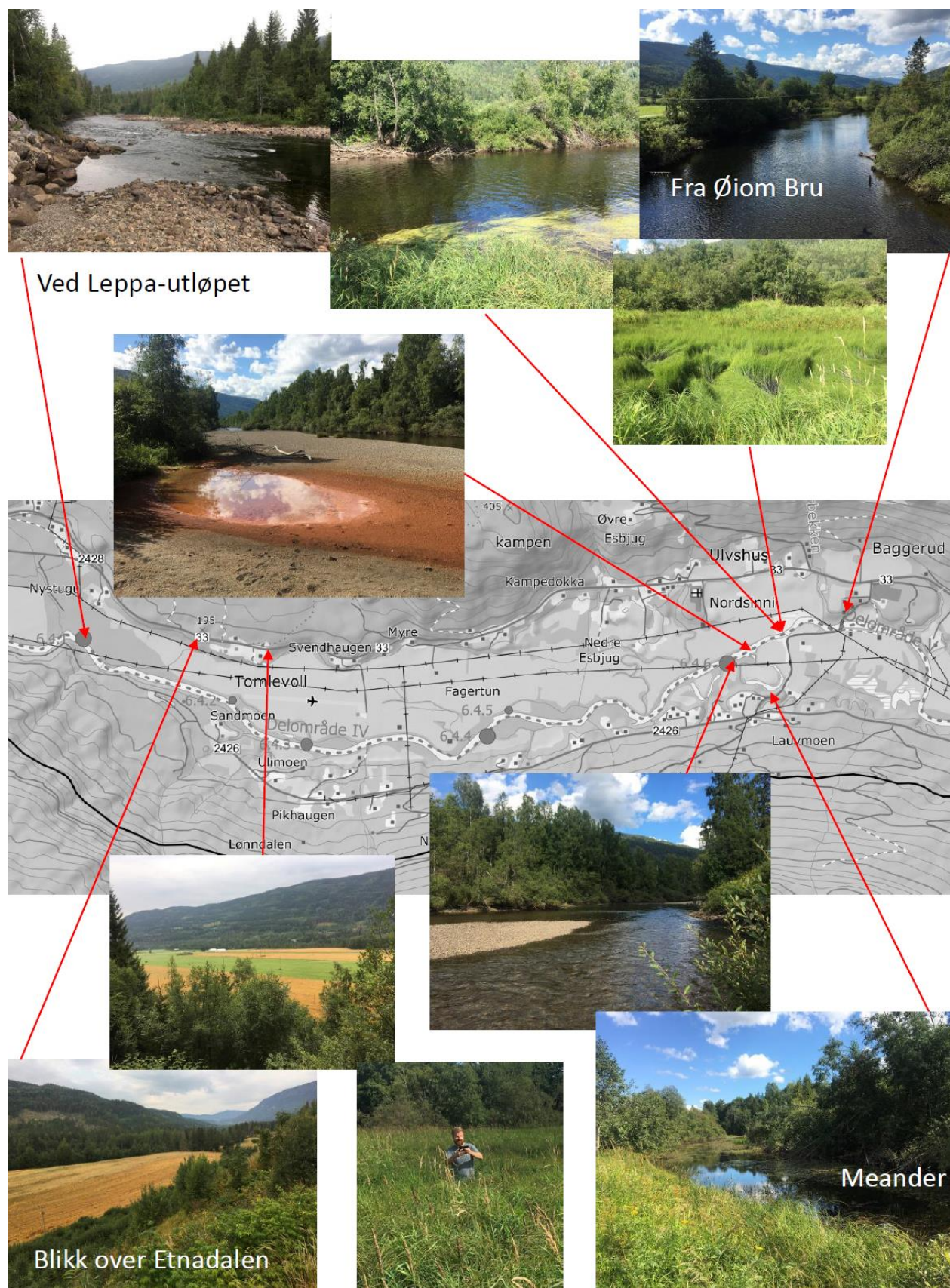
Døgn-middelveriene av vannføringen under befaringen på 19. og 20. august 2020 var cirka 3,3 m³/s på begge dager ved målestasjonen Etna (NVE Nr. 12.70) og litt avtagende fra 10,7 til 10,2 m³/s i Dokka ved målestasjon Kolbjørnshus (NVE Nr. 12.200). Disse vannføringene tilsvarer cirka 25%-persentil-verdien av referanseperioden 1987-2016.



