

Lyse Produksjon AS



Hydrologisk rapport for området Sandvatn – Nes, Årdal i Ryfylke

Oppdatert oktober 2014

RAPPORT

Hydrologisk rapport for området Sandvatn -Nes, Årdal i Ryfylke

Rapport nr.: 33839001 - 1	Oppdrag nr.: 33839001	Dato: 14.10.2014
Kunde: Lyse Produksjon AS		
Hydrologisk rapport for området Sandvatn – Nes, Årdal i Ryfylke		
Sammendrag: 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 perioden mai 2009 til september 2014. Feltarbeidet ble startet i forbindelse med utredningene om utbygging av vannkraftverk i området. Siden 2011 har feltarbeidet også hatt til hensikt å samle inn data til blant annet arbeidet med vilkårsrevisjon i Årdalsvassdraget. I forbindelse med dette arbeidet er det interessant med observasjonsserier for vannføring i området som er lengst mulig.		
Rev.	Dato	Revisjonen gjelder
Utarbeidet av:		Sign.:
Åsta Gurandsrud Hestad, Priska Helene Hiller og Kjetil Vaskinn		<i>Åsta Gurandsrud Hestad</i>
Kontrollert av:		Sign.:
Kjetil Vaskinn		<i>Kjetil Vaskinn</i>
Oppdragsansvarlig / avd.:		Oppdragsleder / avd.:
Per Ivar Bergan/ Energi		Wolf Marchand / Energi

Innhold

1.	Innledning.....	2
2.	Vannføringsmålinger utført i området Sandvatn – Nes	3
2.1	Generelt om vannføringsmålinger	3
2.2	Beskrivelse av målesteder for vannføring.....	4
2.3	Resultater fra gjennomførte vannføringsmålinger	5
3.	Bearbeiding av data	7
3.1	Etablering av vannføringskurver	7
3.2	Isreduksjon	11
3.3	Tidsserier for vannføring	12
3.4	Referanseserier	14
3.5	Analyse av avrenning	15
3.6	Valg av referanseserier/sammenligningsserier.....	20
4.	Fordeling av vann mellom Ullestadåna og Lyngsåna.....	27
5.	Mangler/Usikkerhet	29
6.	Anbefalinger for videre arbeid	30
6.1	Vannføringsmålinger.....	30
6.2	Logging av vannstand.....	30
7.	Referanser	31
8.	Vedlegg.....	32

Vedleggsliste

Vedlegg 1 Kart

Vedlegg 2 Bilder

Figurliste

Figur 2-1 StreamPro ADCP montert og klar for måling.....	3
Figur 2-2 Vannføringsmåling med Flow Tracker	4
Figur 3-1 Vannføringskurve – Lyngsåna ved Nes	8
Figur 3-2 Vannføringskurve – Sandvatnet ved Sandvassosen	9
Figur 3-3 Vannføringskurve – Beinskjervatnet ved Beinskjer Bru	9
Figur 3-4 Vannføringskurve – Hiafossen.....	10
Figur 3-5 Isreduksjon av vannstandsserie – eksempel fra Beinskjervatn	11
Figur 3-6 Vannføringsserie – Lyngsåna ved Nes	12
Figur 3-7 Vannføringsserie – Sandvatnet ved Sandvassosen	13
Figur 3-8 Vannføringsserie - Beinskjervatnet	13
Figur 3-9 Vannføringsserie - Hiafossen.....	14
Figur 3-10 Varighetskurver – sammenligning for Lyngsåna ved Nes.....	21
Figur 3-11 Varighetskurver - sammenligning for Sandvatnet	21
Figur 3-12 Varighetskurver - sammenligning for Beinskjervatnet.....	22
Figur 3-13 Varighetskurver - sammenligning for Hiafossen	22
Figur 3-14 Tidsserier – sammenligning for Lyngsåna ved Nes	23
Figur 3-15 Tidsserier – sammenligning for Sandvatn.....	23
Figur 3-16 Tidsserier – sammenligning for Beinskjervatn	24
Figur 3-17 Tidsserier – sammenligning for Hiafossen.....	24
Figur 4-1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer	28

Tabelliste

Tabell 1-1 Målepunkter for logging av vannstand	2
Tabell 1-2 Målepunkter for vannføringsmåling	3
Tabell 2-1 Oversikt over målesteder – vannstand og vannføring.....	5
Tabell 3-3 Middellavrenning målt i området Sandvatn/Nes sammenlignet med avrenning fra referansestasjoner.....	16
Tabell 3-4 Observerte middellavrenning i området Sandvatn/Nes relativt til lengre tidsperioder.....	17
Tabell 3-5 Observerte middellavrenning ved Kalltveit sammenlignet med referansestasjoner.....	18
Tabell 3-6 Observerte middellavrenning ved Kalltveit relativt til lengre tidsperioder.....	19
Tabell 3-7 Middellavrenning ved Kalltveit justert i forhold til lengre tidsperioder.....	20
Tabell 4-1 Fordeling av vann fra Sandvatn til Ullestadåna og Lyngsåna ved ulike vannføringer	27
Tabell 5-1 Oversikt over måleserier	29

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 perioden mai 2009 til september 2014. Feltarbeidet ble startet i forbindelse med utredningene om utbygging av vannkraftverk i området. Siden 2011 har feltarbeidet også hatt til hensikt å samle inn data til blant annet arbeidet med vilkårsrevisjon i Årdalsvassdraget. I forbindelse med dette arbeidet er det interessant med observasjonsserier for vannføring i området som er lengst mulig.

Det er opprettet målestasjoner for logging av vannstand og gjennomført målinger av vannføringer på flere steder i området. Formålet med målingene var blant annet å skaffe representative vannføringsdata for elvene som er aktuelle i en utbygging. Dette sikrer best mulig datagrunnlag for planlegging av ny utbygging, men også et betydelig bedre grunnlag for å velge rett referanseserie til produktionsberegninger 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 rundt år 2000. 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, 3 vannføringsmålinger i 2010 og 2 målinger i 2014 (måling utført av NVE 25.6.2014). 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	Juni - 14	Sept - 14
Lyngsåna - Nes	x	x	x	x		x			x
Sandvassosen	x	x	x	x	x	x	x		
Litlatjørna	x	x	x	x	x	x	x		
Beinskjervatn	x	x	x	x	x	x	x		
Breiavadet	x								
Hiafossen						x	x	x*	x

* måling utført av NVE

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 fem ganger (måling utført av NVE 25.6.2014). Ved Kalltveit er det NVE som gjennomfører 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 – 03.09.14
Sandvassosen	21.04.09	Sandvassosen	21.04.09 – 16.08.11
Litle Sandvatn	19.06.09	<i>Ingen vf-måling</i>	
Beinskjervatn	01.07.09	Beinskjervatn	01.07.09 - 17.04.12
Hiafossen	12.05.10	Hiafossen	12.05.10 – 03.09.14
<i>Ingen logger</i>		Litlatjørna	
<i>Ingen logger</i>		Breiavadet	
Kalltveit		<i>Målinger utføres av NVE</i>	23.05.02 – 19.09.14, 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 ³ /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
22.09.14	12:00	0,35	-

Tabell 2-3 Resultater fra vannføringsmålinger – Beinskjervatnet ved Beinskjer Bru

Målested Beinskjervatnet			
Dato dd.mm.åå	Klokkeslett tt:mm	Målt vannføring m ³ /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 ³ /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 ³ /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 m³/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 m³/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
25.06.14	14:00	0,96*	0,89
22.09.14	11:00	0,56	-

*måling utført av NVE

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 2-2 - 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 (VFKURVE3).

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.

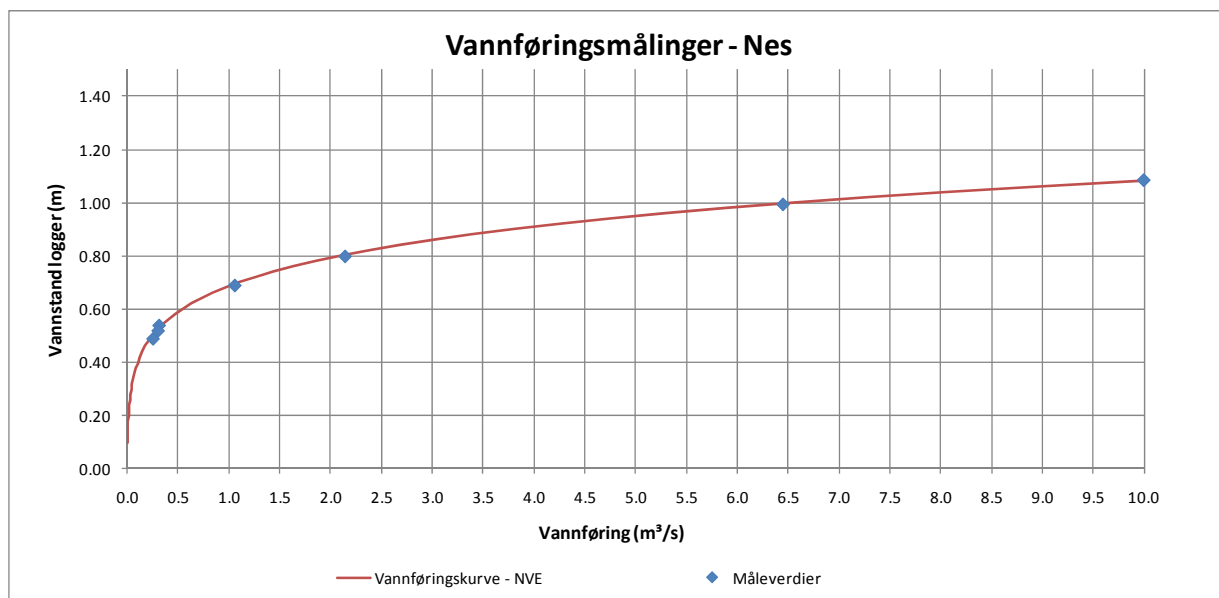
Tabell 3-1 viser genererte vannføringskurver for hvert målested. Vannføringskurven for Kalltveit ligger ferdig i NVEs database (Hydra II), og er basert på NVEs egne målinger ved Kalltveit. Kurven er gyldig for vannstand mellom 0,3703 m og 2,1554 m.

Vannføringskurver for Lyngsåna ved Nes, Sandvatnet, Beinskjervatnet og Hiafossen er vist i Figur 3-1 til Figur 3-4. Vannføringsserier for Lyngsåna ved Nes, Sandvatnet, Beinskjervatnet og Hiafossen er vist i Figur 3-6 til Figur 3-9.

