

# Kalkingsplan for Modalselva i Hordaland



# RAPPORT

**Hovedkontor**

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internett: [www.niva.no](http://www.niva.no)

**Sørlandsavdelingen**

Jon Lilletuns vei 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 37 04 45 13

**Østlandsavdelingen**

Sandvikaveien 59  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

**Vestlandsavdelingen**

Thormøhlensgate 53 D  
5006 Bergen  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 55 31 22 14

**NIVA Midt-Norge**

Pirsenteret, Havnegata 9  
Postboks 1266  
7462 Trondheim  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Kalkingsplan for Modalselva i Hordaland	Løpenr. (for bestilling) 6451-2012	Dato 3/12 2012
	Prosjektnr. Undernr. O-12240	Sider Pris 28
Forfatter(e) Tormod Haraldstad Åse Åtland Atle Hindar Richard F Wright	Fagområde Sur nedbør	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Hordaland	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Modalen kommune, Fylkesmannen i Hordaland	Oppdragsreferanse
---	-------------------

**Sammendrag**

Modalselva er i likhet med mange andre elver på Vestlandet, svært ionefattig og har dermed en forsuringsfølsom vannkvalitet. Vassdraget er i tillegg omfattende regulert for kraftproduksjon. Basert på det kjemiske overvåkingsprogrammet (Garmo og Skancke 2012) er vannkjemien i vassdraget dødelig for laks og i særdeleshet for laksesmolt. Med dagens vannkjemi vil ikke laks kunne fullføre sin livssyklus i Modalselva. Dette bruddet i laksens livssyklus begrenser oppbyggingen av en selvreproduserende laksebestand. Målet for kalkingsplanen er å foreslå tiltak for å bedre vannkjemien i vassdraget. Vi anbefaler å avgifte hovedelva ved å plassere en kalkdoserer ved Espeneset. For å øke områder med god vannkvalitet og begrense blandsoner nedstrøms dosereren vil vi anbefale bruk av kalkslurry fremfor kalksteinsmel. Dosereren tar høyde for at 20 % av nedbørfeltarealet er nedstrøms lokaliteten, men bør også styres etter vannføringen i sidedebørsfeltene ved hjelp av en vannføringsindikator i et representativt sidedebørsfelt. Vi anbefaler å etablere en tilleggsdoserer i Budalselva som driftes kontinuerlig under smoltutvandringsperioden og delvis gjennom året etter behov. Denne vil begrense utbredelsen av giftige blandsoner nedstrøms samløpet med Modalselva.

Fire norske emneord 1. Kalking 2. Laks 3. Forsuring 4.	Fire engelske emneord 1. Liming 2. Atlantic salmon 3. Acidification 4.
--	--



Åse Åtland  
Prosjektleder



Åse Åtland  
Forskningsleder



James D. Berg  
Forskningsdirektør

# **Kalkingsplan for Modalselva i Hordaland**

## Forord

NIVA mottok en forespørsel fra Modalen kommune gjennom Trond Arild Henriksen våren 2012. Basert på denne kontakten ble det den 1. juni 2012 inngått en avtale med kommunen om befaring av vassdraget som grunnlag for utarbeidelse av et tilbud på kalkingsplan. Denne befaringen ble gjennomført den 12. juni 2012 med følgende deltakere: Trond Arild Henriksen og Hallgeir Neset fra lokalt hold samt Tormod Haraldstad og Åse Åtland fra NIVA. Basert på dette arbeidet gav NIVA i slutten av juni et tilbud på utarbeidelse av kalkingsplan for lakseførende strekningen av Modalselva. Dette ble akseptert, og arbeidet startet opp umiddelbart etter sommerferien.

NIVA vil benytte anledningen til å takke Modalen kommune for oppdraget, og for et godt samarbeid i prosjektperioden.

Bergen, 03. desember 2012

*Åse Åtland*

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>5</b>
<b>1. Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2. Vassdragsbeskrivelse</b>	<b>7</b>
2.1 Generelt om vassdraget	7
2.2 Hydrologi	8
2.3 Vannkjemi	9
2.3.1 Framtidsscenarioer for forsurening	11
2.4 Biologisk status	12
<b>3. Mål for kalkingen</b>	<b>15</b>
3.1 Biologiske og vannkjemiske mål	15
3.2 Avsyringsmidler	16
3.3 Kostnader for ulike avsyringsmidler	17
3.4 Kostnader for etablering av anlegg	17
<b>4. Kalkingsstrategi for hovedelva</b>	<b>18</b>
4.1 Årlig kalkforbruk for en doserer i hovedelva	18
4.2 Plassering av hoveddoserer	18
4.2.1 Steinsland kraftverk	18
4.2.2 Sund mellom Steinslandsvann og Åbotnsvatnet	19
4.2.3 Straume	20
4.2.4 Området Espeneset- Åsen	22
<b>5. Supplerende tiltak</b>	<b>23</b>
5.1.1 Budalselva	23
<b>6. Anbefalinger</b>	<b>25</b>
<b>7. Litteratur</b>	<b>26</b>
<b>Vedlegg A. Skisse over mulig plassering i Steinslandsvatn kraftverk</b>	<b>27</b>
<b>Vedlegg B. Vannkjemi Budalselva, prøvetatt 25.10.2012</b>	<b>28</b>

---

## Sammendrag

Modalselva/Steinslandsvassdraget har et totalt nedbørfelt på 387,3 km<sup>2</sup>. Den spesifikke avrenningen for vassdraget er beregnet til 89 l/s/km<sup>2</sup>, og middelvannføring ved utløpet i sjøen er 34,4m<sup>3</sup>/s. Modalsvassdraget er regulert til kraftproduksjon gjennom flere utbyggingstrinn, og det er i dag flere kraftverk i anadrom strekning.

Modalselva er en svært ionefattig og forsuringfølsom vannkvalitet. Dette er typisk for elver på Vestlandet. Vannkvaliteten i Modalselva har de senere årene blitt bedre, med en gradvis økning av pH fra 5,2-5,5 på 1980-tallet til rundt pH 5,7-5,9 siste halvdel av 2000-tallet (Garmo og Skancke 2012). I 2011 falt imidlertid årsmiddel-pH noe (5,84). Det skyldes trolig de store nedbørmengdene og sjøsaltepisoder dette året. Labilt aluminium (LAl) representerer de formene for aluminium som er giftigst for fisk og andre gjellelevende organismer. I 1993 ble det registrert flere enkeltprøver med LAl-verdi > 100 µg/L i Modalselva. Etter 2005 har maksimumsverdien vært 31 µg/L. Modalselva har på bakgrunn av disse målingene en tilstandsklasse «dårlig/svært dårlig» for både ANC, pH og giftig aluminium i henhold til kriterier gitt i klassifiseringssystem for miljøtilstand i ferskvann.

Tilførselene av sur nedbør har gått ned mer enn 80 % fra topp årene og er fremdeles avtagende. Likevel vil en ytterligere gevinst for forsuringstilstanden være marginal (Wright et al. 2011). Framtidig årsmiddel konsentrasjoner av sulfat kan gå noe ned, men neppe mer enn 1-3 µekv/l. Det betyr at fremtidig ANC, pH og labilt Al ikke vil bli vesentlig bedre enn i dag. Forsuringstilstanden i Modalselva vil bli dominert av år-til-år og sesong variasjoner, forårsaket av ekstreme hendelser som stormer med sjøsalt deposisjon (som i 2011, Garmo og Schanke 2012). Elven er forsuringfølsom, og vil alltid ligge nær grensen for akseptabel vannkjemi.

Vannkjemien i Modalselva er i dag for dårlig til å opprettholde en selvreproduserende laksebestand. Kravet til vannkvalitet hos laks varierer gjennom ulike stadier av livet. Parrstadiet er det mest robuste, mens smoltifiseringsperioden er den mest utsatte perioden (Kroglund et al. 2008). Med andre ord kan noen stadier av laks overleve i Modalselva. Gytefisk kan vandre opp i elva og gyte. Rogn kan klekke og yngel og parr kan overleve i år med gunstige forhold. Undersøkelser av eggoverlevelse (84 %) og ungfiskregistreringer viser også dette (Gabrielsen et al. 2011). Det er laksunger i Modalselva, men tettheten er lav. Om våren er vannkjemien i Modalselva så dårlig at den forringer smoltkvaliteten og er periodevis dødelig for smolt.

Vi anbefaler å avgifte hovedelva ved å plassere en kalkdoserer ved Espeneset. For å øke områder med god vannkvalitet og begrense blandsoner nedstrøms dosereren vil vi anbefale bruk av kalkslurry fremfor kalksteinsmel i denne dosereren. Ved dette alternativet vil dosereren bli plassert omtrent 12 km fra utløpet, og om lag 20 % av nedbørfeltarealet vil være nedstrøms dosereren. Doseberegningen må ta høyde for dette. Doseringen bør også styres etter vannføringen i sidedebørsfeltene. Vi anbefaler derfor at det etableres en vannføringsindikator i et representativt sidedebørsfelt.

Vi vil anbefale å etablere en silikat eventuelt kalkslurrydoserer i Budalselva som driftes kontinuerlig under smoltutvandringperioden og delvis gjennom året etter behov. Denne vil begrense utbredelsen av giftige blandsoner nedstrøms samløpet med Modalselva.

# 1. Innledning

Sur nedbør har blitt kraftig redusert de siste 30 årene takket være internasjonale avtaler om utslippsreduksjoner av svovel og nitrogen (Klif 2010). Det er likevel områder av Norge som fremdeles mottar mer sur nedbør enn det innsjøene og vassdragene tåler. Disse områdene vil forbli kritisk påvirket lenge.

Lokale avsyringstiltak kan bidra til å redusere de negative effektene av sur nedbør i elver og innsjøer. Tiltak kan være bruk av kalk eller silikat. Når tiltak iverksettes, er målet å forbedre den økologiske tilstanden, men det er ofte reetablering av fisk som er den primære drivkraften.

