EKSTERN RAPPORT

Nr 36/2019

Homledal Mølle flomverk (8155), Nannestad kommune

Status og vurdering av behovet for oppgradering

Jon Magnus Amundsen, Rasmus Liebig-Andersen, Bridget Rønning, Thea Caroline Wang, Arnt Bugten, Robin Wood

Ekstern rapport nr 36-2019

Homledal Mølle flomverk (8155), Nannestad kommune

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfatter: Jon Magnus Amundsen, Rasmus Liebig-Andersen, Bridget Rønning, Thea Caroline Wang, Arnt Bugten, Robin Wood

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Multiconsult
ISBN: 978-82-410-1870-1

Sammendrag: Multiconsult har på oppdrag for NVE kartlagt status, og vurdert behovet for oppgradering, for 32 flomverk i 16 kommuner i Akershus, Hedmark, Oppland og Oslo. Arbeidet ble utført i 2018. Denne rapporten inneholder resultater fra Homledal Mølle flomverk i Nannestad kommune. Flomverket er 130 m langt og beskytter et mindre skogsareal og en høyspentmast. Det er registrert enkelte mindre skader på verket.

Emneord: Flomverk, Nannestad kommune

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

2019

Forord

Langs de store hovedvassdragene på Østlandet ble det i tidsperioden 1960-1990 bygd omfattende flomsikringsanlegg for å beskytte infrastruktur, bebyggelse og landbruksarealer. Anleggene sikrer i dag svært store samfunnsverdier, men det finnes ikke fullgod oversikt over tilstanden til de fleste av dem. Anleggenes alder tilsier at det er behov for en systematisk gjennomgang, for å fremskaffe et grunnlag for mer omfattende vedlikehold og eventuell oppgradering. På bakgrunn av dette startet Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) i 2016 opp et toårig prosjekt kalt «Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst - Status og behov for oppgradering».

Ansvaret for tilsyn og vedlikehold av flomsikringsanleggene er formelt gitt til kommuner og grunneiere gjennom «Forskrift om kommunalt tilsyn med flomanlegg mv.», men erfaring har vist at dette ansvaret ivaretas i svært ulik grad. NVE har derfor tatt et ansvar for å skaffe oversikt over tilstanden på de viktigste anleggene.

Multiconsult ASA har på oppdrag for NVE gjennomført feltregistreringer på 32 flomverk i 16 kommuner sommeren 2018, og utarbeidet en rapport for hvert flomverk med tilhørende pumpestasjon. Multiconsult sin underleverandør, Xylem Water Solutions, har utført tilstandsvurderinger på 2 tilhørende pumpestasjoner. Berørte kommuner og flomverkslag har alle bidratt med viktig lokalkunnskap, og uten denne kunnskapen ville ikke registreringene latt seg gjennomføre med samme presisjon og kvalitet.

NVE vil i oppfølgingen av resultatene fra denne statuskartleggingen ha dialog med aktørene som har ansvar lokalt, og med nasjonale aktører som deltok i finansieringen da anleggene ble etablert.

Det ble også i 2017 foretatt registreringer, på henholdsvis 19 flomverk og 12 pumpestasjoner. Vi har gjennom prosjektet fått en god oversikt over tilstanden på svært mange av de store flomsikringsanleggene i Region Øst.

Oslo, januar 2019

Grethe Helgås

Grethe Helgås

fung. direktør Skred- og vassdragsavdelingen

Paul Christen Røhr

regionsjef

RAPPORT

Homledal Mølle flomverk (VV 8155), Nannestad kommune

Status og vurdering av behov for oppgradering

OPPDRAGSGIVER

NVE

EMNE

Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst; status og behov for oppgradering. Tiltaksnummer 8155

DATO / REVISJON: 18. des. 2018/ 01

DOKUMENTKODE: 130615-RiEn-RAP-49

Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

Multiconsult

RAPPORT

OPPDRAG	**Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst; status og behov for oppgradering**	DOKUMENTKODE	130615-RiEn-RAP-049
EMNE	Homledal Mølle flomverk	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**NVE**	OPPDRAGSLEDER	Thea Caroline Wang
KONTAKTPERSON	Grete Hedemann Aalstad	UTARBEIDET AV	Jon Magnus Amundsen Rasmus Liebig- Andersen Bridget Rønning Thea Caroline Wang Arnt Bugten Robin Wood
		ANSVARLIG ENHET	1087 Oslo Hydrologi

SAMMENDRAG

Multiconsult har på oppdrag for NVE kartlagt status, og vurdert behovet for oppgradering, for 34 flomverk i 17 kommuner i Akershus, Hedmark, Oppland og Oslo. Arbeidet ble utført i 2018.

Denne rapporten inneholder resultater fra Homledal Mølle flomverk i Nannestad kommune.

Flomverket er 130 m langt og beskytter et mindre skogsareal og en høyspentmast.

Det er registrert enkelte mindre skader på verket.

01	18.12.2018	Revidert rapport etter tilbakemeldinger fra NVE	AGB/TCW/JMA/BER/RLA	JMA/TCW/AGB	RW
00	01.11.2018	Rapport	AGB/TCW/JMA/BER/RLA	JMA/TCW/AGB	RW
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

Begrepsliste **5**
1 Bakgrunn for prosjektet **6**
2 Faktadel **7**
2.1 Nøkkelinformasjon om Homledal Mølle flomverk 7
2.2 Teknisk oppbygning 7
2.3 Større skader, rehabiliteringer og oppgraderinger 8
2.4 Hva sikres av flomverket? 9
2.4.1 Eksisterende sikkerhetsnivå 10
2.4.2 Konsekvenser av flom for bygninger og arealer i sikringsområdet 11
2.5 Utbyggingsplaner i sikringsområdet 12
2.6 Kommunens tilsyns- og beredskapsrutiner 12
3 Feltregistreringer **13**
4 Vurderinger **17**
4.1 Tilsyn og beredskap 17
4.2 Teknisk tilstand 17
4.3 Anbefalt sikkerhetsnivå 18
4.4 Behov for vedlikehold og rehabilitering 18
4.5 Plassering av nødoverløp 18
5 Referanser **20**

Vedlegg 1 - Stabilitetsanalyse
Vedlegg 2 – Kart over flomverk med pel nummer

Begrepsliste

Begrep	Forklaring
Erosjon	Erosjon innebærer at partikler rives løs av vannets krefter og transporteres til et annet sted. Erosjon oppstår når det fjernes mer materiale enn det tilføres.
Hydraulisk grunnbrudd	Grunnbrudd som følge av hydrauliske krefter fra grunnvannet. Begrepet overlapper med *sandkoking,* men brukes i denne rapporten for sandkoking i et større omfang.
Høyre side	Høyre side av elven sett medstrøms.
Indre erosjon	Erosjon inne i/gjennom løsmasser som følge av strømmende vann.
Lekkasje	Her: Større vanngjennomstrømning gjennom flomvollen enn det som regnes å være naturlig. Det vil være noe vannsig gjennom de fleste flomvoller ved stor forskjell i vannstand på flomvollens vannside og luftside.
Lavpunkt	Areal som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men som ikke står i direkte forbindelse med elven.
Nødoverløp	Her: Et overløp over eller gjennom flomverket, på et forhåndsutvalgt sted, som har til hensikt å slippe vann kontrollert inn på luftsiden av flomverket.
Oppgradering	Her: Heving av sikkerhetsnivå på sikringsanlegget.
Piping	Prosess forårsaket av indre erosjon i løsmasser. Piping beskriver når en lekkasje gjennom en fylling gradvis øker som følge av at finstoff blir vasket ut og det etableres en definert lekkasjevei.
Rehabilitering	Istandsettelse/gjenoppretting av en konstruksjon/anlegg for å opprettholde tiltenkt funksjon og sikkerhetsnivå.
Sandkoking	Sandkoking på luftsiden av flomverk skyldes erosjon av kanaler i grunnen, hvor vannet fører med seg sand. Dette er forårsaket av forskjell i grunnvannstrykk (stor hydraulisk gradient) på vann- og luftside, i tillegg til løsmassenes beskaffenhet og permeabilitet. Visuelt ligner fenomenet på vann og sand som koker. Kan medføre hydraulisk grunnbrudd.
Setninger	Her: En langsom sammensynkning av terreng som følge av mekanisk belastning eller utvasking av dypereliggende masser.
Setninger i erosjonssikring	Setninger som følge av utvasking av finstoff bak erosjonssikringen, setninger som følge av undergraving/erosjon langs tåa av erosjonssikringen eller setninger som følge av erosjon i selve erosjonssikringen.
Sikkerhetsfaktor	Her: Geoteknisk begrep som beskriver sikkerhet mot utglidninger for et gitt skjærplan.
Sprekkdannelse	Her: Sprekker i flomverket som oppstår som følge av belastninger eller setninger. Eksempler på belastninger kan være trafikklaster, vanntrykk e.l.
Undergraving	Erosjon som undergraver overliggende fylling, erosjonssikring e.l.
Utglidning	Her: Utglidning av løsmasser (deler av flomvollen).
Vedlikehold	Her: Regelmessig foretak for å opprettholde sikringsanlegget i henhold til samme standard som da det ble bygget. F.eks. skjøtsel av vegetasjon.
Venstre side	Venstre side av elven sett medstrøms

