

Nr 22/2019

Tynset camping flomverk (VV 9317), Tynset 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 22-2019

Tynset camping flomverk (VV 9317), Tynset 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: 978-82-410-1856-5

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 Tynset camping flomverk i Tynset kommune. Flomverket er ca. 160 m langt og beskytter et område på ca. 30 daa med 29 bygninger, og disse er primært knyttet til camping/utleie. Flomverket er i svært god stand.

Emneord: Flomverk, Tynset 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

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».

Ansvar 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

fung. direktør Skred- og vassdragsavdelingen


Paul Christen Røhr

regionsjef

RAPPORT

Tynset camping flomverk (VV 9317), Tynset kommune

Status og vurdering av behov for oppgradering

OPPDRAUGSGIVER

NVE

EMNE

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

Tiltaksnummer 9317

DATO / REVISJON: 12. des. 2018/ 01

DOKUMENTKODE: 130615-RiEn-RAP-033



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.

RAPPORT

OPPDRAG	Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst; status og behov for oppgradering	DOKUMENTKODE	130615-RiEn-RAP-033
EMNE	Tynset camping 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 Tynset camping flomverk i Tynset kommune.

Flomverket er ca. 160 m langt og beskytter et område på ca. 30 daa hvor det befinner seg 29 bygninger, primært knyttet til camping/utleie.

Flomverket er i svært god stand.

01	12.12.2018	Revidert rapport etter tilbakemeldinger fra NVE	AGB/TCW/JMA/BER/RLA	TCW/JMA/AGB	RW
00	08.10.2018	Rapport	AGB/TCW/JMA/BER/RLA	TCW/JMA/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 Tynset camping flomverk	7
2.2 Teknisk oppbygning	7
2.3 Større skader, rehabiliteringer og oppgraderinger	9
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	10
2.5 Utbyggingsplaner i sikringsområdet	12
2.6 Kommunens tilsyns- og beredskapsrutiner	13
3 Feltregistreringer	14
4 Vurderinger	17
4.1 Tilsyn og beredskap	17
4.2 Teknisk tilstand	17
4.3 Anbefalt sikkerhetsnivå	18
4.4 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 <i>sandkoking</i> , 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/gjenoppbygging 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 dypereleggende 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 trafikklast, 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

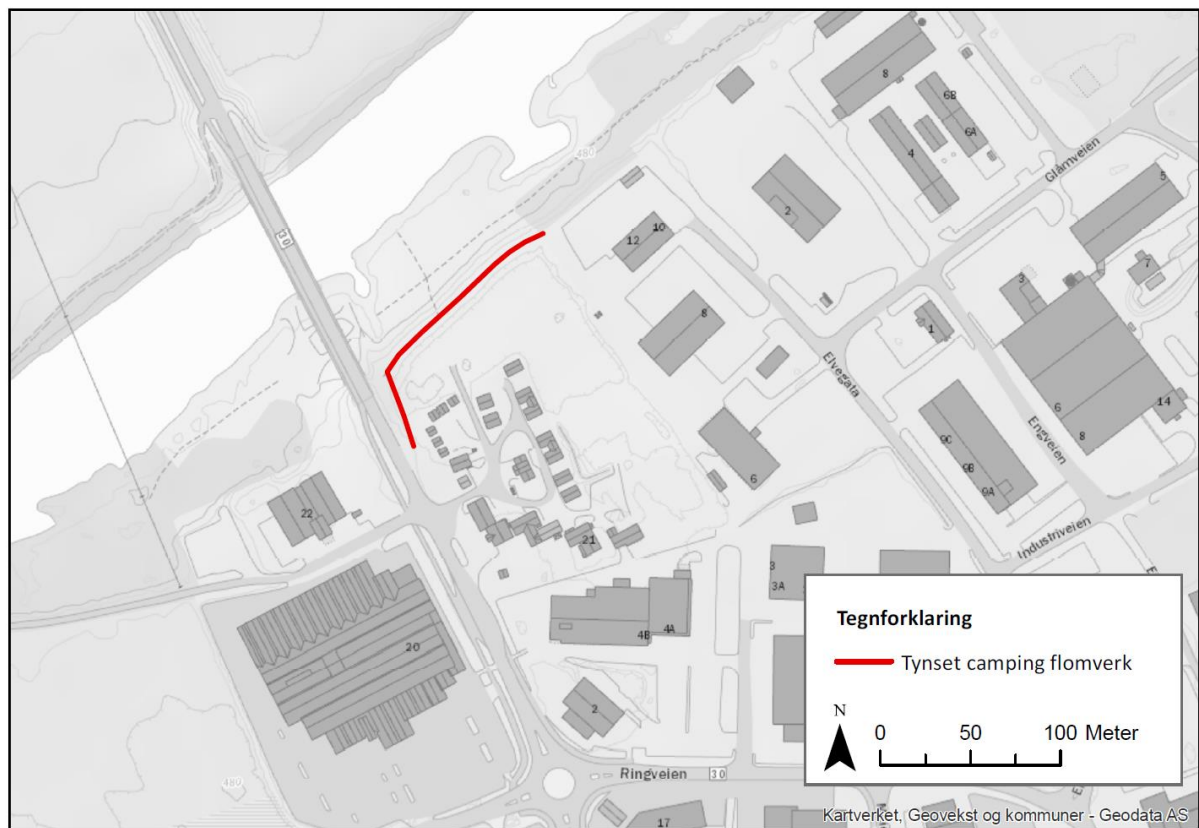
I tidsperioden 1960-2005 ble det bygget en rekke omfattende flomsikringsanlegg langs de store vassdragene på Østlandet for å beskytte infrastruktur, bebyggelse og landbruksarealer. Alderen på anleggene tilsier at både flomverk og pumpestasjoner kan ha behov for rehabilitering og oppgraderinger for å 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 Tynset camping flomverk

Flomverket Tynset camping (VV 9317) ligger på venstre side av Glomma like oppstrøms Tynset bro, i Tynset kommune. Flomverket består av en enkelt flomvoll som strekker seg fra broen for Fv. 30 og ca. 160 m oppstrøms. Verket ble bygget for å beskytte bolighus og hytter ved campingplassen mot oversvømmelser tilsvarende flomnivået under 1995-flommen.



Figur 1: Oversiktskart (basert på profilmålinger)

Under flommen i 1995 ble Tynset camping oversvømt og det oppstod store vannskader på bolighus og campinghytter. Det ble i etterkant utarbeidet en plan for sikring av området. Planen gikk ut på å bygge ca. 300 m med flomverk fra nedkjøring på østsiden av broen ved Fv. 30 og til industriområdet i nord-øst. Verket skulle da sikre opp til kote 482,50 moh. (Flomhøyden under 1995-flommen ble målt til 482,20 moh. ved øvre ende av industriområdet og 482,00 moh. ved Tynset bro). Slik flomverket fremstår i dag møter verket industriområdet i oppstrøms ende, der terrenget har tilsvarende høyde som flomvollen. Flomverket er dermed noe kortere enn det som ble fremlagt i opprinnelig plan.