Vannkvaliteten er tilfredsstillende når utbredelsen av og populasjonsdynamikken til de enkelte forsuringfølsomme artene ikke lenger er begrenset av vannkjemien. Når forsuringen har avtatt så mye at dette inntreffer, er tiltak ikke lenger nødvendig og kan avvikles. Samtidig som at enkelte kalkingstiltak kan avvikles i deler av landet som følge av redusert sur nedbør (Austnes og Kroglund 2010; Hindar 2011a), må tiltakene opprettholdes og optimaliseres i mer forsuringfølsomme områder. Vannkvalitetskravet til laks og aure er godt dokumentert (Hesthagen et al. 2008; Kroglund et al. 2008) og angitt i vannforskriften (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009).

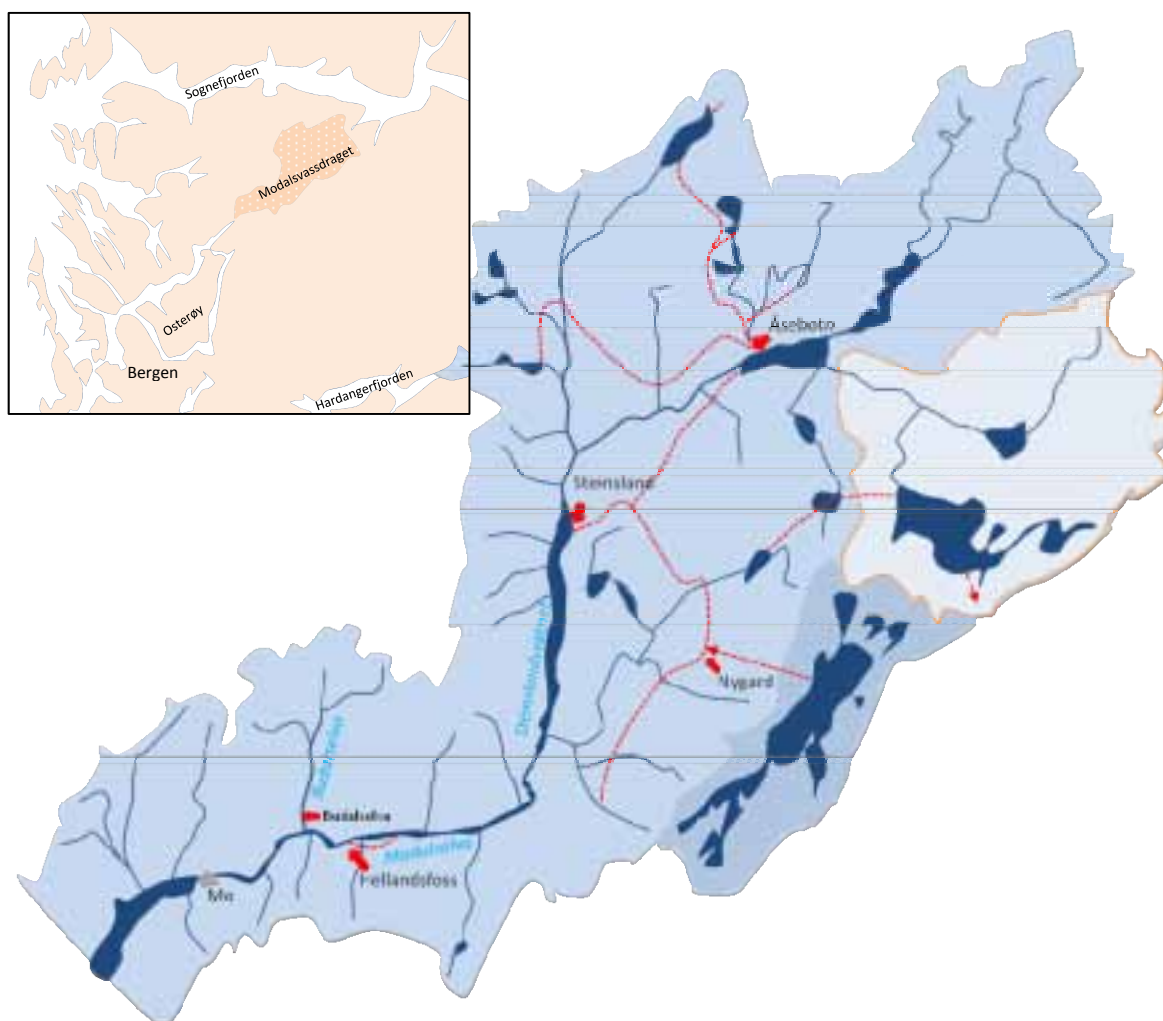
Modalselva er i likhet med mange andre elver på Vestlandet, svært ionefattig og dermed en forsuringfølsom vannkvalitet. Vassdraget er i tillegg omfattende regulert for kraftproduksjon. Vannkvaliteten i Modalselva har de senere årene blitt bedre som følge av redusert tilførsel av langtransportert forurensing. Tilførsel av sur nedbør (først og fremst svovel) vil fortsetter å gå ned i årene som kommer. Ettersom tilførselen allerede har gått ned med mer enn 80 % fra toppårene, er ytterlige gevinst for forsuringstilstanden bare marginal (Wright et al. 2011). Til tross for surt vann, vandrer det laks opp i Modalselva for å gyte og det har de siste årene vært registrert laksunger (Bjerknes et al. 2007, Gabrielsen et al 2011 ). Basert på det kjemiske overvåkingsprogrammet (Garmo and Skancke 2012) er vannkjemien i vassdraget fortsatt dødelig for laks og i særdeleshet for laksesmolt. Med dagens vannkjemie vil ikke laks kunne fullføre sin livssyklus i Modalselva. Dette bruddet i laksens livssyklus begrenser oppbyggingen av en selvreproduserende laksebestand i Modalselva. Dagens laksefangst er sannsynligvis feilvandret laks fra andre elver i regionen og rømt oppdrettslaks.

Kalking av Modalselva vil kunne øke overlevelsen fra egg til smolt og bidra til en oppbygging av en selvreproduserende laksestamme.

## 2. Vassdragsbeskrivelse

### 2.1 Generelt om vassdraget

Modalselva ligger i Modalen kommune i Hordaland fylke. De nordlige delene av vassdraget ligger i Vik og Høyanger kommuner i Sogn og Fjordane. Modalsvassdraget har sitt utspring 1200-1300 meter over havet i Stølsheimen. Elva er 46,3 km lang med et nedbørsfelt på 387,3 km<sup>2</sup>. Elva renner ut i Mofjorden som er en sidegren til Osterfjorden. Det er flere innsjøer i nedbørsfeltet blant annet Steinslandsvann. Vannet ligger 120 moh og har et overflateareal på 2,3km<sup>2</sup>. Vassdraget ligger i et marint klimaområde med svært høy årsnormal for nedbør. Det kan i perioder være høy vannføring sommerstid på grunn av kaldt vær på våren og sen snøsmelting. Berggrunnen er preget av harde gneisbegarter. Marin grense er på 52moh ved nedre Helland. Løsmassene er dominert av breelavsetninger, flere av disse avsetningene tas ut ved gruvedrift.



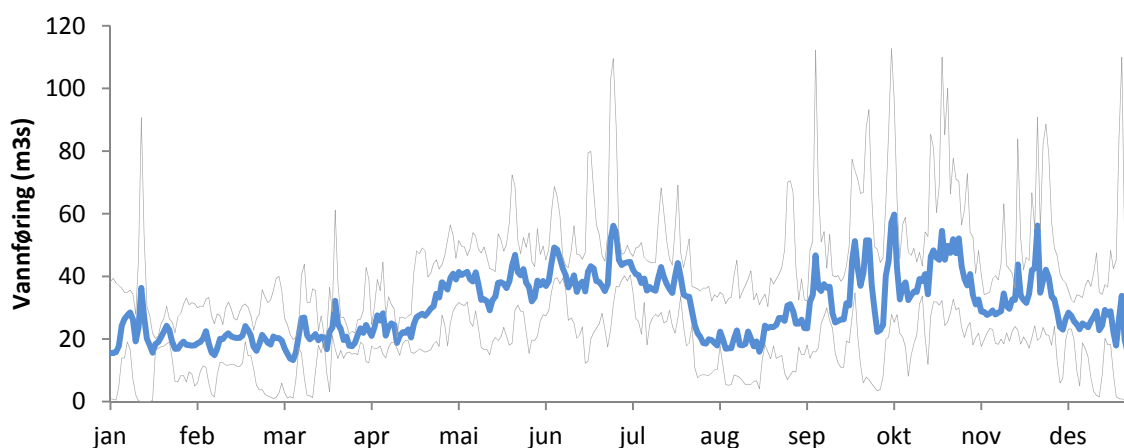
**Figur 1.** Modalsvassdraget med geografisk beliggenhet. Nedbørsfelt til Modalselva med innsjøer, sidebekker, kraftverk og tunelloverføring av vann. Vann fra de østlige deler av vassdraget blir overført til nabovassdraget.



## 2.2 Hydrologi

Modalselva/Steinslandsvassdraget har et totalt nedbørfelt på 387,3 km<sup>2</sup>. Den spesifikke avrenningen for vassdraget er beregnet til 89 l/s/km<sup>2</sup>, og middelvannføring ved utløpet i sjøen er 34,4m<sup>3</sup>/s. Total årsavrenning er 1082 mill. m<sup>3</sup>/år. Den spesifikke avrenningen er noe høyere i de høyereliggende fjellområdene. «Nedbørfeltet» til Steinsland kraftverk har en spesifikk avrenning på 95 l/s/km<sup>2</sup> mens den spesifikke avrenningen til de nedenforliggende feltene er på 80 l/s/km<sup>2</sup>.