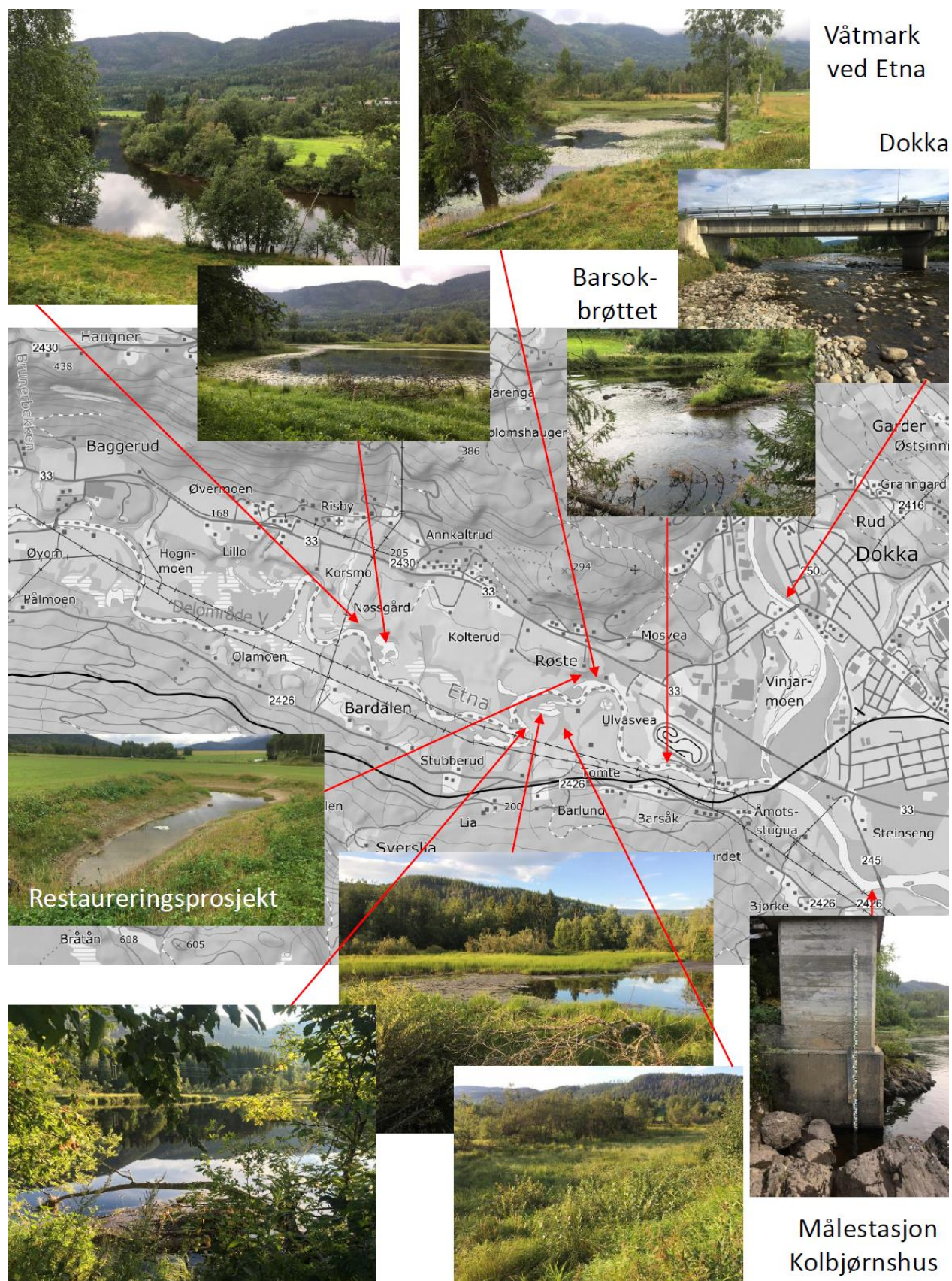
Figur V.1-2: Delområde I mellom Lunde Bru og Bakko: Impresjoner fra befaringen på 19.-20. august 2020.



Figur V.1-3: Delområde II og III mellom Bakko og Leppa: Impresjoner fra befaringen på 19.-20. august 2020.



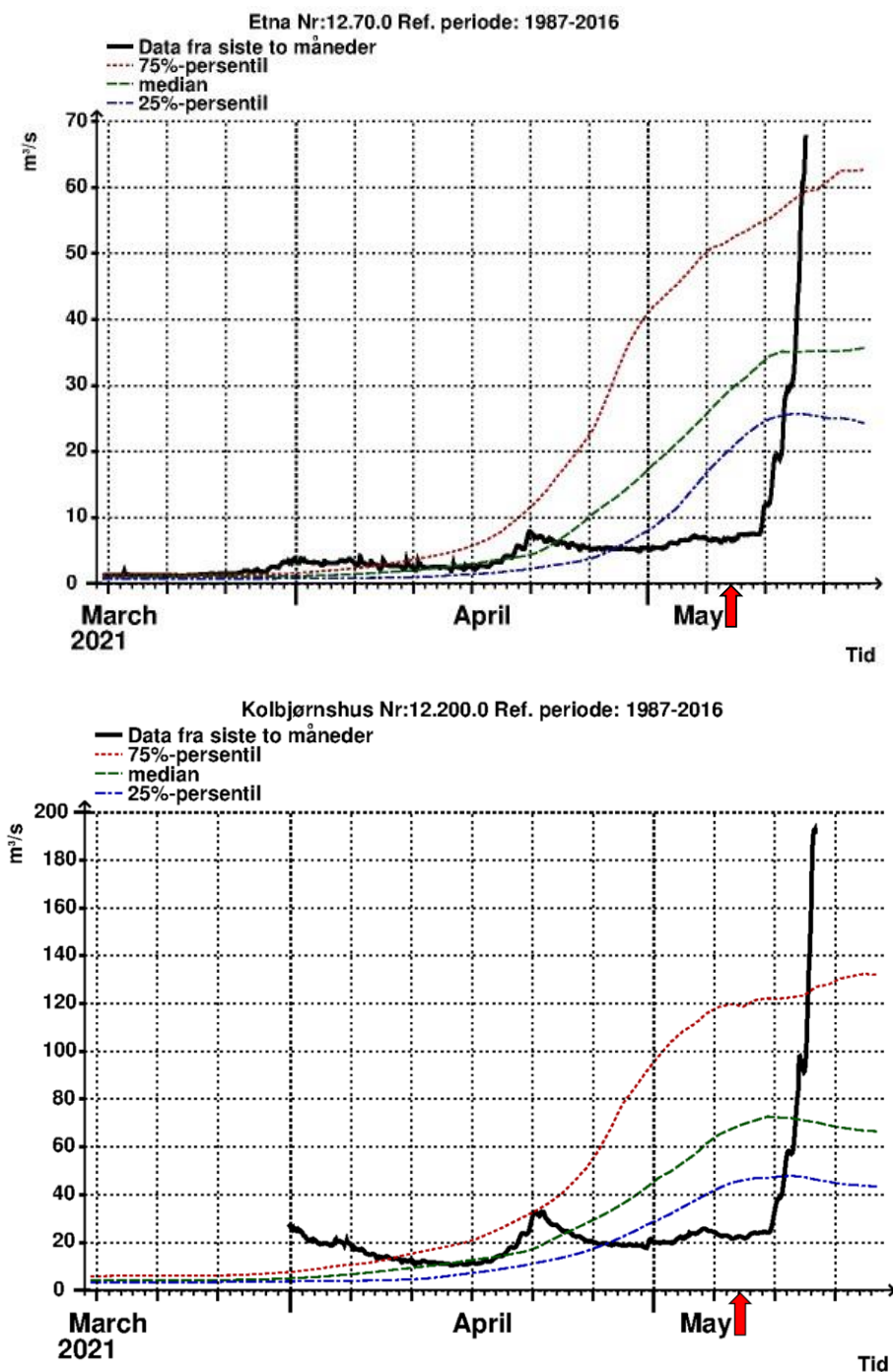
Figur V.1-4: Delområde IV mellom Leppa og Øiom: Impresjoner fra befaringen på 19.-20. august 2020.