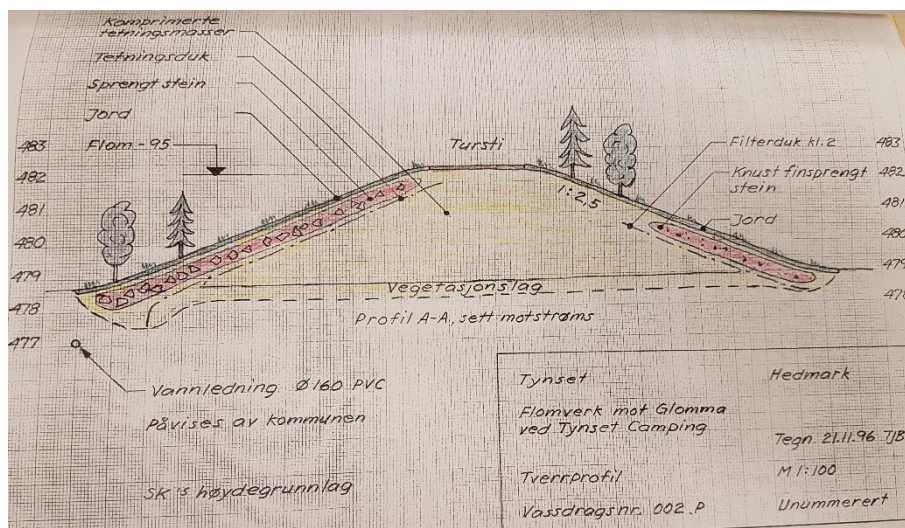
Planen for flomverket ble sist revidert i 1997, men det er ukjent når verket ble ferdigstilt.

2.2 Teknisk oppbygning

Flomverket ble planlagt med en kronebredde på 4 m og skråningshelninger på 1:2,5. Det ble planlagt vegetasjonsrydding ned til faste masser, og støttefyllingen skulle utgjøre tetningen. Videre skulle det etableres erosjonssikring av sprengstein på vannsiden, mens det på luftsiden skulle etableres en dreneringssone av finsprengt stein. Flomverket skulle deretter dekket av vekstmasser som skulle bli tilsådd.



Figur 2: Oversiktstegning fra planlagt sikring ved Tynset camping (Kilde: Tegning fra NVEs arkiv)



Figur 3: Prinsippskisse fra planlagt sikring ved Tynset camping (Kilde: Tegning fra NVEs arkiv)

I nedstrøms ende av flomverket ble det planlagt et Ø400 mm dreneringsrør med tilbakeslagsventil på vannsiden. Flomverket ble bygget over en vannledning og to overvannsledninger tilhørende det kommunale ledningsnettet. I følge planbeskrivelsen ble verket planlagt å gå langs campingplassen frem til asfaltert vei sør for industriområdet. Det ser i midlertidig ut til at verket ble avsluttet i oppstrøms ende ved industriområdet, der terrenget har tilsvarende høyde som flomvollen.

2.3 Større skader, rehabiliteringer og oppgraderinger

Tynset kommune opplyser i møte (18.06.2018) at det oppstod skader på verket i forbindelse med rehabilitering av en kraftverksledning for noen år tilbake. Dette ble innmeldt til kraftverket og NVE, og utbedret i etterkant. Det er ikke funnet dokumentasjon på dette rehabiliteringsarbeidet. Det er ellers ikke kjennskap til større skader, rehabiliteringer eller oppgraderinger i etterkant av at verket ble ferdigstilt.

2.4 Hva sikres av flomverket?

Flomverket ved Tynset Camping vises i kartet på Figur 4. Kartet viser utbredelsen av flomsone (inklusive lavpunkt) for flommer av ulike gjentakintervall i henhold til NVEs flomsonekart¹.



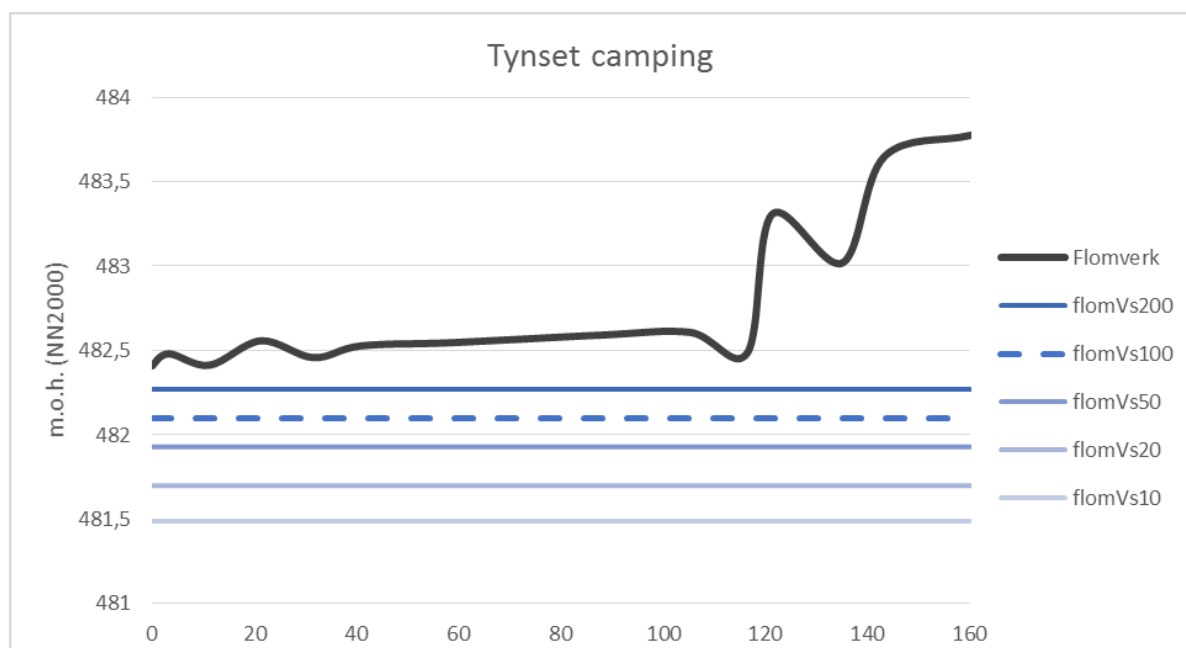
Figur 4: Kartet viser flomverket samt utbredelsen av flomsone/lavpunkt for ulike gjentakintervall i en situasjon uten sikringstiltak (Kilde: NVE 2017). Flomsoneene er overlappende iht. tegnforklaringen. Utbredelsen av de sjeldnere, større hendelsene illustreres av de mørkere nyanser, som dekker større området, da inkludert de lysere områdene.

¹ Kilde: NVE 2017. Flomsone, Norges vassdrags- og energidirektorat – 12.05.2017

NVEs flomsonekart er utarbeidet med grunnlag i terrengdata, og illustrerer både lavtliggende områder (lavpunkt) og områder med direkte flomfare. Utbredelsen av flomsoner som vises her betyr at området *potensielt* er i fare, *dersom* det er åpning for vanninntrengning. Her er terrenget (inkludert sikringstiltak) avgjørende. Denne analysen har til hensikt å vurdere eksisterende sikringstiltak og nåværende sikringsnivå samt vurdere utsatte områder.

