
RAPPORT

TROMS KRAFT PRODUKSJON AS

VANNLINJEBEREGNINGER I KÅFJORDELVA



Foto: Aranica AS

30.3.2017

Rapport nr: 27575001 - 2

Utarbeidet av:
Kjetil Sandsbråten og Jan-Petter Magnell

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	2
2	Hydrauliske beregninger	3
3	Grunnlagsdata	3
3.1	Topografiske data	3
3.1.1	Troms 5 pkt (2015).	3
3.1.2	Aranica 2015	6
3.2	Valgte vannføringer	8
3.3	Kalibrering	8
3.4	Sensitivitetsanalyse	9
3.5	Usikkerhet	10
4	Resultater	11

Vedlegg

Vedlegg 1	Resultater av vannlinjeberegningen for hvert enkelt tverrprofil mellom Guolas og fjorden
-----------	--

1 Innledning

NVE har i juni 2016 fattet vedtak om revisjon av konsesjonsvilkår for Guolasjohka-reguleringen i Kåfjord kommune. Revisjonen gjelder vilkårene i konsesjonen fra 1968. Det har kommet inn krav fra Kåfjord kommune, primært knyttet til forhold i Guolasjohka (Kåfjordelva) nedstrøms de regulerte feltene.

NVE viser også til rapporten «Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022» (NVE-Rapport nr 49/2013), som ble utarbeidet i et samarbeid mellom NVE og Miljødirektoratet, og omtalen av 206.Z Kåfjordelva i denne. I rapporten er det pekt på ett aktuelt tiltak ved en vilkårsrevisjon:

- Minstevannføring fra Guolasjavri av hensyn til anadrom fisk

Rapporten understreker imidlertid, i den generelle innledende omtalen av vassdrag i Troms, at hensynet til landskap var spesielt medvirkende i prioriteringen for Kåfjordelva. Kåfjordelva ble klassifisert som 1.2 – lavere prioritet i rapporten fra NVE og Miljødirektoratet.

Guolas kraftverk har i dag ingen særskilte fyllingsrestriksjoner i magasinet, ingen pålagte restriksjoner knyttet til drift av kraftverket og ingen pålegg om minstevannføringer fra bekkeinntakene eller magasinet.

På bakgrunn av dette var det et ønske fra Troms Kraft om å få beregnet virkningen av forskjellige vannføringer i Kåfjordelva på vannstandsvariasjoner og vanndecket areal.

Dette arbeidet er gjennomført ved å utføre en vannlinjeberegning i elva mellom kraftstasjonsutløpet og fjorden.



Figur 1 Kåfjordelva og Guolas kraftverk

2(16)

VANNLINJEBEREGNINGER I KÅFJORDELVA
30.3.2017

2 Hydrauliske beregninger

Det er utført vannlinjeberegninger ved bruk av programmet Hec-Ras v.5.0.3, som er utviklet av U.S. Army Corps of Engineers i USA. Vanligvis benyttes dette programmet for å beregne vannstander for flommer med gitte gjentaksintervall som 100-, 200- og 1000 års flommer, men det kan like gjerne benyttes for å se på en hvilken som helst vannføring av interesse. Her er det benyttet for å se virkningen av de mindre vannføringene og deres innvirkning på spesielt vanndekket areal og eventuelle raske endringer i vannstand i gitte profiler. Det er beregnet vannstander for vannføringer mellom 1 og 20 m³/s.

Beregningsprogrammet benytter energimetoden eller momentmetoden for å beregne vannlinjen fra et tverrsnitt til det neste. Modellen beregner vannlinjen ved hjelp av energimetoden, på de strekninger der det er en gradvis varierende vannlinje.

Samme vannmengde kan strømme «rolig» eller «strykende», med to forskjellige vanddyp avhengig av bunnhelling og forholdene oppstrøms og nedstrøms, samt av energiforholdene. Rolig strømming kalles også underkritisk, mens strykende strømming kalles overkritisk.

Ved en overgang mellom disse to situasjonene sier vi gjerne at «dybden går gjennom kritisk». Dersom vannlinjen går gjennom kritisk vil modellen bytte til momentmetoden, som benytter seg av kraftbalanse og kontinuitet mellom to tverrsnitt.

I likhet med energimetoden tas det utgangspunkt i at dybden i et tverrsnitt er kjent. Dersom vannføringen ikke endrer seg (eller endrer seg langsomt) og elva ikke er bratt, vil vannstanden i nedstrøms ende påvirke vannstanden oppover i elven. Denne situasjonen kalles for stasjonær strømming. Dette er motsatt av for eksempel ved et dambrudd (ikke-stasjonær strømming). Da vil trykk og hastighet og volum endres raskt, og vannstanden i nedstrøms ende vil kun i begrenset omfang påvirke vannstanden oppover i elven, fordi de ikke-stasjonære forholdene (dambruddsbølgen) vil være dominerende.

I beregningene her er det forutsatt stasjonære forhold.

3 Grunnlagsdata

Nødvendige inngangsdata i en slik beregning er topografi og dermed grunnlag for tverrprofilgeometri, ruhet, nedstrøms grensebetingelse og vannføring, der ruheten er friksjonen mellom elvebunnen og vannet i elven. Ruheten beskrives ved Manning's tall n , der lave n -verdier representerer lav ruhet.