Figur V.1-5: Delområde V mellom Øiom og samløp Dokka: Impresjoner fra befaringen på 19.-20. august 2020.

8.2 Vedlegg 2 - Dokumentasjon av befaringen 7. Mai 2021

Vannføringen under befaringen (se figur V.2-1)



Figur V.2-1: Vannføringer i Etna (øverst) og Dokka (nederst) våren 2021, basert på NVEs sanntidsmålinger. Tidspunkt til befaringen er merket med rød pil.

Døgnmiddelverdiene av vannføringen under befaringen 7. mai 2021 var 6,6 m³/s ved målestasjon Etna (NVE Nr. 12.70) og 22.2 m³/s i Dokka ved målestasjon Kolbjørnshus (NVE Nr. 12.200). Disse vannføringene er lavere enn 25%-persentil-verdien av referanseperioden. Vårflommen 2021 var forsinket og hadde ikke kommet enda.

Deltakere på befaringen:

- Sturla Dimmen Sæle (NVE)
- Stine Wiger Elvigen, Lea Hoch og Jan Erik Noreng (DNV)
- Peggy Zinke (Sciencemonastery AS)

Stasjon A – Bekkeløp og meanderne ved Øiom



Figur V.2-2: Befaringspunkter ved Øiom (A)

Om gjenåpning av gamle bekkeløp og etablering av dammer på flomsletta

- Bekkeløpet (A1) er godt gjennomstrømt og har en intakt kantsone med flommarksvegetasjon. Det er viktig å ta vare på det. - ALLE
- Det er flere flekker med våtmark og fuktenger på flomsletta, som er antagelig allerede nå verdifulle biotoper med en viss hydrologisk retensjonsfunksjon. Hvis man gjenåpner det gamle bekke- og grøftesystemet, så bør det ikke gå på bekostning av disse områder - f.eks. ved at de får bedre drenering og tas i bruk for mer intensiv jordbruk. - PEGGY, JAN ERIK

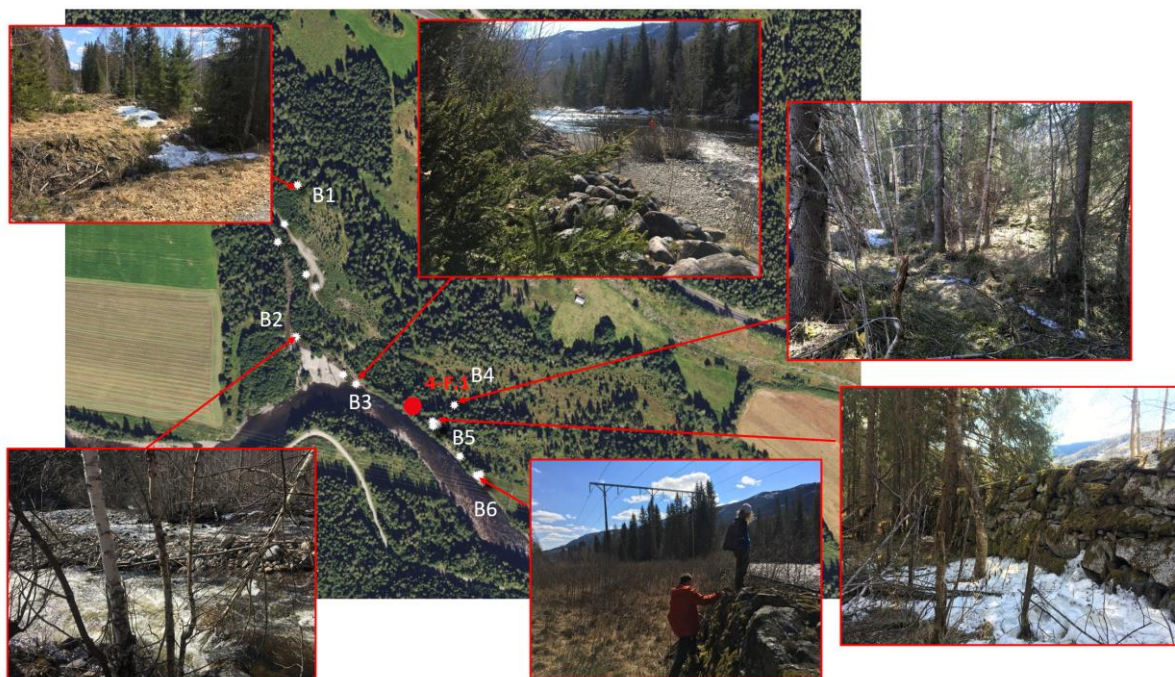
Om gjenskaping av de gamle meanderne ved Øiom og mulige konsekvenser for flomsikkerhet og erosjon