2.4.1 Eksisterende sikkerhetsnivå

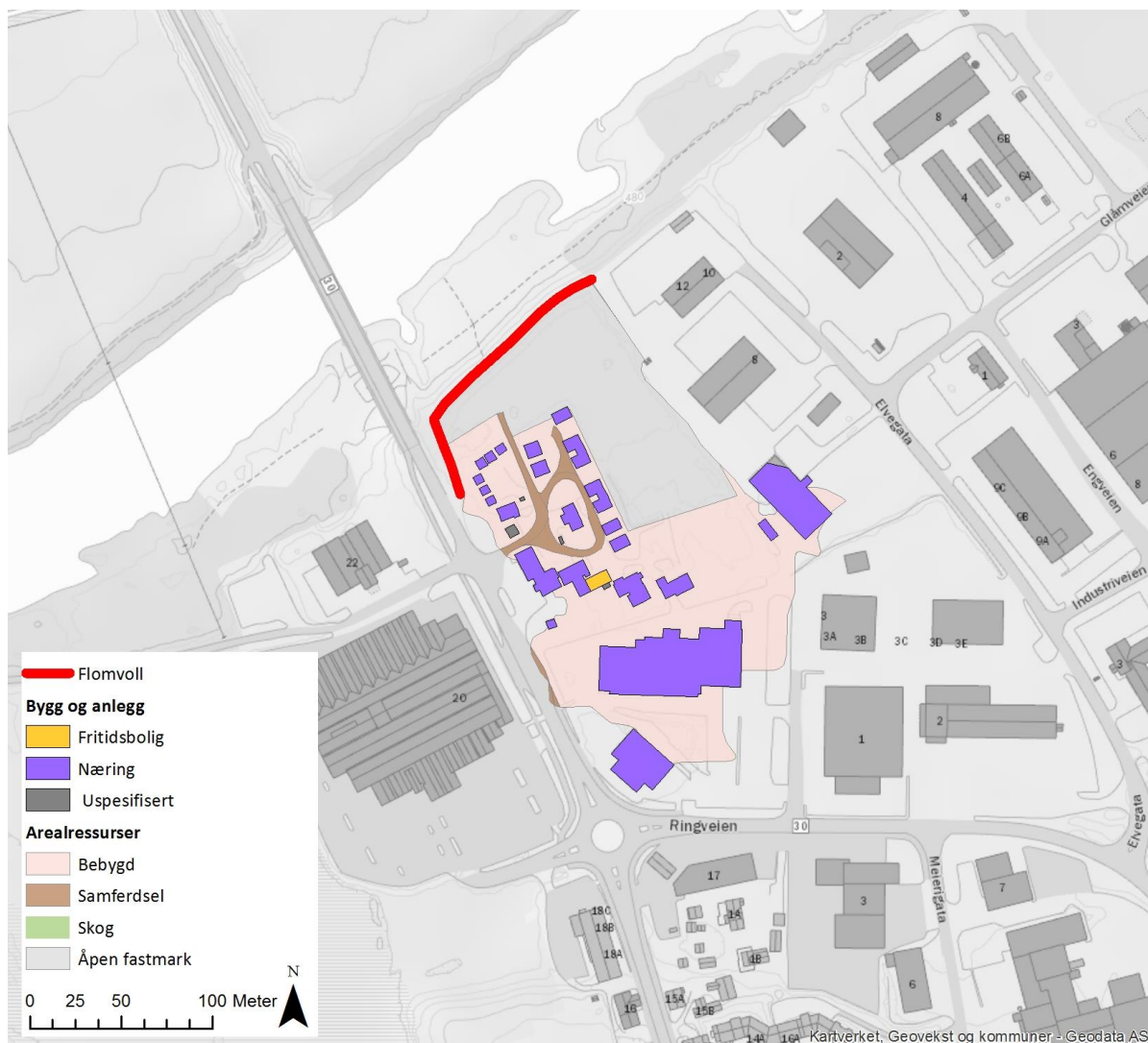
I forbindelse med befaring og vurdering av flomvollen, er det foretatt innmåling av kronehøyden langs flomverket. En sammenlikning av høydeprofil i flomverkets lengderetning med angitte vannstander ved flommer av ulike gjentaksintervall, viser at flomverket har et beskyttelsesnivå opp til over en anslått 200-årsflom, se Figur 5.



Figur 5: Innmålt lengdeprofil for flomverket samt vannstander ved ulike flomstørrelser (NVE 2017). Profilet vises fra oppstrøms til nedstrøms ende av flomverket, 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 utbredelsen til en 200-års flom (se Figur 4), men som figuren viser er det ikke stor forskjell på utbredelsen av små og store flommer i området. Ved en slik hendelse vil et område på 29,8 daa bli rammet. Arealenheten daa tilsvarer 1 000 m². Området er analysert for eksisterende bygg (med ulike formål), arealressurser (AR5) samt viktig infrastruktur som jernbane og transmisjonsnett.



Figur 6: Analyseområdet for samfunnsverdier ved Tynset camping med arealbruk og bygningsformål.

Omfanget av bygg innen standardiserte kategorier² som potensielt kan rammes av flom er oppsummert i Tabell 1 for antall bygg og grunnareal.

² Kartverket 2014. SOSI – generell objektkatalog, Fagområde Bygning versjon 4.5 (FKB-BYGG), Kartverket, januar 2014

Tabell 1: Antall og samlet grunnareal for potensielt flomutsatte bygg innenfor standardiserte kategorier (FKB-BYGG, Kartverket 2014).

Bruksformål, detaljert	Antall	Sum grunnareal [m²]
Uspesifisert	4	56
Annen bygning for overnatting	1	307
Annen lagerbygning	2	214
Appartement	1	216
Butikkbygning	2	3319
Camping/utleiehytte	16	1006
Garasje, uthus, anneks til bolig	1	89
Vandrer-, feriehjem	1	109
Verkstedbygning	1	664
Total	29	5980

Omfanget av arealer som potensielt rammes av flom er oppsummert i Tabell 2. Arealet er oppsummert innen hver arealbrukskategori samt for totalen.

Tabell 2: Flomutsatte arealressurser (AR5) oppsummert (kilde: NIBIO, 2017).

Arealbruk	Sum grunnareal [daa]
Bebygd	19,5
Samferdsel	1,1
Skog	0,0
Åpen fastmark	9,2
Total	29,8

2.5 Utbyggingsplaner i sikringsområdet

Kommuneplanens arealdel 2015-2027 er tilgjengelig på kommunens nettside www.tynset.kommune.no. I følge kommuneplanens arealdel er områdene som sikres av flomverket kategorisert som et bestemmelsesområde for campingplass og fremtidig grønnstruktur og gangvei langs traseen for flomverket. Det foreligger en eldre reguleringsplan for området (1998), området er regulert som *Friområde, Campingplass og Motell*.

Kommunen bekrefter i møte (18.06.2018) at det ikke er kjennskap til utbyggingsplaner i sikringsområdet.

2.6 Kommunens tilsyns- og beredskapsrutiner

Tilsynsrutiner

Kommunen fører per i dag ikke regelmessig tilsyn av flomverket. Det er i hovedsak grunneiere som besørger vedlikeholdsarbeid, som f.eks. skjøtsel av vegetasjon.

Beredskapsrutiner

Tynset kommune har utarbeidet en generell beredskapsplan som fastsetter hovedprinsippene for beredskap i kommunen. Beredskapsplanen er basert på en helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse for Tynset kommune som ble utarbeidet i 2016. Analyserte hendelser for kommunen omfatter blant annet ekstreme lokale nedbørmengder/flom. 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 og evakuering.

