

# Lyse Produksjon AS



## Hydrologisk rapport for området Sandvatn – Nes, Årdal i Ryfylke

Oppdatert mars 2011



# RAPPORT

Hydrologisk rapport for området Sandvatn -Nes, Årdal i Ryfylke

Rapport nr.: 578301 - 1		Oppdrag nr.: 578301		Dato: 17.03.2011	
Kunde: Lyse Produksjon AS					
<p><b>Hydrologisk rapport for området Sandvatn – Nes, Årdal i Ryfylke</b></p>					
<p><b>Sammendrag:</b> Sweco Norge AS, avd. Trondheim (Sweco), har utarbeidet en oversiktsrapport over hydrologiske forhold i området Sandvatn – Nes i Årdal i Ryfylke på oppdrag fra Lyse Produksjon AS (Lyse). Rapporten er basert på hydrologisk feltarbeid som er utført i forbindelse med utredningene om utbygging av vannkraftverk i området. Feltarbeidet er utført i perioden mai 2009 til september 2010.</p>					
<b>Rev.</b>	<b>Dato</b>	<b>Revisjonen gjelder</b>			<b>Sign.</b>
Utarbeidet av: Åsta Gurandsrud Hestad, Priska Helene Hiller og Kjetil Vaskinn				Sign.: <i>Åsta Gurandsrud Hestad</i>	
Kontrollert av: Kjetil Vaskinn				Sign.: <i>Kjetil Vaskinn</i>	
Oppdragsansvarlig / avd.:				Oppdragsleder / avd.:	
Wolf Marchand/ Vannkraft				Åsta Gurandsrud Hestad/ Vannkraft	



## Innhold

<b>1.</b>	<b>Innledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>Vannføringsmålinger utført i området Sandvatn – Nes .....</b>	<b>2</b>
2.1	Generelt om vannføringsmålinger .....	2
2.2	Beskrivelse av målesteder for vannføring.....	3
2.3	Resultater fra gjennomførte vannføringsmålinger .....	4
<b>3.</b>	<b>Bearbeiding av data .....</b>	<b>6</b>
3.1	Etablering av vannføringskurver .....	6
3.2	Isreduksjon .....	9
3.3	Tidsserier for vannføring.....	10
3.4	Referanseserier .....	12
3.5	Analyse av avrenning .....	12
3.6	Valg av referanseserier/sammenligningsserier.....	16
<b>4.</b>	<b>Fordeling av vann mellom Ullestadåna og Lyngsåna.....</b>	<b>22</b>
<b>5.</b>	<b>Mangler/Usikkerhet .....</b>	<b>24</b>
<b>6.</b>	<b>Anbefalinger for videre arbeid .....</b>	<b>25</b>
6.1	Vannføringsmålinger.....	25
6.2	Logging av vannstand.....	25
<b>7.</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>26</b>
<b>8.</b>	<b>Vedlegg.....</b>	<b>27</b>

## Vedleggsliste

Vedlegg 1 Kart

Vedlegg 2 Bilder



## Figurliste

Figur 2.1 StreamPro ADCP montert og klar for måling.....	2
Figur 2.2 Vannføringsmåling med Flow Tracker .....	3
Figur 3.1 Vannføringskurve – Lyngsåna ved Nes .....	7
Figur 3.2 Vannføringskurve – Sandvatnet ved Sanvassosen .....	8
Figur 3.3 Vannføringskurve – Beinskjervatnet ved Beinskjer Bru .....	8
Figur 3.4 Isreduksjon av vannstandsserie – eksempel fra Beinskjervatn.....	9
Figur 3.5 Vannføringsserie – Lyngsåna ved Nes .....	10
Figur 3.6 Vannføringsserie – Sandvatnet ved Sandvassosen .....	11
Figur 3.7 Vannføringsserie - Beinskjervatnet .....	11
Figur 3.8 Varighetskurver – sammenligning for Lyngsåna ved Nes.....	17
Figur 3.9 Varighetskurver - sammenligning for Sandvatnet .....	17
Figur 3.10 Varighetskurver - sammenligning for Beinskjervatnet.....	18
Figur 3.11 Tidsserier – sammenligning for Lyngsåna ved Nes .....	19
Figur 3.12 Tidsserier – sammenligning for Sandvatn.....	20
Figur 3.13 Tidsserier – sammenligning for Beinskjervatn .....	21
Figur 4.1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer .....	23

## Tabelliste

Tabell 1.1 Målepunkter for logging av vannstand.....	1
Tabell 1.2 Målepunkter for vannføringsmåling .....	2
Tabell 2.1 Oversikt over målesteder – vannstand og vannføring .....	4
Tabell 3.3 Middellavrenning målt i området Sandvatn/Nes sammenlignet med avrenning fra referansestasjoner.....	13
Tabell 3.4 Observert middellavrenning ved Kalltveit.....	15
Tabell 4.1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer .....	22
Tabell 5.1 Oversikt over måleserier.....	24





# 1. Innledning

Sweco Norge AS, avd. Trondheim (Sweco), har utarbeidet en oversiktsrapport over hydrologiske forhold i området Sandvatn – Nes i Årdal i Ryfylke på oppdrag fra Lyse Produksjon AS (Lyse). Rapporten er basert på hydrologisk feltarbeid som er utført i forbindelse med utredningene om utbygging av vannkraftverk i området. Feltarbeidet er utført i perioden mai 2009 til september 2010.

Det er opprettet målestasjoner for logging av vannstand og gjennomført målinger av vannføringer på flere steder i området. Formålet med målingene var å skaffe representative vannføringsdata for elvene som er aktuelle i en utbygging. Dette sikrer best mulig datagrunnlag for planlegging av utbygging av vannkraft i området. Ved å gjennomføre vannføringsmålinger, får en blant annet et betydelig bedre grunnlag for å velge rett referanseserie til produksjonsberegninger og bestemme karakteristiske vannføringer som  $Q_{95}$  som ofte blir benyttet for å fastlegge minstevannføring.

Lyse har etablert logging av vannstand i fem målepunkter. I tillegg har Lyse en målestasjon ved Kalltveit som ble etablert for ca. 10 år siden. Vannføringsmålinger ved Kalltveit gjøres av NVE. Målestasjonen er registrert i NVEs database som 33.4 Kalltveit. Tabell 1.1 viser oversikt over de ulike målepunktene for logging av vannstand.

**Tabell 1.1 Målepunkter for logging av vannstand**

Målepunkt	Dato for etablering (dd.mm.åå)	Kartreferanse		Høyde (m.o.h.)
		Nord	Øst	
Lyngsåna - Nes	03.12.08	6559478	348587	132
Sandvassosen	21.04.09	6554000	348647	607
Litle Sandvatn	19.06.09	6551908	352524	610
Beinskjervatn	01.07.09	6556235	347526	465
Hiafossen	12.05.10	6559864	350976	350
Litlatjørna	Ingen logger	6556437	349356	470
Breiavadet	Ingen logger	6556862	349909	465
Kalltveit *		6558200	344650	80

\*Vannføringsmåling gjøres av NVE

Sweco har utført vannføringsmålingene på oppdrag fra Lyse. Det har blitt utført 5 vannføringsmålinger i 2009 og 3 vannføringsmåling i 2010. Tabell 1.2 viser oversikt over de ulike målepunktene hvor Sweco har målt vannføring.

**Tabell 1.2 Målepunkter for vannføringsmåling**

Målepunkt	Målinger							
	Mai - 09	Juni - 09	Aug - 09	Sept - 09	Nov - 09	Juni - 10	Sept - 10	Sept - 10
Lyngsåna - Nes	x	x	x	x		x		x
Sandvassosen	x	x	x	x	x	x	x	x
Litlatjørna	x	x	x	x	x	x	x	x
Beinskjervatn	x	x	x	x	x	x	x	x
Breiavadet	x							
Hiafossen						x	x	x

## 2. Vannføringsmålinger utført i området Sandvatn – Nes

### 2.1 Generelt om vannføringsmålinger

Ved normale til høye vannføringer er målingene gjort med en målekatamaran med dopplermåler (heretter kalt målebåt), StreamPro Acoustic Doppler Current Profiler fra Teledyne RDI (Bilde er vist i Figur 2.1). Data overføres trådløst til en håndholdt PDA slik at resultatet av målingen kan leses av umiddelbart.

Målingene gjennomføres ved at målebåten dras frem og tilbake på målestedet. Ved hver kryssing av elva på målestedet måles/beregnes ei vannføring. Målingen avsluttes når en har 3 måleserier med mindre enn 4 % avvik fra gjennomsnittet.



**Figur 2.1 StreamPro ADCP montert og klar for måling.**

Ved lave vannføringer er det benyttet Flowtracker fra SonTek (ADV: Acoustic Doppler Velocitymeter). Dette er et håndholdt måleinstrument hvor måleprofilen deles inn i målepunkt. Målingene gjennomføres i henhold til ICO - standard for vannføringsmåling. Måling med Flow Tracker er vist i Figur 2.2.



Figur 2.2 Vannføringsmåling med Flow Tracker

## 2.2 Beskrivelse av målesteder for vannføring

Det er målt vannføring på sju ulike steder. Oversikt over målestedene er vist i Tabell 2.1. Plassering av målestedene er vist på kart i Vedlegg 1. Målestedet ved Breiavadet er bare benyttet en gang. Målestedet ved Hiafossen ble etablert våren 2010. Her er det målt tre ganger. Ved Kalltveit er det NVE som gjennom fører vannføringsmålinger.

**Tabell 2.1 Oversikt over målesteder – vannstand og vannføring**

Logging av vannstand	Etablering av logger	Målested for vannføringsmåling	Generert måleserie
Lyngsåna - Nes	03.12.08	Lyngsåna - Nes	03.12.08 – 25.11.10
Sandvassosen	21.04.09	Sandvassosen	21.04.09 – 24.11.10
Litle Sandvatn	19.06.09	<i>Ingen vf-måling</i>	
Beinskjervatn	01.07.09	Beinskjervatn	01.07.09 – 24.11.10
Hiafossen	12.05.10	Hiafossen	<i>Måleserie ikke generert ennå</i>
<i>Ingen logger</i>		Litlatjørna	
<i>Ingen logger</i>		Breiavadet	
Kalltveit		<i>Målinger utføres av NVE</i>	23.05.02 – 01.12.10, serien har en del hull

### 2.3 Resultater fra gjennomførte vannføringsmålinger

Resultat fra vannføringsmålingene er vist i Tabell 2.2 - Tabell 2.7. Tabellene viser kun resulterende verdi for vannføring.