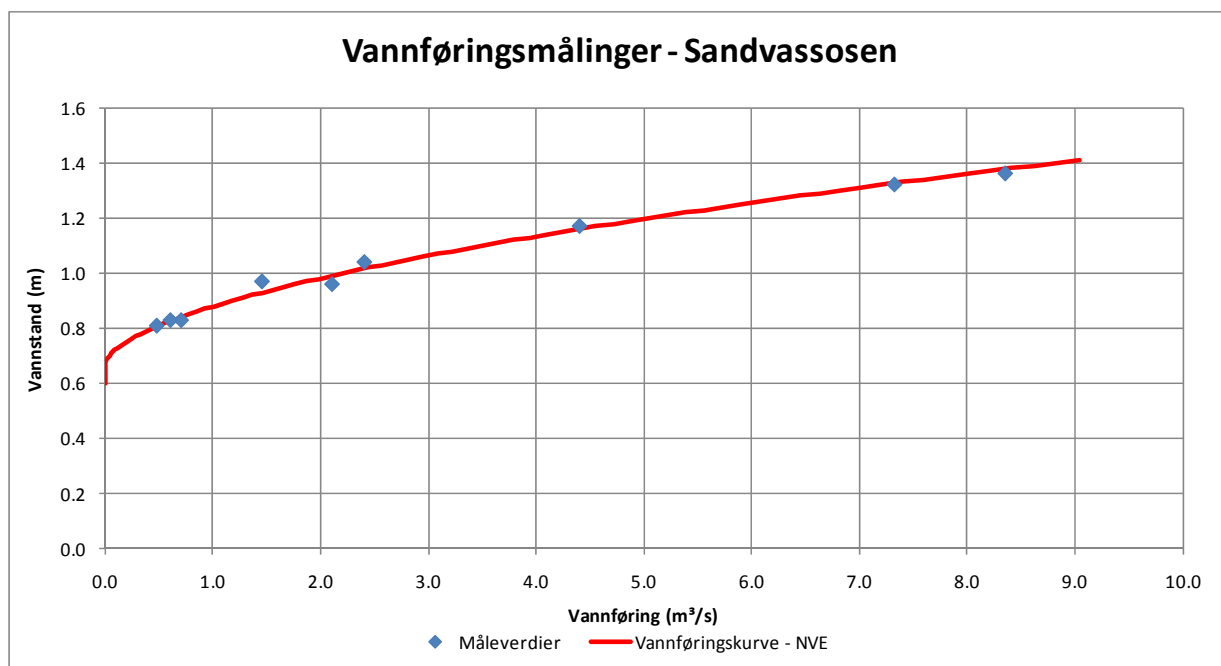
Tabell 3-1 Tabell som viser A, B, C for hvert målested

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
Hiafossen	18,495	-0,535	2,868
Kalltveit *	41.9515	-0.3703	1.499

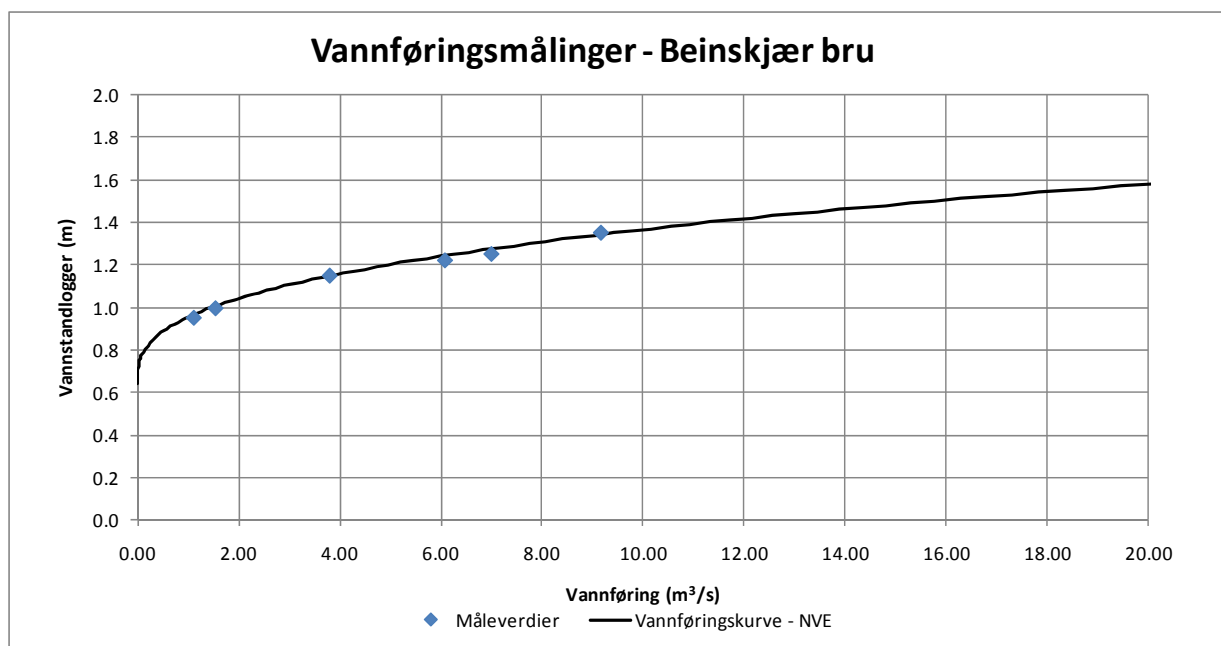
*Fra NVEs database Hydra II, ferdig kurve basert på NVEs egne målinger.



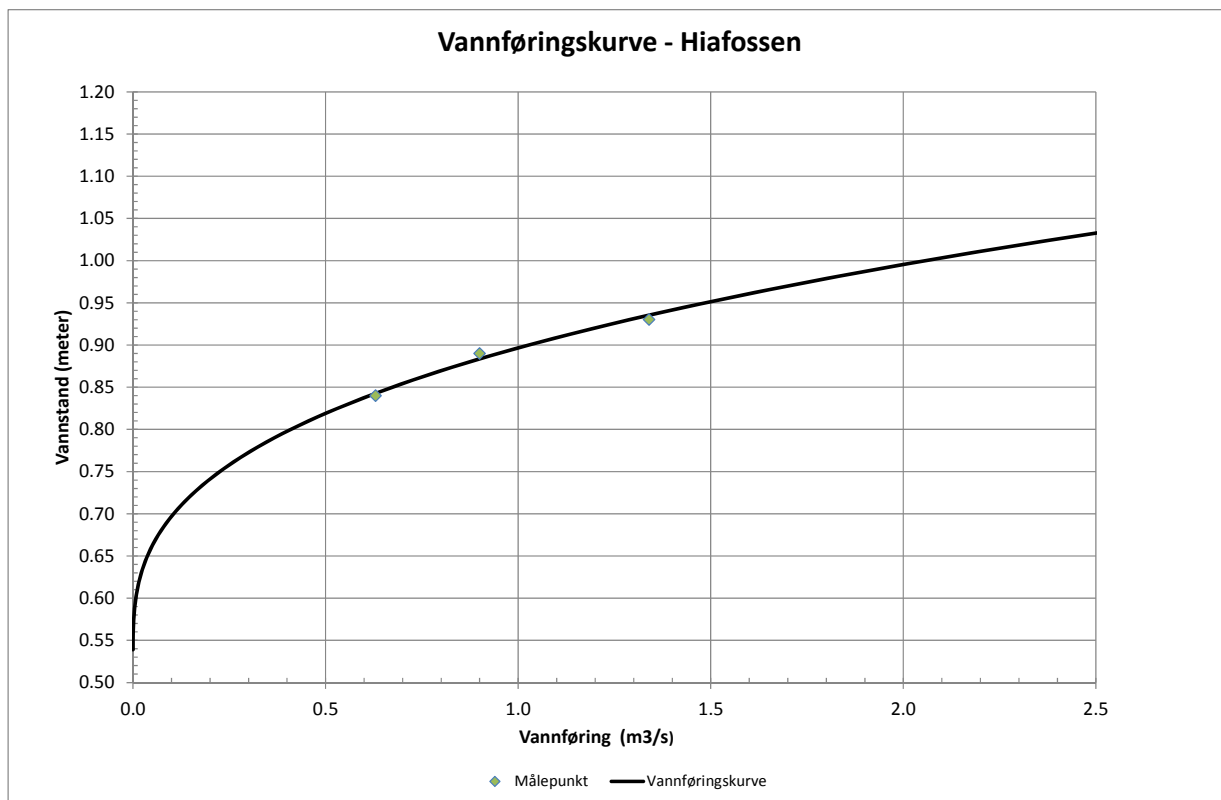
Figur 3-1 Vannføringskurve – Lyngsåna ved Nes



Figur 3-2 Vannføringskurve – Sandvatnet ved Sandvassosen



Figur 3-3 Vannføringskurve – Beinskjervatnet ved Beinskjer Bru



Figur 3-4 Vannføringskurve – Hiafossen

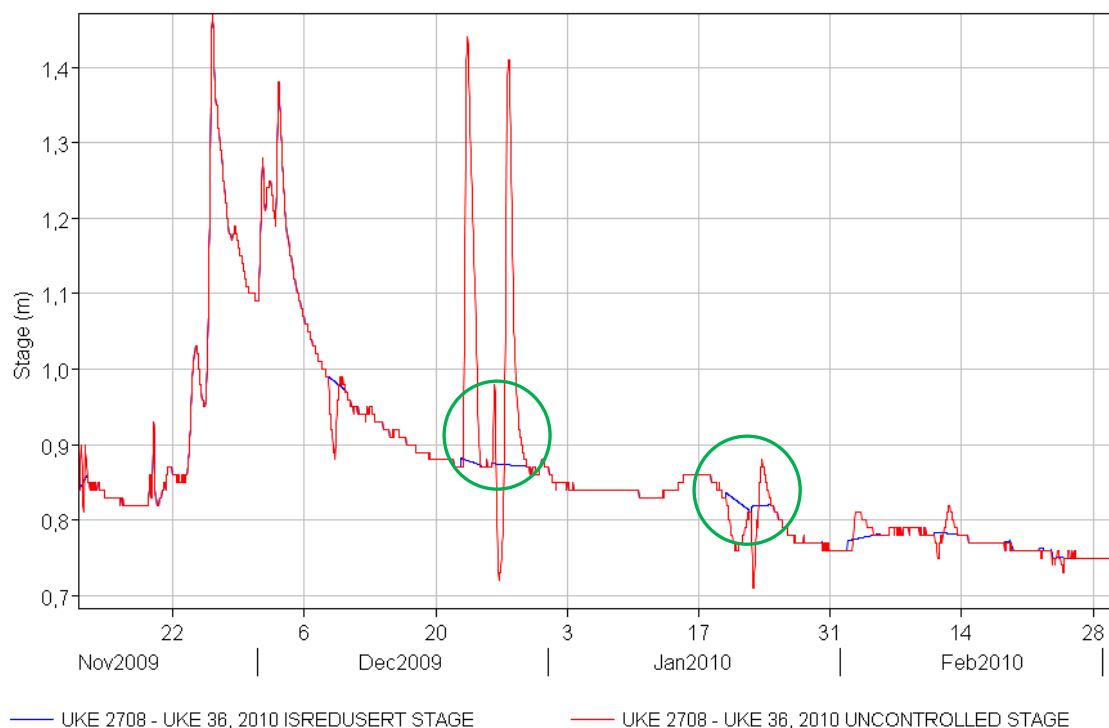
3.2 Isreduksjon

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).