3 Feltregistreringer

Det ble utført befaring på Tynset camping flomverk den 18.06.2018. Tilstede på befaringen var Thea Caroline Wang og Rasmus Liebig- Andersen fra Multiconsult. Kjell Erik Bangen fra Tynset kommune har bidratt med opplysninger på befaringsdagen.

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

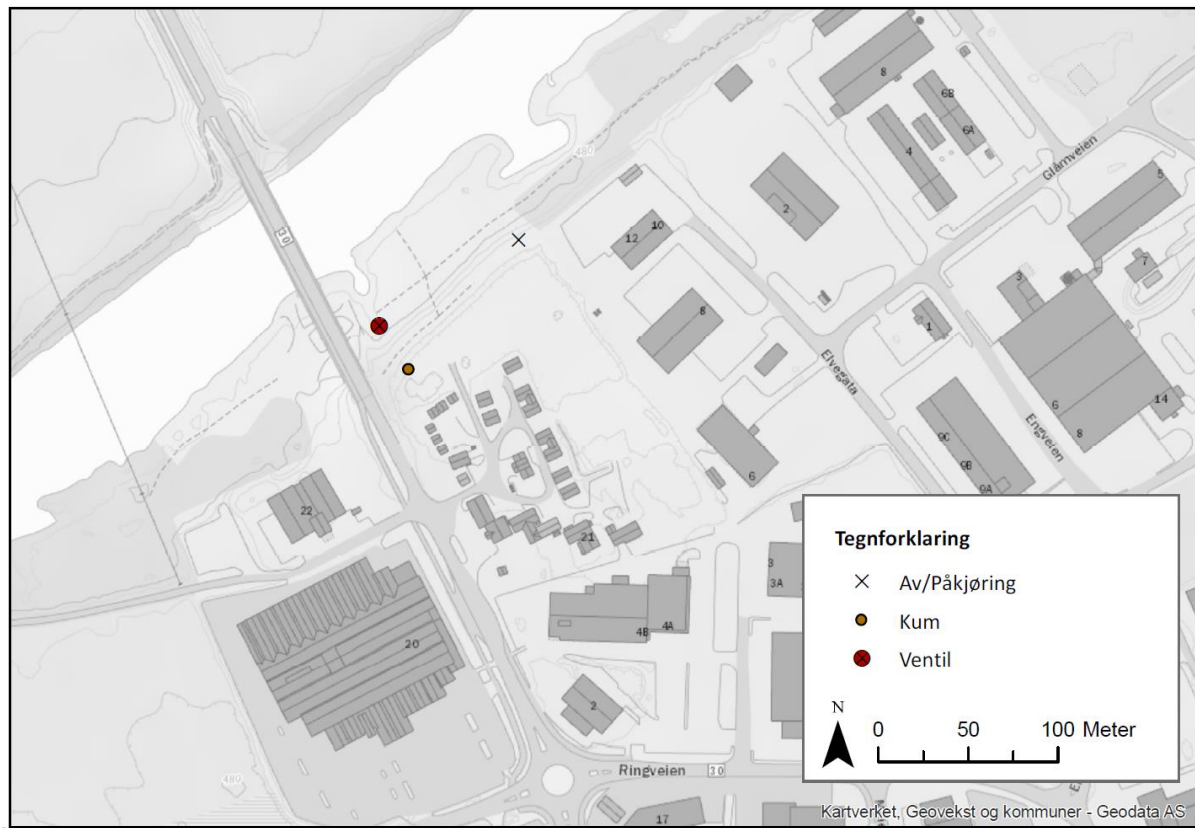
Andre registreringer på flomverk

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 flomverkene er presentert i detaljerte kart med markerte observasjoner i Figur 7. Registreringene er også levert i digitalt format som vedlegg til denne rapporten.



Figur 7: Observasjoner ved Tynset camping flomverk.

Vegetasjon på verket er skjøttet og det er sammenhengende gressdekke over flomverket som hindrer erosjon. Det ble ikke registrert større vegetasjon av betydning på selve verket.

Verket har fin form, med plane flater, definerte linjer og ingen tegn til setninger, se Figur 8. Det ligger et terrengbelte mellom elven og foten av verket, som beskytter verket mot erosjonskrefter fra strømmende vann.

Siden vollen er vellykket tilsådd med gress, er erosjonssikringen ikke synlig. Det ble heller ikke gjort noen observasjoner av manglende gressdekke eller skadet erosjonssikring.

Det er registrert et rør med tilbakeslagsventil, Ø200 mm gjennom verket ved pel nr. 105, se Figur 9. Dette røret er dermed noe mindre enn den planlagte dimensjonen på Ø400. Det er vegetasjon ved ventilen som har potensiale til å tette utløpet om det ikke skjøttes regelmessig.

Skråningshelningen på vannsiden av flomverket ble målt til 1:3,5. Dette er en del slakere enn den planlagte skråningshelningen på 1:2,5. På luftsiden ble skråningshelningen målt til 1:4. Dette er også slakere enn planlagt. På både vann- og luftside ble det observert lokale variasjoner.

Det er enkel adkomst til hele verket, enten via vei ved Tynset Camping eller fra vei ved industriområdet oppstrøms flomverket.



Figur 8: Oversiktsbilde over flomverket. Sett fra pel nr. 110 mot nordøst (Bilde: Multiconsult)



Figur 9: Ventil ved pel nr. 105 (Bilde: Multiconsult)

4 Vurderinger

4.1 Tilsyn og beredskap

Kommunen har kjennskap til flomvollen, men fører per i dag ikke tilsyn av verket. Det oppfordres til at kommunen, i samarbeid med grunneier, skaffer seg oversikt over status på verket, og at man gjennomfører tilsyn i henhold til NVEs tilsynsskjema for sikringstiltak i vassdrag.

Tynset kommune har nylig gjennomført en helhetlig ROS-analyse og kommunenes generelle beredskapsplan dekker flomsituasjoner. Kommunen har tilgjengelige sandsekker og pumper til bruk under flomsituasjoner. For optimal ressursbruk i beredskapssituasjoner anbefales at man har opprettet dialog med grunneiere som kan ha behov for dette i forbindelse med sikringstiltak på sin eiendom.

Det er lett adkomst til hele strekningen om det skulle oppstå behov for å iverksette tiltak på selve verket.

4.2 Teknisk tilstand

Flomverket er gressdekket, og det ble ikke observert større vegetasjon på 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. Dersom vegetasjonen vokser seg større enn 8-10 cm i diameter bør den derfor fjernes. Det påpekes at dette kun gjelder vegetasjon som står på/i selve sikringsanlegget, da øvrig vegetasjon kan være verdifull kantvegetasjon for naturmiljøet.

Det ble registrert et rør med ventil som drenerer området bak flomvollen. Ventilen står i fare for å bli gjengrodd. Ventilen bør derfor ha regelmessig ettersyn og området ved utløpet bør ryddes ved behov slik at ventilen oppnår tiltenkt funksjon. Ventilen er noe mindre enn det som er beskrevet da flomverket ble planlagt. Dette behøver ikke å tilsi at ventilen er underdimensjonert, kun at den er mindre enn det som først ble planlagt.