**Tabell 2.2 Resultater fra vannføringsmålinger - Nes**

Målested Lyngsåna ved Nes			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
14.05.09	15:00	1,06	0,69
22.06.09	20:30	0,31	0,54
21.08.09	13:00	2,14	0,80
24.09.09	18:00	6,45	0,99
25.09.09	09:30	10,00 (usikker)	1,09
20.11.09		Mislykket måling	
22.11.09		Mislykket måling	
10.06.10	9:40	0,25	0,49
10.09.10	15:00	0,30	0,52

**Tabell 2.3 Resultater fra vannføringsmålinger – Beinskjervatnet ved Beinskjer Bru**

Målested Beinskjærvatnet			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
14.05.09	20:45	1,09	Logger ikke installert
15.05.09	08:45	1,20	Logger ikke installert
22.06.09	19:00	0,50	Logger ikke installert
21.08.09	12:00	1,53	0,995
25.09.09		3,79	1,148
20.11.09	15:00	9,15	1,35
21.11.09	8:30	6,98	1,25
21.11.09	16:15	6,07	1,22
09.06.10	18:30	0,40	0,85
03.09.10	14:00	1,10	0,95
10.09.10	15:40	0,40	0,87

**Tabell 2.4 Resultater fra vannføringsmålinger – Sandvatnet ved Sandvassosen**

Målested Sandvatn			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
15.05.09	12:00	1,45	0,97
22.06.09	14:30	0,60	0,83
21.08.09	9:30	2,40	1,04
24.09.09	17:00	4,40	1,17
20.11.09	12:00	7,32	1,32
21.11.09	14:00	8,35	1,36
09.06.10	14:15	0,47	0,81
03.09.10	11:45	2,10	0,96
10.09.10	16:45	0,70	0,83

**Tabell 2.5 Resultater fra vannføringsmålinger - Breiavadet**

Målested Breiavadet			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
15.05.09	10:00	1,11	<i>Ingen vannstandslogger</i>

**Tabell 2.6 Resultater fra vannføringsmålinger - Litlatjørna**

Målested Litlatjørna			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
15.05.09	11:00	0,77	<i>Ingen vannstandslogger</i>
22.06.09	16:30	0,23	
21.08.09	11:00	1,24	
25.09.09		2,68	
20.11.09	14:15	5,87	
21.11.09	09:00	5,41	
21.11.09	15:40	5,01	
09.06.10	16:30	0,17	
03.09.10	15:30	0,71	
10.09.10	18:45	0,24	

**Tabell 2.7 Resultater fra vannføringsmålinger - Hiafossen**

Målested Hiafossen			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m <sup>3</sup> /s	Logget vannstand m
09.06.10	12:00	0,90	0,89
03.09.10	10:00	1,34	0,93
10.09.10	13:30	0,63	0,84

### 3. Bearbeiding av data

#### 3.1 Etablering av vannføringskurver

Gjennom måling av vannføring ved ulike vannstander er det etablert sammenheng mellom vannstand og vannføring for hver målestasjon (vannstandslogger), en såkalt vannføringskurve. Ved hjelp av vannføringskurve kan loggede vannstander konverteres til vannføring, og en får en sammenhengende vannføringsserie for målestedet.

For hver manuelt målt vannføring ble det lest av en vannstand fra vannstandsloggeren. Målte vannføringer og tilhørende vannstand er vist i Tabell 2.3 - Tabell 2.7.

Målte vannføringer med tilhørende vannstand er deretter benyttet for å generere en vannstand – vannføring - kurve ved hjelp av programvare i NVEs database Hydra II. Funksjonen generert fra NVEs database har form:  $Q = A \cdot (h + B)^C$

der Q = vannføring, h = vannstand, og A, B og C er verdier som genereres for hvert målested.

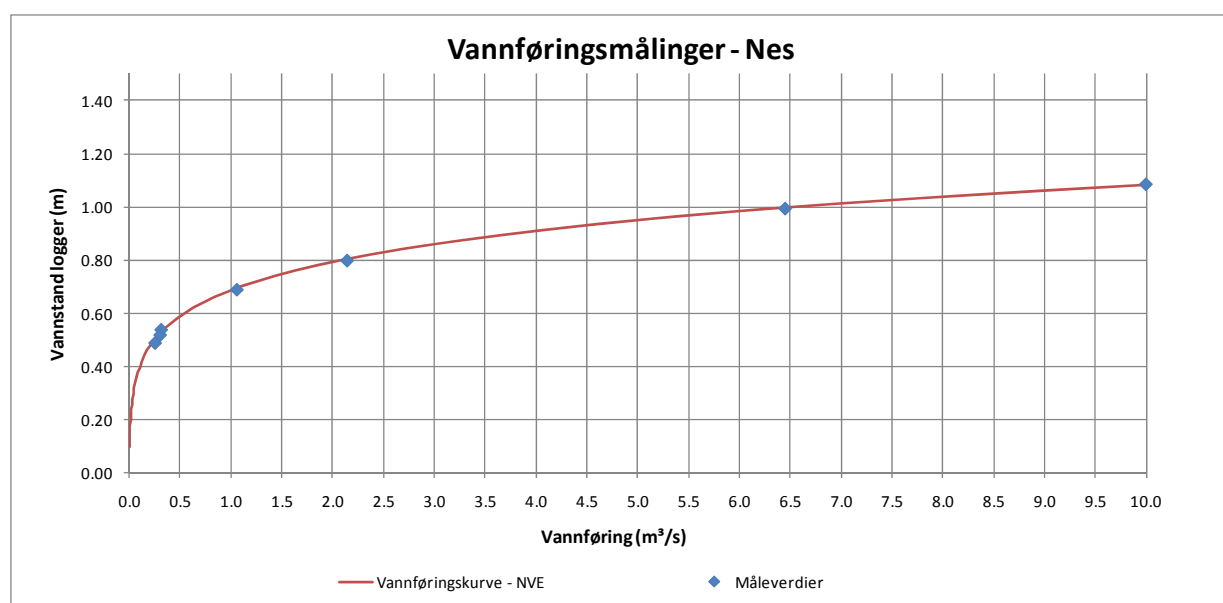
Tabell 3.1 viser genererte vannføringskurver for hvert målested. Vannføringskurven for Kalltveit ligger ferdig i NVEs database (Hydra II), og er basert på NVEs egne målinger ved Kalltveit. Kurven er gyldig for vannstand mellom 0,3703 m og 2,1554 m.

Vannføringskurver for Lyngsåna ved Nes, Sandvatnet og Beinskjervatnet er vist i Figur 3.1 til Figur 3.3. Vannføringsserier for Lyngsåna ved Nes, Sandvatnet og Beinskjervatnet er vist i Figur 3.5 til Figur 3.7.

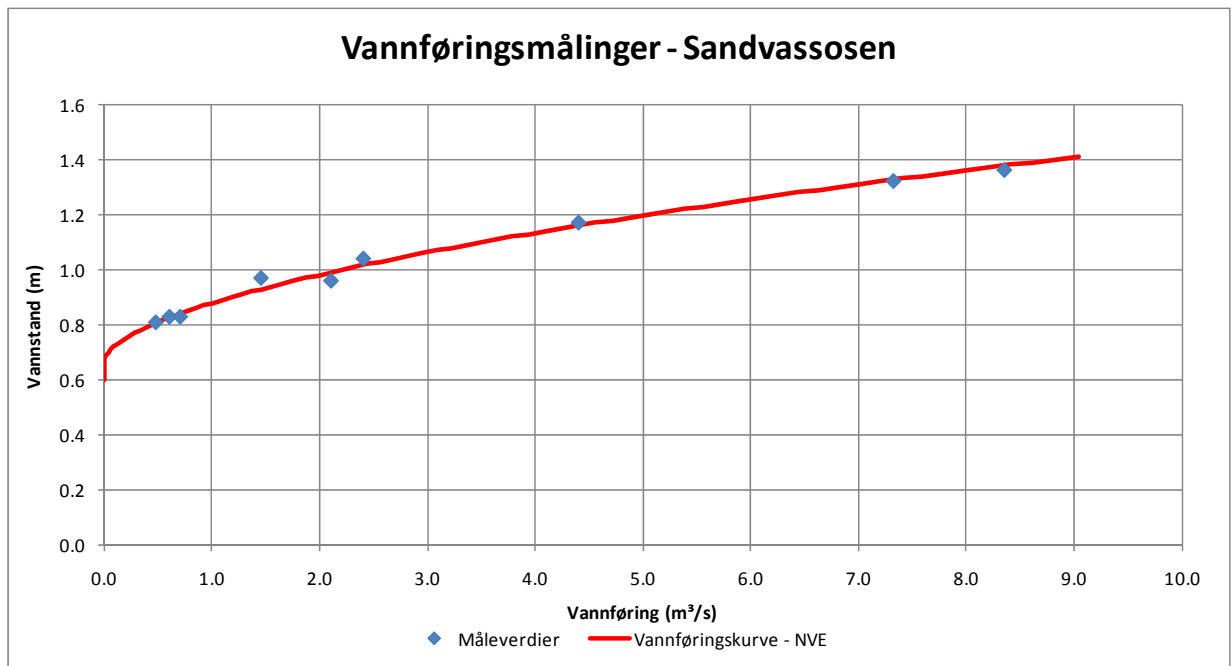
**Tabell 3.1 Tabell som viser A, B, C for hvert målested**

Målested	A	B	C
Nes	0,526	0,406	7,412
Sandvassosen	15,219	-0,667	1,758
Beinskjervatn	25,242	-0,656	2,594
Kalltveit *	41.9515	-0.3703	1.499