- NVE har gjennomført en åpning av meandere i Alta i Bognelva, med praktisk uttesting av ulike typer steinranke og overvåking i samarbeid med NMBU Ås (Jonathan E. Colman og hans studenter). Meandertiltakene i Norge ble gjennomført som “miljøtiltak” hvor den nye elva forblir hovedelva (ingen “ekte” restaurering hvor man stenger det nye elveløpet helt). NVE har veldig mye fokus på fisk, hvor det er viktig med godt inn- og utstrømning. – STURLA
- Dagens forbygging (A2) ble fylt opp på 1970-80 tallet, da har man tatt ut sediment fra elva og lagt det på forbygging. Det ble tatt ut masser rett ovenfor den største ørretgyteplassen på 80-tallet. – JAN ERIK
- Dagens flomvoll bygger man ikke sånn, ikke så brått osv. Man kan erosjons sikre i yttersvingen av meanderen hvis man åpner den. Men jeg vet ikke om jeg ville åpne her ..

nei. Når det gjelder flomsikkerhet, så er det vanlig for NVE å bruke 200-års flom, i hvert fall for bebyggelse. Når vi gjør store ting må kommunen lage en ny reguleringsplan med høring, da er flomsikkerheten en viktig aspekt. – STURLA

- Der hvor forbygningen slutter (A4) er det noen naturlige erosjonskanter med typsik funksjon som sedimentkilder og habitater. – PEGGY, STINE

Stasjon B – Ved Leppa

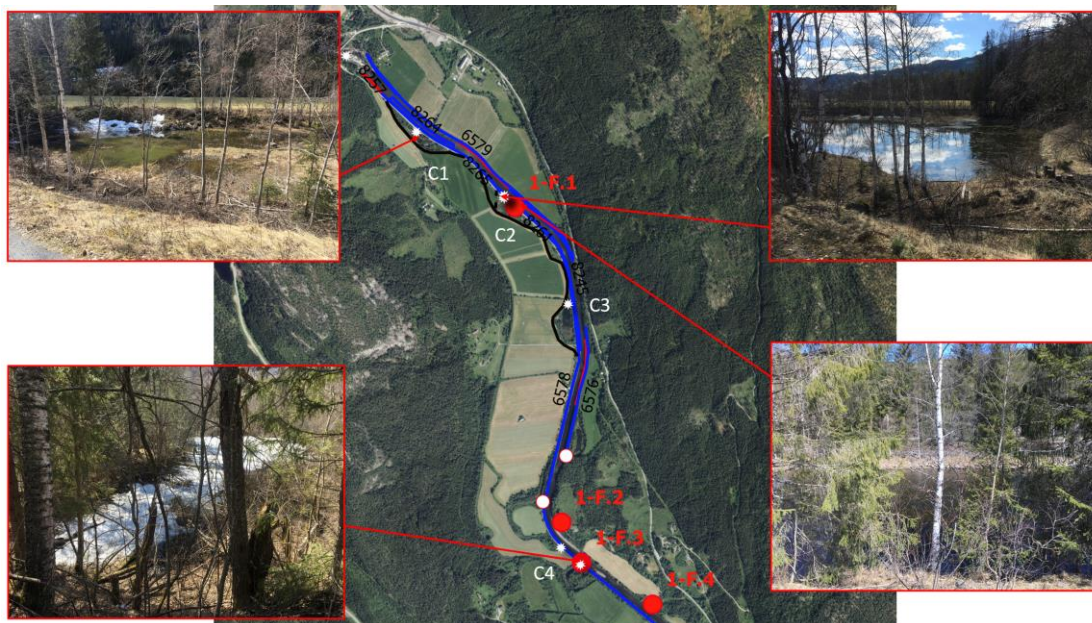


Figur V.2-3: Befaringspunkter ved utløp Leppa (B)

- Her er det funnet svartgubbe (en rødlistet begersopp) i lengre oppe skogen. - LEA
- Området ved utløpet av Leppa er en stor elvevifte. Man ser strukturer etter gamle løp i skogen (B1). Men alt er påvirket av sedimentuttak og fyllinger i forbindelse med veiutbyggingen, muligens også senere. – JAN ERIK
- Det er vanlig med stadig skiftende elveløp på en elvevifte og helt normalt at noen elveløp blir inaktive etter hvert. Dagens Leppa har ganske mange intakte og naturlige strukturer, selv om det har vært påvirket av sedimentuttak. - PEGGY
- Her er noen gamle flomløp som skal åpnes ved å fjerne eller flytte flomvoller. Formålet med dette tiltaket er etablering flomskog/sumpskog, og å skape mer vanddekt areal for fisk (B4). – STINE, JAN ERIK
- Det ligner litt på Skaktarelva i Nord-Norge. Da har vi flyttet flomvollen og er spent på om vi får vann inn i sideelva. Her trenger vi ingen modell. Det er begrenset hvor mye skade du gjør. Men jeg bruker av og til en 1d/2d hydraulisk modell for å vise effekten av et tiltak, hvis grunneieren er usikker. Ved høyspenningsledning i flomareal (B6) er det viktig å sikre mastefestene. – STURLA
- OBS! Her er det en gammel flomvoll som er ikke registrert som sikringstiltak hos NVE, men må ha kulturminne-verdi (B5)! Det er ikke aktuelt å ødelegge dette. – ALLE