Flomverkets luft- og vannside har blitt vurdert gjennom en stabilitetsanalyse for et typisk flomverk, se Vedlegg 1. Ved å sammenligne geometrien for det aktuelle flomverket med det typiske flomverket i vedlegget ser vi at skråningshelningene på vann- og luftside er mye slakere. Flomverket har en bedre sikkerhetsfaktor mot utglidninger enn det typiske flomverket og sikkerheten ansees dermed som god.

Erosjonssikringen ved flomverket er dekket med vekstmasser og igjengrodd. Det ble ikke observert noen skader i erosjonssikringen og det er rimelig å anta at erosjonssikringen er i samme stand som da flomverket ble bygget.

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 luftsidens på flomverket med fare for erosjon og brudd i selve flomverket. Luftsidens av flomverket har normalt ingen erosjonssikring, kun vegetasjon, noe som bare gir begrenset beskyttelse mot erosjon i tilfelle vannstrømning på luftsidens. Områder der flomverket på luftsidens 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. Det ble ikke funnet indikasjoner på at noen av disse mulige bruddvariantene er under utvikling.

4.3 Anbefalt sikkerhetsnivå

Bak flomvollen finnes det i dag flere bygg som etter Byggteknisk forskrift (TEK 17) § 7-2 «Sikkerhet mot flom og stormflo» vil inngå i sikkerhetsklasse F2. Dersom man skal bygge et nytt F2 klasse bygg må man dokumentere at dette har sikkerhet mot en 200-års flom. Byggteknisk forskrift gjelder imidlertid kun for ny bebyggelse og påbygg på eksisterende bebyggelse.

Flomverket sikrer i dag områdene bak flomverket mot en 200-årsflom med et fribord på ca. 20 cm. Dette er et noe mindre fribord enn det som ville vært anbefalt ut ifra dagens retningslinjer (typisk 0,5 m fribord). Dette vurderes likevel som tilstrekkelig. Dersom forutsetningene for denne vurderingen endres, bør det gjennomføres en ny vurdering.

4.4 Plassering av nødoverløp

Overtopping vil skje når vannstanden stiger over kroma på flomverket. Ved overtopping er det fare for et ukontrollert og raskt brudd i selve flomverket, og hvis dette skjer vil det strøme en relativt stor vannføring inn i områdene på flomverkets luftsiden. 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. Plassering av nødoverløp bør derfor innarbeides i kommunenes beredskapsplan.

For plassering av nødoverløp, foreslår Hydra (1999) at følgende parametere legges til grunn:

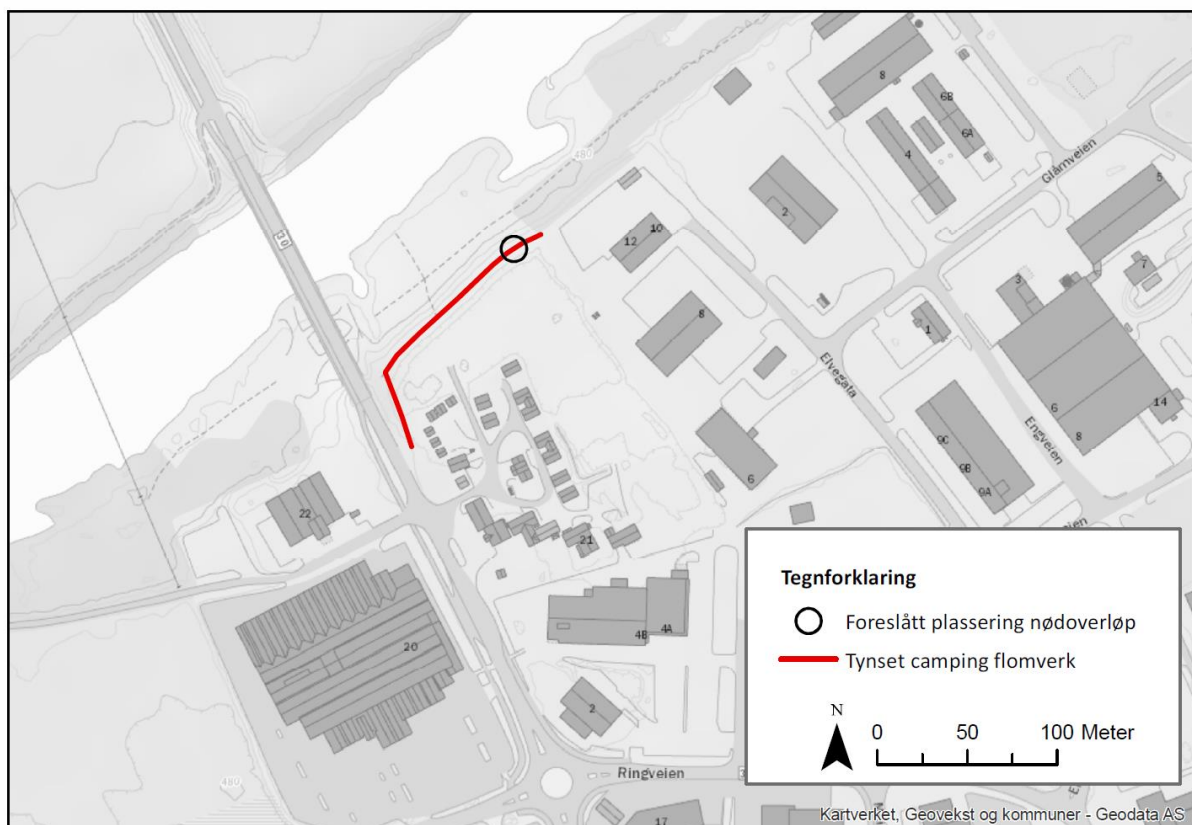
- omfang og konsekvenser av erosjon- og strømskader på innsiden av overløpet
- spredningsforløp og innfylling av vannet som passerer overløpet
- sikring og bruk av viktige bygninger, veiforbindelser m.m.
- adkomst, arbeidsforhold og mulighet for kontroll mens innfylling pågår
- adkomst og mulighet for (rimelig) reparasjon etter flommen

- lokale private og offentlige synspunkter og hensyn

Ofte vil det være best å legge et nødoverløp i nedstrøms ende av flomverket der terrenget er lavest fordi:

- Naturlig mothelning på terrenget gjør at sikringsområdet da vil fylles relativt langsomt med vann slik at erosjonsskader reduseres. I motsatt fall vil vannet kunne strømme med stor hastighet mot lavere terreng og forårsake erosjonsskader.
- Det vil være lettere å forberede en lokal seksjonering når strømkreftene er små, i de tilfeller der man ser at ikke hele området behøver å fylles.

I det aktuelle området er det liten helning på terrenget. Det er derfor ikke kritisk at området bak flomvollen fylles fra nedstrøms ende ved bruk av et nødoverløp. Det kan derfor være aktuelt å plassere et nødoverløp i oppstrøms ende slik at flommende vann ankommer sikringsområdet i størst mulig avstand fra bebyggelsen bak flomverket, se Figur 10. Det vil være stor erosjonsfare rundt selve overløpet, men denne faren ansees som mindre enn den totale erosjonsfaren for verket ved brudd. Et avgrenset område ved nødoverløpet vil vanligvis være overkommelig å erosjonssikre for å redusere potensielle erosjonsskader ved overløpet.