Figur 3-5 viser deler av vannstandsserien fra Beinskjervatn. Grønn sirkel indikerer vannstander som trolig skyldes isoppstuvning. Temperaturdata viser at det var minusgrader i de aktuelle periodene.

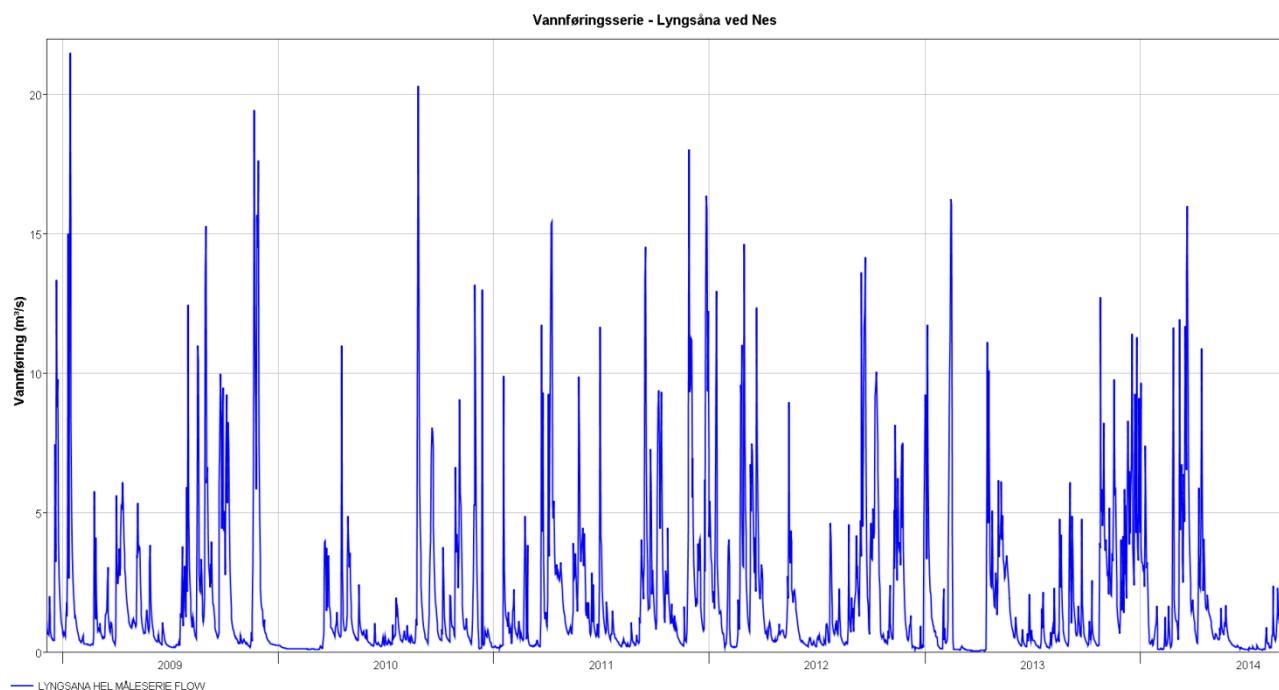


Figur 3-5 Isreduksjon av vannstandsserie – eksempel fra Beinskjervatn

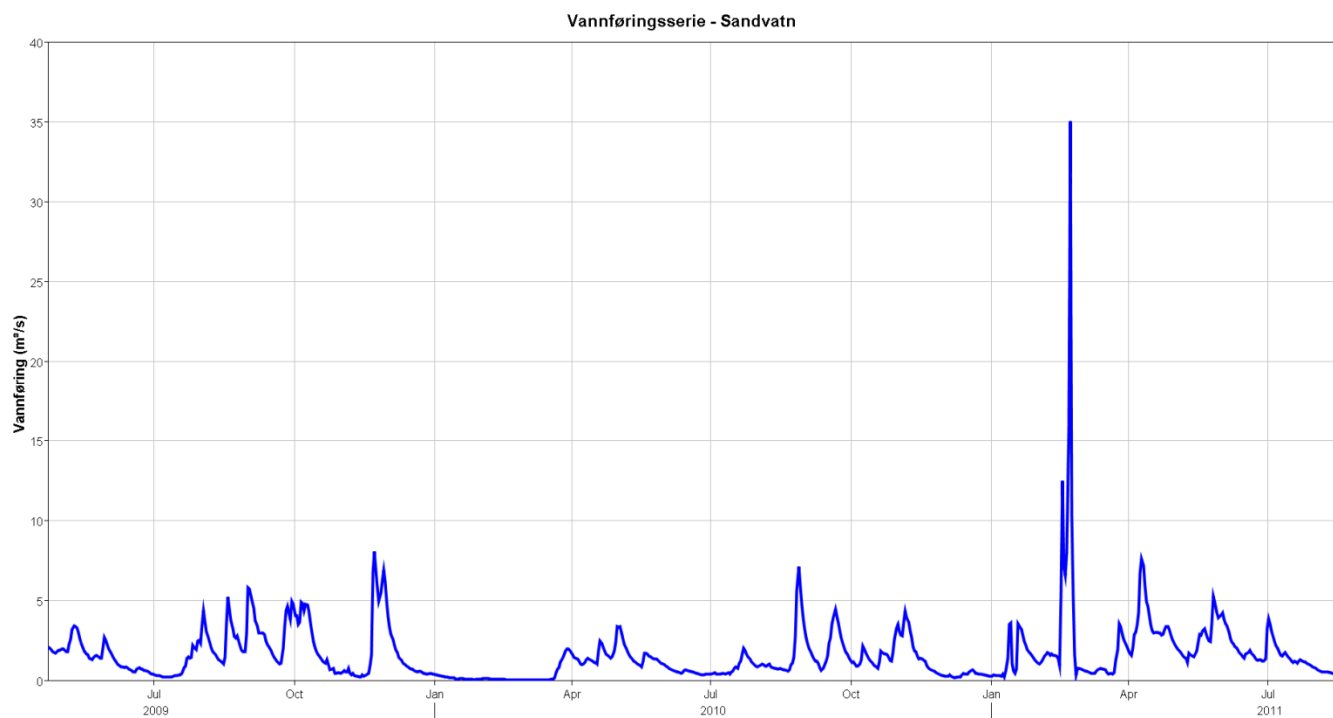
3.3 Tidsserier for vannføring

3.3.1 Vannføringsserier for Lyngsåna, Sandvatn, Beinskjervatn og Hiafossen

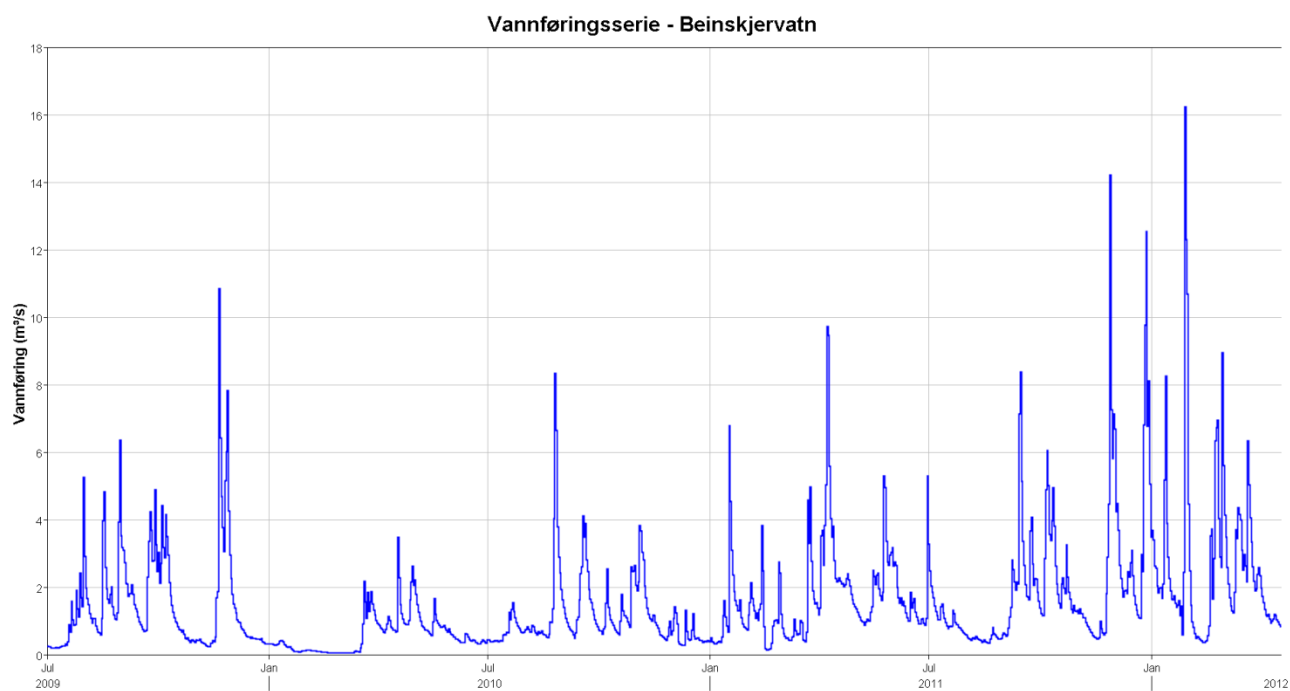
Figur 3-6 - Figur 3-9 viser genererte vannføringsserier for målestedene Lyngsåna ved Nes, Sandvassosen, Beinskjervatn og Hiafossen.