1 Bakgrunn for prosjektet

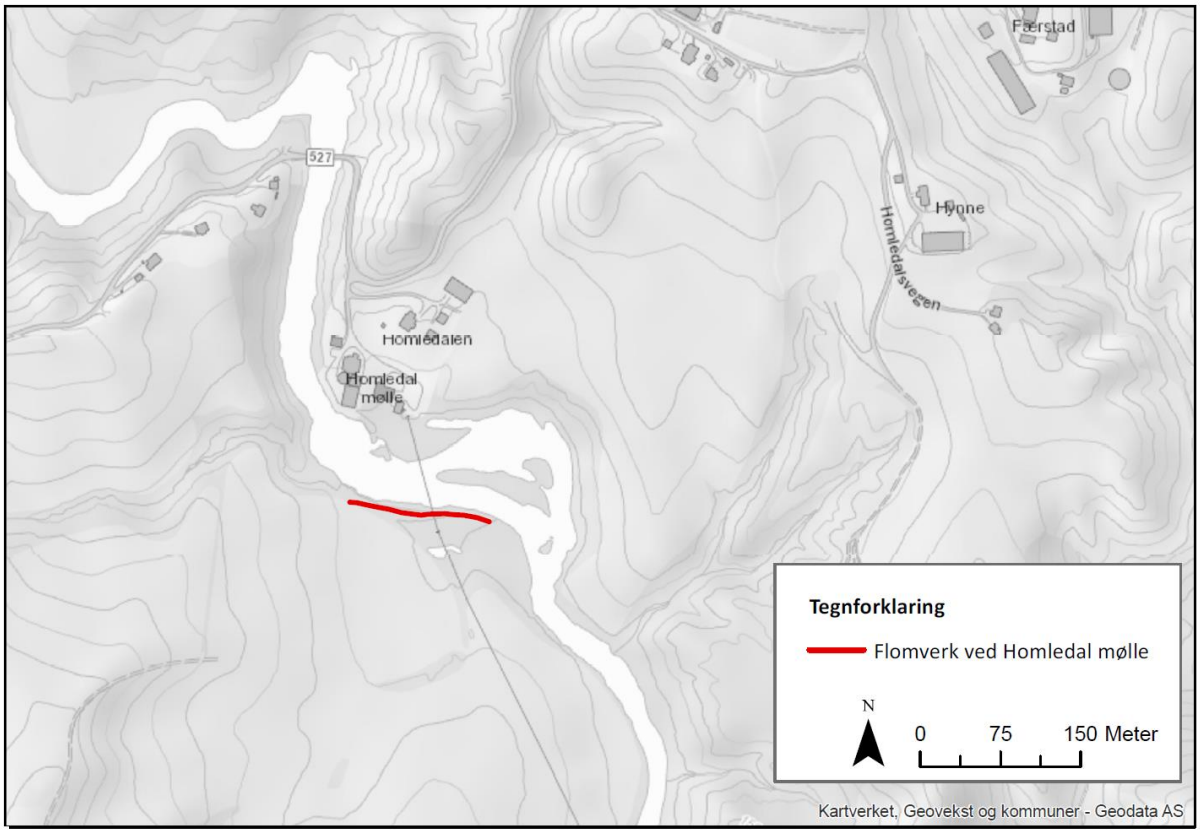
I tidsperioden 1960-2005 ble det bygget en rekke omfattende flomsikringsanlegg langs de store vassdragene på Østlandet for å beskytte infrastruktur, bebyggelse og landbruksarealer. Alderen på anleggene tilsier at både flomverk og pumpestasjoner kan ha behov for rehabilitering og oppgraderinger for å kunne opprettholde sin tiltenkte funksjon. I 2017 igangsatte derfor NVE et toårig prosjekt med formål å bistå kommunene med å framskaffe en oversikt over tilstanden til anleggene.

På oppdrag for NVE har Multiconsult systematisk gjennomgått en rekke anlegg og utført kartlegging, innmåling, tilstandsvurdering og vurdering av behov for rehabilitering eller oppgradering. Resultatet av Multiconsults arbeid danner grunnlag for å vurdere behovet for rehabiliteringer og eventuelle oppgraderinger av flomverkene.

2 Faktadel

2.1 Nøkkelinformasjon om Homledal Mølle flomverk

Holmedal Mølle flomverk ligger ca. 5 km vest for Oslo lufthavn Gardermoen i Nannestad kommune. Flomverket består av en flomvoll på ca. 130 m, på høyre side av elven Leira. Tiltak på strekningen ble iverksatt for hindre skade på dyrket mark, kraftlinje og Homledal Mølle som følge av flom og erosjon.

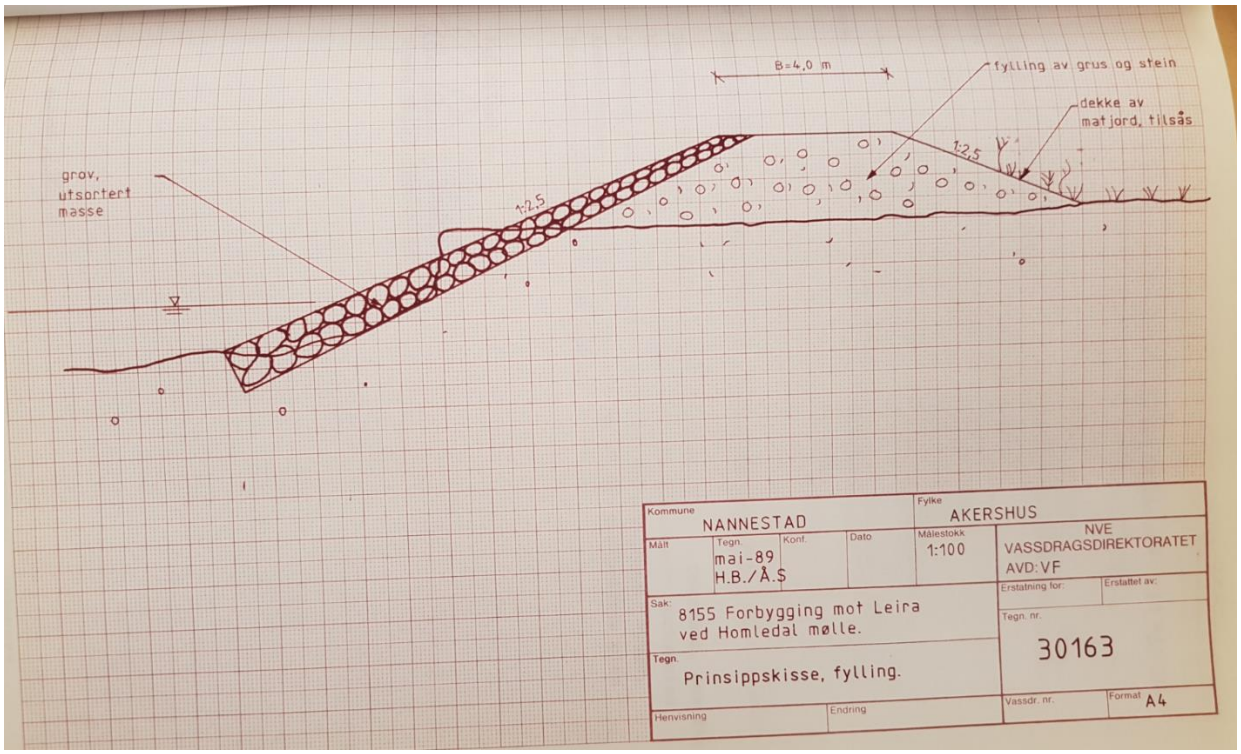


Figur 1: Oversiktskart (basert på profilmålinger)

Under flom i 1987 oppstod det store ødeleggelser på begge sider av elven ved Homledal Mølle, og elven gravde nytt løp over jordet på søndre bredd/ høyre side av elven. NVE utarbeidet i 1988/89 en plan for sikring som gikk ut på at man beholdt det nye elveløpet, men at dette skulle renskes opp. I tillegg skulle det sørges for en jevn overgang til det gamle løpet i nedstrøms ende. Det skulle også rives en dam som stod i tilknytning til mølla og det ble sprengt ut en renne for å styre vannstrømmen i elveleiet. Videre ble det planlagt en voll og stedvis ren erosjonssikring på høyre side av elven for å beskytte jorder. Vollen skulle hindre direkte overstrømning, men ikke hindre at flomvann kunne ta seg inn over terrenget nedstrøms verket. Arbeidet med anlegget ble avsluttet i år 2000.

2.2 Teknisk oppbygning

Det ble etter plan fra 1998 planlagt en 130 m lang flomvoll på høyre side av elven. Fyllingen skulle bygges opp av stein og grus som skulle tas fra elveløpet. Tiltaket ble planlagt med kronebredde 4 m og sideskråninger med helning 1:2,5. Flomvollen skulle kles med et 0,5 – 1,0 m tykt lag av grov, usortert masse fra elveløpet, anslagsvis 2 m^3 per m.



Figur 2: Tverrprofil av flomverket, datert 1989 (Kilde: NVEs arkiv).

2.3 Større skader, rehabiliteringer og oppgraderinger

Det er ikke funnet dokumentasjon på større skader, rehabiliteringer eller oppgraderinger etter at verket ble ferdigstilt i år 2000.