Vannføringen i Modalselva vil variere gjennom året og mellom år. Basert på vannføring de fire siste årene ligger vannføringen på i område 20 m<sup>3</sup>/s gjennom vinteren og sensommeren (**Figur 2**). Vårflommen inntreffer fra mai til juli og vil hovedsakelig være bestemt av snøsmeltingen i Stølsheimen. Vårflommen er likevel noe avflatet og strekker seg over en lengre periode på grunn av kraftproduksjon. Høstvannføringen er relativt høy. Det er i denne perioden de største flomtoppene inntreffer, i forbindelse med store nedbørmengder. Høy temperatur om vinteren vil også kunne gi flomtopper i denne perioden.



**Figur 2.** Gjennomsnittlig vannføring (m<sup>3</sup>/s) i Modalselva 2008-2012 med minimums og maksimums verdier (grå). Data er hentet fra NVE vannføringsstasjon 64.5 øvre Helland.

Modalsvassdraget er regulert gjennom flere utbyggingstrinn. Holskardvatnet ble overført fra Modalsvassdraget til Evanger kraftverk i Vossovassdraget i 1975 og Skjerjevattn er i senere tid blitt overført til Modalsvassdraget. Størstedelen av delfeltet til Holskardvatnet ligger i fyllitt-feltet og bidro med godt bufret vann til Modalselva tidligere. Til tross for at Skjerjevattn i likhet med Holskardvatn, grenser opp mot fyllitt-feltet, har vannet en naturlig sur vannkvalitet (Fjellheim og Raddum 2003). Overføringen av Skjerjevattn til Modalselva og Holskardvatn til Evanger har derfor til sammen bidratt til en negativ påvirkning av vannkvaliteten i Modalselva i forsurende retning (Bjerknes et al. 2007). Hvor stor effekten denne overføringen har på vannkjemien i lakseførende strekning er ikke estimert i denne rapporten. Vi må likevel anta at en «byttning» av felter på i område 10 % av nedbørfeltet så høyt opp i nedbørfeltet ikke har vært avgjørende for om Modalselva skal kalkes eller ikke.

Vassdraget har i dag fem kraftverk der fire drives av BKK. Innerst i Modalen ligger Steinsland kraftverk, som er det største av BKKs kraftverk i Modalen. Vannsamlingen til kraftverket skjer hovedsakelig ved hjelp av to overføringstuneller. En i nord og vest, med Stølsvatnet som sentralt magasin, og en i sør som leder bekker inn på driftstunnelen. Dette gir et nedbørsfelt på 202,3 km<sup>2</sup> og en midlere årsproduksjon på 768GWh (BKK nettside). Utløpet fra kraftverket renner ut i Steinslandsvatnet som er permanent senket 1 m i forhold til opprinnelig vannstand.

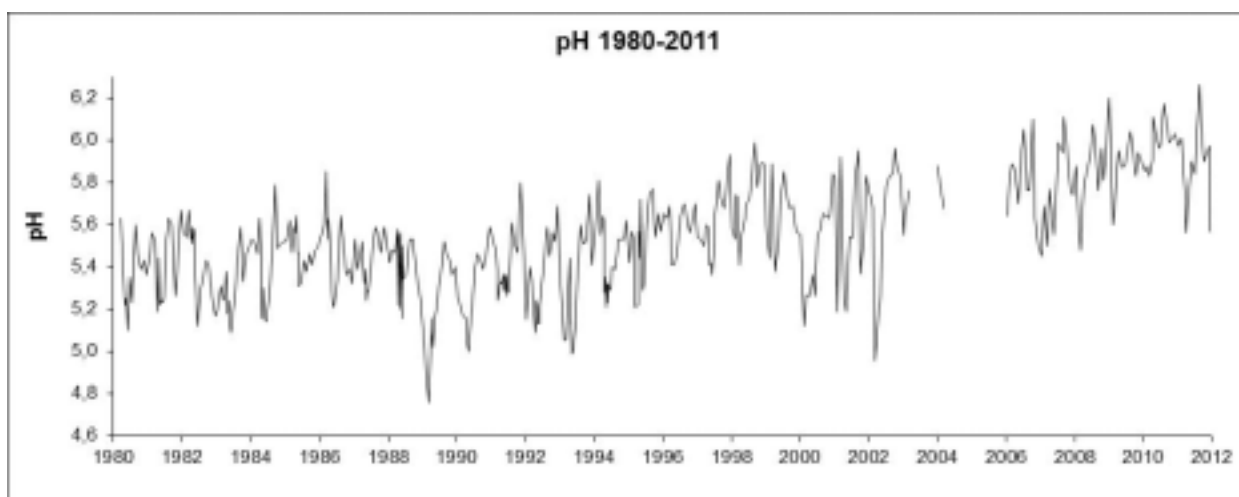
Hellandsfoss er et elvekraftverk som ligger i lakseførende strekning. Inntaket til kraftverket ligger på Almelid. Her er det ingen magasinering av vann, men vannstanden ved inntaket blir regulert ved hjelp av en vannfylt gummiluke. Mellom inntaket og kraftverket er det en minstevannføring på 1,5km. Vannføringen her vil delvis være styrt av driften av Hellandsfoss kraftverk. Det er gjennom konsesjonene fastsatt minstevannføring på minimum 2,2 m<sup>3</sup>/s i perioden 1.10- 15.04, minimum 3 m<sup>3</sup>/s til 15.07 og minimum 5 m<sup>3</sup>/s i tidsrommet 16.07 til 30.10 (Gabrielsen et al 2011).

## 2.3 Vannkjemi

Modalselva er en svært ionefattig og forsuringsfølsom vannkvalitet. Dette er typisk for elver på Vestlandet. I disse vassdragene er naturens tålegrense for forsurening også svært lav ettersom kalsiumverdiene er lave (< 0,5 mg/L). Modalselva inngikk i Statlig program for forurensningsovervåking (1980-2003 KLIF, 2003- FMH) og har vært overvåket siden 1980 (Garmo and Skancke 2012). Tidsserien er lang, men prøvetakingsfrekvensen har variert og det har også vært år uten prøvetaking.

Vannkvaliteten i Modalselva har de senere årene blitt bedre, med en gradvis økning av pH fra 5,2-5,5 på 1980-tallet til rundt pH 5,7-5,9 siste halvdel av 2000-tallet (Garmo and Skancke 2012). Økningen i pH indikerer en gradvis redusert påvirkning fra sur nedbør (tilførsel av langtransportert forurensning). Årsmiddelverdien for pH økte hvert år mellom 2007 og 2010 (5,7-6,0), og i 2010 ble den hittil høyeste årsmiddelverdien i måleserien registrert. I 2011 falt imidlertid årsmiddel-pH noe (5,84). Det skyldes trolig de store nedbørmengdene og sjøsaltepisoder dette året.

ANC er et mål på vannets evne til å bufre tilførsel av syre og beregnes som differansen mellom summen av sterke basekationer og summen av sterke syreanioner. Det har vært en øking av ANC i Modalselva siden starten av 80-tallet (Garmo and Skancke 2012). Fra negative årsmiddelverdier ned mot -17µekv/L til nivåer >10 µekv/L på 2000 tallet. Verdiene svinger noe men årsmiddelverdiene har de siste fire årene ligget i området 10-13 µekv/L. Alle enkeltprøver de to siste årene har hatt positive verdier for syrenøytraliserende kapasitet (ANC).



**Figur 3.** Alle enkeltobservasjoner av pH for perioden 1980-2011 (Garmo og Skancke2012).

Labilt aluminium (LAl) representerer de formene for aluminium som er giftigst for fisk og andre gjellelevende organismer. Maksimumskonsentrasjonene av labilt aluminium er i dag mye lavere enn

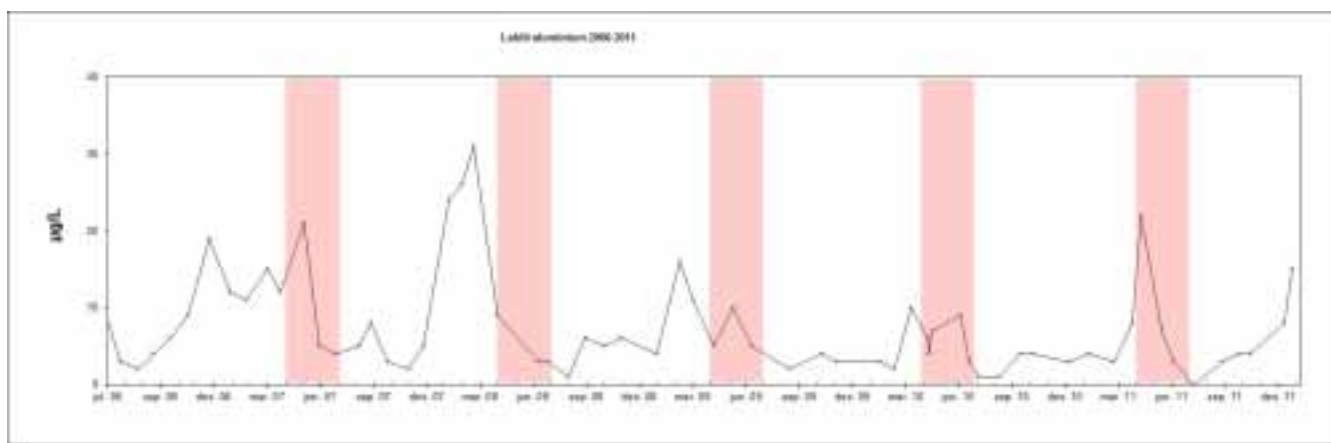
på 1980- og 1990-tallet selv om verdiene fortsatt svinger noe fra år til år. Løseligheten av aluminium er kontrollert av pH, slik at når pH øker vil LAI avta. Som vist over, har pH økt gjennom måleperioden samtidig har maksimalverdien for LAI er blitt redusert. I 1993 ble det registrert flere enkeltprøver med LAI-verdi > 100 µg/L i Modalselva. Etter 2005 har maksimumsverdien vært 31 µg/L.