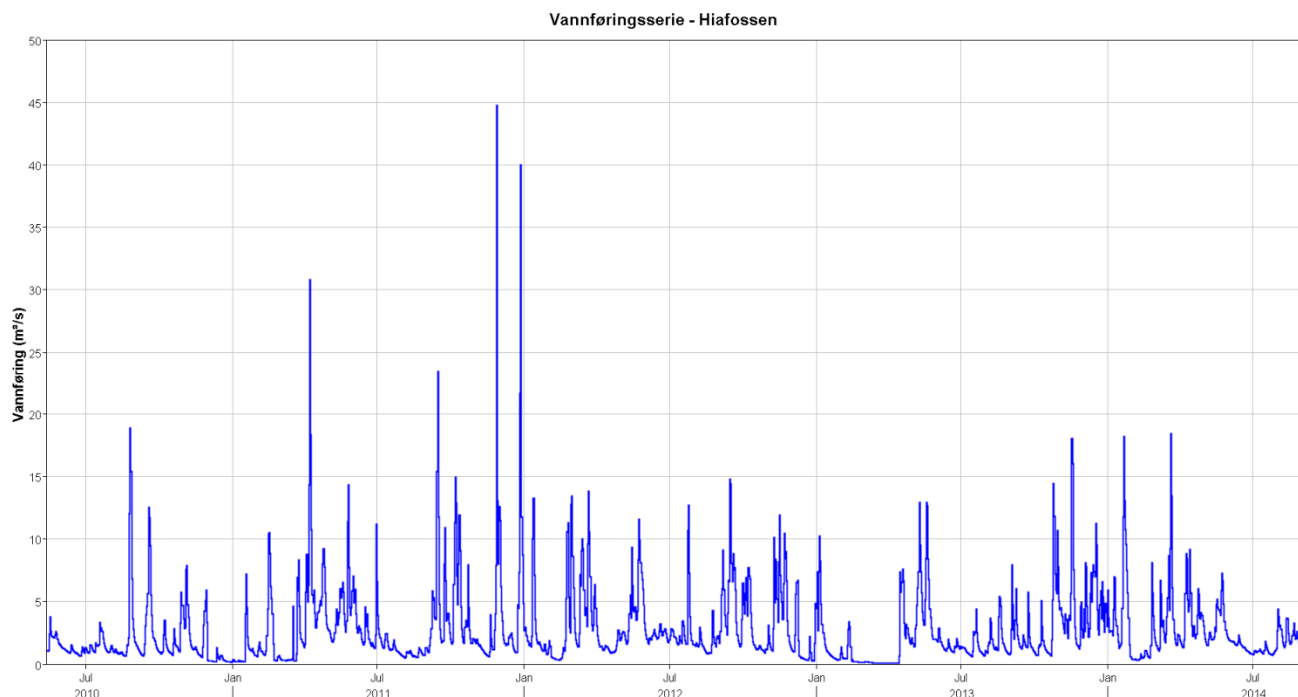
Figur 3-6 Vannføringsserie – Lyngsåna ved Nes



Figur 3-7 Vannføringsserie – Sandvatnet ved Sandvassosen



Figur 3-8 Vannføringsserie - Beinskjervatnet



Figur 3-9 Vannføringsserie - Hiafossen

3.3.2 Vannføringsserie for Kalltveit

Lyse har vannstandsdata for målestasjonen ved Kalltveit for perioden 2002 – 2014. 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 9 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 – 2014
Hydrologiske år	02/03, 05/06, 06/07, 08/09, 09/10, 10/11, 11/12, 12/13, 13/14

3.4 Referanseserier

Målestasjonene ved Beinskjervatn, Sandvassosen, Nes (Lyngsåna) og Hiafossen 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 35, 2014) var det tilgjengelige data for 3 målestasjoner; VM 27.16 Bjordal, VM 35.16 Djupadalsvatn og VM 26.26 Jogla. For VM 27.16 Bjordal, er dataserien fra 1.1.14-1.9.14 ukontrollert. For VM 35.16 Djupadalsvatn, er dataserien fra 18.7.14-1.9.14 ukontrollert. For VM 26.26 Jogla, er dataserien fra 1.1.13-1.9.14 ukontrollert. NVEs målestasjoner vurderes å være representative for området Sandvatn - Nes. De ligger henholdsvis nord (Djupadal), sør (Bjordal) og sør-øst (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 middelaavrenning for Lyngsåna ved Nes, Sandvatn, Beinskjervatn, Hiafossen og Kalltveit for perioden 1/9-09 til 31/8-11 sammenlignet med langtidsverdier for NVEs målestasjoner i nærheten og tilsiget til Lysebotn kraftverk. For Lyngsåna ved Nes, Kalltveit er det også sett på perioden 1/9-09 til 31/8-14, og for Hiafossen er det sett på perioden 1/9-10 til 31/8-14. Resultatet er vist i Tabell 3-3. Det er brukt hydrologiske år. Observert middelaavrenning relativt til lengre tidsperioder er vist i Tabell 3-4.

Tabell 3-3 Middelavrenning målt i området Sandvatn/Nes sammenlignet med avrenning fra referansestasjoner.

Stasjon	Lyngs- åna/ Nes	Sandvass- osen	Beinskjer- vatn	Hia- fossen	Kall- tveit	Djupadals- vatn	Bjør- dal	Jogla	Lyse- botn
Måleperiode (uke/år – uke/år)	49/08 – 36/14	17/09 – 33/11	27/09 – 17/12	20/10 –36/14	2002- 2014	1991-2014	1985- 2014	1973- 2014	1981- 2014
Observert middelavrenning									
Middel- avrenning i måleperioden (m ³ /s)	1,9	1,6	1,5	2,8	4,0*	3,0	10,7	2,1	29,2
1/9-09- 31/8-11 (m ³ /s)	1,7	1,6	1,2	-	3,9	2,4	11,0	1,6	22,5
1/9-09-31/8-14 (m ³ /s)	1,9	-	-	-	4,9	2,9	11,1	1,9	27,8
1/9-10-31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	2,9	5,7	3,1	12,0	2,1	29,7
Observert middelavrenning – lengre tidsperioder									
2002-2014 (m ³ /s)	-	-	-	-	4,0	3,1	11,2	2,1	28,3
1991-2014 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	3,0	10,8	2,1	28,1
1981–2010 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	2,0	29,0
1981–2014 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	2,1	29,2
1973–2014 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	2,1	-
Observert middelavrenning (1/9-09 – 31/8-11) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)									
Relativt til 2002- 2014 (%)	-	-	-	-	-	77	98	76	80
Relativt til 1991- 2014 (%)	-	-	-	-	-	80	102	76	80
1981–2010 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	80	76
Relativt til 1981- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	76	77
Relativt til 1973- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	76	-
Observert middelavrenning (1/9-09 – 31/8-14) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)									
Relativt til 2002- 2014 (%)	-	-	-	-	-	94	99	90	98
Relativt til 1991- 2014 (%)	-	-	-	-	-	97	103	90	99
1981–2010 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	95	96
Relativt til 1981- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	90	95
Relativt til 1973- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	90	-
Observert middelavrenning (1/9-10 – 31/8-14) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)									
Relativt til 2002- 2014 (%)	-	-	-	-	-	100	107	100	105
Relativt til 1991- 2014 (%)	-	-	-	-	-	103	111	100	106
1981–2010 (m ³ /s)	-	-	-	-	-	-	-	105	102
Relativt til 1981- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	100	102
Relativt til 1973- 2014 (%)	-	-	-	-	-	-	-	100	-

***(uten 2004 og 2005)**

Tabell 3-4 Observert middelavrenning i området Sandvatn/Nes relativt til lengre tidsperioder

Stasjon	Lyngsåna ved Nes	Sandvassosen	Beinskjervatn	Hiafossen
Måleperiode (uke/år – uke/år)	49/08 – 36/14	17/09 – 33/11	27/09 – 17/12	20/10 – 36/14
Vannføring i måleperioden (m ³ /s)	1,9	1,6	1,5	2,8
1/9-09 – 31/8-11 (m ³ /s)	1,7	1,6	1,2	-
1/9-09 – 31/8-14 (m ³ /s)	1,9	-	-	-
1/9-10 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	2,9
Middelavrenning justert i forhold til 1991-2014 (basert på gjennomsnitt for Djupadalsvatn, Bjordal og Lysebotn)				
1/9-09 – 31/8-11 (m ³ /s)	2,0	1,8	1,4	-
1/9-09 – 31/8-14 (m ³ /s)	1,9	-	-	-
1/9-10 – 31/8-14 (m ³ /s)	1,9	-	-	2,7
Middelavrenning justert i forhold til 1981-2010 (basert på Lysebotn)				
1/9-09 – 31/8-11 (m ³ /s)	2,2	2,1	1,6	-
1/9-09 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	-
1/9-10 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	2,8
Middelavrenning justert i forhold til 1981-2014 (basert på Lysebotn)				
1/9-09 – 31/8-11 (m ³ /s)	2,2	2,1	1,6	-
1/9-09 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	-
1/9-10 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	2,8
Middelavrenning justert i forhold til 1973-2014 (basert på Jogla)				
1/9-09 – 31/8-11 (m ³ /s)	2,2	2,1	1,6	-
1/9-09 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,1	-	-	-
1/9-10 – 31/8-14 (m ³ /s)	2,0	-	-	2,9

Sammenligningen viser at perioden 1/9-09 til 31/8-11 var noe tørrere enn langtidsverdier for området, mens perioden 1/9-09 til 31/8-14 samsvarer bra med langtidsverdiene.

For perioden 1991-2014 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.

For perioden 1981-2014 er det bra samsvar mellom verdiene for Jogla og Lysebotn, men for de andre periodene er det ikke så godt samsvar mellom disse to stasjonene. Verdien for

Lysebotn stemmer rimelig bra med gjennomsnittet for Bjordal og Djupadalsvatn for 1991-2014.

For å illustrere trenden for en så lang periode som mulig, er det sett på middelavrenning for periodene 1/9-09 til 31/8-11 og 1/9-09 til 31/8-14 i forhold til middelavrenning ved Jogla for perioden 1973 -2010. Sammenligningen viser at avrenningen i måleperioden har vært henholdsvis 76 % og 90 % av middelavrenningen for 1973 – 2010. Ettersom Jogla ikke er så representativ for området Sandvatn/Nes er denne verdien usikker.