3.1 Topografiske data

Topografiske data er basert på to kilder;

3.1.1 Troms 5 pkt (2015).

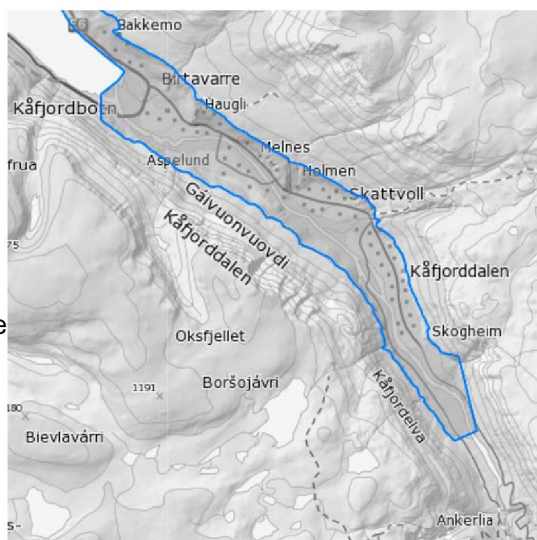
Dette er laserdata innsamlet 14.9.2015 med en oppløsning på 0,25 meter.

Dekningsområdet for lasermålingen er vist i Figur 2 og eksempel på punktetthet i Figur 3.

Slike data gir mulighet for å lage svært detaljerte og nøyaktige terrengmodeller. Høydenøyaktigheten er i prosjektrapporten for oppmålingen oppgitt til å dekke kravet til standarden for FKB-Laser10 på 4 cm.

Terrengmodellen blir svært detaljert som vist i Figur 4 og meget nøyaktig i forhold til tidligere metodikk hvor det ble benyttet FKB-data og man i beste fall hadde 1 meters koter.

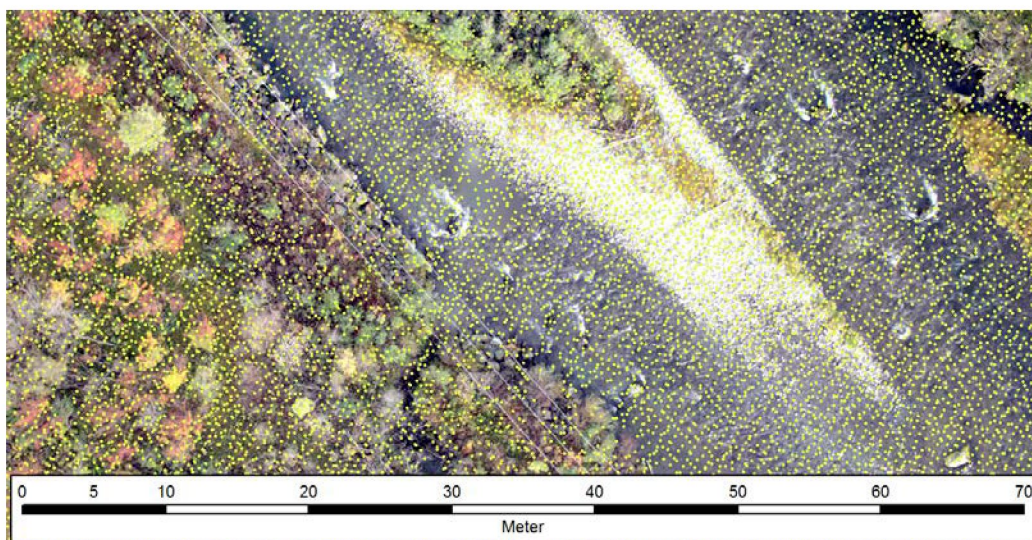
Dybder langt under vannflaten er dessverre ikke like gode, men høyst akseptable i grunne elver som vist i Figur 5. Dette kompenseres også hvis lasermålingene er foretatt på tidspunkt



Figur 2 Dekningskart "Troms 5 pkt, 2015".

hvor vannføringen/vannstanden er lav slik at større deler av elvetverrsnittet er tørt land.

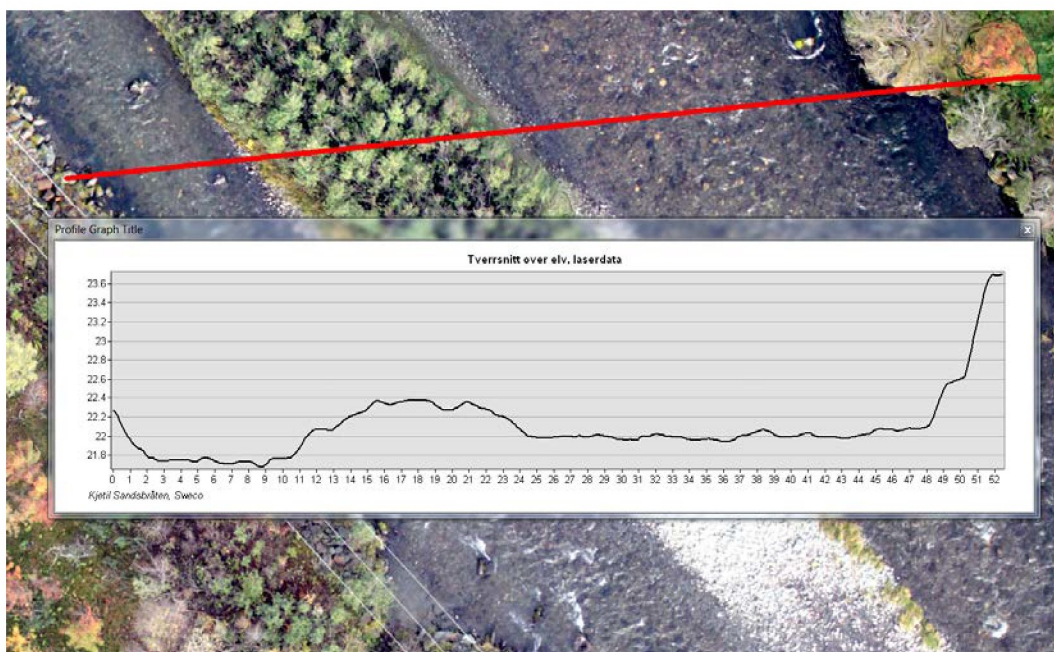
På tidspunktet for lasermålingen som ligger til grunn var vannføringen nedstrøms utløpet av Guolas kraftverk på 7,4 m³/s og oppstrøms kraftverket er vannføringen estimert til 1,5 m³/s. Så for alle vannføringer over dette har terrengmodellen som ligger til grunn for vannlinje-modellen en høydenøyaktighet på maksimalt ± 4 cm.