Det er vist at smolt som er eksponert til LAI-konsentrasjoner helt ned mot 5 µg/l kan ha en redusert sjøoverlevelse på 25-50 % (Kroglund et al. 2007). Det er derfor i perioden for smoltutvandringen om våren fisken er mest utsatt. Topper i LAI konsentrasjon ser i flere år ut til å sammenfalle med smoltutvandringsperioden og være på nivåer over 5 µg/l (**Figur 4**).

Konsentrasjonene av LAI kan i noen tilfeller ligge under deteksjonsgrensen ved en kjemisk analyse av vannprøver. Konsentrasjonen av LAI er i størrelsesordenen åtte ganger høyere på en fiskegjelle enn i elvevannet. Dette gjør analyser av fiskegjeller til et svært egnet analyseverktøy. Konsentrasjonen av aluminium på gjeller til ungfisk i Modalselva har vært undersøkt i perioden 1997-2006 (Bjerknes et al. 2007). De gjennomsnittlige verdiene av giftig aluminium på fiskegjellene prøvetatt om høsten i hovedløpet til Modalselva viser verdier fra 85-286 µg Al/g tørrvekt gjelle. Tilsvarende prøver av smolt om våren viser verdier på 820 µg Al/g tørrvekt gjelle i 2005 og 230 µg Al/g tørrvekt gjelle i 2006. Undersøkelsene viser samtidig en reduksjon av gjellealuminium i perioden. Verdiene er likevel så høye at de vil gi en forringet smoltkvalitet og lavere sjøoverlevelse til smolt (Kroglund et al. 2007).

Modalselva har på bakgrunn av disse målingene en tilstandsklasse «dårlig/svært dårlig» for både ANC, pH og giftig aluminium i henhold til kriterier gitt i klassifiseringssystem for miljøtilstand i ferskvann (**Tabell 1**, Direktoratets gruppa Vanndirektivet 2009). Vannkjemien er i dag for dårlig til å opprettholde en levedyktig laksebestand. Titreringskurve som beskriver nødvendig tilsetning av kalk (som CaCO<sub>3</sub>) for å nå ulike pH-mål er vist i **Figur 5**.

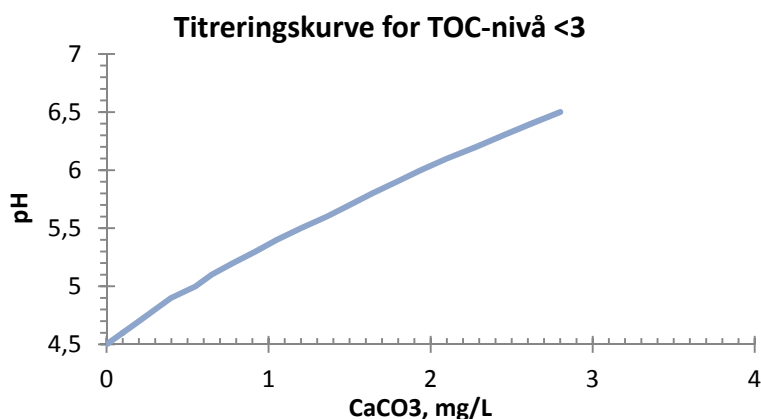
Selv om vannkjemien i Modalselva er noe forbedret de siste årene kan tilførsel av sjøsalter føre til episoder med dårlig vannkvalitet (Garmo and Skancke 2012). Sjøsaltepisoder oppstår når kraftige stormer bringer store mengder sjøsalter inn over land. I nedbørfeltet til Modalen kan dette føre til at natrium i sjøsaltet bytter ut H<sup>+</sup> ioner og Al<sup>3+</sup> ioner slik at disse vaskes ut sammen med klorid. Sjøsaltepisoder i forsurede områder kjennetegnes av øking i klorid, fall i pH og ANC samt øking av LAI. I områder som ikke er forsuret vil det være de «ufarlige» ionene til kalsium og magnesium som byttes ut med natrium. Modalselva er tidvis utsatt for sjøsaltepisoder med etterfølgende episoder med dårlig vannkvalitet.



**Figur 4.** Enkeltobservasjoner av labilt aluminium (LAI) for perioden 2006-2011 (Garmo og Skancke 2012). Røde områder illustrer antatte smoltutvandringsperioder de ulike årene.

**Tabell 1.** Kritisk grense for pH, uorganisk aluminium (Al) og ANC for lakseparrr og laksesmolt i ferskvann (F) og sjøvann (S) (Direktoratsgruppa Vanndirektivet 2009).

Stadium	Parameter	Enhet	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Parrr (F)	pH		>5,9	5,9-5,6	5,6-5,2	5,2-4,8	<4,8
Parrr (F)	Al	µg/L	<10	10-20	20-30	30-60	>60
Parrr (F)	ANC	µekv/L	>50	50-30	30-10	10-0	<0
Smolt (F)	pH		>6,4	6,4-6,2	6,2-5,8	5,8-5,5	<5,5
Smolt (F)	Al	µg/L	<5	5-10	10-20	20-40	>40
Smolt (F)	ANC	µekv/L	>50	50-40	40-20	20-10	<10
Smolt (S)	pH		>6,4	6,4-6,2	6,2-6,0	6,0-5,8	<5,8
Smolt (S)	Al	µg/L	<5	5-10	10-15	15-20	>20
Smolt (S)	ANC	µekv/L	>50	50-40	40-20	20-10	<10



**Figur 5.** Titreringskurve for TOC-nivå <3 mg/l, gir CaCO<sub>3</sub> behov (mg/L) ved ulik pH

### 2.3.1 Framtidsscenarier for forsurening

Tilførsler av sur nedbør (S og N) har gått betydelig ned siden 1980-årene. Dette har gitt klare forbedringer i forurensingssituasjon for Modalselva (Garmo and Skancke 2012). Reduksjon i tilførsler er en følge av redusert utslipp av S og N i Europa, som igjen har kommet i stand gjennom internasjonale forhandlinger i regi av UN-ECE (Economic Council for Europe) Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution ([www.unece.org/env/lrtap/](http://www.unece.org/env/lrtap/)). Göteborg-protokollen av 1999 er den siste bindende avtale, og var oppfylt i 2010. S utslipp i Europa har gått ned med ca. 80 % i perioden 1990 til 2010. LRTAP konvensjonen har nylig (mai 2012) vedtatt en ny protokoll (kalt «revidert Göteborg protokoll») som innebærer ytterligere reduksjoner i S og N utslipp til luft i Europa frem til 2020.

For Norges del betyr dette at tilførsel av sur nedbør (først og fremst svovel) vil fortsette å gå ned i årene som kommer. Ettersom tilførselen allerede har gått ned mer enn 80 % fra topp årene, er ytterligere gevinst for forurensningstilstanden bare være marginal. (Se (Wright et al. 2011) for to norske eksempler).

Modalselva har allerede nådd bakgrunnsnivå for ikke-marint (Garmo and Skancke 2012). Fremtidig årsmiddel konsentrasjoner av sulfat kan gå ned litt, men neppe mer enn 1-3 µekv/l. Det betyr at fremtidig ANC, pH og labilt Al vil heller ikke bli vesentlig bedre enn i dag.

Forsuringstilstanden i Modalselva i fremtiden vil bli dominert av år-til-år og sesong variasjoner, forårsaket av ekstreme hendelser som stormer med sjøsalt deponisjon (som i 2011, Garmo og Schanke 2012). Elven er forsuringfølsom, og vil alltid ligge nær grensen for akseptabel vannkjemi.

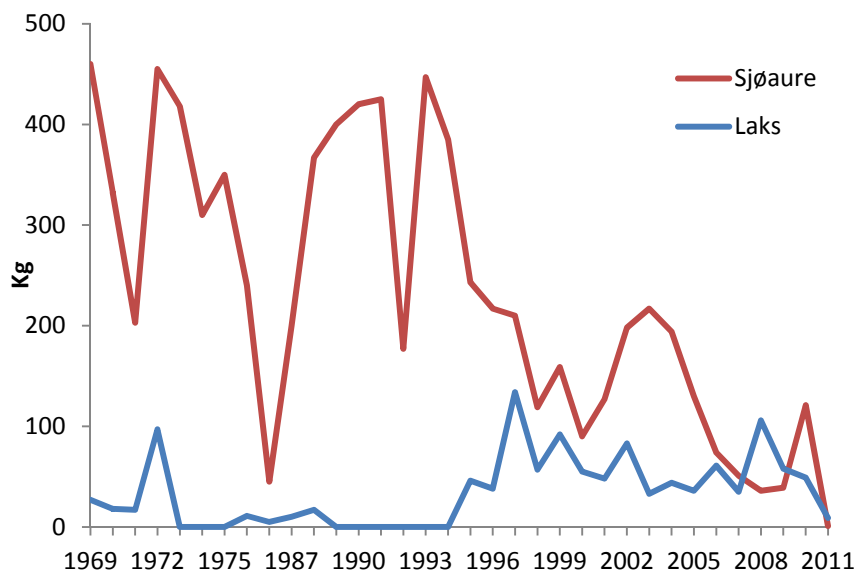
## 2.4 Biologisk status

### Anadrom fisk

Laks og sjøaure var blant de første fiskeartene som vandret inn i vassdragene på Vestlandet etter siste istid. Laksen vandrer opp i sin fødeelv for å gyte. Bare de best tilpassede individene overlever og klarer å overføre arvematerialet til neste generasjon. Over tid kan det dermed utvikle seg ulike bestander i de ulike elvene, som er spesielt tilpasset miljøforholdene i det vassdraget de lever. En slik bestand utviklet seg i Modalselva gjennom 10 000 år. I dag er laksebestandens tilstand definert som kritisk eller tapt i hele vassdraget (Lakseregisteret). Tilstanden til sjøaure beskrives som redusert. Det er hovedsakelig pga forsuring, men også lakselus og påvirkning fra rømt oppdrettslaks har en negativ effekt på bestanden. For sjøaure er vassdragsregulering og forsuring med å bestemme kategori plassering. Lakselus har en negativ effekt på bestanden, men er ikke bestemmende for kategori plasseringen.