Figur 10: Forslag til plassering av nødoverløp ved Tynset Camping.

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] Tynset kommune 2015. Kommuneplanens arealdel 2015-2027, tilgjengelig fra:
<https://www.kommunekart.com/>, lastet ned 09.07.18
- [3] Tynset kommune 2016. *Beredskapsplan Tynset kommune*. Revidert 29.11.2016
- [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

NOTAT

OPPDRAAG	Flomverk og pumpestasjoner i Region Øst; status og behov for oppgradering	DOKUMENTKODE	130615-RiEn-NOT-001
EMNE	Stabilitetsberegninger	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	NVE	OPPDRAAGSLEDER	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 permeabilitet 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 plastfolien (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:

- Stasjonært tilstand (Luftside)
- «Transient analysis» (Vannside og Luftside)

«Stasjonært tilstand» 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	γ_ϕ	1.25
Undrained strength	γ_{Cu}	1.4
Weight density	γ_Y	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

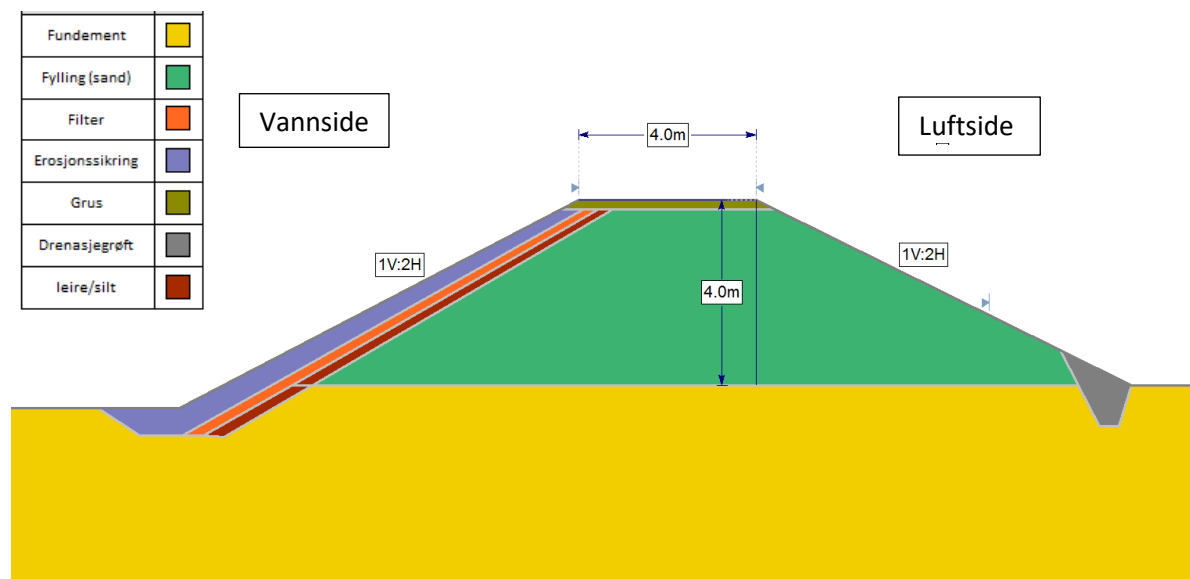
1.3.1 Analysemetode

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:

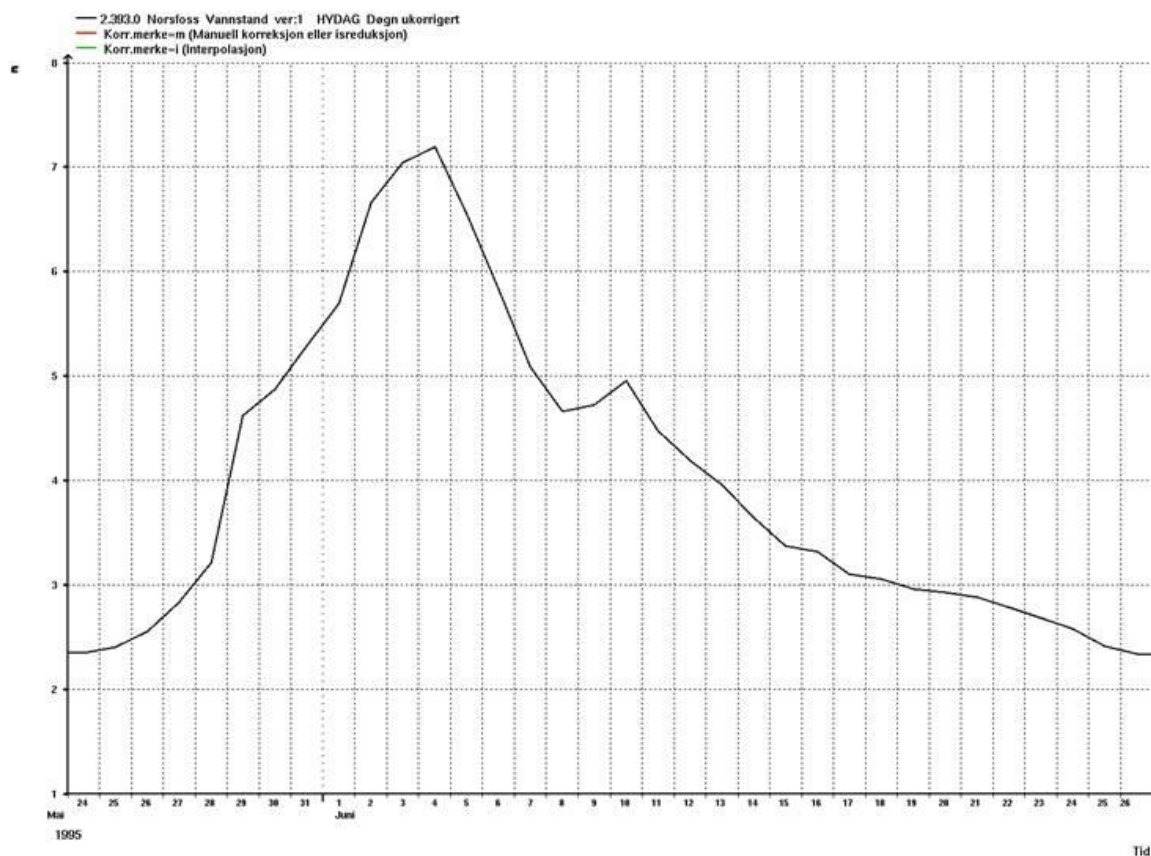
- Vannside skråning, 1V:2,0H
- Luftside skråning, 1V:2,0H
- Topp bredde – 4,0m
- Høyde – 4,0m
- Tetningskjerne av leire / silt på vannside



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
	Kohesjon	0 kPa	
	Friksjon	36°	Fra NGI rapport – permeabilitet
	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	