2.4 Hva sikres av flomverket?

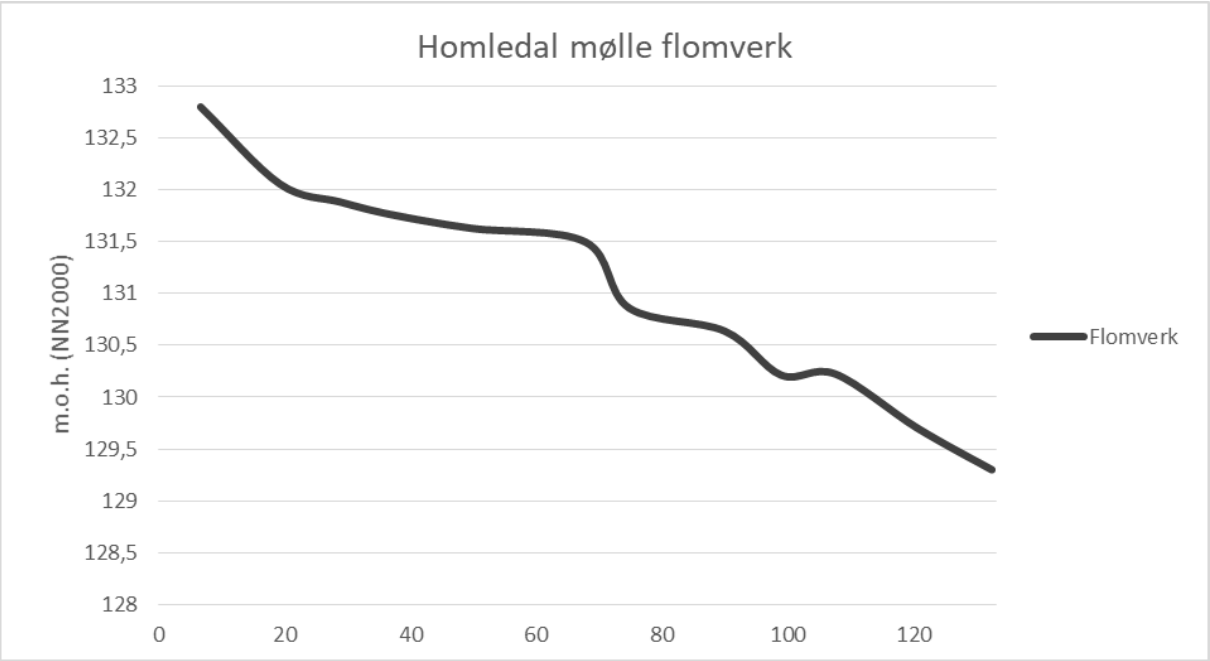
Det finnes ikke flomberegninger, data for flomvannstander eller flomsonekart ved Homledal Mølle. Flomverket er primært bygget for å sikre jorder mot store vannhastigheter, og det er svært lite terreng bak flomverket som ligger lavere enn høyden på flomvollen. I tillegg avsluttes flomverket i nedstrøms ende ved lavereliggende terreng, som betyr at bakvann vil trekke inn bak flomvollen under en flomsituasjon.

Flomverket ved Homledal Mølle vises i Figur 3. Med «sikringsområde» menes her de områdene som vurderes å være sikret av flomverket. Vurderingen er basert på befaring og kartdata fra nasjonal høydemodell (Kartverket).

Figur 3: Figuren viser det aktuelle flomtiltaket samt estimert sikringsområde.

2.4.1 Eksisterende sikkerhetsnivå

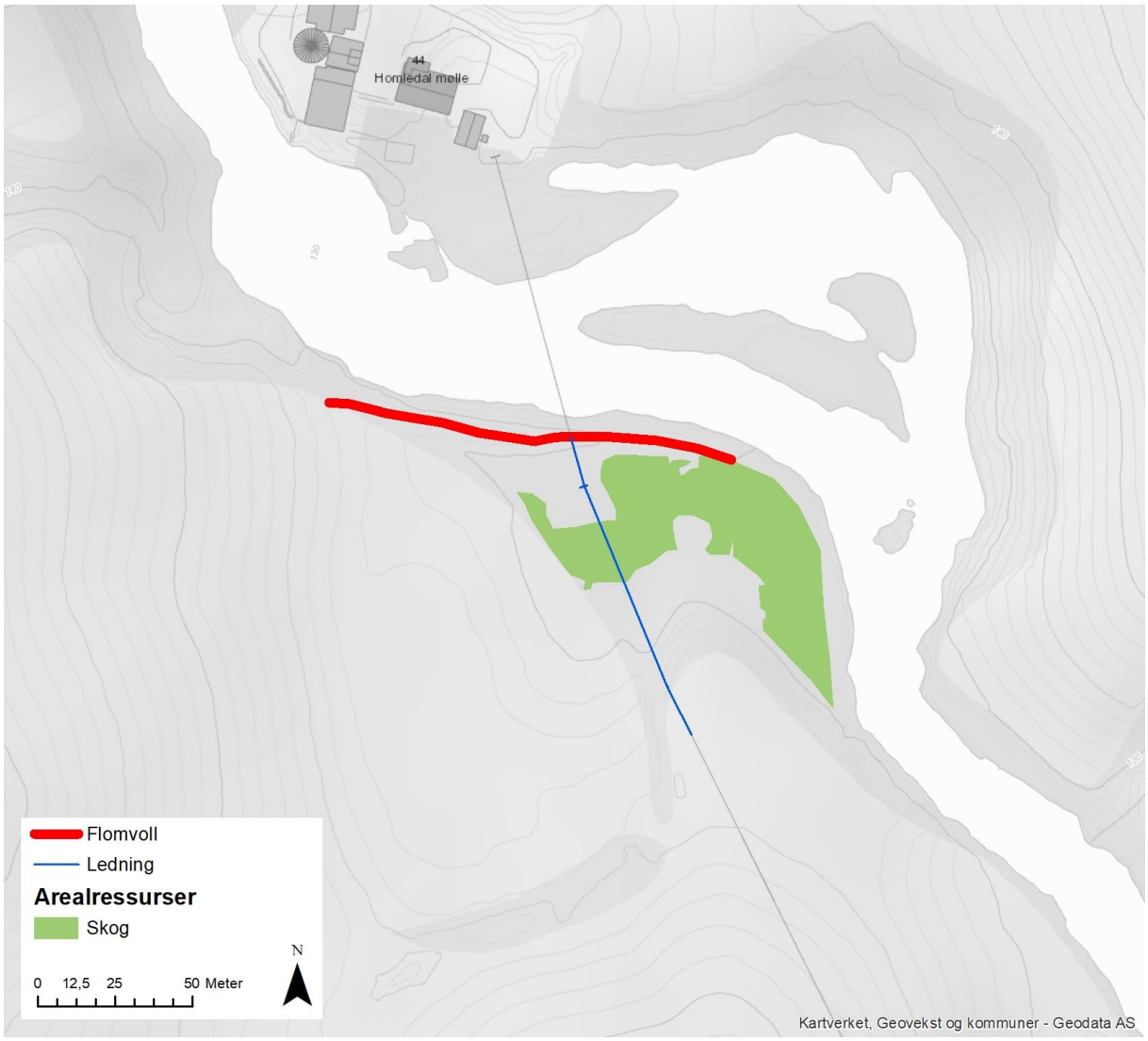
I forbindelse med befaring og vurdering av flomvollen, er det foretatt innmåling av kronehøyden langs flomverket, se Figur 4. En vurdering av terrenget viser at en eventuell flom sannsynlig vil overtoppe venstre elvebredd og skape oversvømmelse her før flomverket på høyre side vil overtoppes. Det er ikke vurdert hvilket gjentaksintervall for flom som vil forårsake oversvømmelse i sikringsområdet.



Figur 4: Innmålt lengdeprofil for Homledal Mølle flomverk. Profilet vises fra oppstrøms til nedstrøms ende av flomverk, dvs. at pel nr 0 befinner seg i oppstrøms ende.

2.4.2 Konsekvenser av flom for bygninger og arealer i sikringsområdet

Området som flomverket beskytter er analysert for samfunnsverdier. Denne analysen er utført for det estimerte sikringsområdet, som omfatter et område på 3 daa. Arealenheten daa tilsvarer 1 000 m^2. Området er analysert for eksisterende bygg (med ulike formål), arealressurser (AR5) samt viktig infrastruktur som jernbane og transmisjonsnett.



Figur 5: Analyseområdet for samfunnsverdier med arealbruk og bygningsformål.

Det er ingen bygg i sikringsområdet. Omfanget av arealer som potensielt rammes av flom er oppsummert i Tabell 1. Arealet er oppsummert innen hver arealbrukskategori samt for totalen.

Tabell 1: Flomutsatte arealressurser (AR5) oppsummert (kilde: NIBIO, 2017).

Arealbruk	Sum grunnareal [daa]
Skog	3,0
Total	**3,0**

2.5 Utbyggingsplaner i sikringsområdet

Kommuneplanens arealdel 2013-2029 er tilgjengelig på kommunens nettside www.nannestad.kommune.no. I følge kommuneplanens arealdel er områdene som sikres av flomverket kategorisert som areal for nåværende *Landbruks-, natur og friluftsformål samt reindrift (LNRF-areal).*

Kommunen opplyser på kommunemøte (13.02.2018) at det ikke er kjennskap til utbyggingsplaner i sikringsområdet.

2.6 Kommunens tilsyns- og beredskapsrutiner

Tilsynsrutiner

Kommunen har lite kjennskap til verket og fører per i dag ikke regelmessig tilsyn av anlegget. Det er i hovedsak grunneier som fører ettersyn av verket.

Beredskapsrutiner

Det er utarbeidet en helhetlig ROS-analyse for kommunene på Øvre Romerike. Arbeidet ble utført i 2013. I etterkant av ROS- analysen har det blitt utarbeidet nye beredskapsplaner for Nannestad kommune.