3.5.2 Avrenning ved Kalltveit

Tabell 3-5 viser observert middelavrenning ved Kalltveit for ni 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 3-5 Observert middelavrenning ved Kalltveit sammenlignet med referansestasjoner

Stasjon	Kalltveit	Djupadalsvatn	Bjordal	Jogla	Lysebotn
Måleperiode	2002-2014	1991-2014	1985-2014	1973-2014	1981-2014
Observert middelavrenning i måleperioden					
Middelavrenning i måleperioden (m ³ /s)	4,0*	3,0	10,7	2,1	29,2
Observert middelavrenning - Hydrologiske år					
1/9-02 til 31/8-03 (m ³ /s)	2,1	2,0	7,2	1,6	19,9
1/9-05 til 31/8-06 (m ³ /s)	3,4	2,5	9,2	1,7	22,7
1/9-06 til 31/8-07 (m ³ /s)	6,9	4,7	15,1	2,8	40,8
1/9-08 til 31/8-09 (m ³ /s)	4,5	3,0	11,4	2,2	30,2
1/9-09 til 31/8-10 (m ³ /s)	3,6	2,2	7,4	1,3	20,9
1/9-10 til 31/8-11 (m ³ /s)	4,2	2,6	10,1	1,8	24,9
1/9-11 til 31/8-12 (m ³ /s)	6,6	4,0	13,9	2,3	36,8
1/9-12 til 31/8-13 (m ³ /s)	4,5	2,5	10,6	1,8	25,5
1/9-13 til 31/8-14 (m ³ /s)	5,7	3,2	13,7	2,5	32,1
Gjennomsnitt for alle hydrologiske år (m ³ /s)	4,6	3,0	11,0	2,0	28,2

*(uten 2004 og 2005)

Tabell 3-6 Observert middelavrenning ved Kalltveit relativt til lengre tidsperioder

Stasjon	Kalltveit	Djupadalsvatn	Bjordal	Jogla	Lysebotn
Måleperiode	2002-2014	1991-2014	1985-2014	1973-2014	1981-2014
Middelavrenning observert over lengre tidsperioder					
1991 - 2014 (m ³ /s)	-	3,0	10,8	2,1	28,4
1981- 2010 (m ³ /s)	-	-	-	2,1	29,0
1981- 2014 (m ³ /s)	-	-	-	2,1	29,2
1973 - 2014 (m ³ /s)	-	-	-	2,1	-
Obs. middelavrenning (1/9-02 – 31/8- 03) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	67	67	76	71
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	76	69
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	76	69
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	76	-
Obs. middelavrenning (1/9-05 – 31/8- 06) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	83	85	81	81
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	81	78
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	81	78
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	81	-
Obs. middelavrenning (1/9-06 – 31/8- 07) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	157	140	133	145
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	133	141
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	133	141
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	133	-
Obs. middelavrenning (1/9-08 – 31/8- 09) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	100	106	105	107
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	105	104
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	105	104
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	105	-
Obs. middelavrenning (1/9-09 – 31/8-10) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	73	67	62	74
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	62	72
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	62	71
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	62	-
Obs. middelavrenning (1/9-10 – 31/8-11) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	87	94	86	88
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	86	86
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	86	85
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	86	-
Obs. middelavrenning (1/9-11 – 31/8-12) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	133	129	110	130
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	110	127
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	110	126
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	110	-
Obs. middelavrenning (1/9-12 – 31/8-13) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	83	98	86	90
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	86	88
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	86	87
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	86	-
Obs. middelavrenning (1/9-13 – 31/8-14) relativt til lengre tidsperioder (basert på referansestasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	106	128	119	113
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	119	111
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	119	110
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	119	-
Obs. middelavrenning (gj.snitt for alle hydrol. år) rel. til lengre tidsperioder (basert på ref.stasjoner)					
Relativt til 1991-2014 (%)	-	100	102	95	99
Relativt til 1981-2010 (%)	-	-	-	95	97
Relativt til 1981-2014 (%)	-	-	-	95	97
Relativt til 1973-2014 (%)	-	-	-	95	-

*(uten 2004 og 2005)

Tabell 3-7 Middellavrenning ved Kalltveit justert i forhold til lengre tidsperioder

Stasjon	Kalltveit	Djupadalsvatn	Bjoldal	Jogla	Lysebotn
Måleperiode	2002-2014	1991-2014	1985-2014	1973-2014	1981-2014
Middellavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1991-2014 (basert på gjennomsnitt for Djupadalsvatn, Bjoldal og Lysebotn)					
Justert til 1991-2014 (m ³ /s)	4,6	-	-	-	-
Middellavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1981-2010 (basert på Lysebotn)					
Justert til 1981-2010 (m ³ /s)	4,7	-	-	-	-
Middellavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1981-2014 (basert på Lysebotn)					
Justert til 1981-2014 (m ³ /s)	4,7	-	-	-	-
Middellavrenning (gjennomsnitt for alle hydrologiske år) justert i forhold til 1973-2014 (basert på Jogla)					
Justert til 1973-2014 (m ³ /s)	4,8	-	-	-	-

*(uten 2004 og 2005)

3.5.3 Observert avrenning sammenlignet med avrenning fra NVEs avrenningskart

De observerte verdiene ved Sandvassosen og Hiafossen er sammenlignet med avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for perioden 1961-1990. Sammenligningen viser at observert middellavrenning ved Sandvassosen er ca. 15 % lavere enn det NVEs avrenningskart for perioden 1961 – 1990 viser. Observert middellavrenning ved Hiafossen er ca. 11 % lavere enn det NVEs avrenningskart for perioden 1961 – 1990 viser.

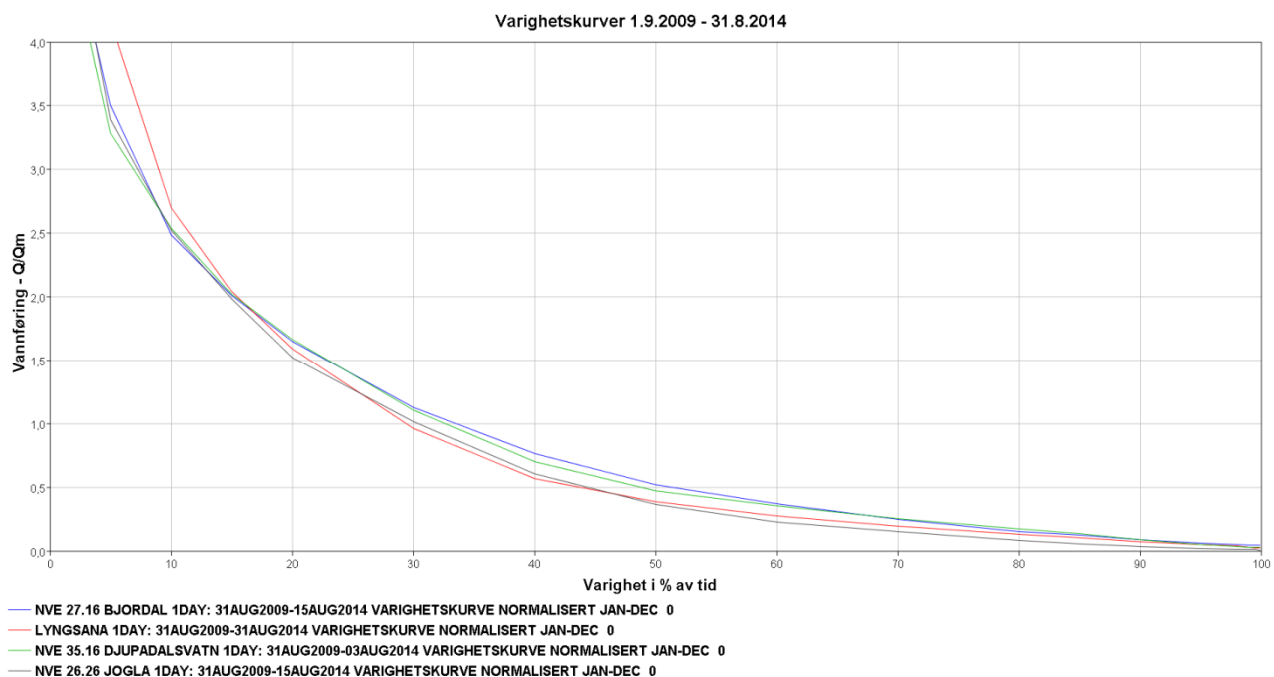
Årsavrenningen for Norge anslås å ha økt med 2,5 % for perioden 1979–2008 i forhold til normalperioden (1961–90). Størst økning har det vært i breelver fra Jostedalsbreen (10 %). I lavlandet på Østlandet, på Vestlandet og i Troms er økningen på vel 5 %. (Bauer-Hansen m.fl., 2009). Dette tyder på at NVEs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

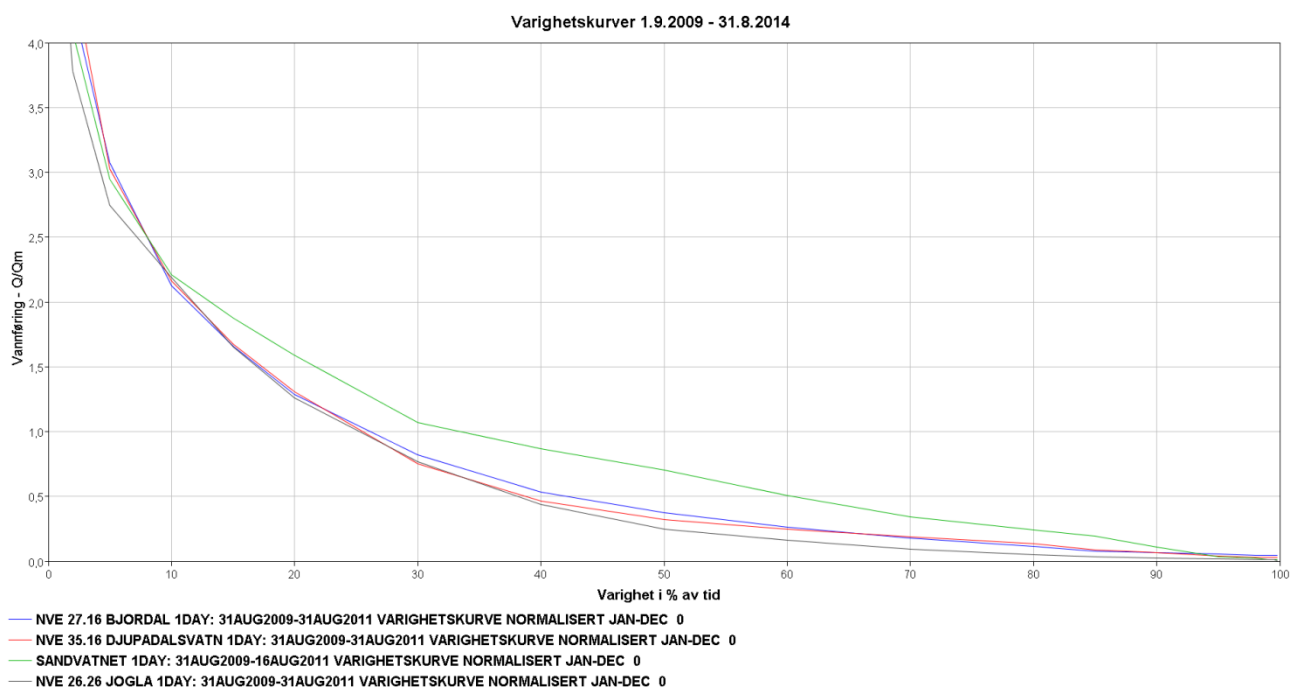
3.6 Valg av referanseserier/sammenligningsserier