- Det betyr at vi må gå lengre opp hvis vi ønsker å få inn vann. Det bli vel stort og dyrt? Vi må grave veldig langt. Vi kan ikke gjenskape den samme elvevifte som før. – JAN ERIK m.fl.
- Det er bedre å begynne med enkle tiltak. - STURLA

Stasjon C - Flomvolltiltak mellom Lunde bru og Røstenge



Figur V.2-4: Befaringspunkter nedstrøms Lunde bru (C)

Flytting av flomvoll mellom Lunde bru og Røstenge

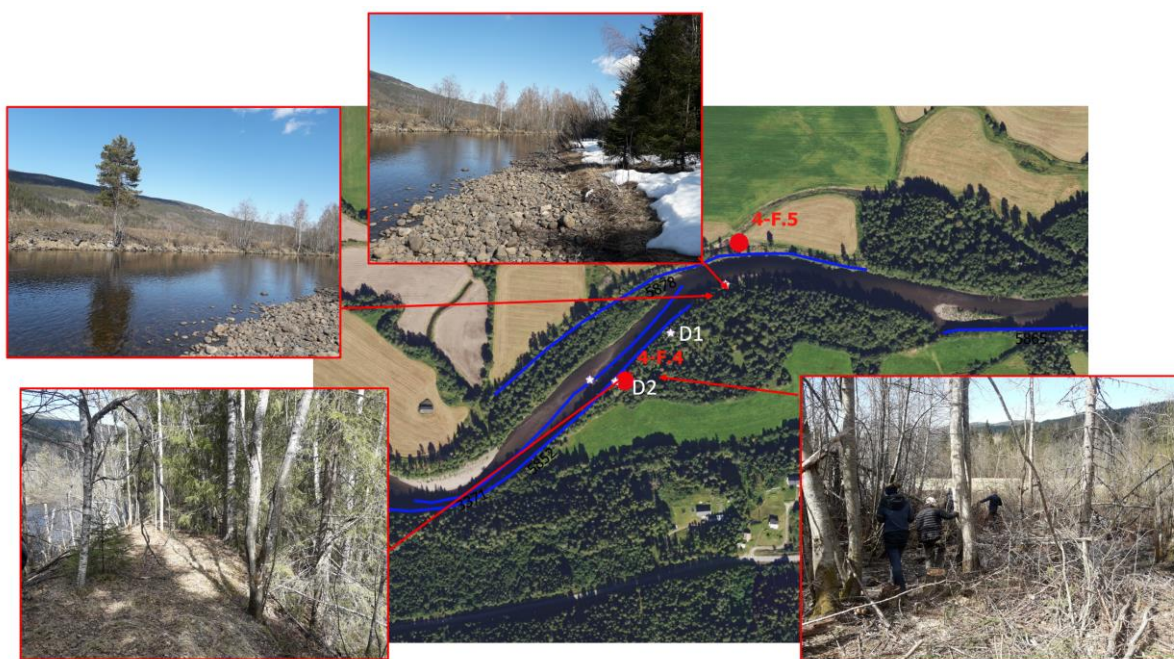
- Her er flomvollflytting ikke noe problem! Hvis sikringsnivå skal forbli det samme som nå, så kan man bare måle opp de aktuelle flomvollhøydene med GPS og bruke det som maskinstyring for gravemaskin. Sikringsnivå blir da det samme som før, men erosjonsnivå kan stige. Start fra nedsida! – STURLA
- Ja, det skal tas i flere runder, ved å begynne med den nederste runden (C3). Estimerte kostnader per runde er cirka 1 mill NOK. – JAN ERIK
- Eksempler for kostnader fra NVEs flomvollflyttingstiltak: 800 m for 1.5 mill NOK, 2 km for 2 million NOK. – STURLA
- Man kan lage en liten øy av den gamle flomvoll. Fjern erosjonsikringsanlegg fra øya og lag noen kulper hvor elva kan angripe! - STURLA
- Dagens elveløp er svært strukturfattig. Vi trenger tilgang på sedimenter. - STINE, PEGGY
Ja, og det anbefales å legge ut store steiner som foreslått. De legges 3 og 3, slik at de låser seg. – STURLA
- Det er bra at elva får mer plass ved å gjenskape deler av det gamle elveløpet, og at en del naturlige elveprosesser kan komme i gang. Flomtoppene lengre nede i vassdraget blir kanskje litt mindre (i alle fall ikke større), fordi vannhastigheten under flom vil gå noe ned. – Peggy

Kommentar: Flomverkene ved Lundefossen-Lanøye og Lundefossen-Rusestrande har ifølge Multiconsult-rapporten (Amundsen m.fl. 2019) i dag et beskyttelsesnivå på omtrent en 50-årsflom og flomverket ved Ruse på omtrent 20-årsflom.