Kommunen har utarbeidet en overordnet beredskapsplan som omtaler mål og definisjoner, kriseledelsens oppgaver og beredskapsrådet. Det finnes også delplaner, som i hovedsak henviser til egne dokumenter. Ved en krisesituasjon etableres kommunal kriseledelse; kriseledelsens organisering og primære oppgaver er definert i beredskapsplanen. Kriseledelsen har en overordnet funksjon og skal som hovedregel ikke delta på skadestedet som en del av redningsberedskapen, men lede, koordinere og prioritere kommunens totale innsats og utnytte alle tilgjengelige kommunale ressurser. Videre inneholder beredskapsplanen klare retningslinjer for bruk av lokaler, samband, varsling, kommunikasjonskanaler, mediehåndtering, evakuering og helsemessig og sosial beredskap. Det er også utarbeidet tiltakskort som skal gi en kort versjon av de tiltakene som skal iverksettes ved en bestemt hendelse, blant annet ved flomhendelser.

3 Feltregistreringer

Det ble utført befaring på Homledal Mølle flomverk den 13.09.2018. Tilstede på befaringen var Thea Caroline Wang fra Multiconsult og grunneier Halvor Jahr.

Registrering i felt har bestått av registrering av høyde for flomvollene og funn på verkene (utglidninger, erosjon, vegetasjon, etc.). Registrering av observasjoner ble utført digitalt ved bruk av ESRI app ArcGIS Collector sammen med det GPS-baserte måleinstrumentet Leica Zeno 20.

Følgende liste er brukt for registrering i felt:

Tegn på lekkasje gjennom flomverk

1. Indre erosjon

Ytre skader på flomverk

1. Undergraving mot elven
2. Sprekkdannelser
3. Dyrehi
4. Kjørespor utenfor adkomstvei
5. Setninger
6. Utglidning

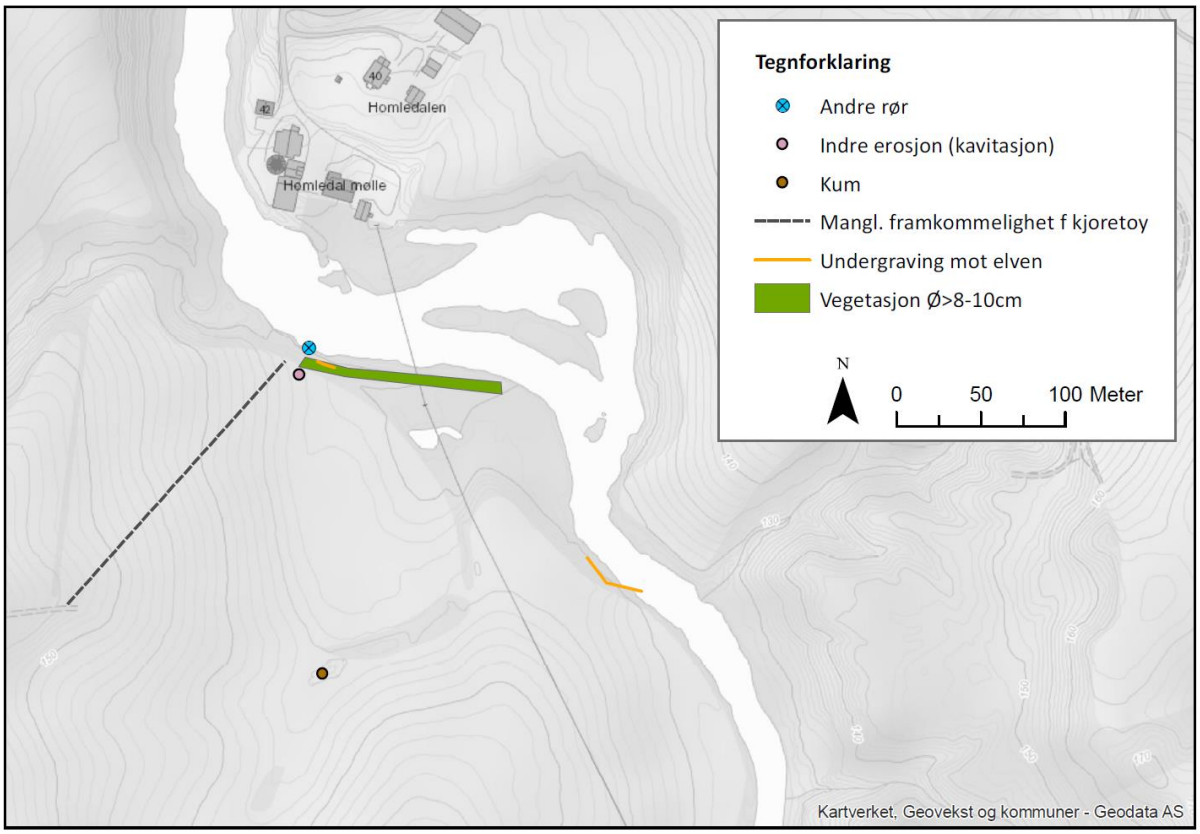
Andre registreringer på flomverk

1. Manglende framkommelighet for kjøretøy
2. Vegetasjon som har større diameter enn 8-10 cm ved roten
3. Manglende erosjonssikring

Skader på erosjonssikring

1. Steiner mangler
2. Vegetasjon som har større diameter enn 8-10 cm ved roten
3. Undergraving mot elven

En oppsummering av tilstanden på flomverket er presentert i detaljert kart med markerte observasjoner i Figur 6. Observasjonene er også levert i digitalt format som vedlegg til denne rapporten.



Figur 6: Observasjoner ved Homledal Mølle.

Figur 7: Elveløpet ved Homledal, sett fra oppstrøms ende av flomverket. Elveløpet går per i dag hovedsakelig til høyre i bildet, mens til venstre sees det eldre elveløpet. (Bilde: Multiconsult).

Flomverket består av en 130 m lang flomvoll som ligger langs jordekanten på motsatt side av Homledal Mølle. Det er mye vegetasjon på verket, men det er likevel fremkommelighet via en sti som går på toppen av verket, se Figur 8.

Verket er erosjonssikret med ørmasser langs hele strekningen. Erosjonssikringen fremstår generelt i god stand, men det er registrert et mindre strekke med undergraving fra elven fra pel nr. 20 – 30, se Figur 9.

Ved pel nr. 5 ser det ut til at det er utvaskning ved vegetasjonen, se Figur 10, som antyder overtopping og/eller lekkasje gjennom flomvollen.

Ved pel nr. 10 er det et Ø200 mm rør uten ventil som drenerer fra jordene bak flomverket. Grunneier opplyser at ved høy vannføring i elven går det vann inn i røret og det bobler opp ved rørenden, som ender i en kum ca. 200 m inn på jordet.

Flomverket avsluttes i nedstrøms ende ved et skogsområde der det ikke er jordbruksaktivitet.

Skråningshelningen på luftsiden av flomverket ble innmålt til 1:3,1, mens skråningshelningen på vannsiden ble innmålt til 1:1,8. Kronebredden ble målt til 2,6 m.

Det er manglende fremkommelighet for kjøretøy og man må gå ca. 200 m over dyrket mark for å komme til oppstrøms ende av verket fra jordbruksvei. Jordbruksveien går fra gårdsbrukene ved Årstad og ned til jordet. Denne veien er imidlertid kun tilrettelagt for jordbrukskjøretøy.

Figur 8: Vegetasjon på verket (Bilde: Multiconsult).

Figur 9: Undergravet erosjonssikring (Bilde: Multiconsult).

Figur 10: Skade fra overtopping og/eller lekkasje gjennom verket (Bilde: Multiconsult).

4 Vurderinger

4.1 Tilsyn og beredskap

Nannestad kommune har lite kjennskap til verket og fører per i dag ikke tilsyn med anlegget. Det oppfordres til at kommunen i samarbeid med grunneier skaffer seg oversikt over status på verket ved Homledal.

Kommunens generelle beredskapsplan dekker flomsituasjoner, og det er utarbeidet egne tiltakskort for håndtering av flomhendelser.

Det er ikke adkomst for alminnelig kjøretøy til flomverket. På grunn flomverkets begrensede utstrekning og sikringsområdets karakter ansees dette heller ikke som nødvendig i en flomsituasjon.

4.2 Teknisk tilstand

Det er stor vegetasjon langs verket. Mindre vegetasjon kan bidra til å hindre erosjon på verket, men det er viktig at vegetasjonen skjøttes regelmessig for å sikre at den ikke vokser seg for stor. Større vegetasjon har potensiale til å skade erosjonsbeskyttelsen og forårsake ustabilitet (spesielt hvis store trær blåses over ende). Når vegetasjonen dør og røttene råtner bort vil de etterlate hull og svake soner som er ekstra utsatt for lekkasje og piping. Vegetasjon større en 8-10 cm i diameter bør derfor fjernes. Det påpekes at dette kun gjelder vegetasjon som står på/i selve sikringsanlegget, da øvrig vegetasjon kan være verdifull kantvegetasjon for naturmiljøet.

Generelt fremstår erosjonssikringen på verket som god, men det er registrert en strekning med undergraving ved pel nr. 20 – 30. Dette ansees ikke som kritisk for flomverkets funksjon per i dag, men det anbefales at dette ettersees etter større flomhendelser.