Vannkjemien i Modalselva er i dag for dårlig til å opprettholde en selvreproduserende laksebestand. Kravet til vannkvalitet hos laks varierer gjennom ulike stadier av livet. Parrstadiet er det mest robuste, mens smoltifiseringsperioden er den mest utsatte perioden (Kroglund et al. 2008). Med andre ord kan noen stadier av laks overleve i Modalselva. Gytefisk kan vandre opp i elva og gyte. Rogn kan klekke og yngel og parr kan overleve i år med gunstige forhold. Undersøkelser av eggoverlevelse (84 %) og ungfiskregistreringer viser også dette (Gabrielsen et al. 2011). Det er laksunger i Modalselva, men tetthet er lav. Om våren er vannkjemien i Modalselva så dårlig at den forringer smoltkvaliteten og er periodevis dødelig for smolt.

Ikke all laks vandrer opp i sin fødeelv. Undersøkelser fra Imsa dokumenterer feilvandring på rundt 6 %, der hovedandelen (80 %) feilvandret til naboelver innen 60 km fra fødeelva (Jonsson et al. 2003). Dette er antagelig en mekanisme for å rekolonisere nye elver. Laks eksponert for giftig aluminium under smoltutvandringen ser ut til å feilvandre mer en ubelastet smolt (Hansen et al. 1997). Laksefangstene i Modalselva er antagelig feilvandret laks fra andre elver i regionen samt rømt oppdrettslaks. Laksefangstene under sportsfiske har ligget rundt 50 kg per år fra 1996-2011 (**Figur 6**). Uni Miljø har gjennomført gytefisktelling i elva siden 1999 (Gabrielsen et al. 2011). Antall villaks i gytefisktellingene har vært lav i hele undersøkelsesperioden (2-50 individer) og innslaget av oppdrettslaks har vært høy (>30 %). Antallet sjøaure er betydelig høyere (148-889), men likevel lavere enn det som antas å være nødvendig for å sikre en fullverdig rekruttering. Kalking av Modalselva vil kunne øke overlevelsen fra egg til smolt og bidra til å øke gytebestanden. Gytebestandsmålet for Modalselva er satt til 598 kg hunnlaks (Anon 2010).



**Figur 6.** Årlig laks og sjøaurefangst i Modalselva (kg) fra 1969 til 2011

Hvis vannkjemien i Modalselva bedres, finnes flere strategier for reetablering av en ny laksestamme. Feilvandrende laks vil antagelig være nok til å reetablere en bestand i elva (jf. Reetableringen av laks i Mandalselva, (Hesthagen 2010)). Problemet med denne strategien er at det store innslaget av rømt oppdrettslaks i Osterfjordsystemet kan gi en uforholdsmessig stor andel oppdrettsgener i den nye bestanden. Et annet alternativ er utlegging av rogn, utsetting av laksunger og smolt fra laksestammer i regionen og på denne måten styre reetableringen av laks. Disse vil antagelig ha bedre forutsetninger for å tilpasse seg forholdene i Modalselva (jf. Reetableringen av laks i Tovdalselva med Storelva stammen (Hesthagen 2010)).

Produksjonspotensialet i Modalselva er i dag langt fra oppfylt. Basert på vannlinje fra økonomisk kart (minus registrerte tørrfallsområder) og forventet smoltproduksjon fra liknende elver (5-10 smolt per 100m<sup>2</sup>) har UniMiljø beregnet en samlet smoltproduksjon i Budalselva og Modalselva nedstrøms Hellandsfoss på mellom 17 700- 35 400 smolt årlig (Bjerknes et al. 2007). Gitt en sjøoverlevelse på 1-2 % med en gjennomsnittsvekt på 3kg gir dette et innsig av gytelaks på 530-2124 kg til Modalselva.

Ved Hellandsfoss kraftverk i Modalen ble det bygget en laksetrapp i 1983, dette forlenget lakseførende strekking opp til Almelidfoss. I denne trappa har det i gjennomsnitt vandret 30 sjøaurer årlig (Gabrielsen et al. 2011). En ny fisketrapp ved Almelid ble bygget i 1993 for ytterligere å forlenge den lakseførende strekningen. Det er ikke registrert laksefisk i denne trappa, og det arbeides med en justering av begge trappene for å bedre oppgangen (Gabrielsen et al. 2011). Om disse tiltakene lykkes vil laks og sjøaure kunne utnytte gytemulighetene i elva opp mot Steinslandsvatn. Dette er et elvestrekk på 8-9 km. Til sammenlikning er elvestrekket nedstrøms Hellandsfoss omtrent 6 km langt. Beregninger fra Uni Miljø anslår en økning av produksjonsareal på hele 206 % (Gabrielsen et al. 2011). Smoltproduksjonen og innsig av gytelaks kan likevel ikke direkte overføres fra beregningene nedstrøms Hellandsfoss. Det er påvist både laks og sjøaure i laksetrappa men hvor godt denne trappa vil fungere i fremtiden er likevel usikkert.

Selv om laks og sjøaure vandrer opp laksetrappa og gyter i områdene oppstrøms Hellandsfoss skal smolten vandre nedover elva etter noen år. Smolten følger hovedstrømmen nedover elva og mye smolt vil vandre inn i vanninntaket ved Almelid. Det er vist at en andel av smolten som passerer en kaplanturbin dør momentant. I tillegg beregnes en forsinket dødelighet på om lag 30 % som følge av turbin passeringen (Kroglund et al. 2011). I Hellandsfoss er det montert en francis turbin. Det beregnes

noe høyere dødelighet i denne enn ved en kaplan. Forsøk fra Fosstveit kraftverk i Storelva viser at en riktig plassering av et sideløp og 5cm lysåpning på varegrinda ved turbininntaket vil kunne få om lag 70-80 % av smolten til å vandre utenom kraftverksinntaket og ut i minstevannføringen (Kroglund et al. 2011). Det bør likevel påpekes av plasseringen av sideløpet og vannmengde er avgjørende for suksess, og at dette vil variere fra lokalitet til lokalitet. I det nevnte eksempelet gikk en fra 1-70 % smolt ut sideløpet ved å flytte sideløpet 10 meter.

## 3. Mål for kalkingen

### 3.1 Biologiske og vannkjemiske mål

Målet for kalkingsplanen er å foreslå tiltak for å bedre vannkjemien i vassdraget. Utgangspunktet er at det skal være gode forhold for laks i Modalselva fra Steinslandsvatnet til elvemunningen og ut fjorden.

Vannkvalitetsmålet er basert på fastsatte grenser for laks. Kravet til vannkvalitet hos laks varierer gjennom ulike stadier av livet. Parrstadiet er det mest robuste, mens smoltifiseringsperioden er den mest utsatte perioden (Kroglund et al. 2008). Under denne perioden er pH-grensen satt til 6,4 for anadrom laks (Kroglund et al. 2008). Vannkvalitetskravet som er benyttet på anadrom laks er satt for å beskytte smoltens saltvannstoleranse. Vi har på bakgrunn av dette valgt å sette pH-målet til 6,4 i smoltperioden og 6,2 resten av året (jf. Kalkingsstrategi i Mandalselva og Tovdalselva). I og med at tidspunktet for smoltutvandring fra Modalselva er ukjent, benytter vi data fra naboelver. I Vosso for eksempel vandrer laksesmolten i andre halvdel av mai og starten av juni.

For å oppfylle vannkvalitetsmålene, må pH heves fra pH 5,7 til pH 6,2 i vassdraget og til 6,4 om våren. For silikat kreves en lavere mål-pH fordi silikat avgifter aluminium på en annen måte (Teien mfl. 2009a). Mål-pH er satt til 5,9. Selv om pH i elva kan være høyere enn 5,7 i deler av året, er denne minimumsverdien grunnlaget for beregning av kalkmengder.

Vi har valgt å dele kalkingsplanen inn i to deler. Den første delen tar for seg hovedvannføringen fra Steinsland kraftverk og nedenforliggende sidedebørsfelt, med ulike doseringsplasseringer. Del to ser på tilleggstiltak for å optimalisere vannkjemien i ulike deler av elva gjennom deler av året. Her legges det spesielt vekt på sidevassdraget Budalselva. Vi skisserer flere kalkingsstrategier, med sine respektive styrker og svakheter. Alle er teknisk mulig å gjennomføre, men det vil i mange tilfeller være et økonomisk spørsmål om den beste kalkingsstrategien kan realiseres.

Ved en vurdering av kalkingsplan for Modalselva kan en ikke unnlate å diskutere laksesmolten videre skjebne etter utvandring til sjø. Eksponering av laksesmolt under utvandningsperioden i mai i merd i Osterfjorden ved Gammersvik viser også høyt påslag av aluminium (50 – 200 µg/g), og denne situasjonen har ikke bedret seg i løpet av de siste 10 årene. Basert på erfaringer fra Storelva på Sørlandet er det klart aluminiumsnivåer på gjellene i dette området bl.a. kan forsinke smoltutvandringen. Et vannbehandlingstiltak burde ideelt sett både sørge for å bedre situasjonen i Modalselva slik at vannkvaliteten blir tilfredsstillende for laksesmolt, og i tillegg være tilstrekkelig til å eliminere effekter av Al langs utvandningsruten for postsmolt fra vassdraget. Dette er imidlertid komplisert av flere grunner. For det første kan en ikke se på Modalselva i den sammenhengen uten samtidig å vurdere bidraget fra de andre elvene i Osterfjordsystemet. Både Ekso (ca 1,2 mill m<sup>3</sup>/år) og i særlig grad Vosso (3,4 mill m<sup>3</sup>/år) bidrar med mer vann enn Modalselva (1,1 mill m<sup>3</sup>/år). For det andre måtte en slik strategi kreve silikatbehandling, og også bruk av relativt høye doser silikat (2-3 mg som SiO<sub>2</sub>/L). Vi anser det som u hensiktsmessig å gjennomføre en slik silikatdosering med mindre en valgte å gjøre dette samtidig i alle de tre store vassdragene. En vurdering av et slikt tiltak kan selvsagt gjøres, men vi anser at det er en oppgave som krever mer omfattende arbeid enn det som omfattes av dette prosjektet for Modalen kommune. Kostnad og nytteverdien av et slikt omfattende tiltak måtte bl.a. vurderes i forhold til andre tiltak som kan bidra til bedret overlevelse på smolten som f.eks. slepingen en har gjennomført over en årrekke for Vosso-laksen.