Tilkobling av en gammel meander ved C4

- Man kan sette in et rør, men det er utrolig krevende. Du får ikke inn mye vann inn uansett. Man kan forbedre det eventuekt litt med en ranke i elva, som vi har testet i felt. - STURLA
- Det er ganske verdifult allerede nå. Ikke noe som må prioriteres. – STINE

Stasjon D - Flomvolltiltak ved Bjørnmoen



Figur V.2-5: Befaringspunkter ved Bjørnmoen (D)

- Denne store flomvollen (D1) hadde aldri ble bygget her i dag. - STURLA
- Opsjoner: a) å flytte hele flomvollen (= gjenbruk av massene), b) lage enkelte hyll/åpninger uten å flytte flomvollen, dvs. å miste flomsikring på høyre side. – STURLA, JAN ERIK m.fl.
- Flytting av hele flomvollen blir en veldig stor jobb. Det er praktisk gjennomførbar, men det innebærer også fjerning av trær osv.. Det kan bli vanskelig å forklare for grunneiere og andre. - ALLE
- Bør vi ha en hydraulisk modell eller ikke for å avgjøre om vi kan åpne? – PEGGY
Det er avhengig av hvor verdifult den påvirkete flomsletten er for jordbruk. – STURLA
- Man snakker ofte om en bruksverdi av 20-25 kNOK/mål (dekar). Men det er kanskje mulig med ombruk av området til beite i stedet for grønnareal. – JAN ERIK?
- Engene bak flomvollen (på høyre side av elva) blir allerede nå ofte oversvømt. Grunneieren klager over avleiringer av finmateriale etter flom (som avsettes på gress og skader dyr). JAN ERIK m.fl.

- Foreløpig forslag, hvis grunneieren er enig med det: Åpne flomvoll på en lengde av cirka 20 m fra top til top (cirka ved D2), med et bunnhøyde ikke lavere enn flomløpet, slak skråning og erosjonssikring av kantene ved åpningen (dvs. opsjon b).

Generelle kommentarer fra Sturla:

- Sørg for overvåking av suksessen ved å NiN-kartlegge elva og flomsonene før/etter tiltaket!
- Mye informasjon om bygging eller flytting av flomvoller ligger i NVEs digitale veileder "Sikringshåndboka".
- DNV / Kommunen kan søke om bistand fra NVE ved miljøtilpasning av sikringstiltak, både finansielt og med faglig veiledning.
- Det kan være en god ide med et „lokalt referanseprosjekt“ i Etna.

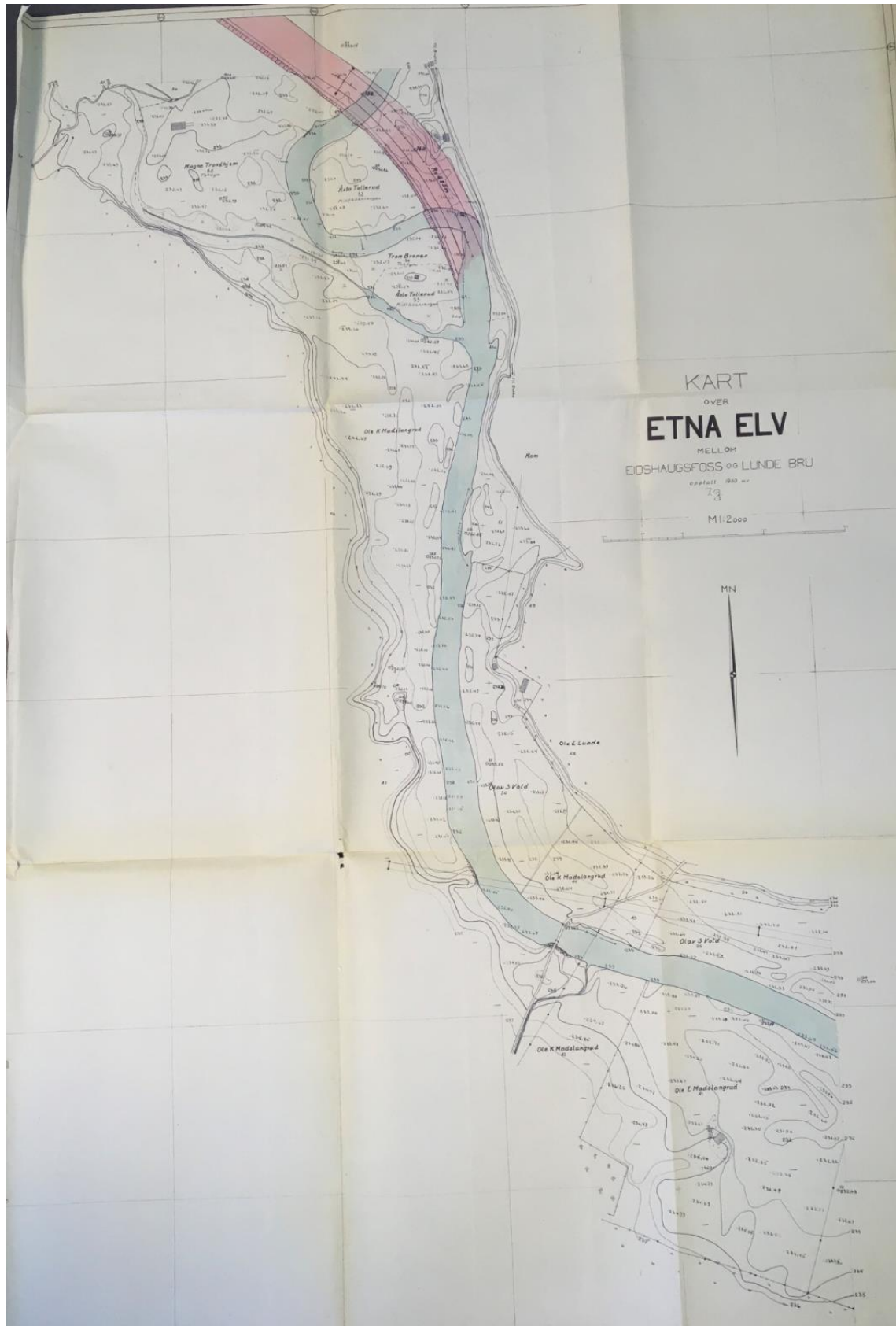
8.3 Vedlegg 3 - Utvalgte dokumenter fra NVE-arkivet på Hamar – Delområde I-II



Figur V.3-1: Kartgrunnlag fra 1934 (NVE/F 22458) med manuell inntegning av planlagte kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet i delområde I mellom Lunde bru og Ruse (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977).