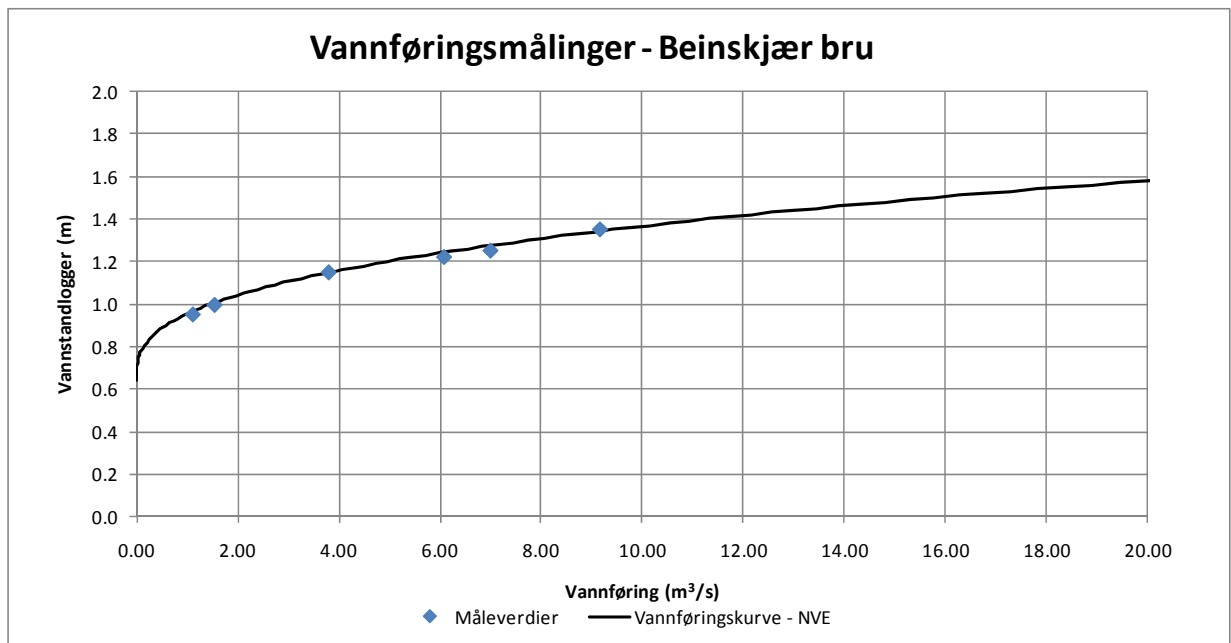
\*Fra NVEs database Hydra II, ferdig kurve basert på NVEs egne målinger.



**Figur 3.1 Vannføringskurve – Lyngsåna ved Nes**



Figur 3.2 Vannføringskurve – Sandvatnet ved Sandvassosen



Figur 3.3 Vannføringskurve – Beinskjervatnet ved Beinskjær Bru



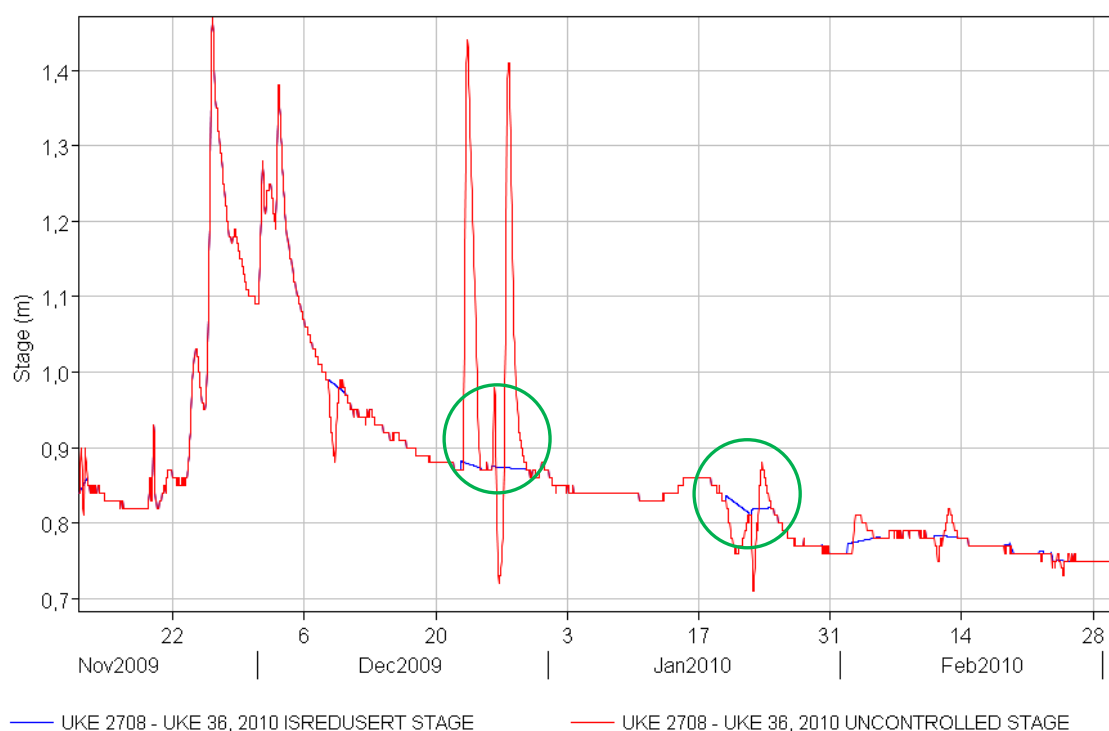
## 3.2 Isreduksjon

Tidsseriene med logget vannstand tyder på at det er noe is ved måleplassene i løpet av vinteren. Dette kan føre til oppstuvning av vann og gi loggede vannstander som er for høye, noe som igjen kan gi for høye verdier for beregnet avrenning. Vannstandsdata fra målestasjonene i området Sandvatn-Nes er kontrollert og korrigert for isoppstuvning.

Ved mistanke om at høy vannstand kan skyldes isoppstuvning, sjekkes temperatur for det aktuelle tidspunktet. Hvis temperaturdata viser at det var minusgrader, er det sannsynlig at høy vannstand skyldes is. Dataseriene er også kontrollert mot NVEs måleserier for å sjekke om det er registrert høy vannføring for en periode der det er mistanke om isoppstuvning.

Det er brukt temperaturdata fra Meteorologisk institutt sin målestasjon Fister – Sigmundstad (45870) som ligger i Hjelmeland kommune. Dataene er hentet fra databasen eklime ([www.met.no](http://www.met.no)).

Figur 3.4 viser deler av vannstandsserien fra Beinskjervatn. Grønn sirkel indikerer vannstander som trolig skyldes isoppstuvning. Temperaturdata viser at det var minusgrader i de aktuelle periodene.