### 3.2 Avsyrimidler

Det vannkjemiske målet med vassdragskalkingen er å øke pH slik at avgiften av aluminium (Al) er så effektiv som mulig og til lavest mulig pris. Flere avsyrimidler kan være aktuelle. Avgifting av Al bør skje raskt for å hindre subletale/letale effekter på fisk. Dette er spesielt viktig der dosereren er plassert i eller svært nær lakseførende strekning. Hvor raskt avgiftningsprosessene kommer i gang er avhengig av hvor raskt pH øker. pH-økningen er knyttet til kalkproduktenes løselighet og kinetikk (Teien mfl. 2009b), men selvsagt også til den dosen som brukes.

Kalkpartikler vil sedimentere i varierende avstand nedstrøms dosereren, avhengig av kornstørrelse og vannhastighet. Ved flom vil en stor andel kunne føres langt nedover i vassdraget, og da vil også tidligere sedimentert partikler kunne rives med av flommen og løses videre. Ved lav vannføring vil en forholdsvis stor andel av partiklene sedimentere (Teien mfl. 2009b). Tykke bunnlag med sedimentert kalk er uønsket fordi slike kalkbelegg endrer substratet for bunnlevende organismer og er lite vakkert å se på.

I dag dominerer kalktypene Miljøkalk VK3. Dette er tørt kalkmel, der 50 % av kalkpartiklene er under ca. 0,02 mm. Biokalk 75 er en ferdigprodusert kalkslurry, der 50 % av partiklene er under 0,005 mm. Resultater fra laboratorieforsøk og feltforsøk viser at Biokalk 75 løses raskere og mer fullstendig i vann enn Miljøkalk VK3 og Miljøkalk NK3 (Teien mfl. 2009b). Både forsøk på laboratoriet og i felt viser at 90-100 % av Biokalk 75 var løst innen 50 minutter etter tilsetning, mens kun 40-50 % av Miljøkalk NK3 og Miljøkalk VK3 var løst innenfor samme tid. Langtidsoppløsning i store vassdrag vil imidlertid gi en totaloppløsning av disse litt grovere kalktypene på i størrelsesorden 80-100 %.

Natriumsilikat (NaSi) er en konsentrert og basisk silikatløsning som består av små og store silikatmolekyler. Fordelingen av Si-tilstandsformene er avhengig av forholdet mellom  $\text{SiO}_2$  og  $\text{NaO}_2$  (Teien mfl. 2009a). NaSi avgifter Al ved at reaktive silikattilstandsformer reagerer med Al og danner mindre gjellereaktive Al-Si komplekser. Samtidig vil NaSi bidra til å øke pH som også avgifter Al parallelt. Til sammenligning avgifter kalk Al ved pH-økning. Dette igangsetter hydrolyse og polymerisering av Al, og over tid dannes mindre gjellereaktive høymolekylære Al-former.

Sedimentert kalk representerer et internt kalkreservoir, som vil gi en effekt i vassdraget over tid, mens kalkslurrien løses temmelig momentant og fullstendig. Driftsproblemer i et doseringsanlegg for litt grovere kalk kan derfor være mindre skadelig for fisk enn ved bruk av slurry.

NaSi avgifter Al raskere enn ved bruk av kalk, og NaSi avgifter Al ved lavere pH-nivåer enn kalk. I forhold til NaSi, bidrar imidlertid kalk med Ca, som har en beskyttende effekt for akvatiske organismer som fisk.

Selv om silikat har egenskaper som kan være fordelaktige, har kostnadene i forhold til bruk av kalk redusert bruken. Erfaringene med NaSi er i stor grad knyttet til forsøk og i liten grad til fullskala dosering. I dag doseres NaSi i to sideelver til Mandalselva samt i flere settefiskanlegg (Teien mfl. 2009a).

### 3.3 Kostnader for ulike avsyrimgsmidler

Det er laget et grovt budsjett for de ulike avsyrimgssalternativene. Prisene for kalksteinsmel, kalkslurry og silikat samt fraktkostnader er gitt i **Tabell 2**. Vi har lagt til grunn 80 % kalkopløsning og 98 % CaCO<sub>3</sub> i kalken (tilsvarende VK3 Kalk) og 100 % kalkopløsning ved bruk av kalkslurry. Det er gjort ulike beregninger på denne bakgrunn.

**Tabell 2.** Pris per tonn og fraktkostnader for ulike typer avsyrimgsmiddel eks. mva til Modalen (VK3 pers. medd. Miljøkalk nov.2012; Kalkslurry pers medd. Hustadmarmor nov.2012)

<i>Avsyrimgsmiddel</i>	<i>Pris per tonn</i>
Kalksteinsmel	761,-
Kalkslurry	750,-

### 3.4 Kostnader for etablering av anlegg

Det er ikke utarbeidet et konkret budsjett for etablering av doseringsanlegg for Modalen. Det er i den senere tid etablert kalkslurryanlegg i Lygna, (Vest-Agder i 2011) og innhentet anbud for et fremtidig anlegg i Bjerkreimselva (Rogaland i 2012). Basert på kostnadsberegninger fra disse anleggene ender en opp mellom 3,3 mill og 5mill (pers medd. Åge Tveiten). Prisforskjellen for disse to anleggene gjenspeiler forskjeller i beliggenhet, der dosereren i Lygna ligger relativt nær vei og hadde små utgifter til strømtilførsel, adkomstvei og tilførselsslange til elva.

For Modalen vil det bli en tilknytingsavgift for strøm på 18 000 kroner (300 kroner per amper, for 60 ampere inntakssikring) uavhengig av plassering (pers. medd. Knut Helland, Modalen Kraftlag). Det vil koste omtrent 200 000 kroner i anleggsbidrag for å få strøm til Espeneset. Her må den eksisterende lavspenningslinjen på 1km forsterkes. Denne lokaliteten ligger nær elva og hovedveien opp dalen så utgiftene til adkomstvei og grunnarbeider blir relativt lave. Det vil ikke bli et anleggsbidrag for strøm om dosereren plasseres ved Straume.

På anlegget i Lygna er det etablert to siloer som hver rommer 30m<sup>3</sup>. To siloer gjør det enklere å drive vedlikehold uten at anlegget trenger å være ute av drift. Dette anlegget håndterer en vannføring på opp mot 250m<sup>3</sup>/s.

## 4. Kalkingsstrategi for hovedelva

### 4.1 Årlig kalkforbruk for en doserer i hovedelva

En doserer i hovedelva vil avgifte vann som passerer dosereren og den må samtidig ta høyde for nedenforliggende nedbørfelt. Mengden vann som må avgiftes vil derfor være den samme uavhengig av hvor dosereren plasseres i hovedelva. Det er kun graden av overdosering for å dekke nedenforliggende felt som vil forandre seg ettersom en kommer nærmere elvemunningen. Det totale nedbørfeltet er beregnet til 378 km<sup>2</sup>, med en spesifikk avrenning på 89 l/s/km<sup>2</sup>. Årsavrenningen blir på 1082 mill. m<sup>3</sup>/år.

Årlig kalkmengde er beregnet til 927 tonn VK3 kalk (0,9 g kalk/m<sup>3</sup>) eller 1447 tonn kalkslurry (1,3g slurry/m<sup>3</sup> eller 0,7ml slurry/m<sup>3</sup>). Totalkostnadene ved disse to ulike alternativene er vist i tabell 3.

**Tabell 3.** Årlige utgifter til kalk og transport ved bruk av ulike avsyrimidler (alle utgifter eks. mva).

<i>Lokalitet</i>	<i>Nedbørsfelt areal som skal dekkes</i>	<i>Tiltak</i>	<i>Avsyrimiddel</i>	<i>Årlig forbruk (tonn)</i>	<i>Total (kr)</i>
Doserer i Hovedelva	387 km <sup>2</sup>	Doserer	Kalksteinsmel	927	705 000
		Doserer	Kalkslurry	1447	1 085 250

### 4.2 Plassering av hoveddoserer

#### 4.2.1 Steinsland kraftverk

En kalkdoserer i Steinsland kraftverk vil kunne dekke området fra Steinslandsvann og ned til utløpet av Modalselva (**Figur 11**). En doserer så høyt oppe i vassdraget vil dekke store deler av den lakseførende strekningen av elva. Omtrent 38 prosent av nedbørsfeltarealet er nedstrøms dosereren. En doserer i kraftverket vil antagelig redusere utgifter til bygg og adkomstvei. Skisse over kraftverksanlegget og en eventuell plassering av doserer viser at det antagelig er nok plass i tunellen for et anlegg (pers medd H. Neset, Vedlegg A).