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

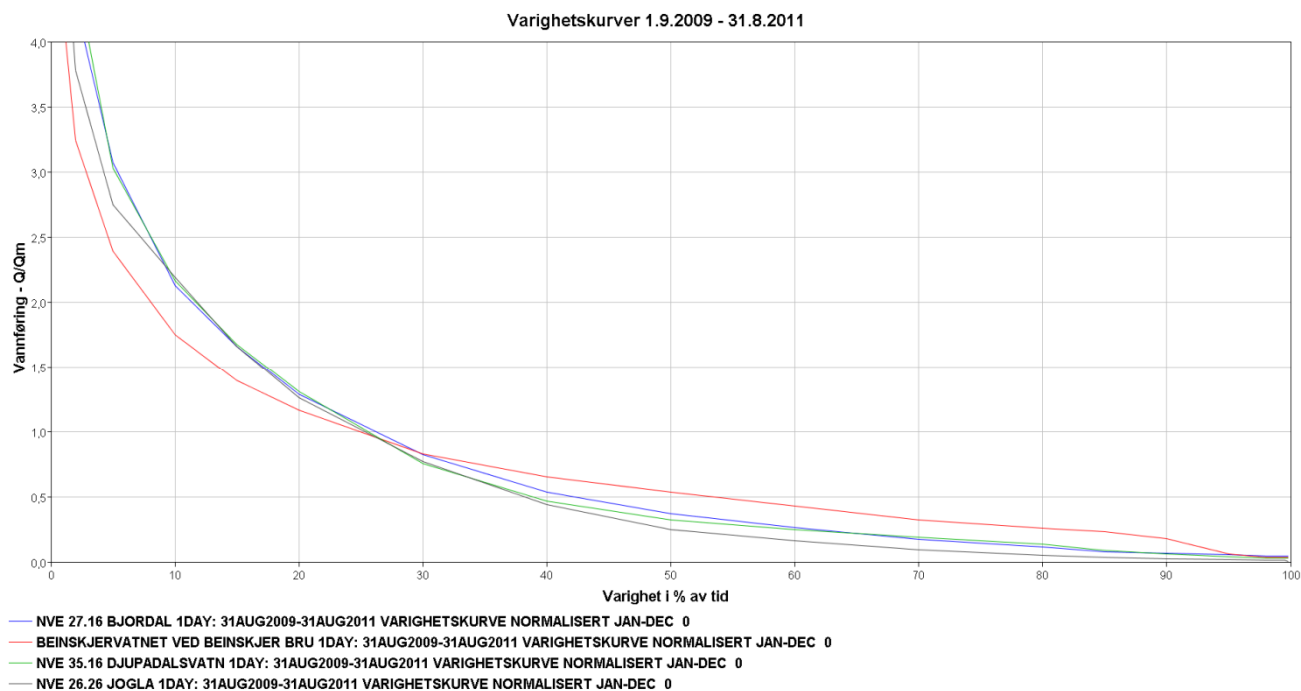
Figur 3-10, Figur 3-11, Figur 3-12 og Figur 3-13 viser hvordan varighetskurver for Lyngsåna ved Nes, Sandvatn, Beinskjervatn og Hiafossen sammenfaller med varighetskurver for VM Bjoldal, Jogla, og Djupadalsvatnet. Figur 3-14 - Figur 3-17 viser hvordan tidsseriene sammenfaller i løpet av måleperioden (hydrologiske år).



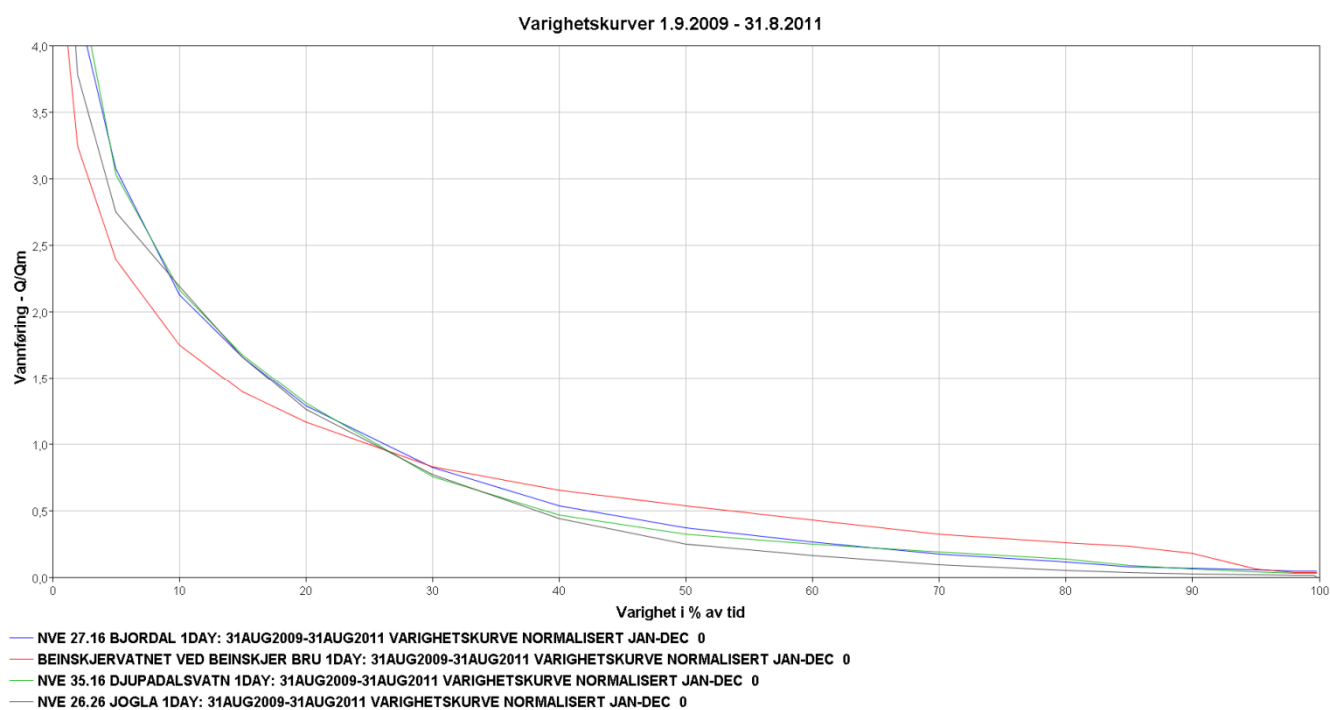
Figur 3-10 Varighetskurver – sammenligning for Lyngsåna ved Nes



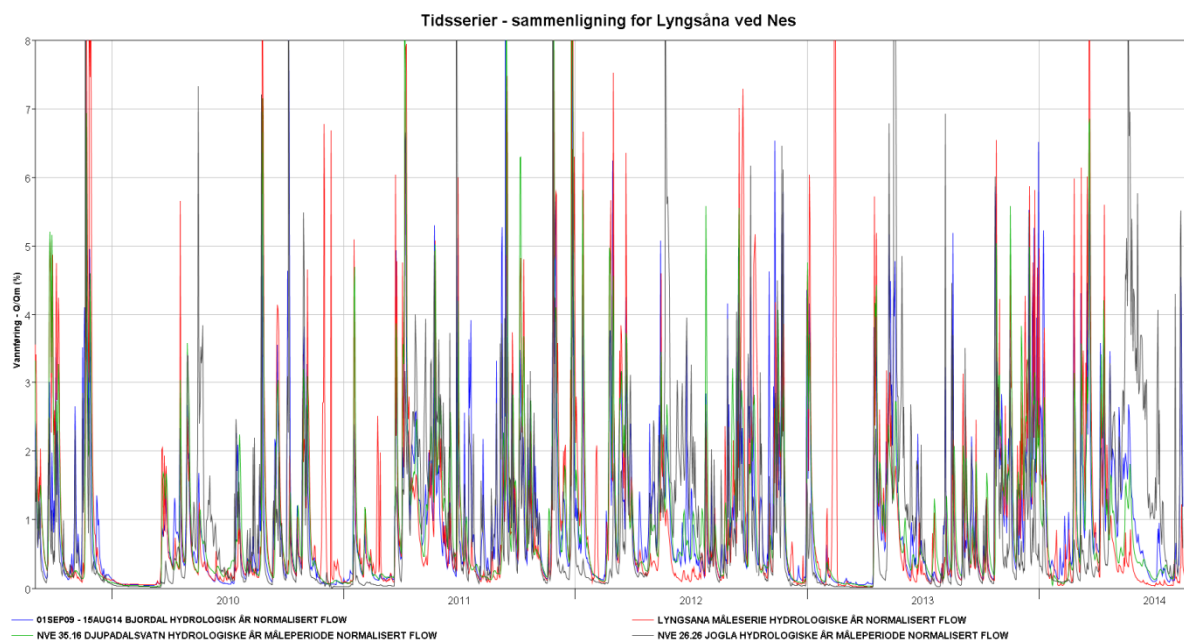
Figur 3-11 Varighetskurver - sammenligning for Sandvatnet



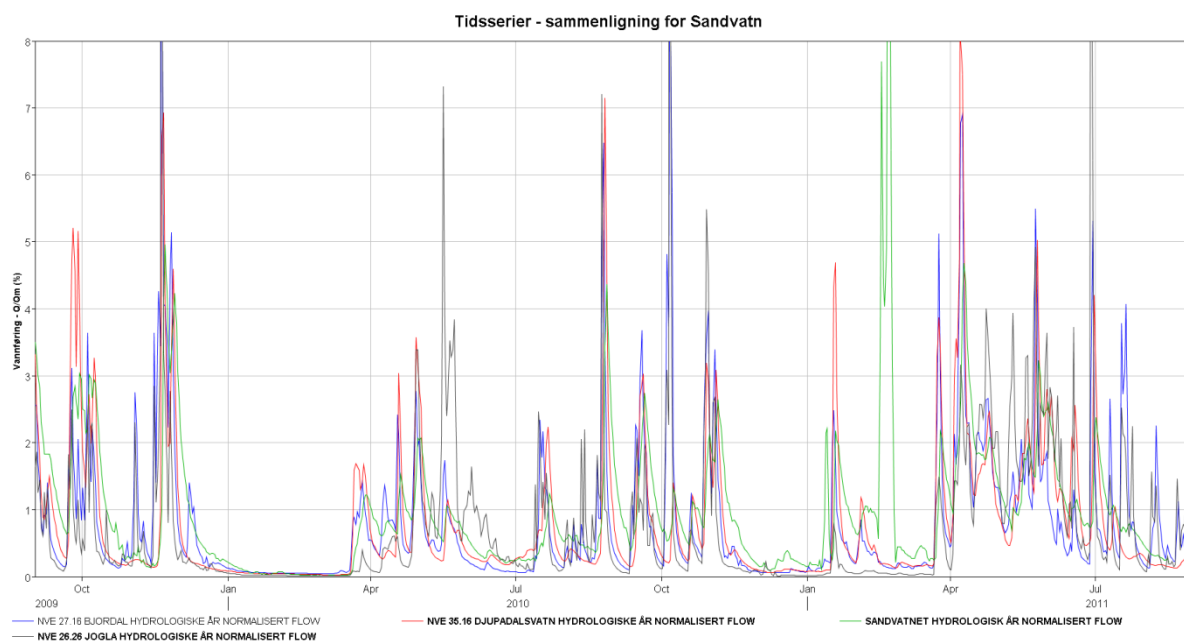
Figur 3-12 Varighetskurver - sammenligning for Beinskjervatnet