Hovedproblemet knyttet til flomverket på høyre side av elven ved Homledal Mølle synes å være undergraving og erosjon på grunn av høy vannhastighet ved store vannføringer. Trolig vil flomverket, i dagens tilstand fungere som planlagt ved at vollen hindrer erosjon og direkte overstrømning av områdene, men at det likevel trekker inn bakvann under flomsituasjoner. Det bør likevel utføres skjøtsel av vegetasjon og generelt vedlikeholdsarbeid, slik at verket opprettholder tiltenkt funksjon.

Ved pel nr. 10 ble det registrert et Ø200 mm rør uten ventil. Grunneier opplyser at det under flomsituasjoner trenger vann inn i røret, og dette skaper problemer der vannet kommer opp via en kum inne på jordet. For å unngå dette problemet kan det monteres en tilbakeslagsventil på røret som hindrer vanninntrengning ved høy vannføring. Et alternativ kan være å plugge røret, og heller etablere dreneringsgrøft fra jordene mot skogsområdene nedstrøms flomverket.

Flomverkets vann- og luftside har blitt vurdert gjennom en stabilitetsanalyse for et typisk flomverk, se Vedlegg 1. Flomverkets vannside har en helning på 1:1,8. Dette er noe brattere enn det typiske flomverket. En mer detaljert analyse og bestemmelse av sikkerhetsfaktor vil kreve mer informasjon om flomverkets indre oppbygning. Det er viktig at man etter en flom inspiserer vannsiden av flomverket for skade på erosjonssikringen og samtidig ser etter utglidninger som kan ha oppstått. Ved raskt synkende flomvannstand kan det være en risiko for at høyt poretrykk i fyllingen fører til slike skader.

Flomverkets luftside har en helning på 1:3,1. Skråningsstabiliteten til flomverkets luftside vurderes som tilfredsstillende, etter en sammenligning med det typiske flomverket som er vist i vedlegg 1.

Alle flomverk har begrenset sikkerhet ved overtopping, som inntreffer når vannstanden i elven stiger over krona på flomverket. Ved en slik overtopping vil vannmasser strømme ukontrollert over krona

og nedover luftsiden på flomverket med fare for erosjon og brudd i selve flomverket. Luftsiden av flomverket har normalt ingen erosjonssikring, kun vegetasjon, noe som bare gir begrenset beskyttelse mot erosjon i tilfelle vannstrømning på luftsiden. Områder der flomverket på luftsiden ikke har vegetasjon, men kun eksponert jord, vil være spesielt utsatt i tilfelle overtopping.

En annen årsak til brudd i flomverket kan være indre erosjon, som følge av:

- Erosjon langs rør gjennom flomverkene
- Hydraulisk grunnbrudd (sandkoking)
- Utvasking langs kanaler i grunnen. Disse kan ha stor permeabilitet, og oppstår gjerne i forbindelse med gamle elveleier av stein og grus
- Setninger i flomverket, der det krysser myravsetninger i gamle meanderslynger. Her kan det oppstå sprekker/kanaler med stor permeabilitet

De ovenfor nevnte årsakene til brudd kan være vanskelig å oppdage, og enkelte av dem oppstår bare under flom. Ved pel nr. 5 er det antydning til overtopping eller lekkasje gjennom flomvollen, da det ser ut til at det er utvasking ved røttene til vegetasjonen. Lekkasjer er vanskelig å utbedre uten omfattende tiltak. For andre flomverk er det, med vekslende hell, lagt ut støttefyllinger på luftsiden. Slike støttefyllinger vil bedre stabiliteten og bidra til å redusere faren for brudd, men vil sjelden stoppe den indre erosjonen. Skaden får da mulighet til å utvikle seg videre. Lekkasjen vurderes ikke kritisk for flomverket per i dag, men det anbefales at det føres ettersyn, spesielt ved større flommer for å forhindre at dette utvikler seg videre.

4.3 Anbefalt sikkerhetsnivå

Flomverket sikrer i dag områder klassifisert som skog, og det er ingen bygg i sikringsområdet. Det stilles ingen formelle krav til sikkerhetsnivå på jordbruks- eller skogsområder. Hvor vidt det vil være hensiktsmessig å heve flomverket ytterligere og/eller jevne ut kronehøyden vil måtte baseres på en analyse av kost/nytte-forholdet.

4.4 Behov for vedlikehold og rehabilitering

Følgende tiltak anbefales for unngå problemer knyttet til rør gjennom flomverk.

- Montere tilbakeslagsventil på røret

4.5 Plassering av nødoverløp

Overtopping vil skje når vannstanden stiger over krona på flomverket. Ved overtopping er det fare for et ukontrollert og raskt brudd i selve flomverket, og hvis dette skjer vil det strømme en relativt stor vannføring inn i områdene på flomverkets luftside. Et nødoverløp er en form for overløp, lukket eller åpent, som slipper vann inn på luftsiden av flomverket. Her inkluderes også forhåndsutvalgte steder på verket som kan åpnes slik at man får en mer kontrollert strømning av vann fra vannsiden til området på luftsiden. Nødoverløp sørger for at man får etablert et vannspeil i sikringsområdet i forkant av et eventuelt brudd. Dette vil redusere strømningshastigheten i området og stabilisere flomverket mot erosjon, utglidninger og grunnvannsstrømmer under verket.

Det vil alltid være en fare for overtopping av flommer som er større enn det flomverket er dimensjonert for, men et nødoverløp kan både redusere muligheten for at flomverket blir overtoppet, og begrense skadene ved et brudd.

Flomverket ved Homledal avsluttes i nedstrøms ende ved lavereliggende terreng, og det vil trekke inn bakvann i sikringsområdet ved relativt lavt flomnivå. Det vil derfor ikke være hensiktsmessig med et nødoverløp på flomverket.

5 Referanser

[1] NVE, 2017. *Produktspesifikasjon for NVEs database over kartlagte flomfareområder – flomsoner versjon 1.1*, tilgjengelig fra: https://gis3.nve.no/metadata/produktspesifikasjoner/produktspesifikasjon_flomsoner.pdf. Lenke til nedlastning av geodata: http://nedlasting.nve.no/gis/?ext=-753069,5311590,3332613,8058860&ds=flomsone& , NVE Januar 2017

[2] Nannestad kommune 2018. *Kommuneplanens arealdel 2013-2029*, tilgjengelig fra https://kommunekart.com/klient/nannestad/arealplan, lastet ned 07.02.18.

[3] Nannestad kommune 2016. *Overordnet beredskapsplan for Nannestad kommune*. Mai 2016

[4] Kartverket 2014. *SOSI Generell objektkatalog Bygning, Versjon 4.*5. Januar 2014

[5] Kartverket 2016. *Produktspesifikasjon FKB-AR5 4.6*. Juni 2016

[6] Hydra 1999. *Effekter av flomsikringstiltak på flomforløpet*. Hallvard Berg, Inger Karin Engen, Ingjerd Haddeland, Øyvind Høydal, Eirik Traae, Morten Skoglund, 1999

Multiconsult

NOTAT

OPPDRAG	**Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst; status og behov for oppgradering**	DOKUMENTKODE	130615-RiEn-NOT-001
EMNE	Stabilitetsberegninger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**NVE**	OPPDRAGSLEDER	Thea Caroline Wang
KONTAKTPERSON	**Grete Hedemann Aalstad**	SAKSBEHANDLER	Robin Wood
KOPI		ANSVARLIG ENHET	1087 Oslo Hydrologi

1 Geotekniske beregninger – Typisk flomverk

1.1 Generelt

Multiconsult har på oppdrag for NVE kartlagt status og vurdert behovet for oppgradering for 34 flomverk i 17 kommuner i Akershus, Hedmark, Oppland og Oslo. Arbeidet ble utført i 2018.

Dette notatet vurderer stabiliteten til et typisk flomverk. Denne analysen vil bli brukt som grunnlag for en stabilitetsvurdering av de 34 flomverkene. For hvert enkelt flomverk vil vi gjennom stabilitetsvurderingen sammenligne geometri, soneinndeling og geotekniske parametere. Der det enkelte flomverk avviker fra analysen av det typiske flomverket, vil dette fremgå av vurderingen. Et eksempel på et slikt avvik kan være brattere skråninger enn det typiske flomverket.

Analysen i dette notatet vurderer kun stabiliteten til flomverkene og vurderer ikke mulige årsaker til brudd som følge av indre erosjon i grunnen, inklusive:

- Erosjon langs rør gjennom flomverkene
- Hydraulisk grunnbrudd (sandkoking)
- Kanaler i grunnen med stor permeabilitet i forbindelse med gamle elveleier av stein og grus
- Sprekker med stor permaeabillitet som følge av setninger i flomverket. For eksempel der flomverket krysser myravsetninger i gamle meanderslynger.
- Mangelfull drenasjekapasitet på luftside
- Punktert plastfolie (I flomverk bygget fra 1975 til 1985)
- Glidning langs plastefolien (I flomverk bygget fra 1975 til 1985)

03	17.09.18	Oppdatering til Eurocode	ROW	BER/AGB	TCW
02	14.06.18	Oppdatering av notat for 2018	JMA	TCW	TCW
01	6.11.17	Etter kommentar fra NVE	ROW	JMA	ROW
00	26.10.17	Geotekniske beregninger – Typisk flomverk	ROW	JMA, AGB	ROW
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

1.2 Stabilitetsberegninger

Det er gjennomført stabilitetsberegninger basert på to ulike modeller for beregning av poretrykk i flomverket. Følgende tilstander er vurdert:

- Stasjonærtilstand (Luftside)
- «Transient analysis» (Vannside og Luftside)

«Stasjonærtilstand» omfatter beregninger av stabilitet for flomverk med antagelse om at poretrykket i flomverkets ulike lag har tilpasset seg det ytre vanntrykket.