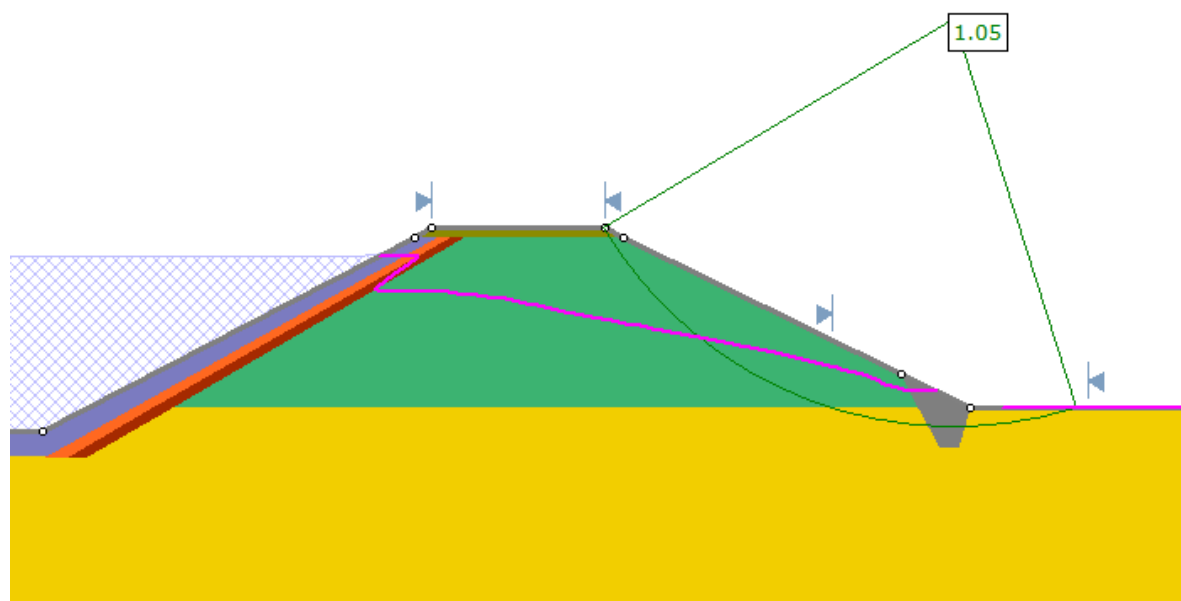
1.4 Beregninger og resultater

Tabell 3 Resultatene av analysen.

Tilfelle	Damside	Vannstand	Beregnet SF
Stasjonært tilstand	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 Stasjonært tilstand luftside,

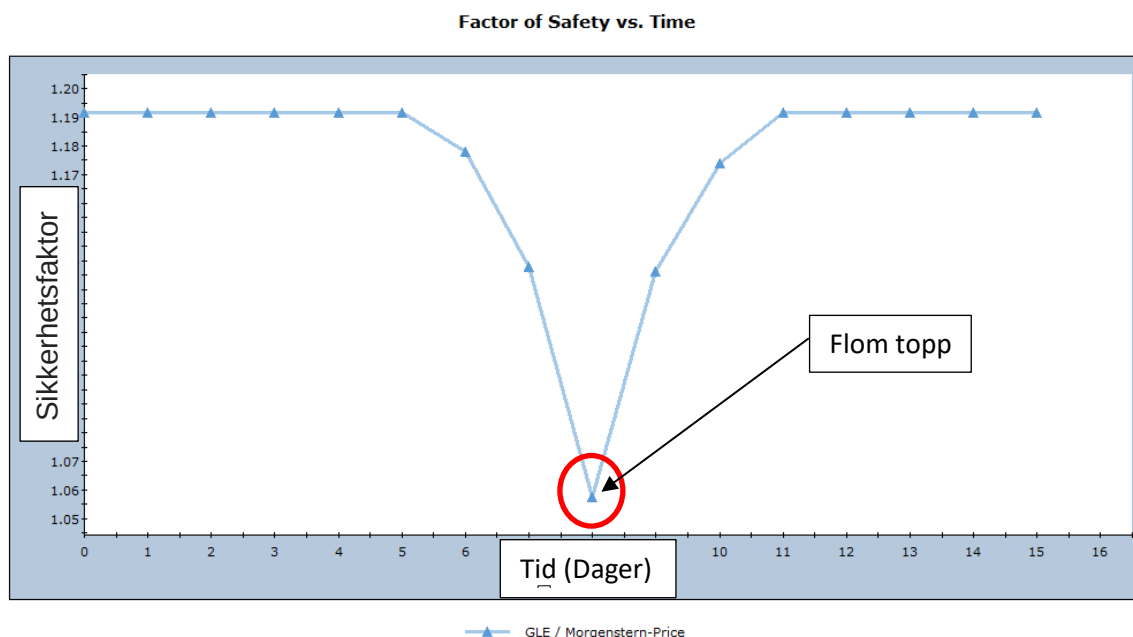
Sikkerhetsfaktoren under stasjonært tilstand er 1,3. Det betegner imidlertid verste tilfelle for flomverkets luftside. Sikkerhetsfaktoren er påvirket av fyllingens friksjonsvinkel, helning og soneinndeling (permeabilitetsforskjell mellom tetning, fyllmateriale og drenasjegrøft). En større forskjell mellom 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: Stasjonært tilstand - 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 stasjonært tilstand. En tykkere tetning eller mindre permeabel tetning vil bety at faktorsikkerheten faller mindre under flommen, da poretrykklinjen i flomverket vil ligge lavere.

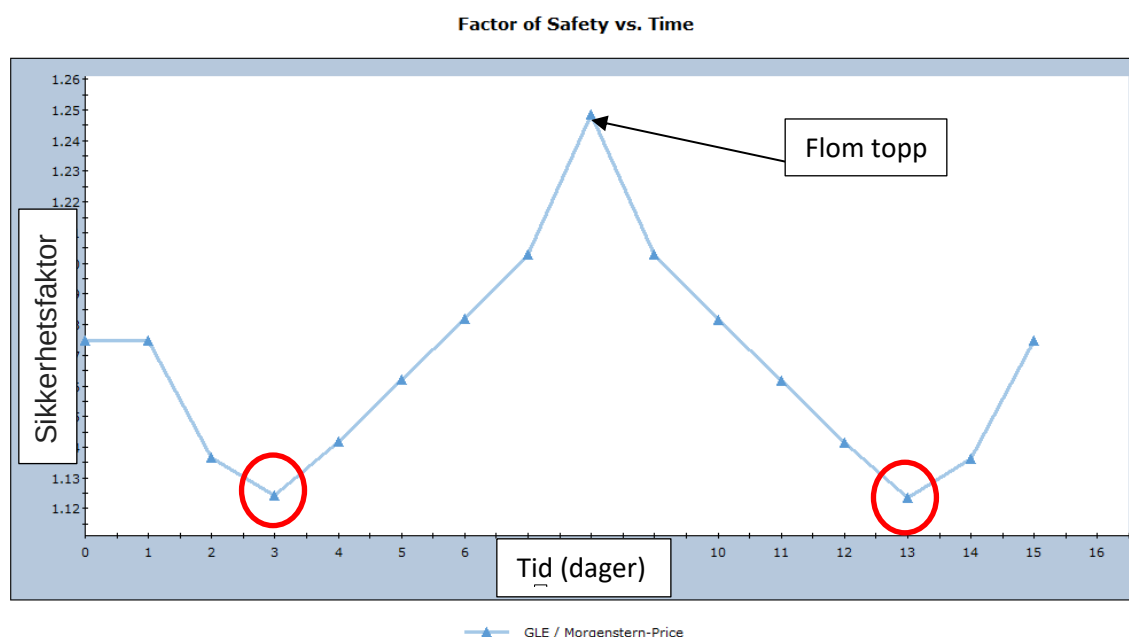


Figur 4: «Transient analysis» luftside, sikkerhetsfaktor mot tid (ugunstigste situasjon markert med en rød sirkel)

