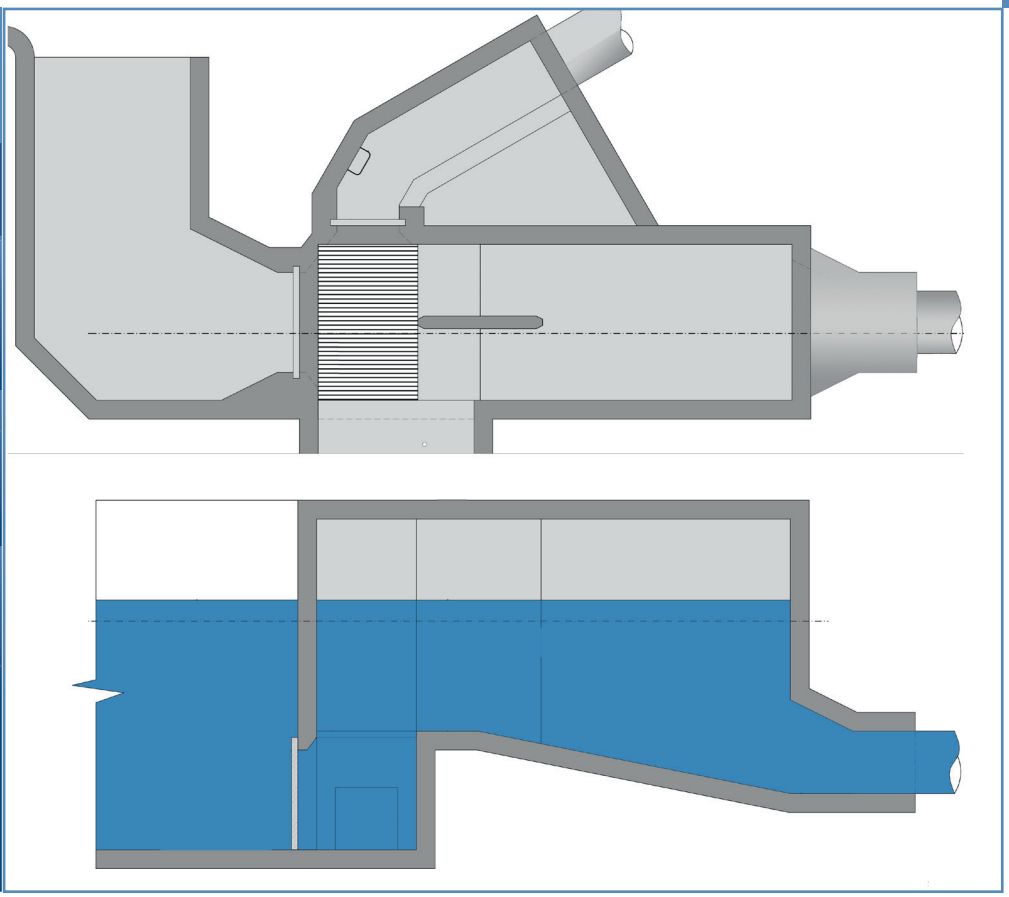
Inntak Viddal
– FoU-prosjekt på tilbakespyling

Sluttrapport

Håvard Hamnaberg

9
2012



R A P P O R T

Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling

Sluttrapport

Norges vassdrags- og energidirektorat
2012

Rapport nr 9/2012

Inntak Viddal – FoU - prosjekt på tilbakespyling

Sluttrapport

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Håvard Hamnaberg, NVE

Forfatter: Norconsult

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto:

ISSN: 1501-2832

ISBN: 978-82-410-0786-6

Emneord: FoU-prosjekt, drivgods og is i inntak, tilbakespyling på inntak, små vassdrag

Forord

Effektiv rensking av inntak for å fjerne drivgods og is er et problemområde for små vannkraftverk, og løsninger på dette vil være positivt for økonomi og driftssikkerhet innen en bransje i rask vekst. Tilbakespyling er en mulig teknisk løsning, som til en viss grad er i bruk allerede, men som også har forbedringspotensial.

NVE har støttet et prosjekt for å videreutvikle inntaksløsninger basert på tilbakespyling knyttet til Viddal kraftverk i Møre og Romsdal. Norconsult, NTNU vassdragslaboratoriet, bl.a. ved to masterstudenter, og Tussa Energi AS har samarbeidet. Aktørene understreker selv at dette har vært en fruktbar samarbeidsform, og NVE ser positivt på slike samarbeidsprosjekter fremover.

Hovedkonklusjonen fra arbeidet er gjengitt i denne rapporten, som er ført i pennen av Norconsult.

Støtten til prosjektet er gitt under NVEs program for små vannkraftverk. I dette programmet er NVE tilført midler for å støtte FoU-prosjekter med formål å utvikle teknologi og kunnskap for en mer effektiv utnyttelse av små vannkraftressurser. Midlene benyttes også til FoU-prosjekter innen opprusting og utvidelse av eksisterende større vannkraftverk eller til øvrige prosjekter for bevaring og videreutvikling av norsk vannkraftkompetanse.