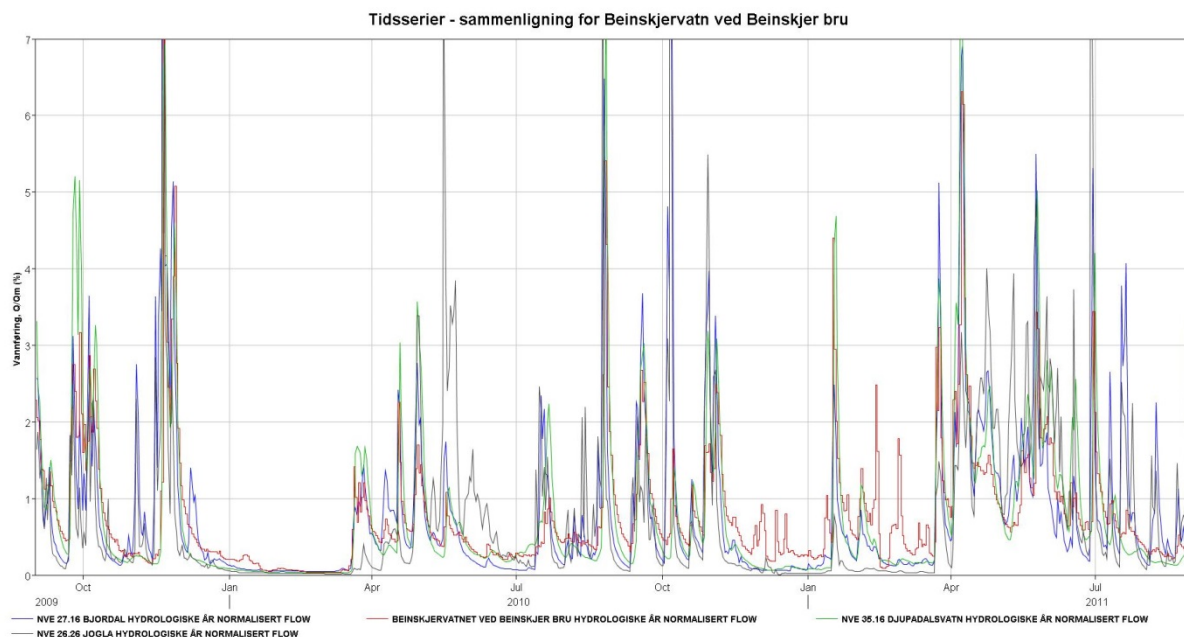
Figur 3-13 Varighetskurver - sammenligning for Hiafossen



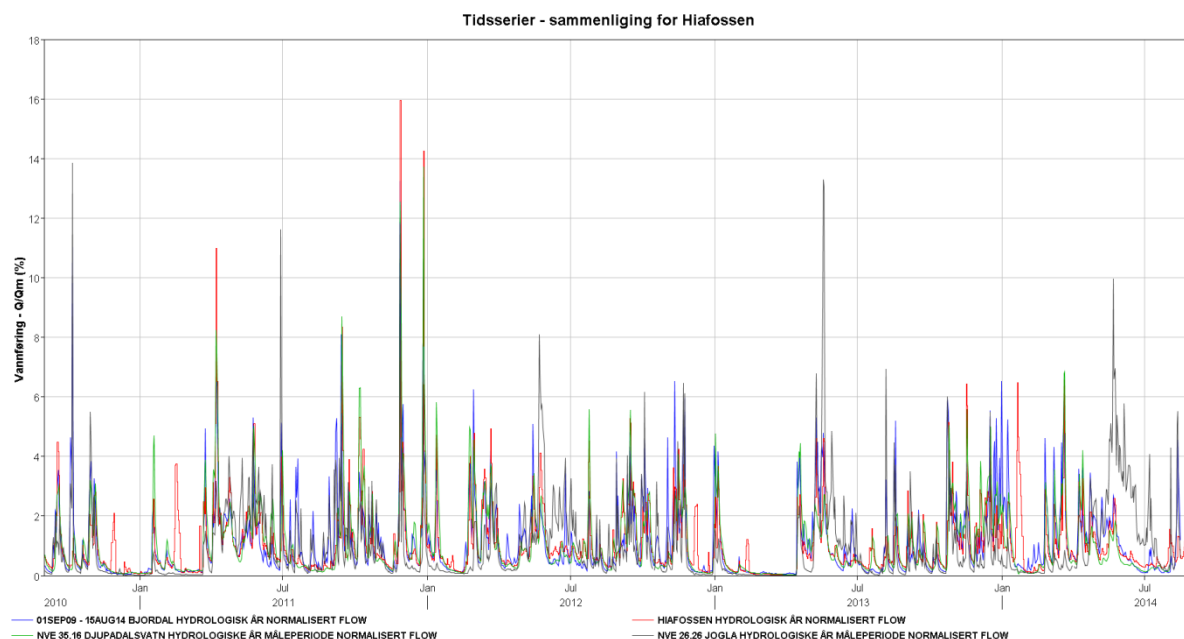
Figur 3-14 Tidsserier – sammenligning for Lyngsåna ved Nes



Figur 3-15 Tidsserier – sammenligning for Sandvatn



Figur 3-16 Tidsserier – sammenligning for Beinskjervatn



Figur 3-17 Tidsserier – sammenligning for Hiafossen

Figur 3-14 - Figur 3-17 viser hvordan måleseriene (varighetskurver og tidsserier) ved Sandvatn, Beinskjervatn, Lyngsåna ved Nes og Hiafossen samsvarer med måleserier for NVEs målestasjoner. Sammenligning av varighetskurver, viser hvordan en referansestasjon sammenfaller med en observert måleserie med tanke på produksjonstall (tilgjengelig vannmengde for produksjon). For Sandvatn er det ingen av NVEs målestasjoner som samsvarer bra, men måleserien til vannmerket 27.16 Bjordal, er det vannmerket som samsvarer best med måleserien til Sandvatn. Måleserien til vannmerket 27.16 Bjordal, er det vannmerket som samsvarer best med måleserien til Beinskjervatnet. Vannmerket 36.16

Djupadalsvatn er det vannmerket som samsvarer best med måleserien til Lyngsåna ved Nes og måleserien til Hiafossen.

Sammenligning av tidsserier, viser hvordan en referansestasjon sammenfaller med observert måleserie med tanke på avrenningsmønster (sammenfall av høye og lave vannføringer). For å illustrere hvilken referansestasjon som har best sammenfallende avrenningsmønster med en observert måleserie, er det gjort regresjonsanalyse. Resultatet er vist i Figur 3-18. Regresjonsanalysen viser at vannmerket 36.16 Djupadalsvatn er det vannmerket som har mest sammenfallende avrenningsmønster med måleseriene i området Sandvatn/Nes.



Figur 3-18 Regresjonsanalyse

4. Fordeling av vann mellom Ullestadåna og Lyngsåna

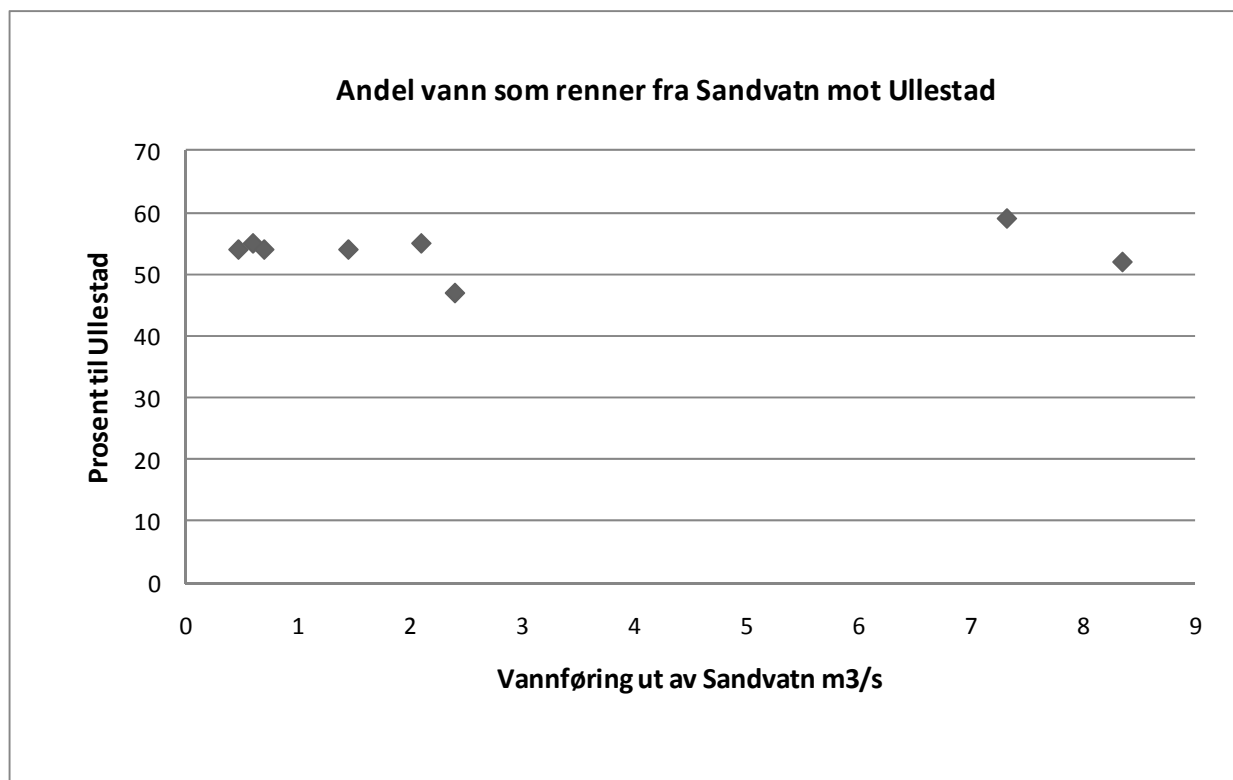
På bakgrunn av målingene som er gjort er det mulig å gi et estimat på fordelingen mellom vann som renner mot Ullestadåna og vann som renner mot Lyngsåna.

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 ³ /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 og Sandvassosen har tidsserier for logget vannstand som dekker to hydrologiske år (perioden 1.9 – 30.8). Nes (Lyngsåna) har tidsserie for logget vannstand som dekker fem hydrologiske år. Målestasjonen ved Hiafossen har tidsserie som er dekker fire hydrologiske år. Vannføringskurven for Hiafossen er noe usikker på lave vannføring og flomvannføring.