«Transient analysis» omfatter beregninger av stabilitet for flomverket med antagelse om at poretrykket i flomverket varierer under en flom. Dette er en ikke-stasjonær beregning hvor man vurderer poretrykksutviklingen over tid. Denne analysen vil blant annet kunne belyse situasjoner hvor stabiliteten er lavere; enten før eller etter at poretrykket har stabilisert seg i flomverket.

Denne analysen benytter funksjoner for «saturated/unsaturated permeability» og «Volumetric water content» for beregning av poretrykkslinjer for hvert tidsskritt.

Analysen er utført ved bruk av programmet Slide (v7.026) fra programpakken Roc-science. Sikkerhetsfaktorer er baserte på Eurokode 7-1 (NS-EN 1997-1:2004+NA:2016). Det finnes designguider for flomverk, for eksempel *NVEs Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, 2009,* men det er ikke angitt spesifikke bestemmelser om sikkerhetsfaktorer. Derfor har Eurokoden blitt lagt til grunn som best praksis for prosjekteringsforutsetninger. Det er kun benyttet dimensjoneringsmetode 3 som forklart i NA.2.4.7.3.4.1. Behovet for sikkerhet er derfor sikkerhetsfaktor lik 1,0, eller en utnyttelse på 100% eller mindre med partialkoeffisient. Konsekvensklasse / pålitelighetsklasse (CC/RC) i henhold til tabell NA.A1 (901) er valgt som 3 (dammer).

Tabell 1: Partialkoeffisient (dimensjoneringsmetode 3) benyttet i Slide (v7.026)

Permanent Actions (A)		
Unfavourable	γ_G	1
Favourable	γ_G	1
Variable Actions (A)		
Unfavourable	γ_Q	1.3
Favourable	γ_Q	0
Material Parameters (M)		
Effective cohesion	$\gamma_{c'}$	1.25
Coefficient of shearing resistance	$\gamma_{\varnothing}$	1.25
Undrained strength	γ_{Cu}	1.4
Weight density	γ_{γ}	1
Shear strength (other models)		1.25
Resistance (R)		
Earth resistance	γ_{Re}	1
Anchorage (R)		
Tensile and Plate strength	γ_a	1
Shear strength	γ_a	1
Compressive strength	γ_a	1
Bond strength	γ_a	1
Seismic		
Seismic Coefficient		1

1.3 Inngangsdata og beregninger

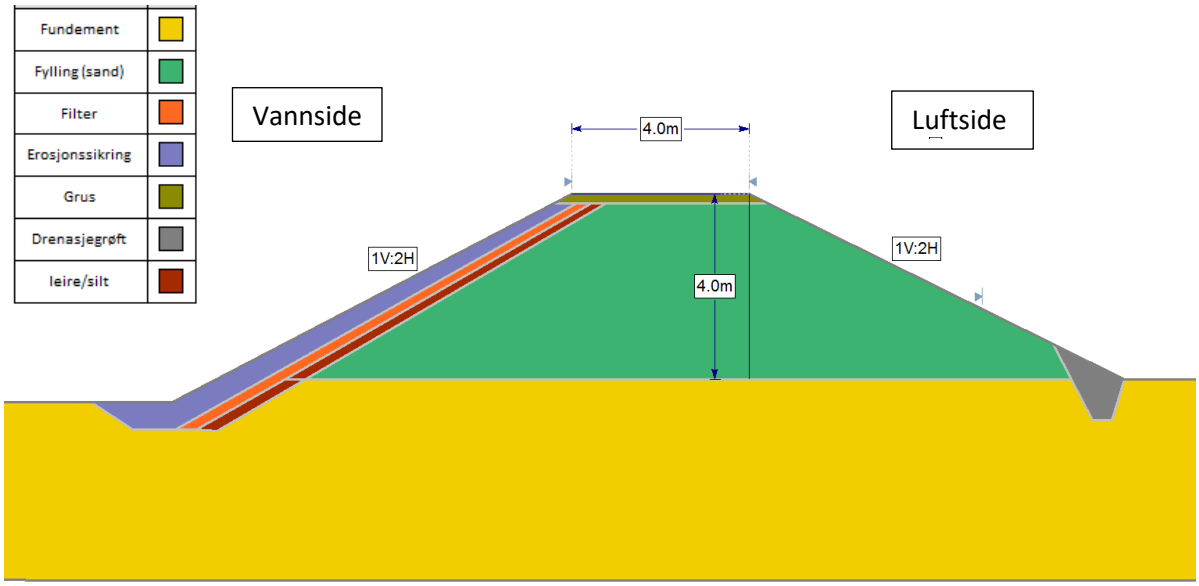
1.3.1 Analysemetode

Analysen er basert på grenselikevektsbetraktning (”General Limit Equilibrium”), og tilfredsstiller både kraft- og momentlikevekt.

1.3.2 Geometri

Basert på en gjennomgang av tegninger av alle flomverkene og NGIs rapport av 1996 er følgende geometri og oppbygning benyttet i analysen:

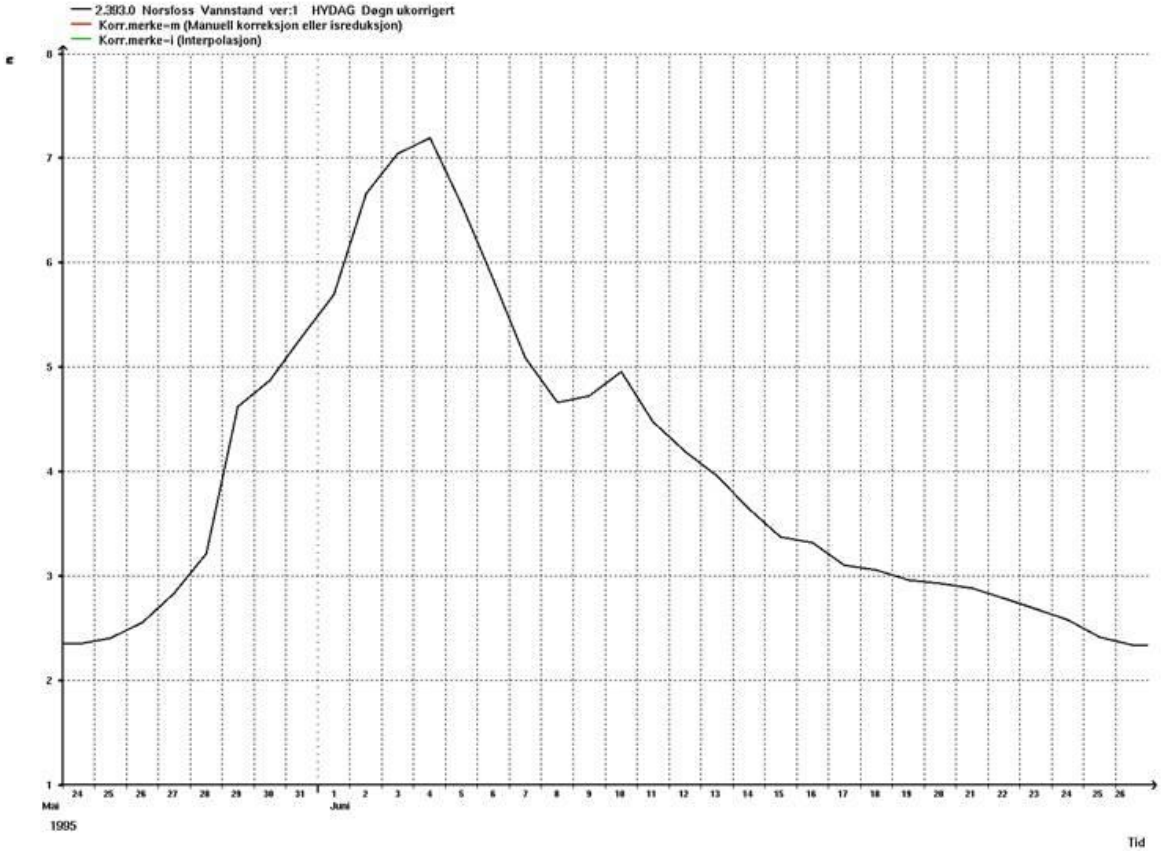
- Vannside skråning, 1V:2,0H
- Luftside skråning, 1V:2,0H
- Topp bredde – 4,0m
- Høyde – 4,0m
- Tetningskjerne av leire / silt på vannside



Figur 1: Representativt snitt av flomvoll, med soneinndeling

1.3.3 Hydrauliske forutsetninger

Ved stasjonærtilstand ble vannstanden på flomverkets vannside satt til 0,5m under toppen av flomverket. «Transient analysis»-beregningene er utført basert på hydrografen for 1995-flommen hvor vannstanden i elva steg og avtok med nesten samme rate (ca. 0,5 meter pr. døgn). Også her ble høyeste vannstand den samme som for stasjonærtilstand; 0,5 m under topp flomverk.



Figur 2: Hydrogram fra 1995 flommen, ved Norsfoss i Solør

1.3.4 Geotekniske parametere

Styrkeparametere og permeabilitetsverdier benyttet i beregningen er vist i tabell 2. Parameterne som er basert på erfaringsverdier er hentet fra følgende kilder:

1) Brudd i flomverk langs Glomma, Geoteknisk analyse og vurdering, 1 juli 1996, NGI
2) Håndbok V220 – Geoteknikk i vegbygging, Juni 2014, Statens vegvesen - Figur 2.39

Tabell 2: Geotekniske styrkeparametere.