En utfordring med kalkdosering på Steinsland kan imidlertid være problematisk med tanke på at justering av pH nedstrøms innsjøen vil ta lang tid pga vannets oppholdstid i Steinslandsvatnet. Det kan være spesielt kritisk under sjøsaltepisoder. Ved periodevis store nedbørsmengder kan surt vann fra sidedebørsfeltene og spesielt Budalselva nå hovedelva før en økt kalkdosering ved Steinsland «rekker frem» til de nedre delene av vassdraget. Nedbøren kommer ofte fra vest og vil dermed starte i nedre deler av vassdraget. Dette kan være med å øke denne hydrologiske forsinkelsen. Sammenfall med liten produksjon i Steinsland kraftverk kan forsterke denne effekten ytterligere.

Om vinteren kan Steinslandsvatn blir islagt med en temperatursjiktning fra overflaten mot bunnen. Hvis det samtidig produseres kraft på bunnvann fra overliggende magasiner vil det kalkede vannet ut

av Steinslandsvatn være varmere (omtrent 4°C) enn overflatelaget i innsjøen (<4°C). Dette vannet vil mest sannsynlig dykke under det kaldere overflatelaget i innsjøen. Utløpet av Steinslandsvatn vil da være dominert av kaldt ukalket vann som blir tilført fra lokalfeltene rundt innsjøen.

Et annet problem med en slik løsning vil kunne være at en kan få sedimentasjon av kalk i Steinslandsvatnet.



**Figur 7.** Utløp av Kraftverket ved Steinslandsvatn, bildet tatt mot nord.

#### **4.2.2 Sund mellom Steinslandsvann og Åbotnsvatnet**

Vannstrømmen i dette sundet er antagelig for svak til at kalken går i løsning, og det vil dermed være fare for sedimentasjon. I tillegg må det bygges en relativt lang vei fra hovedveien og ut til dosereren. Vi vil ikke anbefale denne lokaliteten for en plassering av kalkdoserer.



**Figur 8.** Sundet mellom Steinslandsvatn og Åbotnsvatn tatt mot sør-øst.

### 4.2.3 Straume

En kalkdoserer ved Straume i utløpet av Åbotnsvatn vil dekke områdene fra dosereren og ned til utløpet av Modalselva. En vil miste mulige oppvekstområder fordi Åbotnsvatn og Steinslandsvatn ikke vil være i den kalkede delen av elva. Samtidig vil en kunne få en mer nøyaktig dosering. Det vil fremdeles være sidedebørsfelt nedstrøms dosereren som det må tas høyde for. Nedbørfeltarealet nedstrøms dosereren er redusert til 26 % sammenliknet med en doserer i Steinslandsvatn. En doserer nedstrøms Steinslandsvatn vil redusere reaksjonstiden på surstøt betydelig.

Vannføringen i sidedebørsfeltene vil variere mer enn i hovedelva. Ved periodevis store nedbørmengder vil vannføringen øke raskere i sidedebørsfeltene enn i hovedelva. Vannføring og pH i hovedelva vil hovedsakelig styre kalkbruken i dosereren. For å ta høyde for raske vannføring- og pH endringer i sidedebørsfeltene kan en i tillegg bruke et lokalt sidedebørsfelt som en indikator på tilførselen fra disse og oppjustere kalkforbruket deretter (jf. Liknede indikatorvassdrag i Ekso). Krossdalselva renner ut i Modalselva i omtrent 400 meter nedstrøms lokaliteten. Denne sideelva kan være aktuell som vannføringsindikator. Øvre deler av dette feltet er regulert og overføres til Steinsland kraftverk, samtidig som feltet ligger relativt høyt og nordøst for lakseførende strekning. Det er derfor usikkert hvor representativt dette sidefeltet er for de nedenforliggende feltene. Vannføringen i Budalselva er antagelig best egnet til dette formålet. Denne ligger 7 km fra dosereren og krever signaloverføring. Dette øker kostnadene noe.

En kalkdoserer i lakseførende strekning vil begrense gytearealet oppstrøms dosereren og sedimentering av kalk kan tilslamme nærområdene nedstrøms. Ved å plassere en doserer i lakseførende strekning ønsker en at vannet skal avgiftes så raskt som mulig. For å øke områder med god vannkvalitet og begrense blandsoner nedstrøms dosereren vil vi derfor anbefale bruk av kalkslurry fremfor kalksteinsmel i denne dosereren.

På den aktuelle lokaliteten går det en bro over elva. Det vil være mulig å plassere en doserer på østsiden av elva. Veien er åpen gjennom hele vinteren, dette gjør det enkelt å transportere kalk til dosereren. Stans i kraftverket vil ikke føre til stans i doseringen slik den ville gjort om dosereren var plassert i kraftverket. Under kraftverksstans vil overløpet renne ut Støselva og inn i nordenden av Steinslandsvatn slik at mengden vann ut av Steinslandsvatn vil være nærmest uforandret. Under kraftverksstans kan likevel noe overløp renner ut Krossdalselva. Denne har samløp med Modalselva nedstrøms dosereren, dette vannet kan være problematisk å håndtere. Det må beregnes noe ekstra kostnader ved opparbeiding av dosereren sammenliknet med dosereren i kraftverket. Det er en fordel med en relativt rask vannhastighet og turbulent vann forbi og etter dosereren for at kalken skal gå raskere i løsning. Det er lite turbulens i vannet ved Straume. Kun en laminær strøm ut av innsjøen som vedvarer 40-50meter før vannet blir roligere i lona nedenfor. Nedstrøms lokaliteten flyter elva langsomt og er dominer av lona. Mye av kalken vil antagelig sedimentere i disse områdene. Bredt tverrprofil kan gjøre det aktuelt å fordele doseringen på 2-3 punkter.



**Figur 9.** Østsiden av brua over Straume (øverst v. og h.), nedstrøms brua over Straume (nederst).

#### 4.2.4 Området Espeneset- Åsen

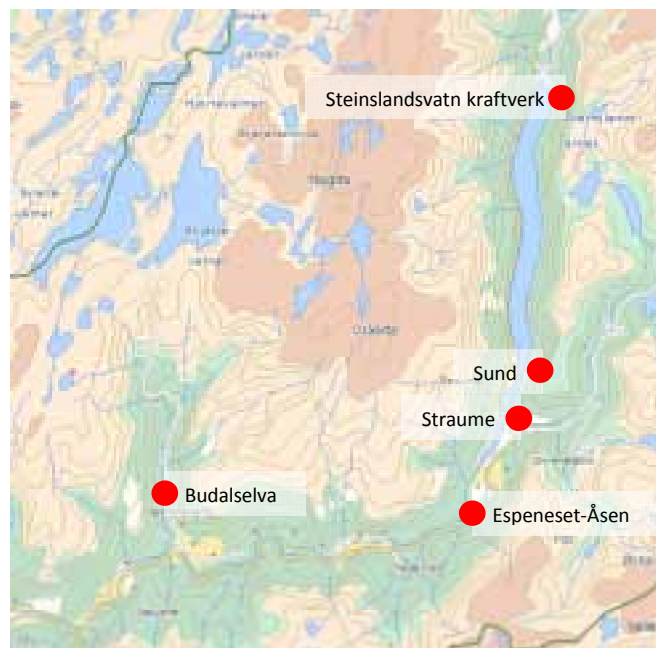
En kalkdoserer vil dekke områdene fra dosereren og ned til utløpet av Modalselva. En slik løsning vil medføre at en mister større deler av den lakseførende strekningen. Nærheten til nedenforliggende sidedebørsfeltene vil kunne gi en mer nøyaktig dosering. Nedbørfeltarealet nedstrøms dosereren er ytterligere redusert ved denne lokaliteten (nedstrøms areal 20 %), hovedsakelig fordi den vil være plassert nedstrøms samløpet med Krossdalselva. Det vil likevel være nødvendig med en vannføringsindikator fra Budalselva for å ta høyde for rask tilførsel av surt vann nedstrøms dosereren. Også her vil bruk av kalkslurry være å foretrekke fremfor kalksteinsmel.

På den aktuelle lokaliteten går veien svært nær elva og den er åpen gjennom hele vinteren. Dette gjør det enkelt å transportere kalk til dosereren. Fordelingen av vann mellom kraftverket og overløp vil være uproblematisk ved denne lokaliteten, da alle vannveier renner inn i Modalselva oppstrøms dosereren. Det må beregnes noe ekstra kostnader ved opparbeiding av dosereren sammenliknet med dosereren i kraftverket.

Denne lokaliteten har antagelig de beste strømforholdene for å få løst kalken rask i ellevannet. Det er rask vannhastighet og turbulens i området og fossen ved Åsen vil bidra med svært god blanding av vannet.



**Figur 10.** Satellittfoto av Modalselva ved Espeneset. Lokalitet for kalkdoserer er merket med rødt (Norge i bilder).



**Figur 11.** Aktuelle lokaliteter for plassering av kalkdoserere

## 5. Supplerende tiltak

### 5.1.1 Budalselva

Budalselva kommer inn i hovedelva 4 km fra elvemunningen. Nedbørfeltarealet er omtrent 5 % av det totale nedbørfeltet. Vannkjemien i Budalselva er dårligere enn i Modalselva, med tidvis høye verdier av labilt aluminium (Bjerknes et al. 2007). Vannkjemi fra Budalselva 25. september 2012 er vist i vedlegg B. Vannkvaliteten i Budalselva kan føre til giftige blandsoner nedstrøms samløpet med Modalselva, noe som kan være spesielt kritisk i perioder med lav vannføring i hovedelva. Bonitering og ungfiskundersøkelser tyder på at produksjonspotensialet for laksefisk i denne sideelva er begrenset (Gabrielsen et al. 2011).