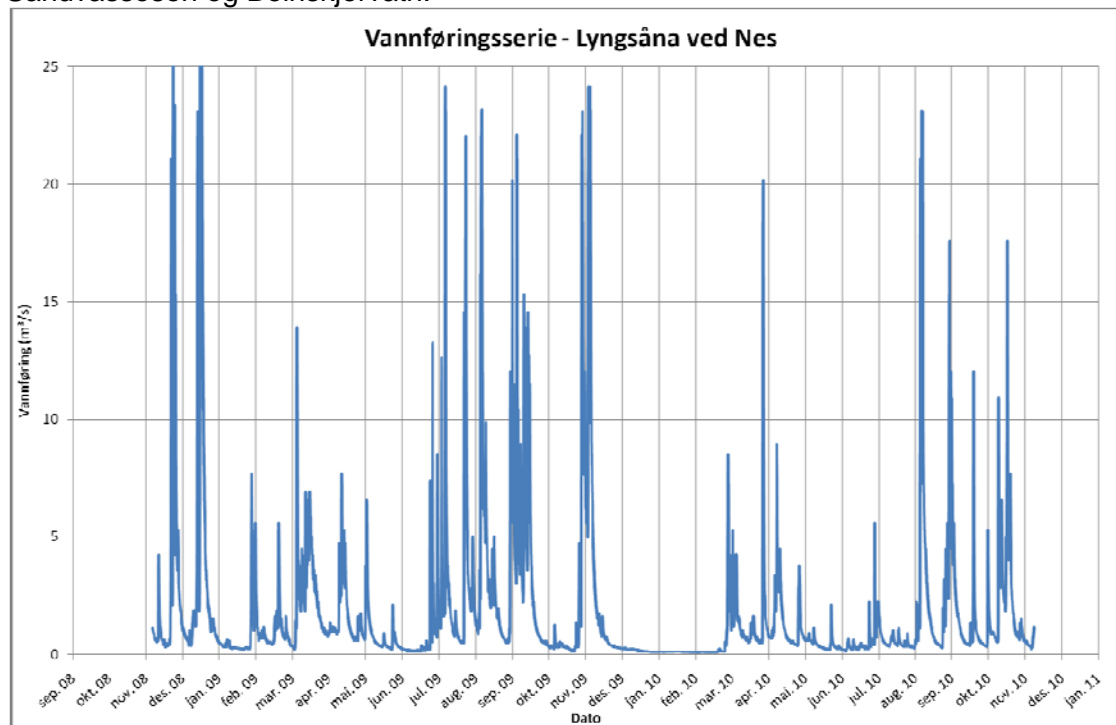


**Figur 3.4 Isreduksjon av vannstandsserie – eksempel fra Beinskjervatn**

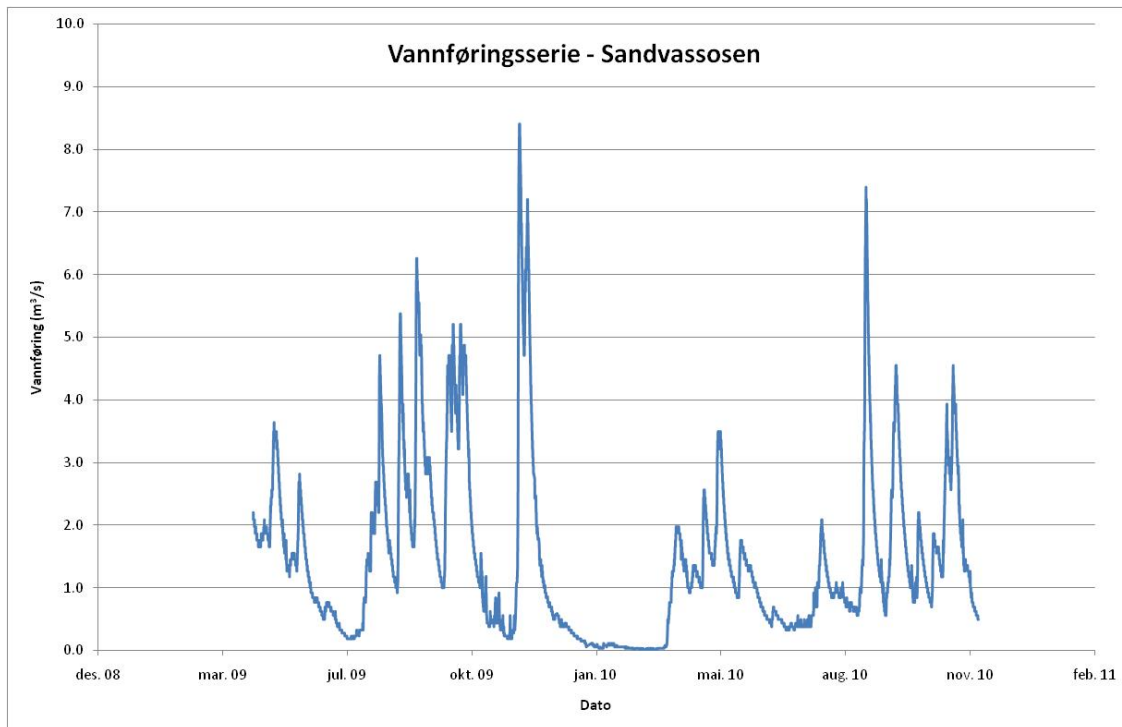
### 3.3 Tidsserier for vannføring

#### 3.3.1 Vannføringsserier for Lyngsåna, Sandvatn og Beinskjervatn

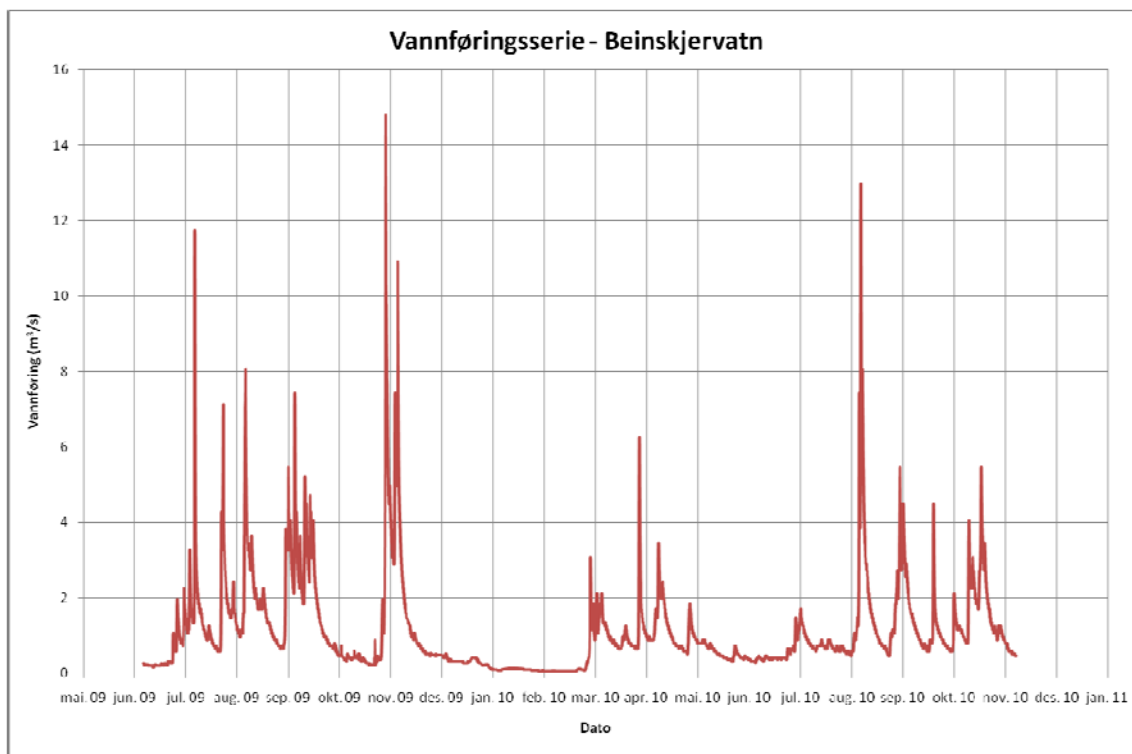
Figur 3.5 - Figur 3.7 viser genererte vannføringsserier for målestedene Lyngsåna ved Nes, Sandvassosen og Beinskjervatn.



Figur 3.5 Vannføringsserie – Lyngsåna ved Nes



Figur 3.6 Vannføringsserie – Sandvatnet ved Sandvassosen



Figur 3.7 Vannføringsserie - Beinskjervatnet

### 3.3.2 Vannføringsserie for Kalltveit

Lyse har vannstandsdata for målestasjonen ved Kalltveit for perioden 2002 – 2010. Det er flere hull i serien. Små hull i tidsserien har vært mulig å tette ved interpolering. For 2004 og 2005 mangler nesten alle data. Disse to årene er derfor ikke med i vannføringsserien for Kalltveit. Tidsserien har til sammen fem hele hydrologiske år (Tabell 3.2) som er brukt i analyse av avrenning ved Kalltveit (Kapittel 3.5).

**Tabell 3.2 Vannføringsserie for Kalltveit – hydrologiske år**

Målestasjon	33.4 Kalltveit
Måleperiode	2002 – 2010
Hydrologiske år	02/03, 05/06, 06/07, 08/09, 09/10

### 3.4 Referanseserier

Målestasjonene ved Beinskjervatn, Sandvassosen og Nes (Lyngsåna) har måleserier som er for korte til å kunne brukes i produksjonsberegninger. Dataserier fra andre målestasjoner må derfor brukes. NVE har flere hydrometriske målestasjoner i området Sandvatn – Nes. For den aktuelle måleperioden (uke 49, 2008 til uke 46, 2010) var det tilgjengelige data for 3 målestasjoner; VM 27.16 Bjordal, VM 35.16 Djupadalsvatn og VM 26.26 Jogla.

NVEs målestasjoner vurderes å være representative for området Sandvatn - Nes. De ligger henholdsvis nord (Djupadal), sør (Bjordal) og sør-vest (Jogla) for prosjektområdet. Plassering av målestasjonene er vist på kart i Vedlegg 1.

### 3.5 Analyse av avrenning

#### 3.5.1 Målt avrenning sammenlignet med avrenning fra andre målestasjoner i området

For å få et inntrykk av om den målte avrenningen er større eller lavere i forhold til området generelt, er observert middelavrenning for Lyngsåna ved Nes, Sandvatnet, Beinskjervatnet og Kalltveit for perioden 1/9-09 til 31/8-10 (nyeste hydrologiske år) sammenlignet med langtidsverdier for NVEs målestasjoner i nærheten og tilsiget til Lysebotn kraftverk. Resultatet er vist i Tabell 3.3. Det er brukt hydrologiske år.

**Tabell 3.3 Middelvrenning målt i området Sandvatn/Nes sammenlignet med avrenning fra referansestasjoner.**

Stasjon	Lyngsåna ved Nes	Sandvassosen	Beinskjervatn	Kalltveit	Djupadalsvatn	Bjordal	Jogla	Lysebotn
Måleperiode	uke 49, 2008 – uke 36, 2010	uke 17, 2009 – uke 36, 2010	uke 27, 2009 – uke 36, 2010	2002-2010	1991-2010	1985-2010	1973-2010	1981-2010
<b>Observert middelvrenning</b>								
Middelvrenning i måleperioden (m <sup>3</sup> /s)	1,7	1,4	1,1	3,4*	3,0	10,6	2,0	29,0
1/9-09 til 31/8-10 (hydrologisk år) (m <sup>3</sup> /s)	1,5	1,3	1,0	3,6	2,2	7,4	1,3	20,9
2001-2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	3,1	11,0	2,0	28,5
1991-2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	3,0	10,5	2,1	28,1
1981 – 2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	-	-	2,1	29,0
1973 – 2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	-	-	-	2,0	-
<b>Observert middelvrenning (1/9-09 – 31/8-10) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>								
Relativt til 2001-2010 (%)	-	-	-	-	71	67	65	73
Relativt til 1991-2010 (%)	-	-	-	-	73	70	62	74
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	-	-	-	62	71
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	-	-	-	65	-
<b>Middelvrenning (1/9-09 – 31/8-10) justert i forhold til 1991-2010 (basert på gjennomsnitt for Djupadalsvatn, Bjordal og Lysebotn)</b>								
Middelvrenning justert til 1991-2010 (m <sup>3</sup> /s)	2,1	1,8	1,4	5,0	-	-	-	-
<b>Middelvrenning (1/9-09 – 31/8-10) justert i forhold til 1981-2010 (basert på Lysebotn)</b>								
Middelvrenning justert til 1981-2010 (m <sup>3</sup> /s)	2,1	1,8	1,4	5,1	-	-	-	-
<b>Middelvrenning (1/9-09 – 31/8-10) justert i forhold til 1973-2010 (basert på Jogla)</b>								
Middelvrenning justert til 1973-2010 (m <sup>3</sup> /s)	2,3	2,0	1,5	5,5	-	-	-	-

**\*(uten 2004 og 2005)**

Sammenligningen viser at perioden 1/9-09 til 31/8-10 var noe tørrere enn langtidsverdier for området.

De målte middelvannføringene er justert i forhold til langtidsverdier for området. For perioden 1991-2010 er det bra overensstemmelse mellom Bjordal, Djupadalsvatn og Lysebotn, mens Jogla avviker fra de tre andre stasjonene. Dette kan skyldes at Jogla er plassert lenger inn i landet og kan ha et annet klimaregime. Sammenligning av tidsserier (kapittel 3.6) viser også at Jogla har et avrenningsmønster som ikke sammenfaller så bra med avrenningsmønsteret i området Sandvatn/Nes. Middelavrenningen i perioden 1/9-09 til 31/8-10 var 72 % av middelavrenningen i perioden 1991-2010 (gjennomsnitt for Bjordal, Djupadalsvatn og Lysebotn). Middelavrenning for perioden 1/9-09 til 31/8-10 er justert opp for å tilsvare middelavrenningen for perioden 1991-2010.

For perioden 1981-2010 er det stort avvik mellom verdiene for Jogla og Lysebotn, men verdien for Lysebotn stemmer bra med gjennomsnittet for Bjordal, Djupadalsvatn og Lysebotn for 1991-2010. Det virker derfor rimelig å benytte verdien for Lysebotn for å justere middelavrenning for perioden 1/9-09 til 31/8-10 til 1981-2010.

For å illustrere trenden for en så lang periode som mulig, er det sett på middelavrenning for perioden 1/9-09 til 31/8-10 i forhold til middelavrenning ved Jogla for perioden 1973 -2010. Sammenligningen viser at avrenningen i måleperioden har vært 65 % av middelavrenningen for 1973 – 2010. Etersom Jogla ikke er så representativ for området Sandvatn/Nes er denne verdien usikker. Det anbefales ikke å benytte middelavrenningen justert til 1973-2010.