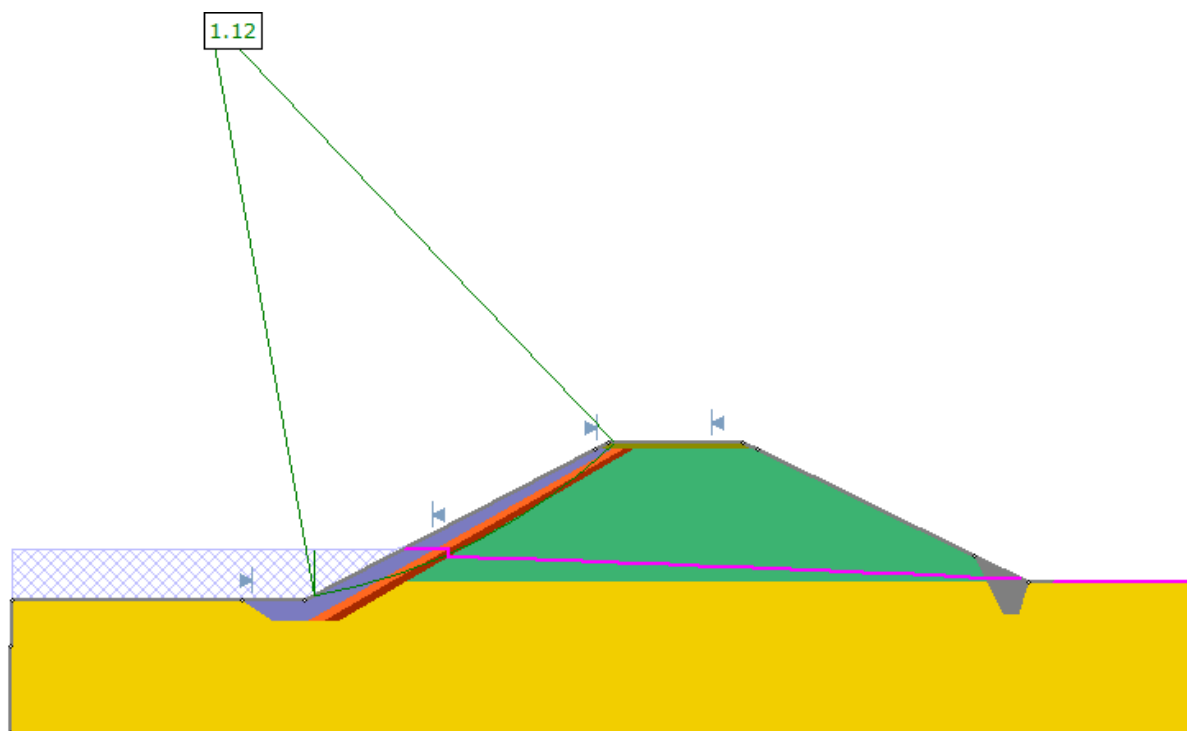
1.4.3 «Transient analysis» vannside,

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 vannstandsendingene og vannstandsstigningen er lik.



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



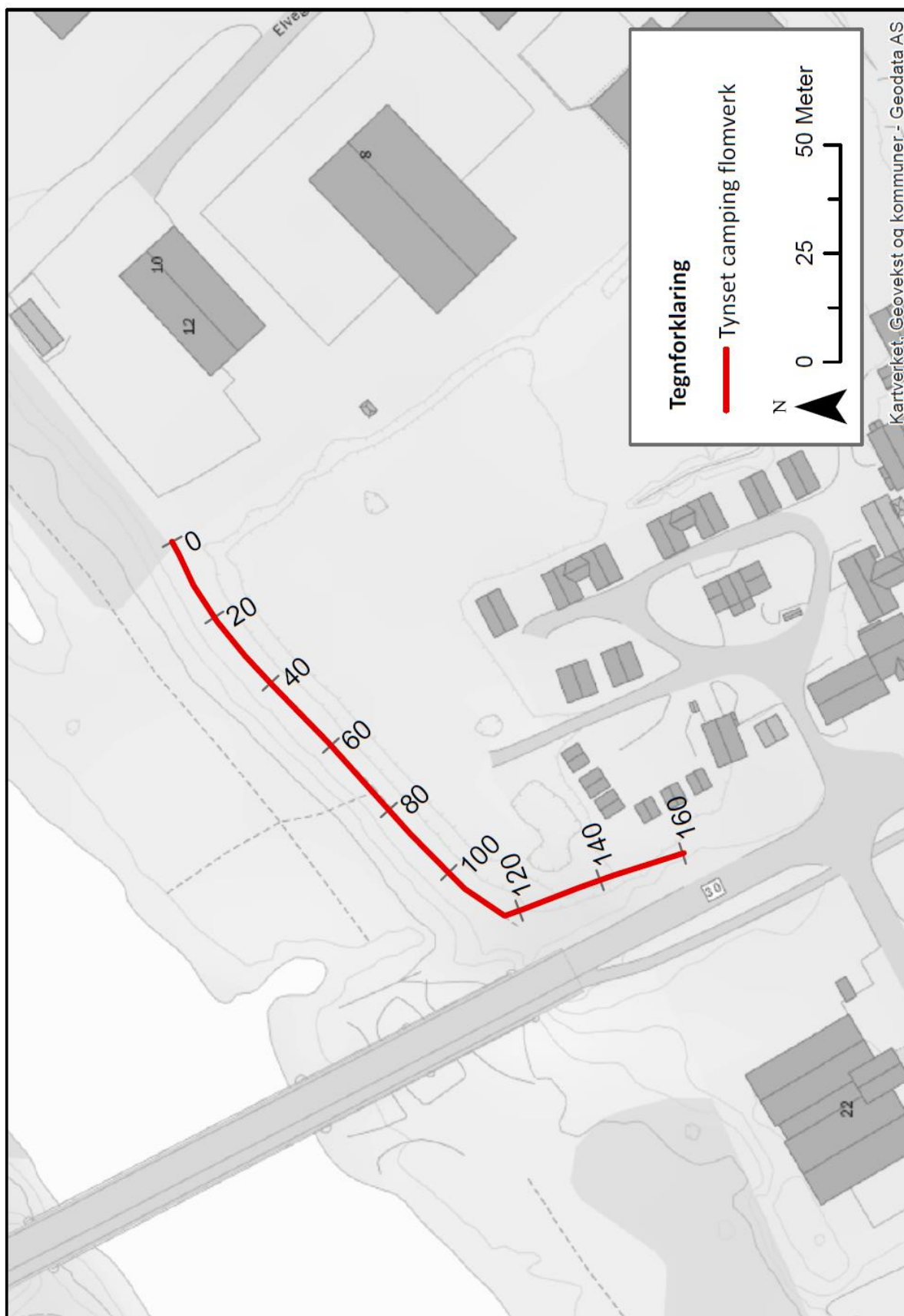
Figur 6: «Transient analysis» vannside, Etter 13 dager

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





NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 509 I MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no