Figur 3 Punkttetthet i lasermåling.



Figur 4 Utarbeidet terrengmodell med 3D- virkning.



Figur 5 Terreng- og elveprofil basert på laserdata

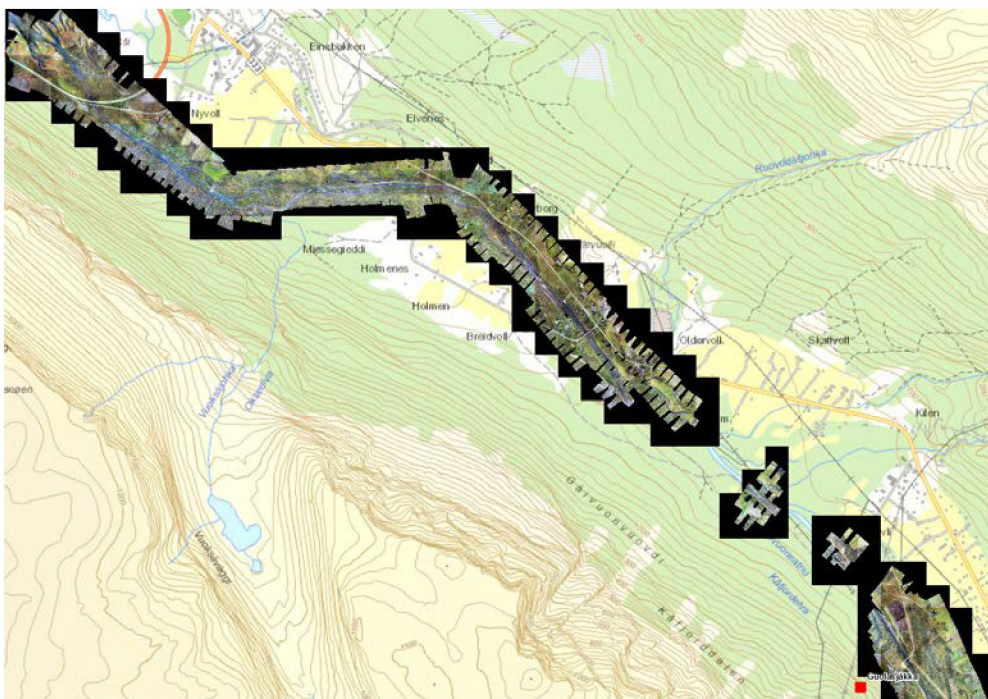
3.1.2 Aranica 2015

Det har på oppdrag av Troms Kraft vært foretatt dronefotografering i vassdraget av firmaet Aranica i 2015 og 2016. Bildene tatt i 2015 var av utmerket kvalitet men ikke dekkende for hele strekningen mellom utløpet og kraftverket som vist i Figur 6.

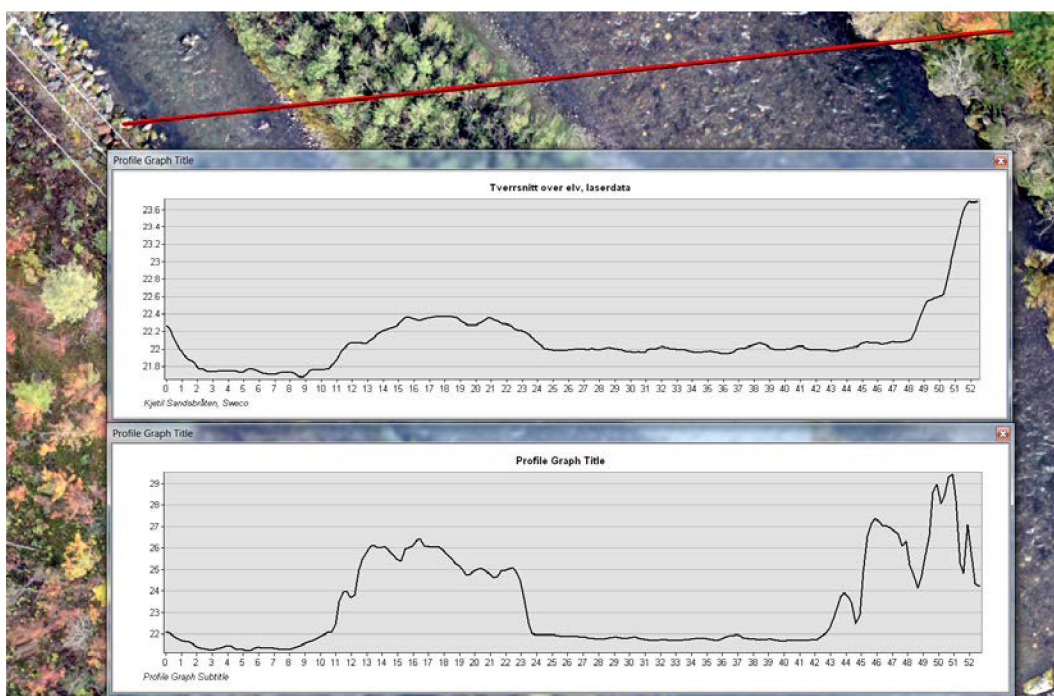
Disse siste er georeferert i Agisoft og det er laget en terrengmodell med DEM og geotiff ortofoto. Det har ikke vært brukt GCP (ground control points) slik at koordinatsystemet ikke er 100 % korrekt. Det kunne i utgangspunktet se ut som om hele høydesystemet var parallellforskjøvet et gitt antall meter opp, men at høydene ellers var korrekt relativt til hverandre. Det ble derfor forsøkt å etterkorrigere modellen med uttak av GCP fra Statens kartverks laserdata men dette ble ingen suksess.