Det vil være usikkerhet knyttet til justering av målt middelavrenning fordi det kun er et hydrologisk år som er brukt i analysen. Dersom middelavrenningen skal justeres for bruk i videre arbeid, anbefales det å justere middelavrenningen til perioden 1991-2010 eller 1981-2010.

### 3.5.2 Avrenning ved Kalltveit

Tabell 3.4 viser observert middelavrenning ved Kalltveit for fem hydrologiske år (se kapittel 3.3.2) sammenlignet med langtidsverdier for NVEs målestasjoner i nærheten og tilsiget til Lysebotn kraftverk. Ved justering av middelavrenning er det benyttet gjennomsnittsverdi for Bjordal, Djupadalsvatn og Lysebotn, se kapittel 3.5.1.

**Tabell 3.4 Observert middelavrenning ved Kalltveit**

Stasjon	Kalltveit	Djupadalsvatn	Bjordal	Jogla	Lysebotn
Måleperiode	2002-2010	1991-2010	1985-2010	1973-2010	1981-2010
<b>Observed middelavrenning i måleperioden</b>					
Middelavrenning i måleperioden (m <sup>3</sup> /s)	3,4*	3,0	10,6	2,0	29,0
<b>Observed middelavrenning - Hydrologiske år</b>					
1/9-02 til 31/8-03 (m <sup>3</sup> /s)	2,1	2,0	7,2	1,6	19,9
1/9-05 til 31/8-06 (m <sup>3</sup> /s)	3,4	2,5	9,2	1,7	22,7
1/9-06 til 31/8-07 (m <sup>3</sup> /s)	6,9	4,7	15,1	2,8	40,8
1/9-08 til 31/8-09 (m <sup>3</sup> /s)	4,5	3,0	11,4	2,2	30,2
1/9-09 til 31/8-10 (m <sup>3</sup> /s)	3,6	2,2	7,4	1,3	20,9
Gjennomsnitt for alle hydrologiske år (m <sup>3</sup> /s)	4,1	2,9	10,1	1,9	26,9
<b>Middelavrenning observert over lengre tidsperioder</b>					
1991 - 2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	3,0	10,5	2,1	28,1
1981 - 2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	2,1	29,0
1973 - 2010 (m <sup>3</sup> /s)	-	-	-	2,0	-
<b>Observed middelavrenning (1/9-02 – 31/8- 03) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	67	69	76	71
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	76	69
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	80	-
<b>Observed middelavrenning (1/9-05 – 31/8- 06) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	83	88	81	81
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	81	78
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	58	-
<b>Observed middelavrenning (1/9-06 – 31/8- 07) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	157	144	133	145
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	133	141
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	140	-
<b>Observed middelavrenning (1/9-08 – 31/8- 09) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	100	109	105	107
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	105	104
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	110	-
<b>Observed middelavrenning (1/9-09 – 31/8-10) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	73	70	62	74
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	62	71
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	65	-
<b>Observed middelavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)</b>					
Relativt til 1991-2010 (%)	-	97	96	90	96
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	90	93
Relativt til 1973-2010 (%)	-	-	-	95	-
<b>Middelavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1991-2010 (basert på gjennomsnitt for Djupadalsvatn, Bjordal og Lysebotn)</b>					
Justert til 1991-2010 (m <sup>3</sup> /s)	4,3	-	-	-	-
<b>Middelavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1981-2010 (basert på Lysebotn)</b>					
Justert til 1981-2010 (m <sup>3</sup> /s)	4,4	-	-	-	-
<b>Middelavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1973-2010 (basert på Jogla)</b>					
Justert til 1973-2010 (m <sup>3</sup> /s)	4,3	-	-	-	-

**\*(uten 2004 og 2005)**

### 3.5.3 Observert avrenning sammenlignet med avrenning fra NVEs avrenningskart

De observerte verdiene ved Nes, Sandvassosen og Beinskjer er sammenlignet med avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. Det er benyttet verdier for perioden 1/9-09 til 31/8-10 justert til 1981-2010.

Sammenligningen tyder på at middelavrenningen fra Sandvatnet for perioden 1981 - 2010 er ca. 5 % lavere enn det NVEs avrenningskart for perioden 1961 – 1990 viser. For området begrenset av Beinskjervatnet og Lyngsåna ved Nes kan det tyde på at middelavrenningen for perioden 1981 - 2010 er i samsvar med det NVEs avrenningskart for perioden 1961 – 1990 viser.

Årsavrenningen for Norge anslås å ha økt med 2,5 % for perioden 1979–2008 i forhold til normalperioden (1961–90). Størst økning har det vært i breelver fra Jostedalbreen (10 %). I lavlandet på Østlandet, på Vestlandet og i Troms er økningen på vel 5 %. (Bauer-Hansen m.fl., 2009). Dette tyder på at NVEs avrenningskart viser for høye verdier for perioden 1961 – 1990 for området Sandvatn/Nes.

Det anbefales å bruke data for en nyere periode, for eksempel de siste 30 år, i stedet for perioden 1961–90 for planleggingsformål de kommende tiårene. I tillegg bør signaler en ser i klimaframskrivninger vurderes (Bauer-Hansen m.fl., 2009).

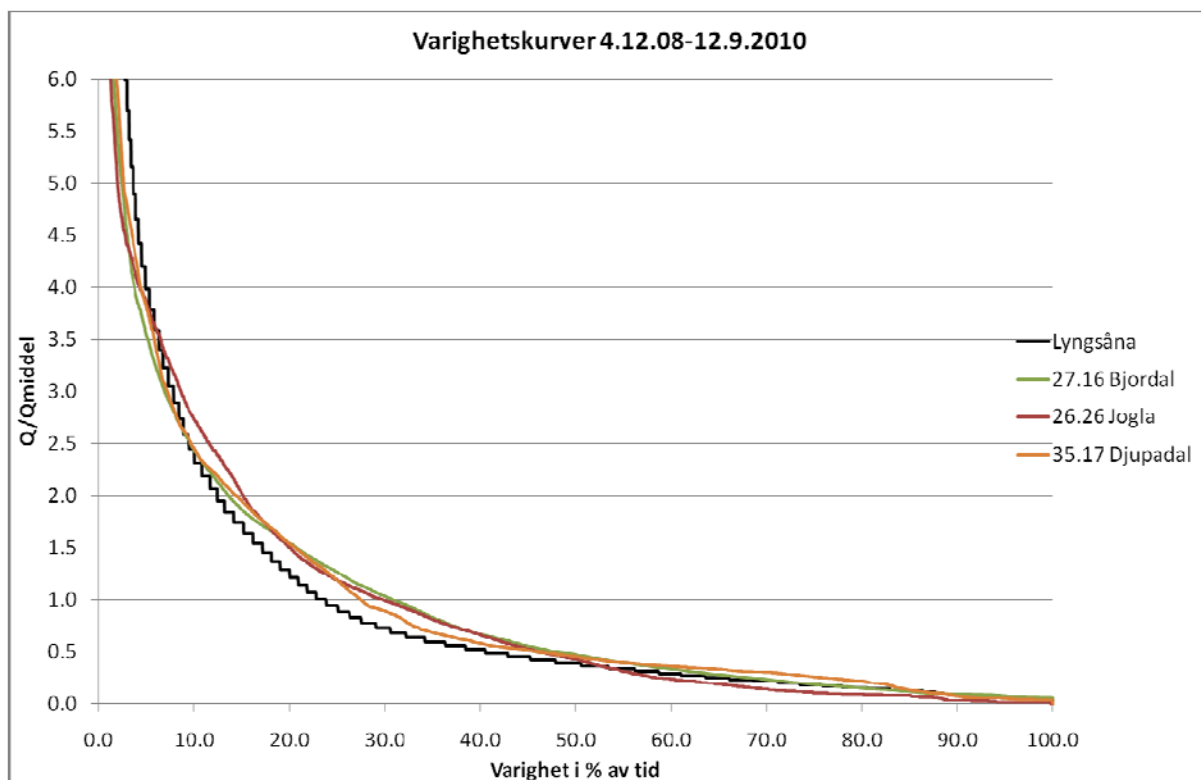
## 3.6 Valg av referanseserier/sammenligningsserier

Avrenningsmønsteret for målestasjonene i området Sandvatn - Nes er sammenlignet med avrenningsmønsteret for VM Bjordal, Jogla, og Djupadalsvatnet. Tidsserier og varighetskurver er sammenlignet for å finne den måleserien som best representerer målestedene i området Sandvatn - Nes.

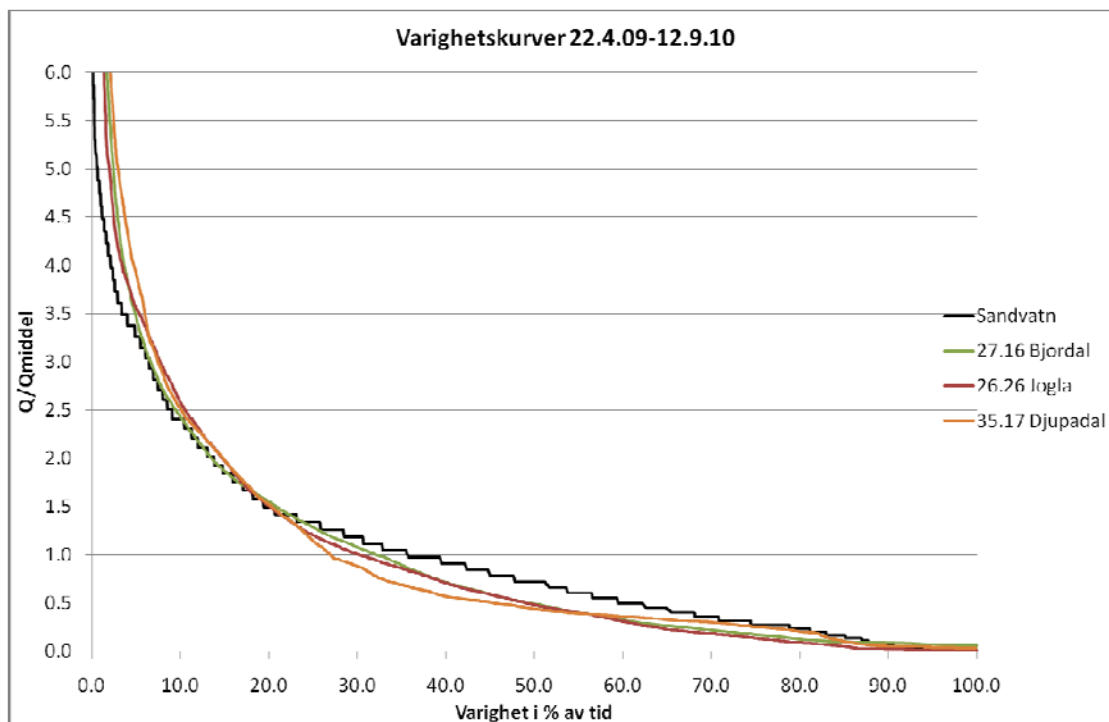
Figur 3.8, Figur 3.9 og Figur 3.10 viser hvordan varighetskurver for Nes, Sandvatn og Beinskjervatn sammenfaller med varighetskurver for VM Bjordal, Jogla, og Djupadalsvatnet.