Materiale	Beskrivelse	Parameter	Kommentar / kilde
1 Fundament (Naturlig grunn)	Vekt	20 kN/m^3	Fra NGI rapport
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	34°	
	Mettet permeabilitet	10^{-4} m/s	
2. Fylling (sand)	Vekt	18 kN/m^3	Håndbok V220 – Friksjon Fra NGI rapport – permeabilitet
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	36°	
	Mettet permeabilitet	10^{-4} m/s	
3. Filter (Grus)	Vekt	20 kN/m^3	Fra NGI rapport
	Kohesjon	0	
	Friksjon	38°	
	Mettet permeabilitet	10^{-4} m/s	
4. Erosjonssikring	Vekt	18 kN/m^3	Fra erfaringstall - Konservativt anslått (Steinene er antatt mindre ordnet som plastringsstein på en dam)
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	42°	
	Mettet permeabilitet	10^{-1} m/s	
5. Drenasjegrøft	Vekt	23 kN/m^3	Fra NGI rapport
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	38°	
	Mettet permeabilitet	10^{-2} m/s	
6. leire/silt	Vekt	20 kN/m^3	Erfaringstall
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	32°	
	Mettet permeabilitet	10^{-6} m/s	

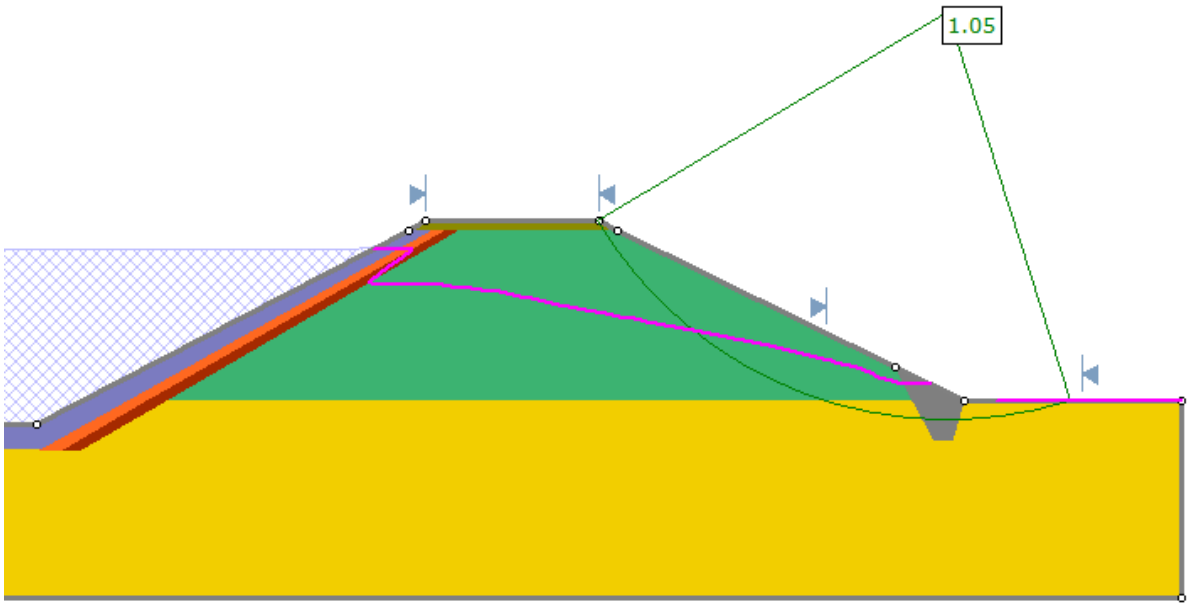
1.4 Beregninger og resultater

Tabell 3 Resultatene av analysen.

Tilfelle	Damside	Vannstand	Beregnet SF
Stasjonærtilstand	Luftside	0,5 m under toppen	1,05
"Transient analysis"	Luftside	0,5 m under toppen	1,05
	Vannside		1,25
	Luftside	Ugunstig (se, Figur 4 og Figur 5	1,05
	Vannside		1,12

1.4.1 Stasjonærtilstand luftside,

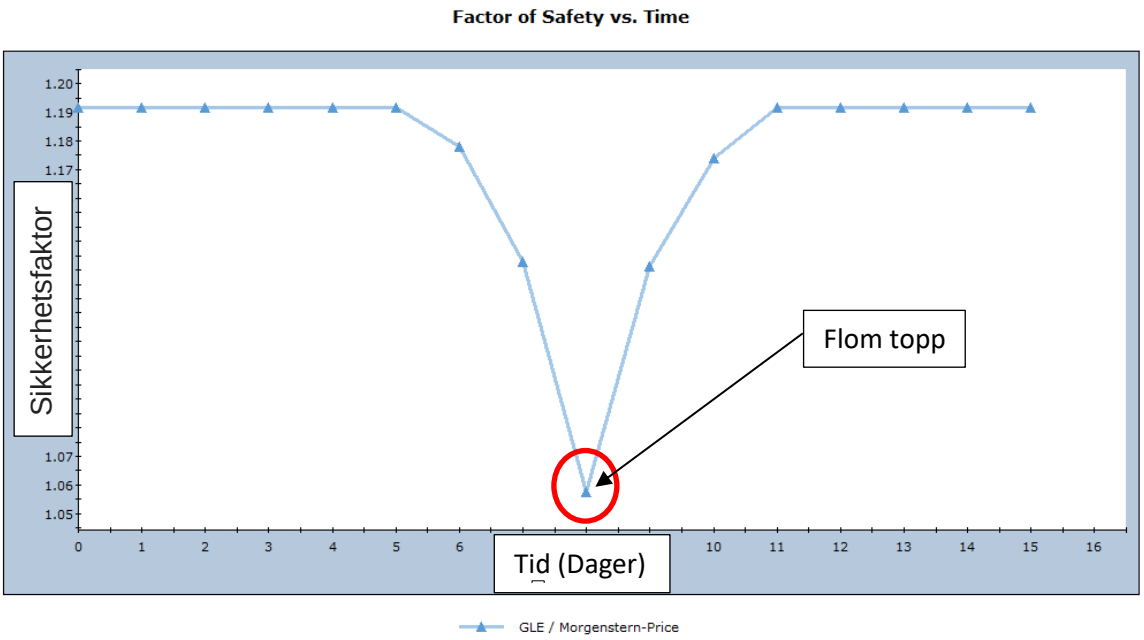
Sikkerhetsfaktoren under stasjonærtilstand er 1,3. Det betegner imidlertid verste tilfelle for flomverkets luftside. Sikkerhetsfaktoren er påvirket av fyllingens friksjonsvinkel, helning og soneinndeling (permeabilitetsforskjell mellom tetning, fyllmateriale og drenasjegrøft). En større forskjell mellom permeabiliteten fra vannside til luftside vil øke sikkerhetsfaktoren og omvendt. Permeabiliteten og tykkelsen av soner benyttet i analysen er på den konservative siden. Dette fører til at porevannstrykket er relativt høyt i flomverket, som vist på figuren nedenfor.



Figur 3: Stasjonærtilstand - Luftside

1.4.2 «Transient analysis» luftside,

Analysen viser at sikkerhetsfaktoren er minst ved flomtoppen. Under normal vannføring i elva er sikkerhetsfaktoren ca. 1,5 og faller til 1,3 ved flomtoppen og går deretter tilbake til 1,5 når flommen passerer. Den laveste sikkerhetsfaktoren er lik analysen for stasjonærtilstand. En tykkere tetning eller mindre permeabel tetning vil bety at faktorsikkerheten faller mindre under flommen, da poretrykklinjen i flomverket vil ligge lavere.

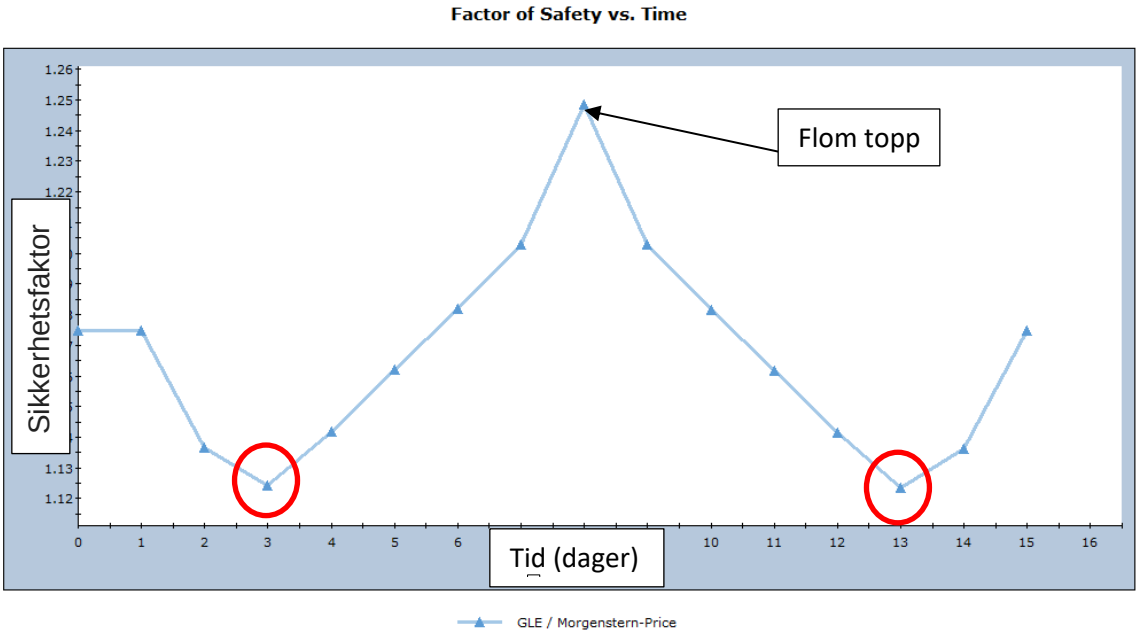


Figur 4: «Transient analysis» luftside, sikkerhetsfaktor mot tid (ugunstigste situasjon markert med en rød sirkel)