Ved nøyere gjennomgang vist det seg at modellen fra Aranica ikke var korrigert for vegetasjon, bygninger etc. slik at for bruk i vannlinjeberegninger ville vegetasjon i og på elvebredden gi større høydeforskjeller i terrenget enn det faktisk er. Et eksempel på dette er vist i Figur 7 hvor samme elvetverrsnitt er vist med terrengdata fra hhv. Statens kartverk 2015 og Aranica 2015. Her ses tydelig utslagene av vegetasjonen på elvebanken i midten og på høyre side på høydene i tverrsnittet.

Aranicas terrengmodell skulle i prinsippet også ha bedre representasjon av elvens tverrprofil under vannoverflaten så på utvalgte tverrprofiler med større dyp ble denne relative høydeinformasjonen benyttet for å korrigere terrenginformasjonen i vannlinjeberegningsmodellen.



Figur 6 Dronefotodekning, Aranica.



Figur 7 Tverrprofiler. Samme elvetversnitt med hhv. Statens kartverks laserdata øverst og Aranica nederst.

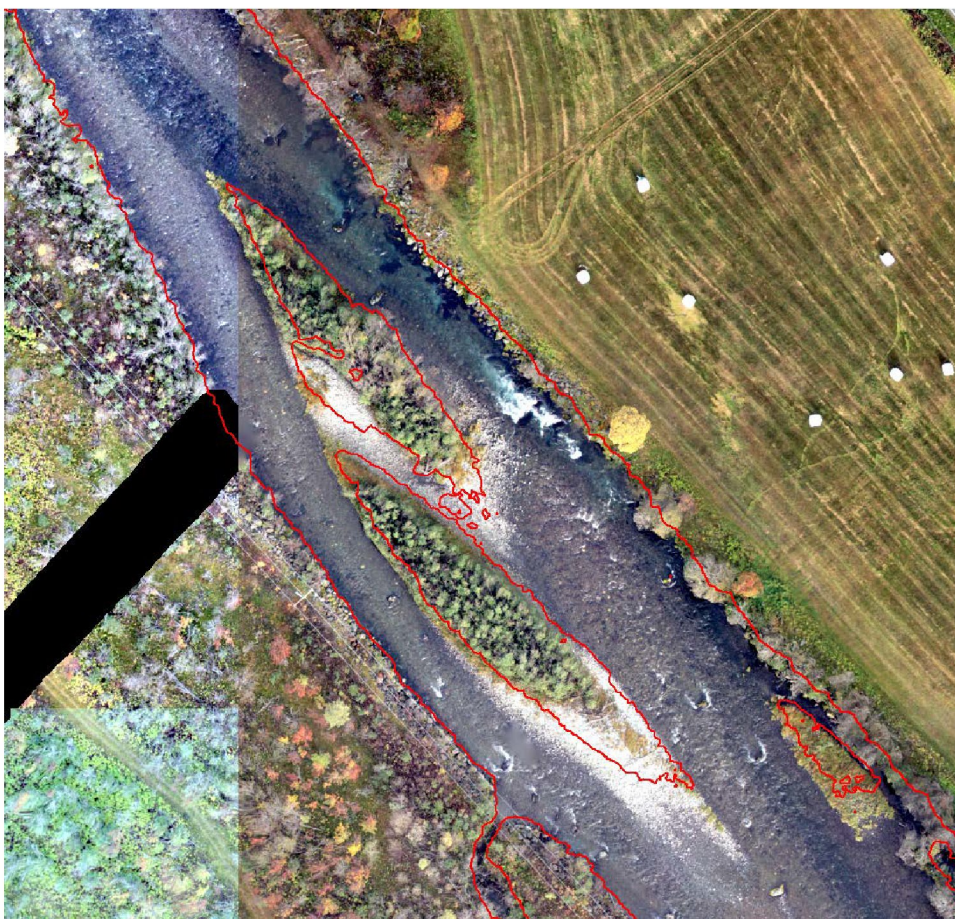
Ortofotoet er imidlertid glimrende til bruk for visuell kalibrering av vannstanden i vannlinje-beregningsmodellen. Bildene er tatt 28.9.2015 med en vannføring på 5,8-5,9 m³/s nedstrøms Guolas kraftverk og en vannføring på 0,7-1,0 m³/s oppstrøms kraftverksutløpet.