Figur 3.11 - Figur 3.13 viser hvordan tidsseriene sammenfaller i løpet av året (1/9-09 – 31/8 – 10, hydrologisk år).

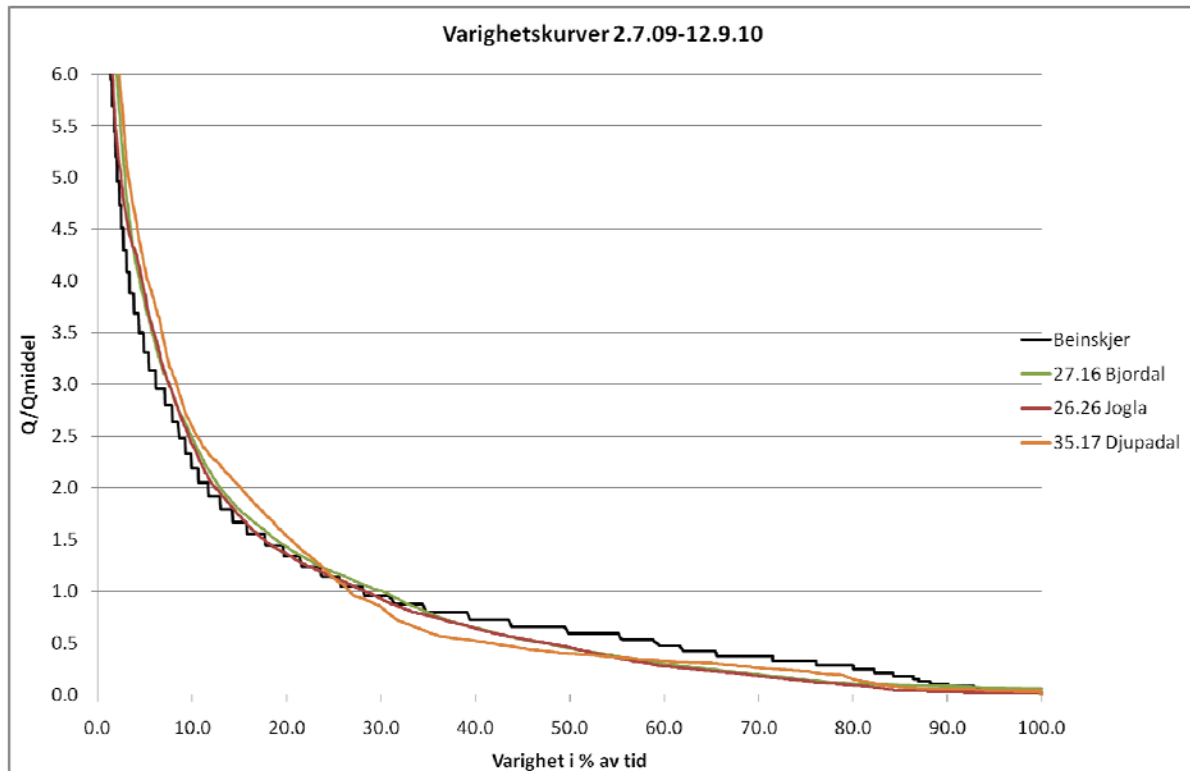




Figur 3.8 Varighetskurver – sammenligning for Lyngsåna ved Nes

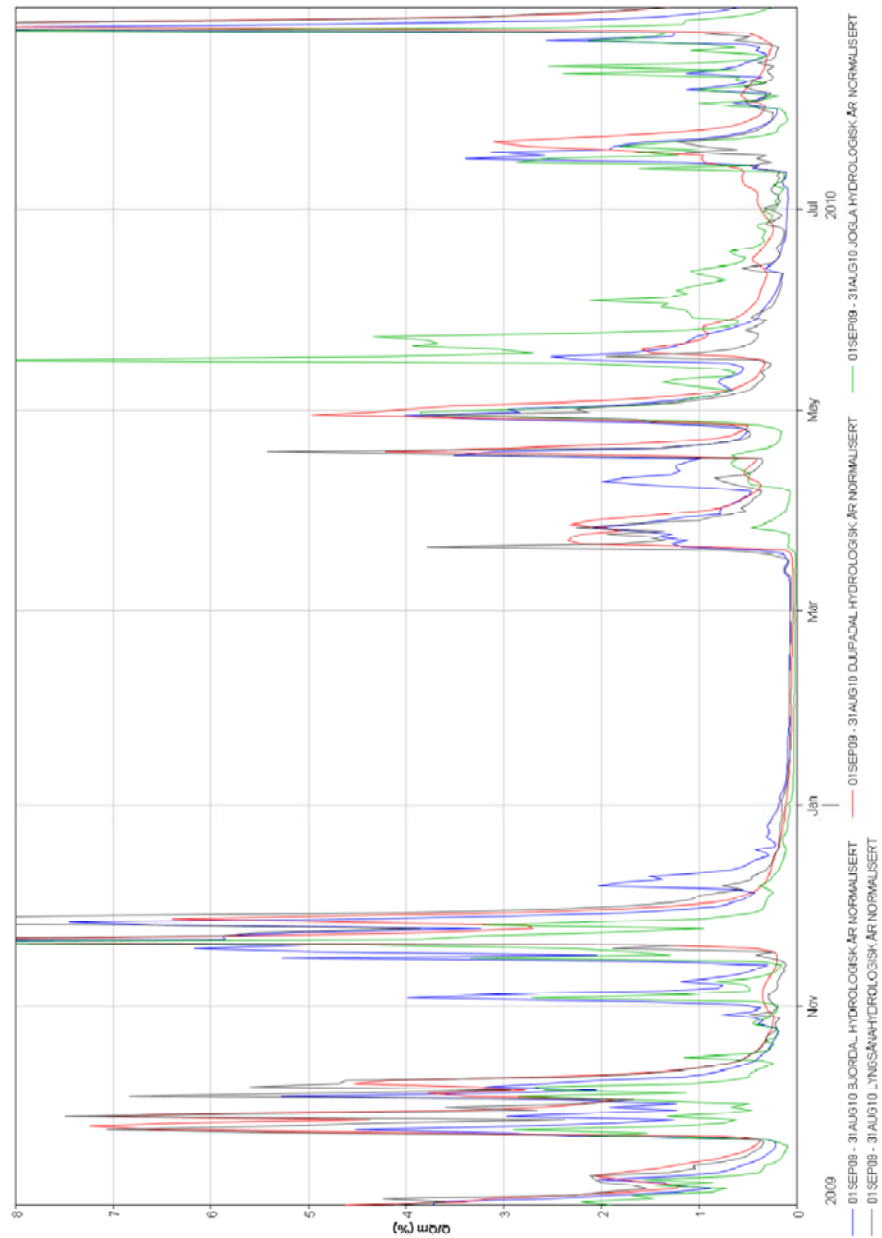


Figur 3.9 Varighetskurver - sammenligning for Sandvatnet

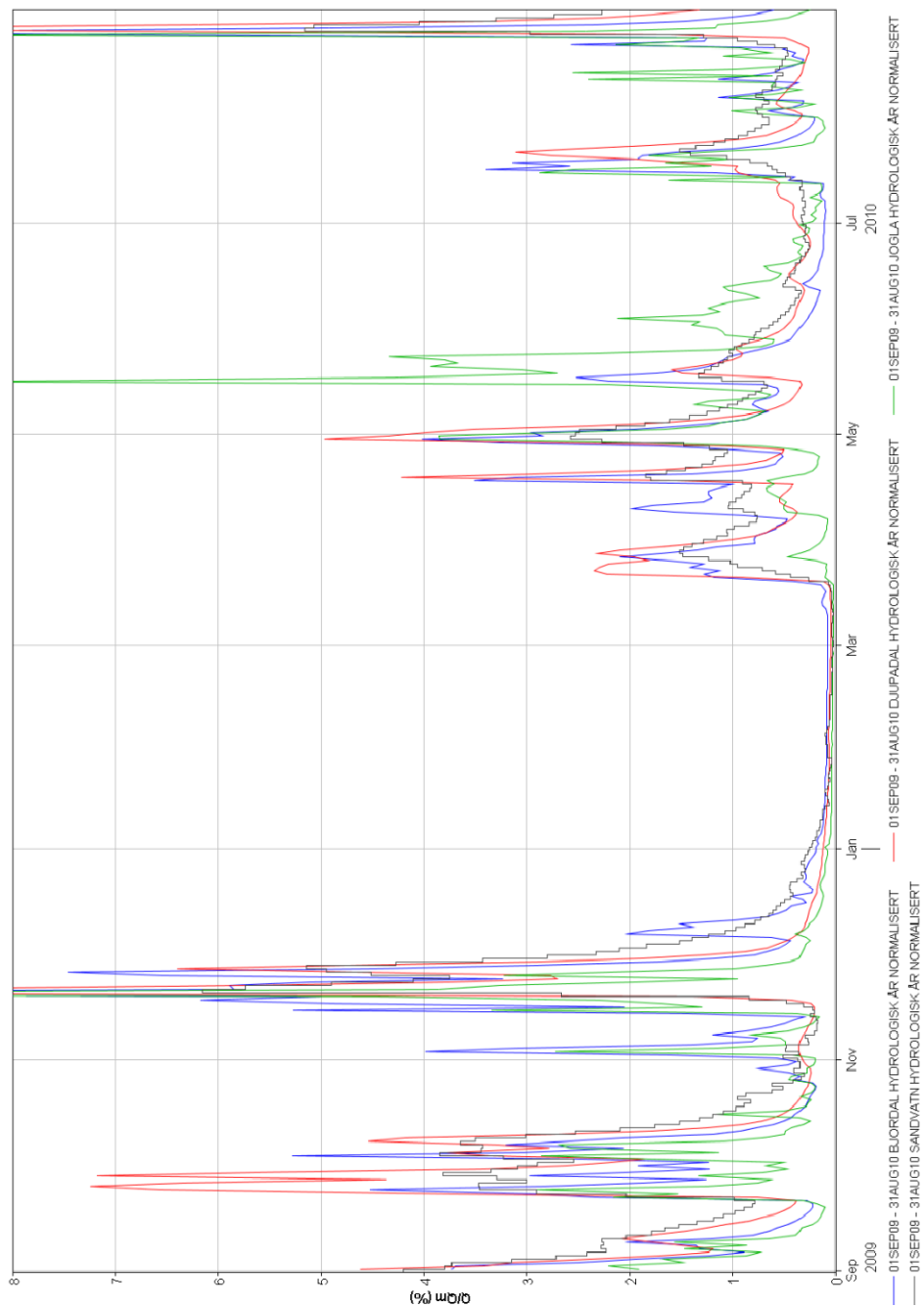


Figur 3.10 Varighetskurver - sammenligning for Beinskjervatnet

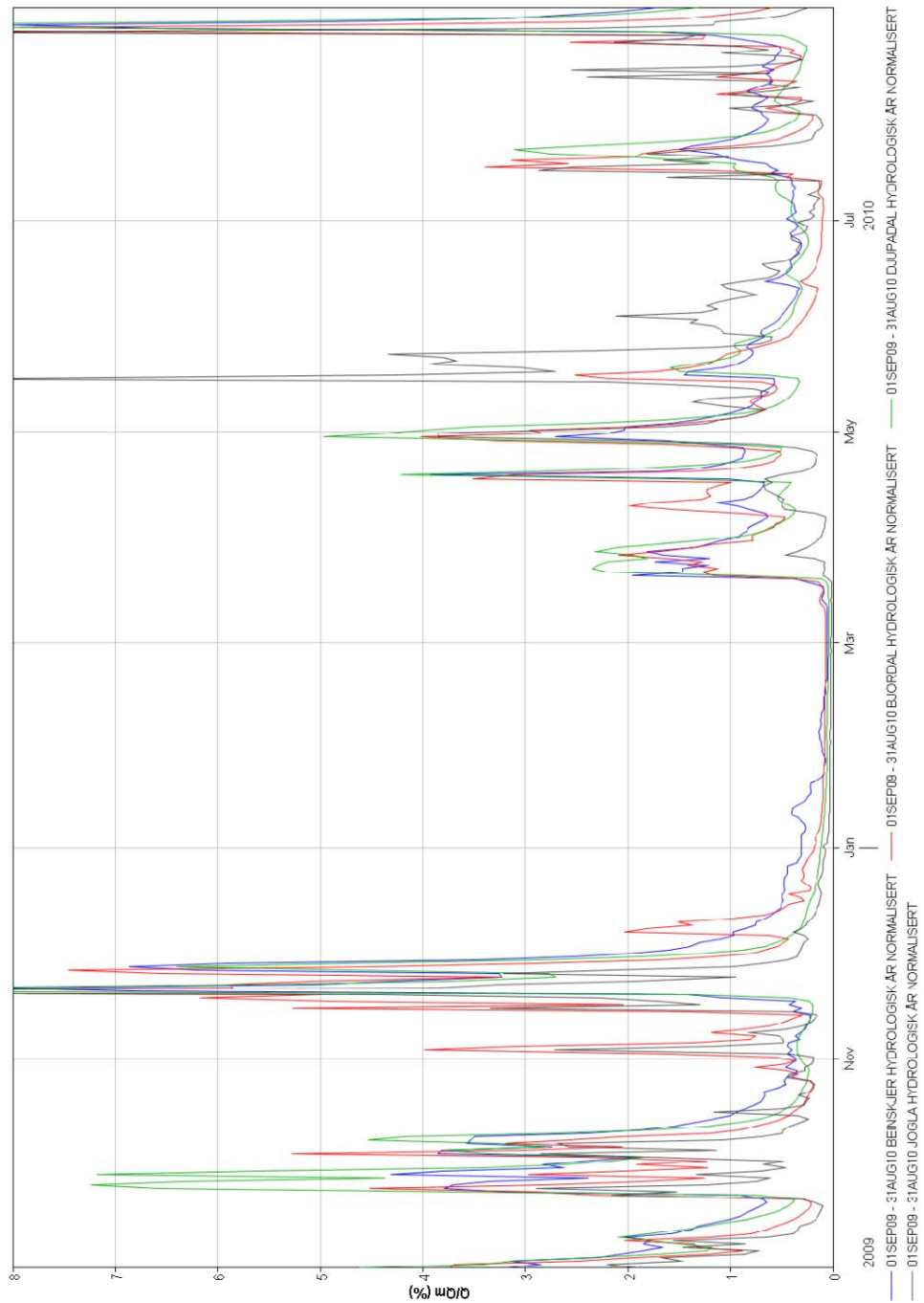
Figur 3.8 - Figur 3.13 viser at vannmerket 27.16 Bjordal er det vannmerket som samsvarer best med måleserien til Sandvatn og Beinskjervatnet. Vannmerket 35.16 Djupedalsvatnet er det vannmerket som samsvarer best med måleserien til Lyngsåna ved Nes.



Figur 3.11 Tidsserier – sammenligning for Lyngsåna ved Nes



Figur 3.12 Tidsserier – sammenligning for Sandvatn



Figur 3.13 Tidsserier – sammenligning for Beinskjervatn

## 4. Fordeling av vann mellom Ullestadåna og Lyngsåna

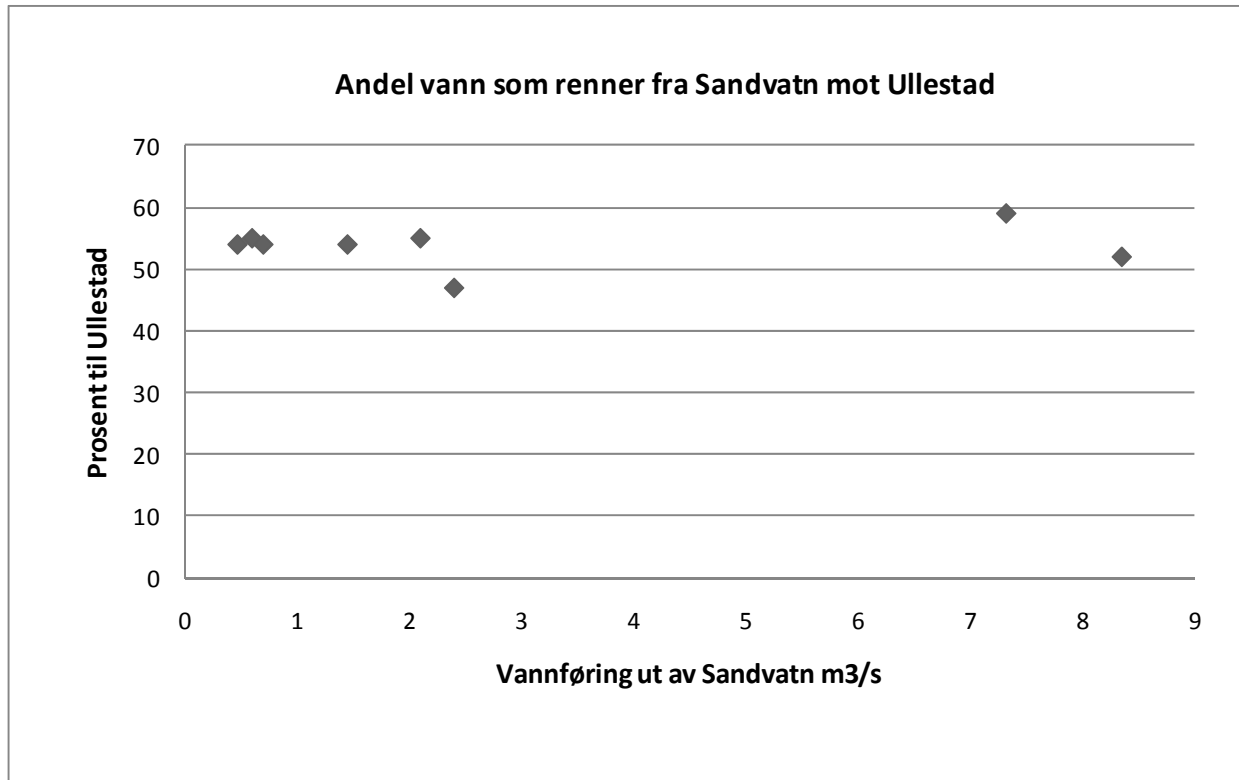