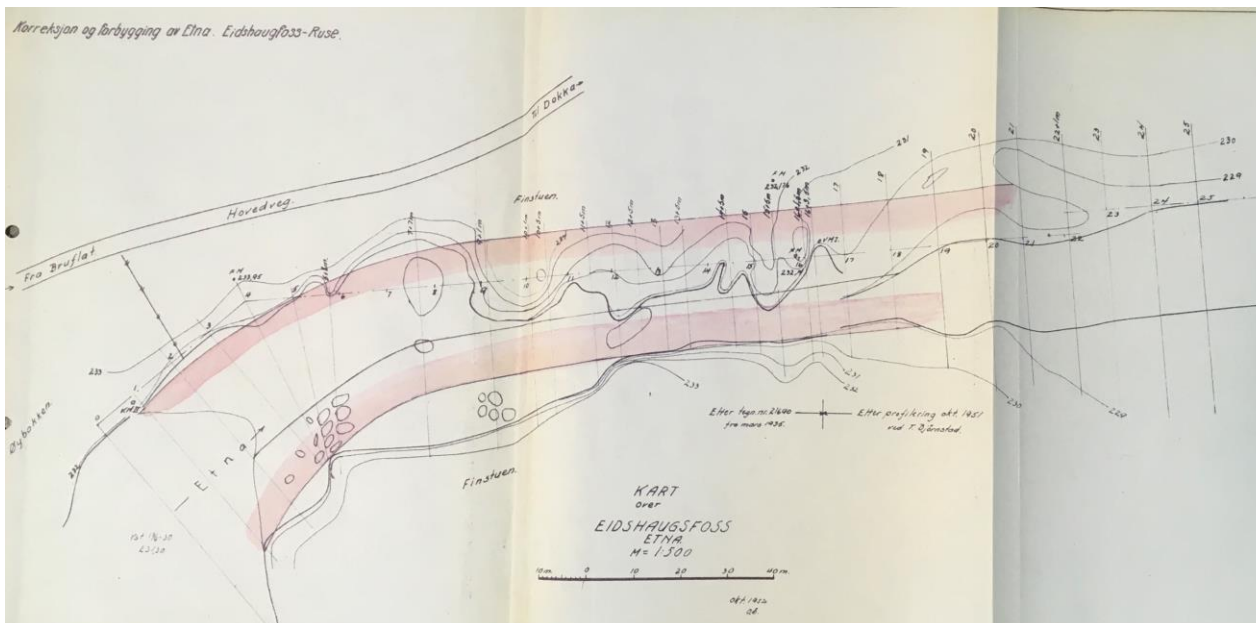
Figur V.3-2: Kartgrunnlag fra 1950 (NVE/F 249/3C) med kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet i delområde I mellom Ruse og Bakko (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977).



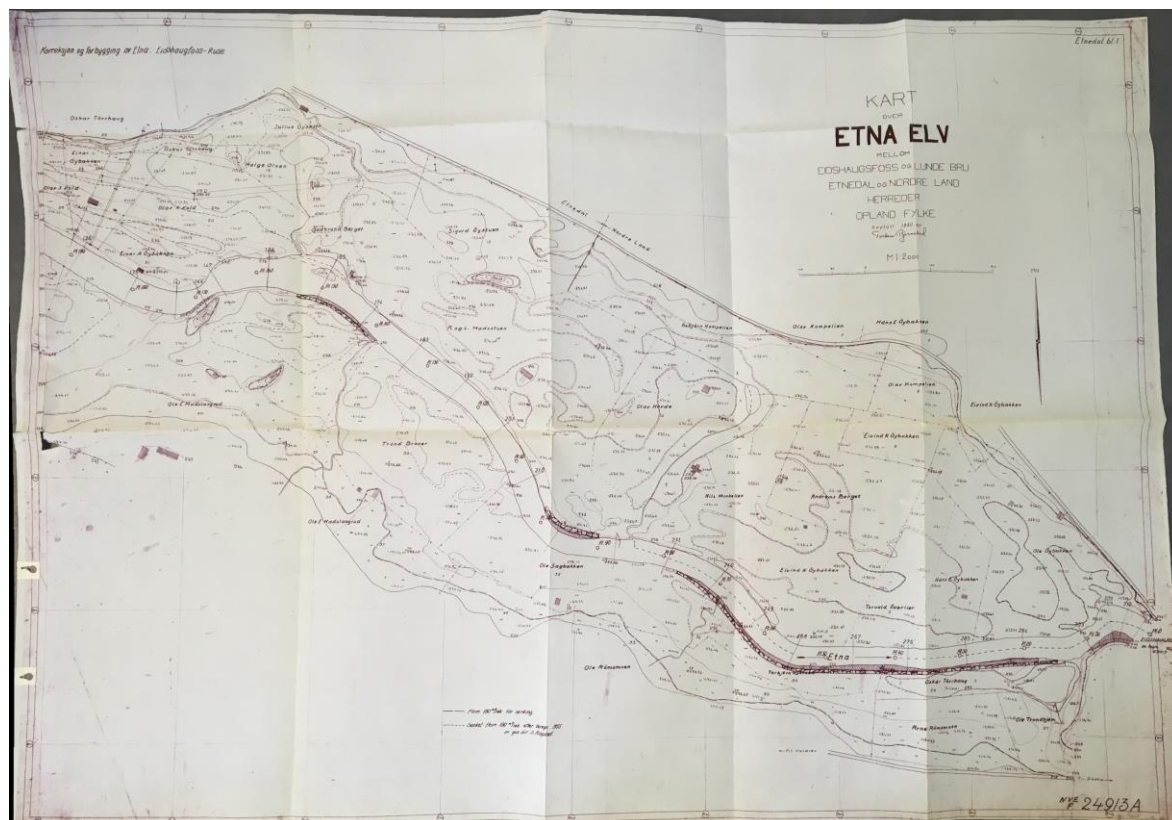
Figur V.3-3: Kartgrunnlag fra 1950 (NVE/F 249/3B) med kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet i delområde I mellom Bakko og ndf. Madslangrud bru (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977).