3.2 Valgte vannføringer

Det er beregnet for vannføringer mellom 1-20 m³/s. I tillegg er det beregnet for noen høyere vannføringer for å kalibrere modellen mot vannføringskurven ved vannmerke Holm bru.

3.3 Kalibrering

Hec-Ras modellen kalibreres vanligvis ved å justere energitap- og ruhetsparameterne slik at det blir samsvar mellom modellerte og målte verdier. Dersom det ikke foreligger kalibreringsdata settes ruheten basert på anbefalinger i aktuell litteratur (Chow, 1959) og erfaringsdata.



Figur 8 Kalibrering av vannlinjemodell på 6 m³/s (rød linje) og ortofoto med litt i underkant av 6 m³/s.

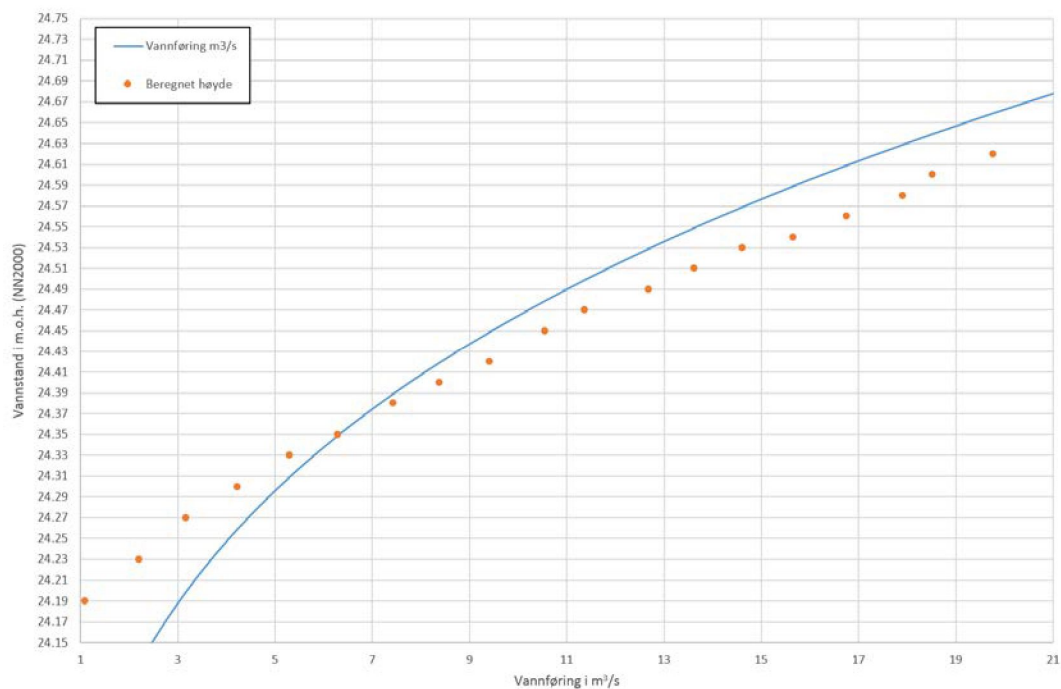
8(16)

VANNLINJEBEREGNINGER I KÅFJORDELVA
30.3.2017

Som nevnt kunne det utarbeidede ortofotoet fra Aranica benyttes til kalibrering for en vannføring på i underkant av 6 m³/s. Mannings tall ble etter en del justering satt til 0,005 i selve elveløpet og på 0,035 på breddene. Førstnevnte verdi er en god del lavere enn normalt, men elveløpet nedstrøms kraftstasjonsutløpet er rimelig homogent med hovedsakelig grus og mindre stener. Et eksempel på resultatet mellom beregnet og faktisk vannlinje er vist i Figur 8.

At vannlinjen ser ut til å gå marginalt for langt inn på høyre bredd skyldes i hovedsak at bildet er marginalt skrått og overhengende vegetasjon gir dermed inntrykk av noe smalere elvebredde.

Det ble også foretatt en kalibrering av beregnet vannstand ved vannmerket Holm bru mot den nye vannføringskurven på stedet. Beregnet vannstand i forhold til vannføringskurven er vist i Figur 9. Kurven treffes perfekt på kalibreringspunktet på 6 m³/s og har kun et avvik på opp mot 3 cm på 20 m³/s. På de aller laveste vannføringene er forskjellen mellom de to noe større men dette er svært avhengig av at tverrprofilen ved trykksensoren er helt perfekt plassert.



Figur 9 Beregnet vannstand i forhold til ny vannføringskurve ved vannmerke Holm bru

3.4 Sensitivitetsanalyse

For å vurdere usikkerheten i modellresultatene gjennomføres det vanligvis ved en flomsonekartlegging en sensitivitetsanalyse for både vannføring og ruhet for å estimere usikkerheten også knyttet til estimatet av flomvannføring. I dette prosjektet er ikke dette

tema og sensitivitet er kun vurdert opp mot anslag for ruhet. Justering av Mannings n til standard verdier gir jevnt over økte vannstander i størrelsesorden 10-20 cm.