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 der det kun er to hydrologiske 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	Hiafossen
Fra	01.07.2009 13:00	19.06.2009 12:00	03.12.2008 13:00	21.04.2009 09:00	12.05.2010 10:00
Til	17.04.2012 18:00	10.10.2011 17:00	03.09.2014 18:00	16.08.2011 04:00	03.09.2014 16:00
Antall døgn	1021	843	1735	864	1584
Antall hydrologiske år	2	2	5	2	4

6. Anbefalinger for videre arbeid

6.1 Vannføringsmålinger

Det anbefales at det gjennomføres flere vannføringsmålinger ved Hiafossen slik at det kan etableres en sikrere vannføringskurve for dette målepunktet. Vannføringskurven har gyldighetsområde mellom 0,38 m³/s og 1,9 m³/s (Sweco, 2014). 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 m³/s. Det bør også gjøres en måling ved lavest mulig vannføring, og 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, 2014: Vannføringskurve for Hiafossen. Notat.

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.qislink.no>

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

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

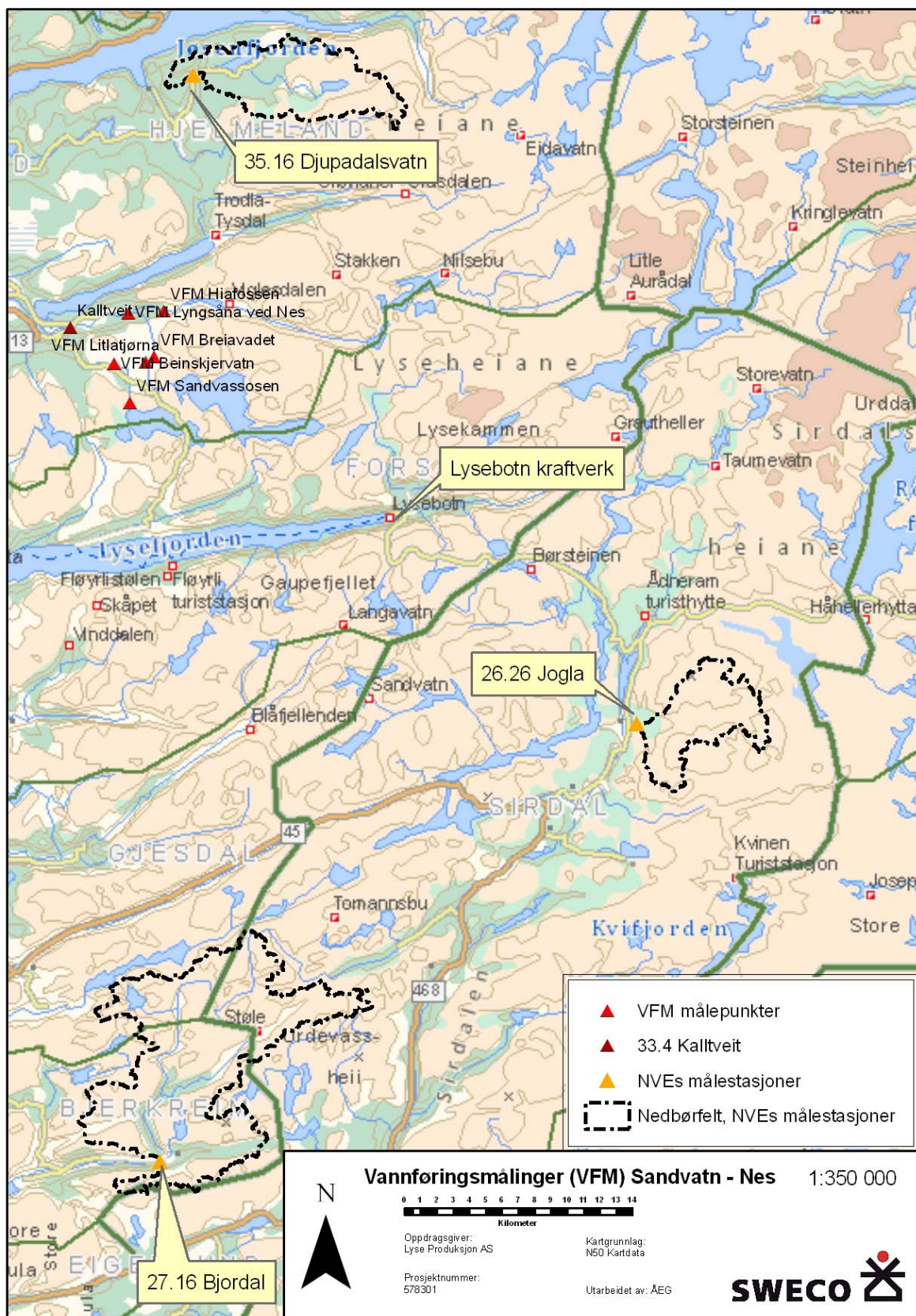
<http://www.rdinstruments.com>

<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



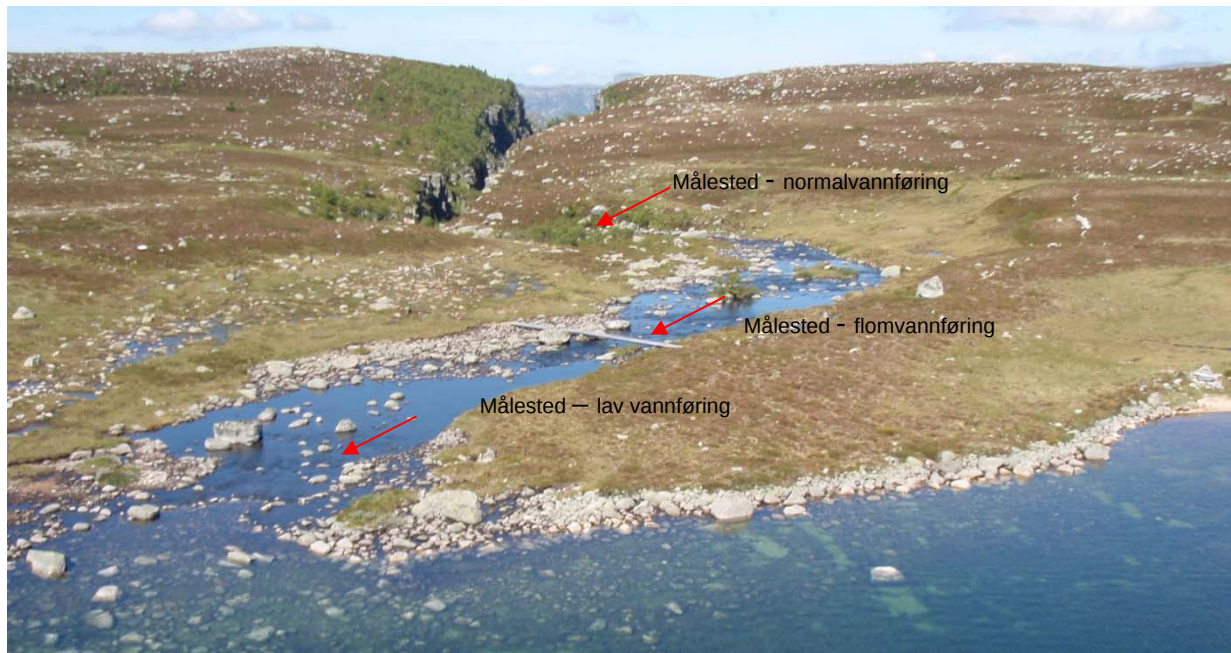
Flommåling november 2009

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

VEDLEGG 3 VANNFØRINGSKURVE – HIAFOSSEN

NOTAT

20.06.2014

Vannføringskurve for Hiafossen

Det er gjennomført tre målinger av Vannstand og Vannføring ved Hiafossen. Basert på disse målingene er det etablert ei vannføringskurve. Det må presiseres at tre målinger gir ei usikker kurve spesielt når en kommer utafor det området det er gjort målinger.

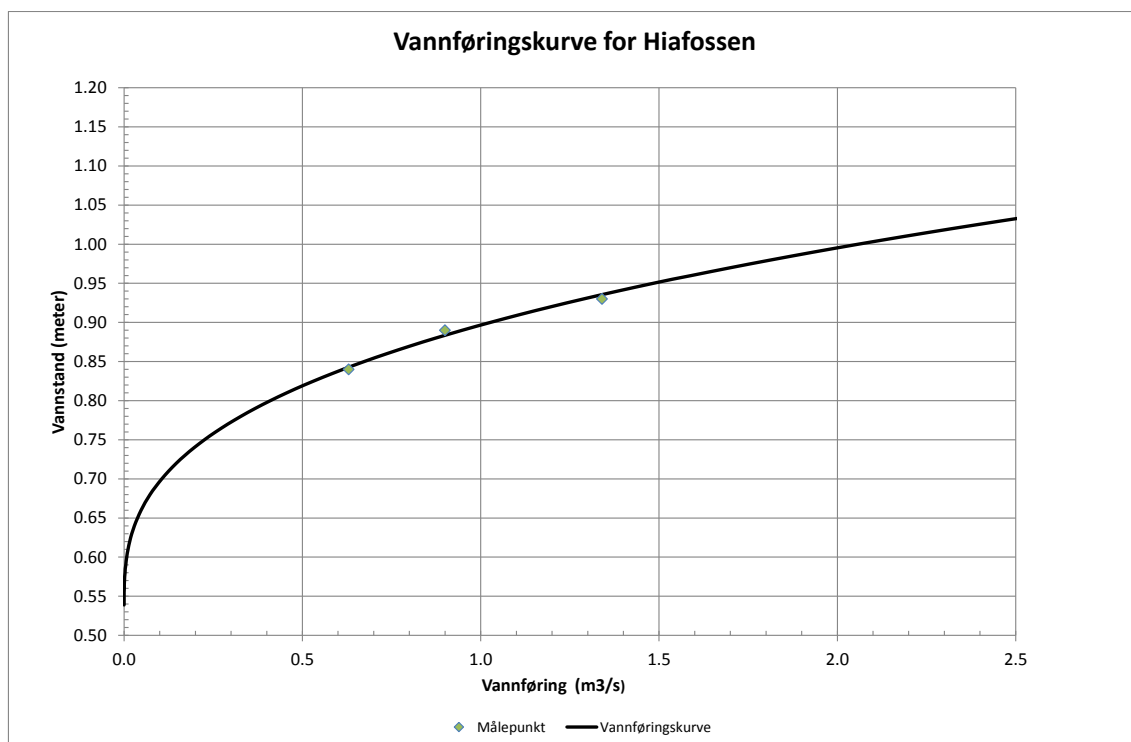
Tabellen nedenfor viser målingene som kurven baserer seg på.

Vannføring	Vasstand
m ³ /s	meter
0,63	0,84
0,90	0,89
1,34	0,93

Basert på disse målingene er det etablert ei vannføringskurve ved hjelp av programmet VFKURVE3. Kurven er vist i figuren nedenfor.

Kurven bør være relativt sikker innenfor området som er vist i tabellen nedenfor.

Gyldighetsområde	Vannføring	Vasstand
	m ³ /s	meter
Nedre gyldighetsområde	0,38	0,79
Øvre gyldighetsområde	1,9	1,00



Sweco Norge As

Kjetil Arne Vaskinn

Dr. ing Hydrologi og Hydraulikk