På bakgrunn av målingene som er gjort er det mulig å gi et estimat på fordelingen mellom vann som renner mot Ullestadåna og vann som renner mot Lyngsåna.

Avløpet fra Sandvatn er kjent. Det samme er avløp fra Beinskjervatn og Litlatjørna. Fordelingen av tilsig i lokalfeltene til Urdavatn, Beinskjervatn og Litlatjørna er hentet fra NVEs avrenningskart. Antar at avløp fra Sandvatn og tilsiget i feltet til Urdavatn har den samme fordelingen mellom vann som renner mot Ullestadåna og vann som renner mot Lyngsåna. Ved iterasjon kan en da finne hvordan vannet fra Sandvatn fordeles.

Beregninger viser at ca. 54 % av vannet fra Sandvatn drenerer til Ullestadåna og 46 % til Lyngsåna. Dette er et gjennomsnitt av fordelingen funnet ved de ulike målingene. Tabell 4.1 og Figur 4.1 viser hvordan avløpet fra Sandvatn fordeles mot Lyngsåna og Ullestadåna ved ulike vannføringer. Andel vann som renner mot Ullestadåna varierer en del, men er over 50 % ved de fleste av de målte vannføringene. Det er noe usikkerhet knyttet til avrenningen i restfeltene da avrenning i restfeltene er beregnet fra NVEs avrenningskart.