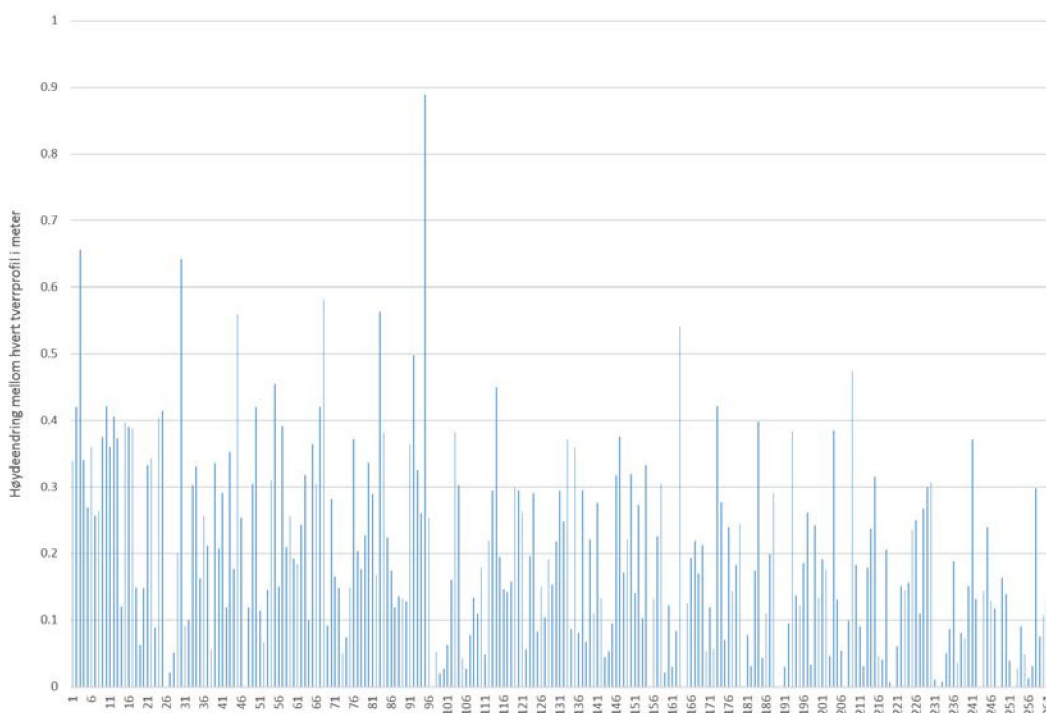
3.5 Usikkerhet

Beregnet usikkerhet for terrengmodellen ligger på ± 4 cm på vannstander over $7,5 \text{ m}^3/\text{s}$ og sammenligningen ved kalibrering mot vannføringskurven ved Holm bru ligger i størrelsesorden på det samme.

Siden det er noe avstand mellom hvert tverrprofil vil det være noe økt usikkerhet på elvestrekningen mellom disse. Denne vil være forholdsvis liten på strekninger med lite fall og noe større hvis det er større høydeendringer mellom hvert profil.

Generelt er fallet på strekningen jevnt og den gjennomsnittlige høydeendringen mellom hvert tverrprofil er på 24 cm.

Men som vist i Figur 10, som viser den faktiske endringen mellom hvert profil, varierer dette mellom 0 og 89 cm, men dog med relativt få profiler som har en høydeendring mer enn 40 cm.



Figur 10 Høydeendring mellom hvert enkelt tverrprofil fra Guolas og ned mot utløpet i fjorden

4 Resultater

Det er beregnet for 199 profiler på en strekning på 6,2 km mellom kraftverksutløpet i elven og fjorden. Gjennomsnittlig avstand mellom hvert tverrprofil er på 31 meter. Dette er en langt høyere tetthet enn hva som vanligvis benyttes for en flomsonekartlegging.

Profilene er angitt med avstand fra start ved utløpet i fjorden (profil 65) og til samløpet mellom kraftverksutløpet og elven ved profil nummer 6217. Profilene er vist i Figur 11.



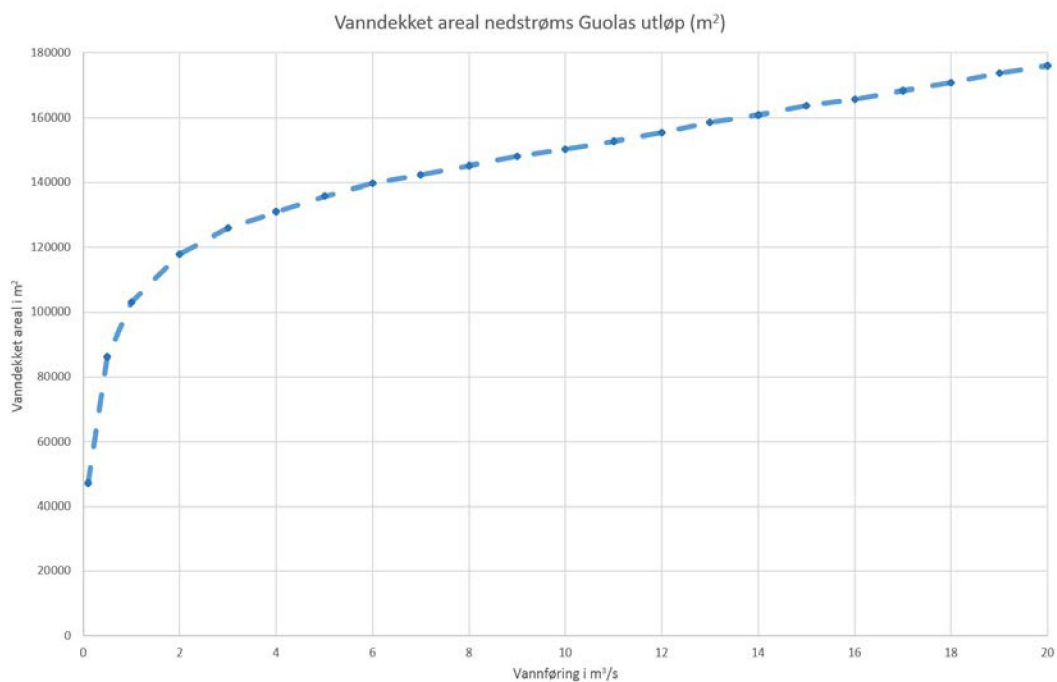
Figur 11 Tverrprofiler på strekningen mellom kraftstasjonsutløpet og fjorden