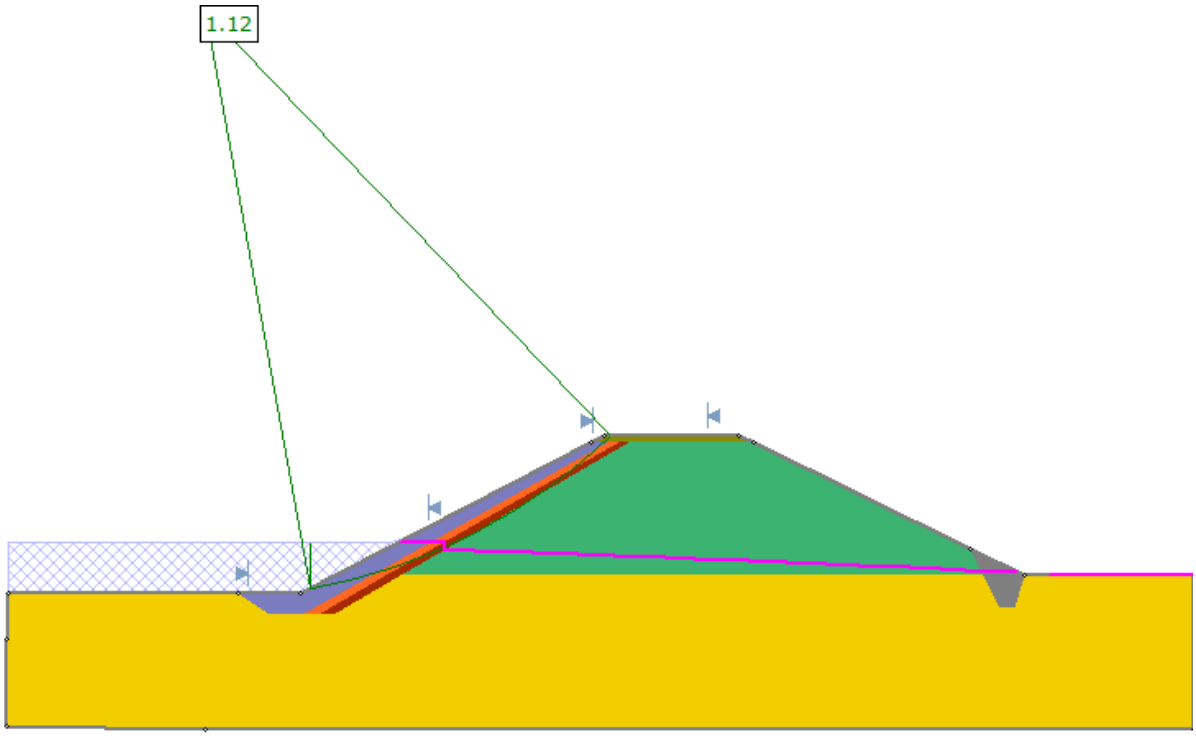
1.4.3 «Transient analysis» vannside,

Sikkerhetsfaktoren på vannsiden er lavest under flomstart (3 dager) og i løpet av flommens slutt (13 dager). Dette skyldes at effekten av økt poretrykk i de nedre delene av flomverket er mer destabiliserende enn den stabiliserende effekten av vannet. Når vannstanden øker vil den stabiliserende effekten av vannet øke og sikkerhetsfaktoren vil også øke (se dag 8).

Det vil med andre ord ikke oppstå en situasjon der man har høyt poretrykk i fyllingen uten en stabiliserende effekt fra høy vannstand; et scenario som er vanlig ved rask nedtapping ved fyllingsdammer. Hvis permeabiliteten skulle være mindre eller høyere, ville sikkerhetsfaktoren ikke bli påvirket så lenge hastigheten på vannstandsendringene og vannstandsstigningen er lik.



Figur 5: «Transient analysis» vannside, sikkerhetsfaktor mot tid (ugunstigste situasjoner markert med en rød sirkel)



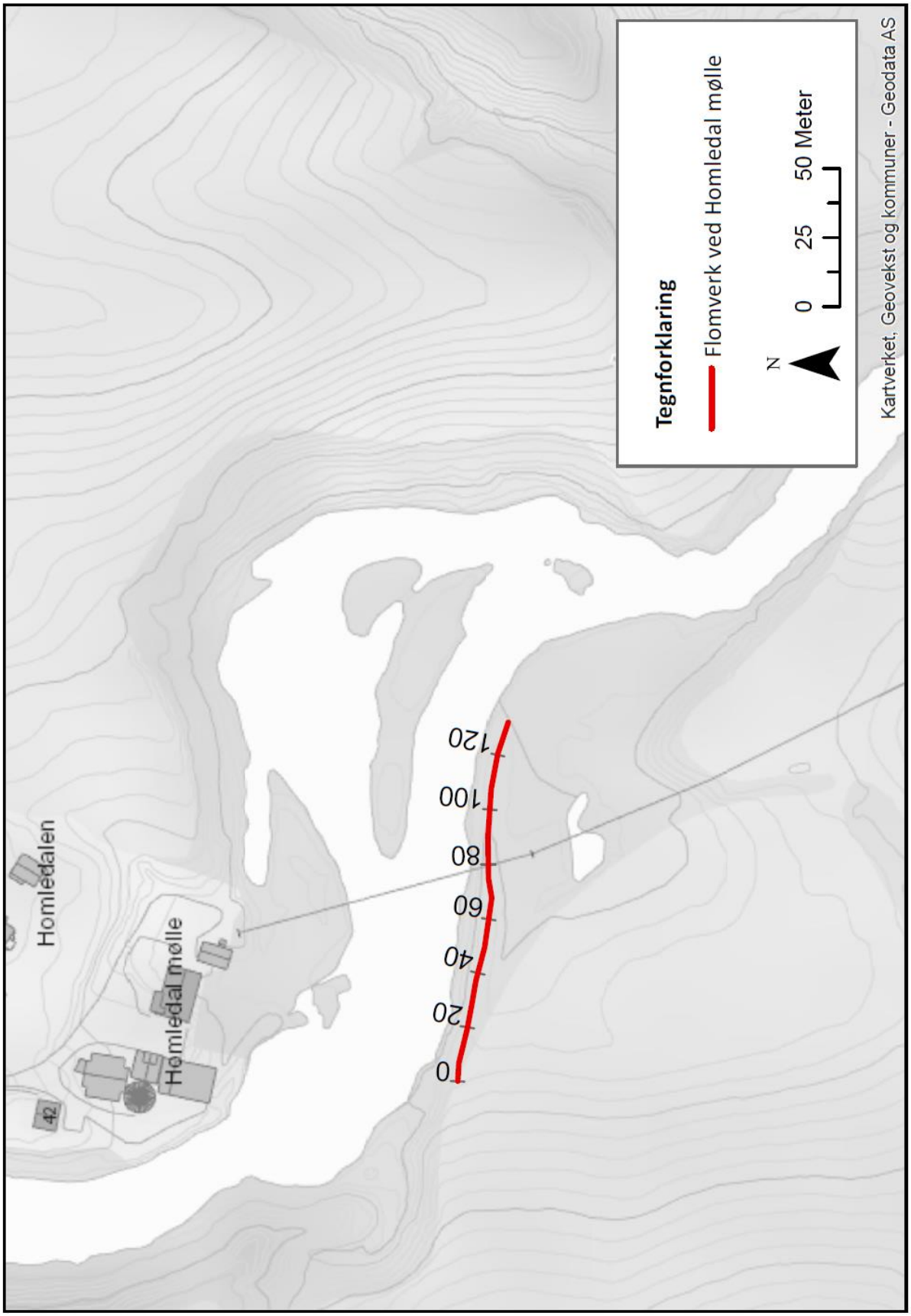
Figur 6: «Transient analysis» vannside, Etter 13 dager

1.5 Konklusjon

Analysen viser at det typiske flomverket har en sikkerhetsfaktor på mer enn 1,0 i alle tilfeller og det typiske flomverket anses derfor å være tilstrekkelig stabilt gitt de antagelsene.

De 34 flomverkene har blitt vurdert mot denne analysen ved å sammenligne geometrien og materialene som brukes til å konstruere flomverket mot parameterne som brukes i denne analysen. Den overordnede geometrien er lettere å bekrefte enn materialparameterne ettersom alle flomverk er befart, mens materialparameterne og soneinndeling er basert på nøyaktigheten og kvaliteten på historisk informasjon fra blant annet arkivsøk.

Vedlegg 2


Homledalen
Homledal mølle
42
0
20
40
60
80
100
120
Tegnforklaring
Flomverk ved Homledal mølle
N
0
25
50 Meter
Kartverket, Geovekst og kommuner - Geodata AS

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no