**Tabell 4.1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer**

Avløp fra Sandvatn m <sup>3</sup> /s	Andel til Ullestadåna %	Andel til Lyngsåna %
0,6	55	45
1,45	55	45
2,4	47	53
8,35	52	48
7,32	59	41
0,47	54	46
2,1	55	45
0,7	54	46



Figur 4.1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer

## 5. Mangler/Usikkerhet

Målestasjonene ved Beinskjervatn, Litle Sandvatn, Sandvassosen og Nes (Lyngsåna) har tidsserier for logget vannstand som dekker ett helt hydrologisk år (perioden 1.9 – 30.8). Målestasjonen ved Hiafossen har tidsserie som er kortere enn et år. Det er ikke generert tidsserie for vannføring for Hiafossen da vannføringskurve ikke er etablert ennå for denne målestasjonen.

Det vil være usikkerhet knyttet til analyse av data som er gjennomført med tanke på å finne sammenligningsstasjoner, og til å anslå hvilken avrenning som kan forventes i området fordi det kun er et hydrologisk år som er brukt i analysen. En generell anbefaling er at måleseriene bør ha lengde på 3 år eller mer for å redusere usikkerhet ved videre analyse av data. Lengde på måleseriene er vist i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Oversikt over måleserier

Måleserie	Beinskjervatn	Litle Sandvatn	Lyngsåna-ved Nes	Sandvassosen
Fra	01.07.2009 13:00	19.06.2009 12:00	03.12.2008 13:00	21.04.2009 09:00
Til	24.11.2010 14:00	24.11.2010 13:00	25.11.2010 11:00	24.11.2010 11:00
Antall døgn	511	523	722	582



## 6. Anbefalinger for videre arbeid

### 6.1 Vannføringsmålinger

Det anbefales at det gjennomføres flere vannføringsmålinger ved Hiafossen slik at det kan etableres vannføringskurve for dette målepunktet. Det bør gjøres en vannføringsmåling ved middelvannføring, og 2-3 målinger ved vannføring som er høyere enn middelvannføring. Estimert middelvannføring ved Hiafossen er ca. 2 m<sup>3</sup>/s. Det bør også gjøres en måling ved høyest mulig vannføring (flomvannføring).

Det er etablert gode vannføringskurver for målestedene ved Beinskjervatn, Nes (Lyngsåna) og Sandvassosen. Det anbefales likevel at det gjennomføres flere vannføringsmålinger. Dette er først og fremst ønskelig for målestedene ved Nes (Lyngsåna) og Sandvassosen, spesielt lave og høye vannføringer. Dette vil sikre bedre kvalitet på vannføringskurvene for de ulike måleseriene.

### 6.2 Logging av vannstand

Det anbefales at logging av vannstand fortsetter så lenge som mulig slik at tidsseriene blir så lange at de kan benyttes i produksjonsberegninger. En lang tidsserie vil også minske usikkerheten ved valg av referanseserie og ved estimering av hvilken avrenning som kan forventes i området.

## 7. Referanser

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing*, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo

Sweco, 2009 a: Vannføringsmålinger 14.-15. mai 2009. Notat.

Sweco, 2009 b: Vannføringsmålinger 22. juni 2009. Notat.

Sweco, 2009 c: Vannføringsmålinger 21. august 2009. Notat.

Sweco, 2010: Vannstands – og vannføringsmålinger i området Sandvatnet - Nes. Notat.

<http://www.gislink.no>

<http://www.met.no>: databasen klima

<http://www.nve.no>: NVE Atlas, databasen Hydra II

<http://www.rdinstruments.com>

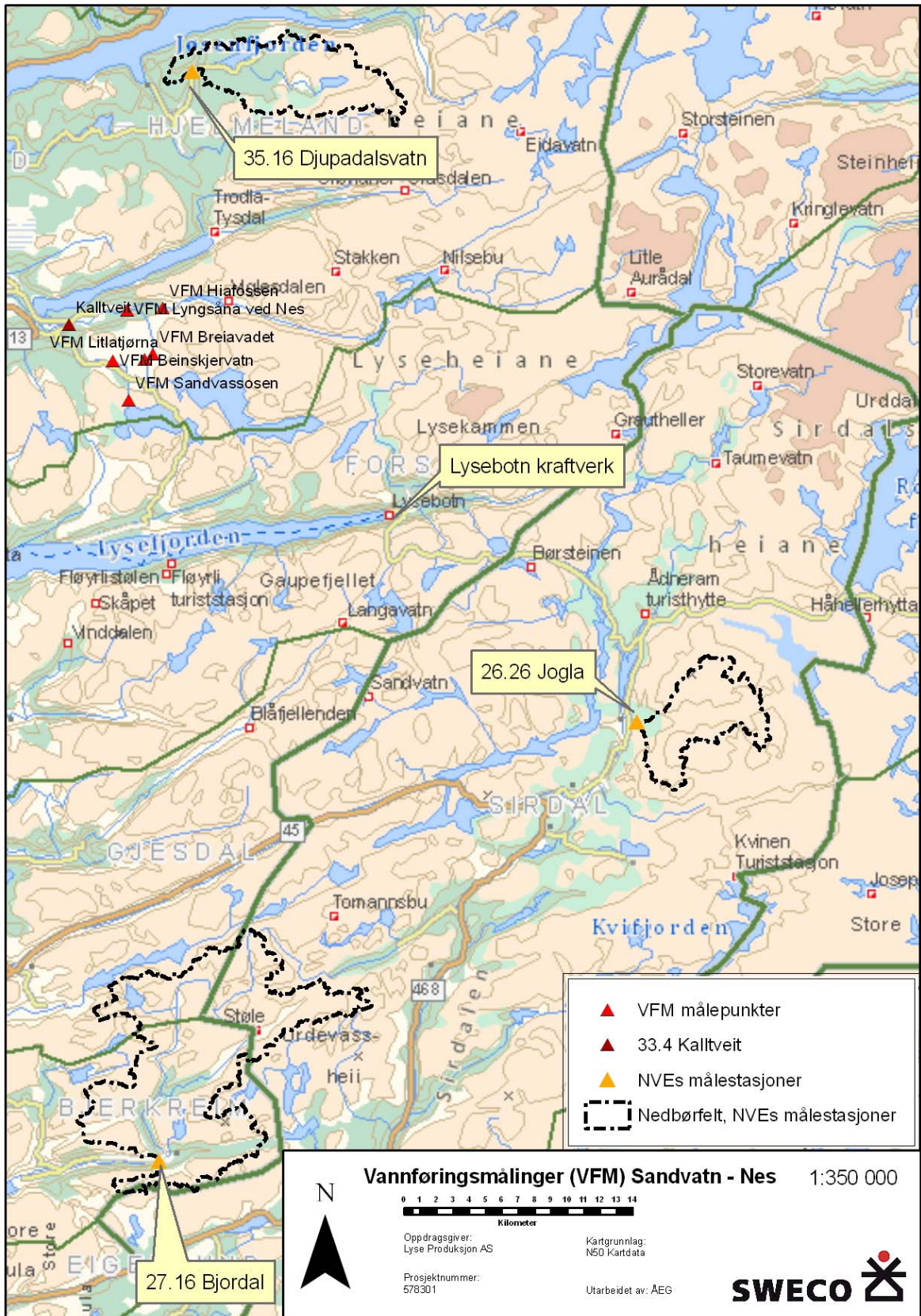
<http://www.sontek.com>

## 8. Vedlegg

# VEDLEGG 1 KART







## **VEDLEGG 2 BILDER**



## Bilder fra målestedet i Lyngsåna ved Nes



Rett oppstrøms måleprofil i Lyngsåna



Ved måleprofil



**Bilder fra målestedet ved Litlatjørna**



Flommåling september 2009



Flommåling november 2009



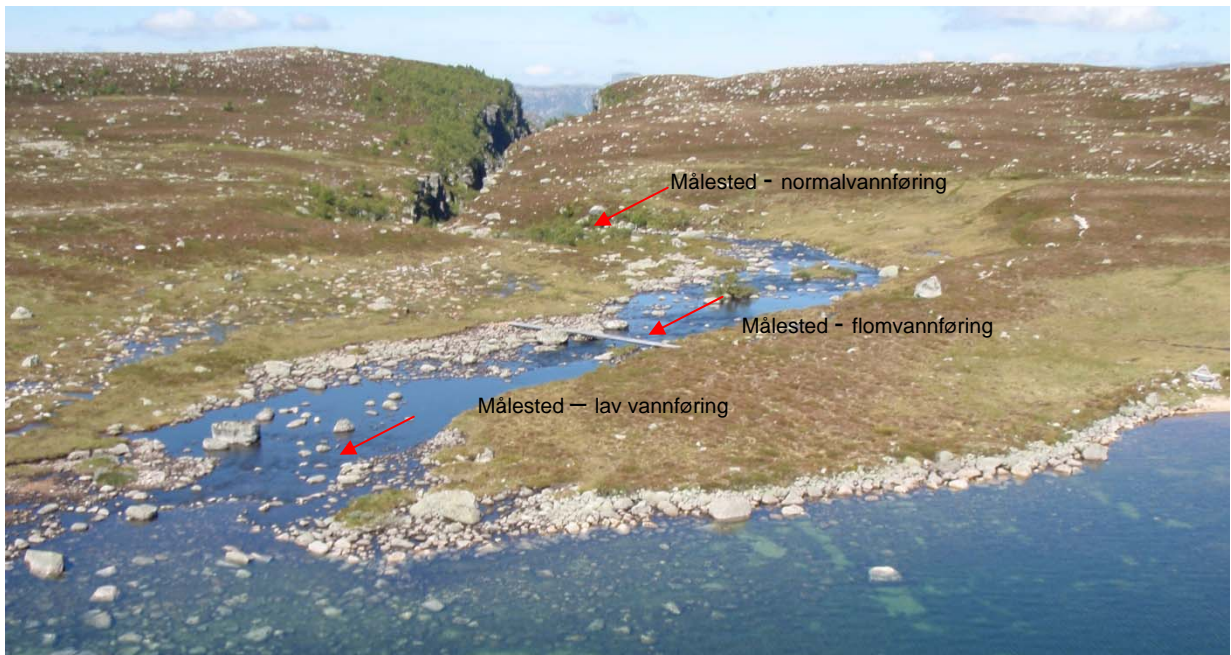
**Bilder fra målestedet ved Beinskjervatn**



Måling ved Beinskjer Bru. Vannstandslogger er plassert under brua.



## Bilder fra målestedet ved Sandvatnet



Utløp av Sandvatnet – Sandvassosen. Måleplasser er indikert med røde piler.



Måling i Sandvassosen



Flommåling i utløpet av Sandvatnet



Vannstandslogger i Sandvassosen



## Bilder fra målestedet ved Hiafossen



Måling rett oppstrøms Hiafossen



Vannstandslogger ved Hiafossen