Resultatene for hvert enkelt tverrprofil er gitt i tabellen i vedlegg 1.

Beregningene er i hovedsak foretatt for å kunne beregne vanndekket areal for de forskjellige vannføringene. Resultatene er vist i Figur 12 og Tabell 1.

Vanndekket areal er jevnt avtagende med vannføring ned til ca. 3 m³/s deretter synker arealet raskt.

Man må også ta i betraktning at den hydrauliske modellen anser elvebunnen som tett flate. Ved svært lave vannføringer kan imidlertid deler av vannet også drenere i den øverste delen av gruslaget på elvebunnen og mellom stener slik at det faktiske vanndekkede arealet vil være noe lavere enn det modellen beregner.



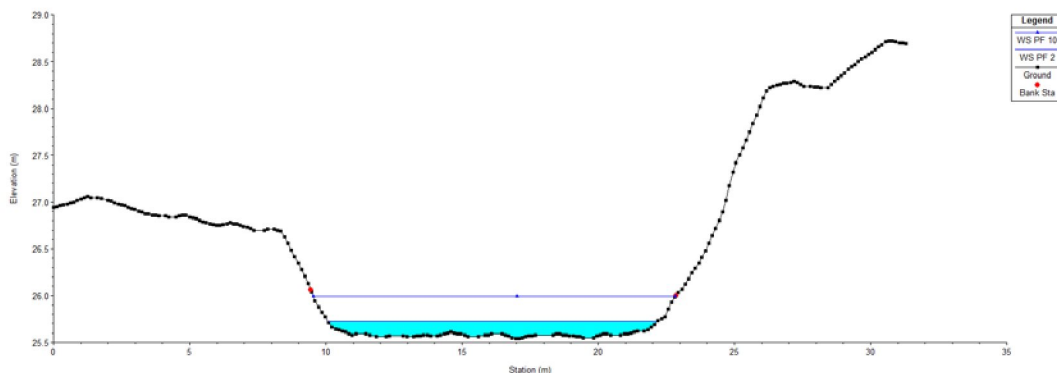
Figur 12 Vanndekket areal for gitte vannføringer på strekningen mellom Guolas og utløpet i fjorden.

Tabell 1 Vanndekket areal for gitte vannføringer på strekningen mellom Guolas og utløpet i fjorden.

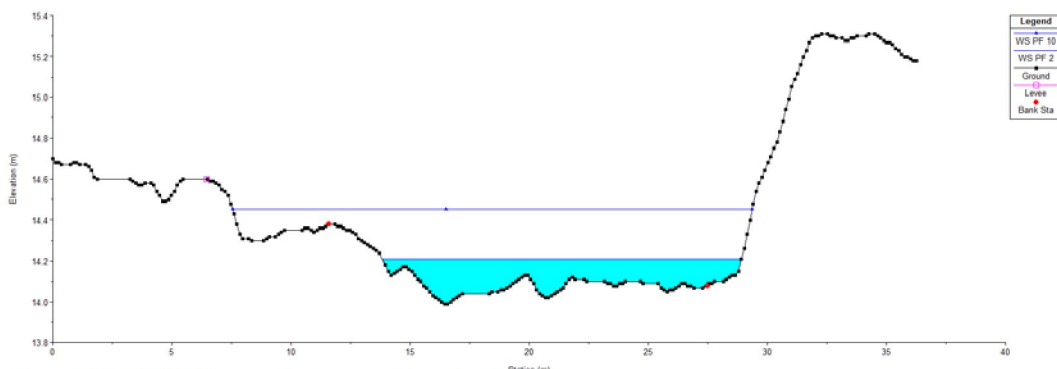
Vannføring i m ³ /s	Vanndekket areal i m ²
1	103020
2	117919
3	125982
4	130919
5	135785
6	139817
7	142468
8	145213
9	148001
10	150277
11	152650
12	155327
13	158619
14	160896
15	163570
16	165732
17	168384
18	170804
19	173736
20	176021

Ved gitte vannføringsendringer over tid kan resultatene også benyttes for å gi hastigheten på vannstandsendingene i hvert enkelt tverrprofil. Resultatene er oversendt NINA som har benyttet dette i sine vurderinger. Under er kort beskrevet enkelte elementer.

Endringen i vannstand pr. time er svært variabel fra tverrprofil til tverrprofil avhengig av den hydrauliske profilen på stedet. I tillegg vil det antas at virkningen på fisk o.l. også er avhengig av dette. Et profil som vist i Figur 13 vil være mindre sårbart for raske vannstandsendinger enn f. eks profilet vist i Figur 14.