Sure sideelver nær elvemunningen med tilhørende blandsoner er et problem i andre kalkede elver (ref på Lygna og Ekso). Det er likevel usikkert hvor stor effekt en slik blandsoner har. Giftigheten til blandsonen avgjøres av forholdet mellom vannkjemien i hovedelva og sideelva, vannføring og temperatur. Hvis Modalselva blir kalket til en pH rundt 6,2 og Budalselva i perioder har svært høyt innhold av LAI vil blandsonen være dødelig for smolt. Varigheten til blandsonen avgjøres av elvetemperaturen. Modalselva er en sommerkald elv der temperaturen sjeldent overstiger 14°C (Gabrielsen et al 2011). Denne lave temperaturen vil antagelig føre til at blandsonen vil vedvare fra samløpet og ut elvemunningen. Undersøkelser fra UniMiljø tyder på at det finnes gode gyte- og oppvekstområder mellom samløpet og elvemunningen. Vi må derfor anta at det vil oppholde seg fisk i dette område over lengre tid.





**Figur 12.** Budalselva, med mulige plasseringer av et kalkslurryanlegg i forbindelse med minikraftverk.

En avgiftning av vannet fra Budalselva er antagelig ikke avgjørende for fiskebestanden i elva. En kan likevel ikke utelukke at det kan inntreffe episoder som kan ha stor effekt. Smoltutvandringsperioden er relativt kort og det er på dette tidspunktet fisken er mest sårbar. Vedvarende episoder i denne perioden vil påvirke utvandrende smolt i 4km fra samløpet til elvemunningen og ut fjorden. Dette vil påvirke smoltens saltvanntoleranse og dermed få betydning for sjøoverlevelsen.

Det mest aktuelle tiltaket er en silikatdoserer som driftes kontinuerlig under smoltutvandringsperioden og delvis gjennom året etter behov. Det står et mindre kraftverk i Budalselva drevet av Modalen Kraftlag. Kraftstasjonen er liten og det er antagelig ikke plass til en doserer i det eksisterende bygget. Det kan imidlertid la seg gjøre å plassere en bu til silikatdosering i tilknytning/påbygg til kraftstasjonen. Doseringen må trolig gjøres direkte i elva oppstrøms stasjonen og ikke i turbinavløpet, dette for å unngå stopp i dosering under kraftverksstans. Av praktiske/driftsmessige årsaker kan det hende at det er mest praktisk å operere to doserere i samme vassdraget med samme type avgiftningsmetode (kalkslurry). Antagelig vil kalkslurry også være en godt egnet for Budalselva, men dette vil vurderes noe grundigere til den endelige rapporten.

## 6. Anbefalinger

Vi anbefaler å avgifte hovedelva ved å plassere en kalkdoserer ved Espeneset. For å øke områder med god vannkvalitet og begrense blandsoner nedstrøms dosereren vil vi anbefale bruk av kalkslurry fremfor kalksteinsmel i denne dosereren.

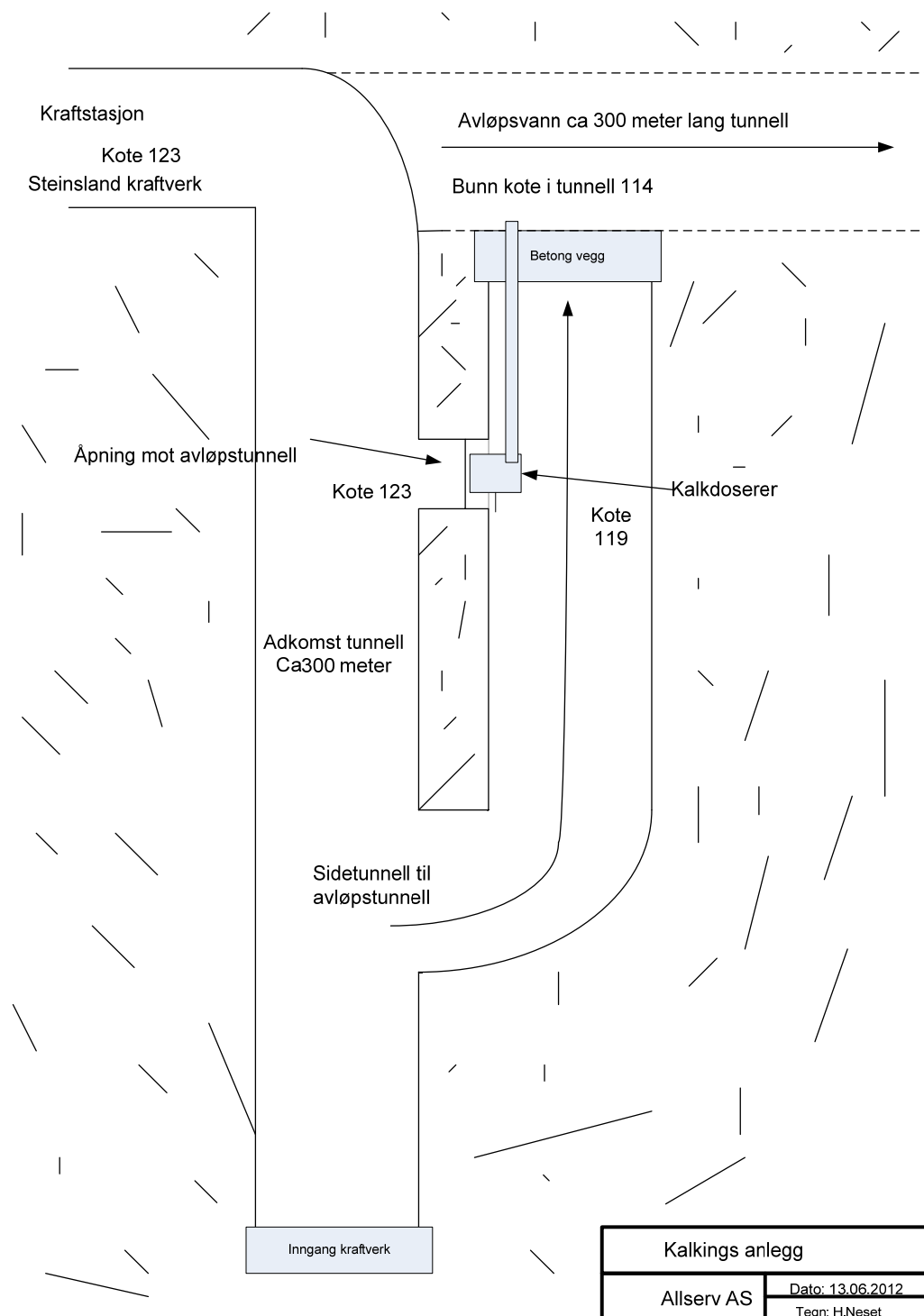
Ved dette alternativet vil dosereren bli plassert omtrent 12 km fra utløpet, og om lag 20 % av nedbørfeltarealet er nedstrøms dosereren. Doseberegningen må ta høyde for dette. Doseringen bør også styres etter vannføringen i sidedebørsfeltene. Vi anbefaler derfor at det etableres en vannføringsindikator i et representativt sidedebørsfelt.

Vi vil anbefale å etablere en silikat evt kalkslurrydoserer i Budalselva som driftes kontinuerlig under smoltutvandringsperioden og delvis gjennom året etter behov. Denne vil begrense utbredelsen av giftige blandsoner nedstrøms samløpet med Modalselva.

## 7. Litteratur

- Anon. 2010. Status for norske laksebestander i 2010. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning 2:213.
- Bjerknes, V., S. E. Gabrielsen, and G. A. Halvorsen. 2007. Vurdering av vannkjemiske og biologiske tiltak i Modalsvassdraget. En pilotstudie. NIVA rapport 5508:38.
- Gabrielsen, S. E., and coauthors. 2011. "LIV" -livet i vassdragene. Langsiktig undersøkelser av laks og sjøaure i Modalselva i perioden 2006-2011. LFI-Rapport 188:37.
- Garmo, Ø., and L. Skancke. 2012. Modalselva i Hordaland; vannkjemisk overvåking i 2011 NIVA rapport 6152-2011:20.
- Hansen, L. P., M. Staurnes, K. Fugelli, and Ø. Haraldstad. 1997. Overlevelse og vandring av laks utsatt som smolt i Audna og Lygna. NINA Oppdragsmelding 469: 1-17.
- Hesthagen, T. 2010. Etablering av nye laksestammer på Sørlandet. Erfaringer fra arbeidet i Mandalselva og Tovdalselva etter kalking DN-utredning 7-2010.
- Jonsson, B., N. Jonsson, and L. P. Hansen. 2003. Atlantic salmon straying from the River Imsa. *Journal of Fish Biology* 62(3):641-657.
- Kroglund, F., and coauthors. 2007. Exposure to moderate acid water and aluminum reduces Atlantic salmon post-smolt survival. *Aquaculture* 273(2-3):360-373.
- Kroglund, F., and coauthors. 2008. Water quality limits for Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) exposed to short term reductions in pH and increased aluminum simulating episodes. *Hydrology and Earth System Sciences* 12(2):491-507.
- Wright, R. F., and coauthors. 2011. Impacts of Air Pollution on Freshwater Acidification under Future Emission Reduction Scenarios; ICP Waters contribution to WGE report. NIVA rapport OR-6243.

## Vedlegg A. Skisse over mulig plassering i Steinslandsvatn kraftverk



## Vedlegg B. Vannkjemi Budalselva, prøvetatt 25.10.2012

<i>Budalselva</i>	<i>pH</i>	<i>KOND</i>	<i>ALK</i>	<i>Tot-N/L</i>	<i>NO3-N</i>	<i>TOC</i>	<i>Cl</i>	<i>SO4</i>	<i>Ca</i>	<i>K</i>	<i>Mg</i>	<i>Na</i>
<i>25.10.2012</i>	pH	mS/m	mmol/l	µg N/l	µg N/l	mg C/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
	5.82	1.01	0.035	77	66	0.37	1.71	0.70	0.27	0.08	0.14	1.19
	<i>Al/II</i>	<i>Al/R</i>	<i>Al/ICP</i>	<i>ANC</i>								
	µg/l	µg/l	µg/l	µekv/l								
	11	15	25	11,42								

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo  
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00  
[www.niva.no](http://www.niva.no) • [post@niva.no](mailto:post@niva.no)