Figur V.3-4: Kartgrunnlag fra 1950 (NVE/F 249/3A) med kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet i delområde I mellom ndf. Madslangrud bru og Eidshaugfoss (NVE-arkiv Hamar, nr. A4977).

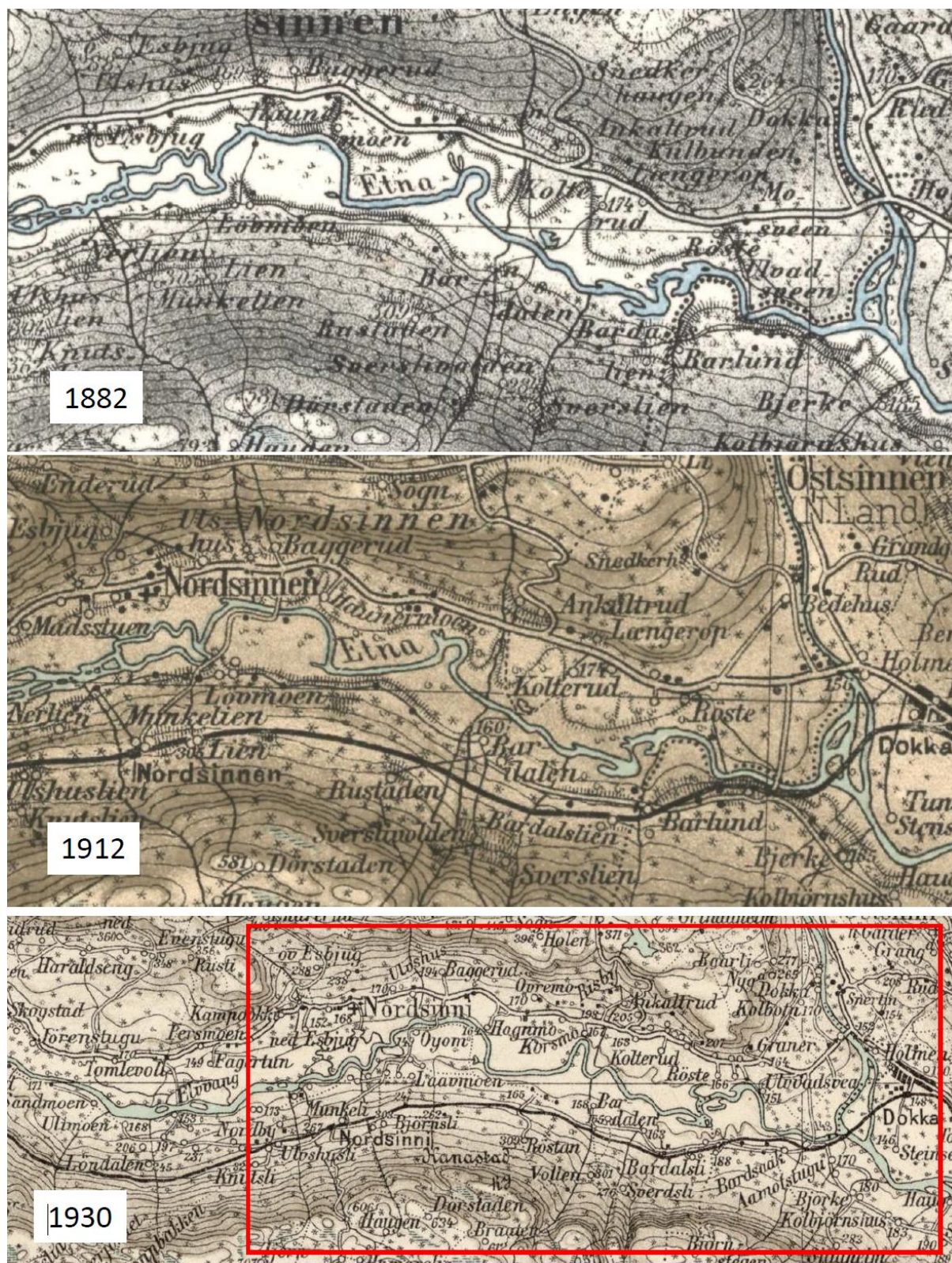


Figur V.3-5: Kartgrunnlag fra 1935 med kanaliserings- og forbygningsplaner fra 1950-tallet ved Eidshaugfoss (NVE-arkiv Hamar, A4977)



Figur V.3-6: Kartgrunnlag fra 1950 (NVE/F 249/3A) med tilleggsplaner fra 1985 i delområde I mellom ndf. Madlangrud bru og Eidshaugfoss, deriblant utsprenging på høyre side av Eidshaugfossen (NVE-arkiv Hamar, A4977)

8.4 Vedlegg 4 - Utvalgte historiske kart



Figur V.4-1: Historiske topografiske kart for nedre del av Etna. Kartet fra 1930 har en større dekning. Dekningsområdet av de to øvre kart er merket med rød ramme.