Figur 13 Profil 4162, vannføring på 10 og 2 m³/s.



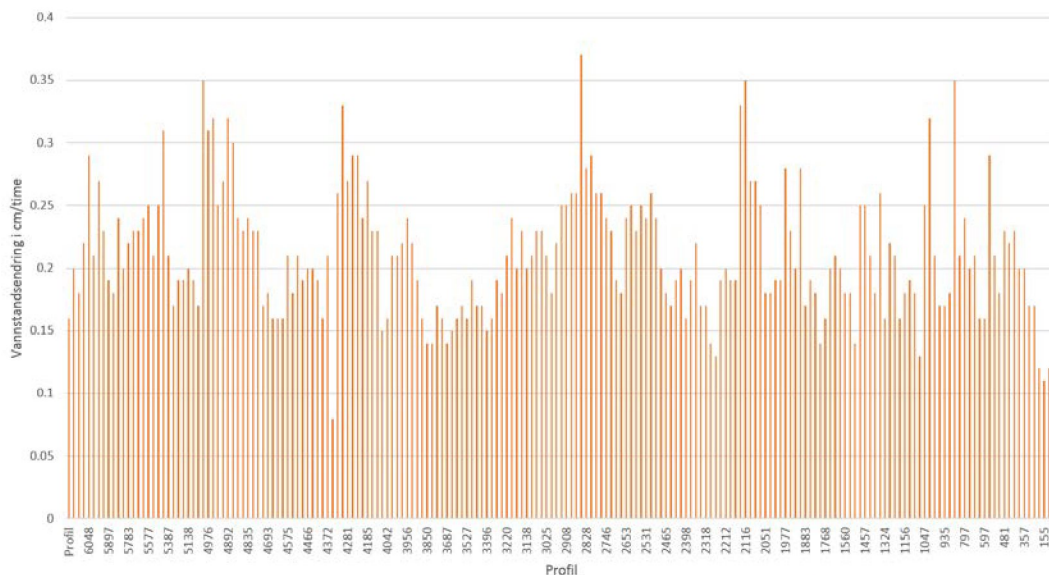
Figur 14 Profil 2519, vannføring på 10 og 2 m³/s

Det er vanskelig å si noe generelt om hvilke vannføringsendringer, og dermed vannstandsendinger, som er de mest typiske i vassdraget. Det er her valgt ut 2 eksempler på vannføringsendringer over kort tid (1 time) som er observert i datamaterialet;

- 13 → 5 m³/s
- 10 → 2 m³/s

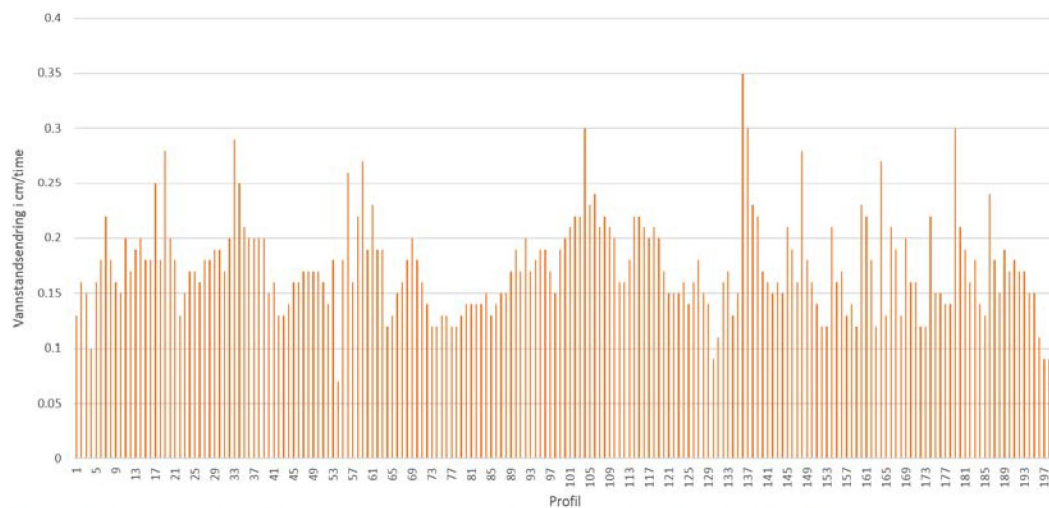
Ofte går vannføringsendringene noe saktere enn dette.

Figur 15 viser vannstandsendingen i hvert profil fra Guolas til fjorden for en vannføringsending fra 10 til 2 m³/s. Gjennomsnittlig endring er på 21 cm mens det varierer fra 7 - 37 cm.



Figur 15 Vannstandsending pr.time for en vannføringsending fra 10 til 2 m³/s.

Tilsvarende er også gjort for en vannføringsending fra 13 til 5 m³/s. Her er den gjennomsnittlige vannstandsendingen på 17 cm, varierende fra 7 til 35 cm.



Figur 16 Vannstandsending pr.time for en vannføringsending fra 13 til 5 m³/s.

Referanser

Chow 1959 Manning's n for Channels

Vedlegg 1 Resultater av vannlinjeberegningen for hvert enkelt tverrprofil mellom Guolas og fjorden

16(16)

VANNLINJEBEREGNINGER I KÅFJORDELVA
30.3.2017