Oslo, februar 2012

Marit Lundteigen Fossdal
Avdelingsdirektør

Håvard Hamnaberg
fung. seksjonssjef

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29, Postboks 509 Majorstua, 0301 OSLO
Telefon: 09575

Norges Vassdrags- og Energidirektorat

Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling

Sluttrapport

2011-11-24 Oppdragsnr.: 5104260

Norconsult

Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
	2011-11-24	Sluttrapport FoU-prosjekt	Olav Anders Jørstad *Dam og Vassdrag*	Torgeir Johnson *Vannkraft*	Anders Søreide *Seksjonsleder*

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Fagområde I: Betong-/murdammer med fundament
Fagområde II: Fyllingsdammer med fundament
Fagområde III: Stenge- og tappeorganer, rør og tverrslagsporter
Fagområde IV: Flomhydrologi
Fagområde V: Hydraulikk og flomavledning

Innhold

1	**Innledning**	7
2	**Tilbakespyling**	8
2.1	Konseptet	8
2.2	Ulike utforminger	8
2.3	Erfaringer	8
2.4	Kostnader	11
2.4.1	Investeringskostnader	11
2.4.2	Driftskostnader	11
2.4.2.1	Kostnad av tapt vannvolum under tilbakespyling	13
2.4.2.2	Kostnad av falltap over varegrind	13
3	**Forsøk på tilbakespylingsparametere**	14
3.1	Numerisk modell	14
3.1.1	Metode	14
3.1.2	Modell	16
3.1.2.1	Geometri og utforming	16
3.1.2.2	Modelloppsett	16
3.1.3	Simuleringer/forsøk	17
3.1.4	Resultater	18
3.1.4.1	Gjennomsnittshastighet og akselerasjon	18
3.1.4.2	Hastighetsfordeling over varegrindas areal	20
3.1.4.3	Andre resultater	22
3.1.5	Feilkilder	23
3.2	Fysisk modell	24
3.2.1	Modell	24
3.2.2	Metode	25
3.2.3	Forsøk	26
3.2.4	Resultater	26
4	**Utforming av Inntak Viddal**	27
4.1	Generelt	27
4.2	Hydrologi	28
4.2.1	Flommer	28
4.3	Dam og inntaksmagasin	28
4.3.1	Flomvannstander	28
4.4	Kraftverksdata	29
4.4.1	Turbinvannføring	29
4.4.2	Lukketid turbindyser	29
4.4.3	Rørgate	29
4.5	Føringer for utforming	29
4.6	Potensielle utforminger	30
4.7	Anbefalt utforming	31

5 Konklusjoner 33

6 Forslag til videre forskning 35

7 Kilder 36

8 Vedlegg 37
Vedlegg 1 – Kostnader av tapt vannvolum under tilbakespyling 38
Vedlegg 2 – Skisse av geometri for referansesimulering 42
Vedlegg 3 – Potensielle utforminger av Inntak Viddal 44

Sammendrag

Ett av de potensielle utviklingsområdene til småkraftverk er håndtering av drivgods og is i inntaket.

I forbindelse med utformingen av inntak Viddal i Ørsta kommune i Møre og Romsdal kom det opp spørsmål om hvordan man skulle håndtere drivgods og is i inntaket. På grunnlag av blant annet erfaringer fra Urke kraftverk var det ønskelig å se på muligheten for bruk av konseptet tilbakespyling ved inntaket. Konseptet så ut til å ha et utviklingspotensial, og samarbeidet mellom de tre aktørene Tussa Energi, NTNU og Norconsult ble sett på som et unikt utgangspunkt for å videreutvikle konseptet.

Med utgangspunkt i dette ble derfor forskningsprosjektet "*Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling*" gjennomført våren 2011. Formålet med prosjektet var å videreutvikle konseptet tilbakespyling med hensyn på utforming og metode. Hovedfokus lå på kartlegging og utforming etter de parametere som styrer renskeeffekten til konseptet. Denne rapporten er sluttrapporten for dette prosjektet.

For å verifisere virkningen av de ulike parameterne som styrer renskeeffekten til konseptet har det blitt utført numeriske simuleringer med CFD-programmet Flow-3D, samt blitt utført forsøk på en fysisk modell i laboratorium (masterstudent Helge Bakken). Forsøkene ble forsøkt gjort generelle, men har delvis avhengighet til utformingen av Inntak Viddal.

Resultatene fra forsøkene antyder at en hurtig åpningstid for spyleluka (sammen med god kapasitet for spylekulvert/-rør) og et stort vannvolum nedstrøms varegrinda er gunstig med hensyn på renskeeffekten til konseptet. I tillegg ser også utformingen og plasseringen av innløpet til spylekulverten/-røret ut til å påvirke den lokale vannhastighetsfordelinga over varegrindas areal under tilbakespyling, og dermed også renskeeffekten.

En numerisk modell vil alltid være en tilnærming til virkeligheten, og aldri være helt eksakt. Feilkilder som for eksempel den statistiske tilnærmingen til turbulens, forutsetninger og antagelser og modelleringsmetode kan ha påvirket resultatene.

Ut fra resultatene er det i *Vedlegg 3 – Potensielle utforminger av Inntak Viddal* satt opp noen potensielle prinsipputforminger av Inntak Viddal med hensyn på en optimalisert renskeeffekt. Disse er beskrevet og evaluert.

Det er fortsatt behov for videre forskning på tilbakespyling.

Notasjoner/definisjoner

Inntakskammer:	*Området nedstrøms varegrinda*
Oppstrøms/nedstrøms varegrind:	*Oppstrøms/nedstrøms varegrind sett i en normal driftssituasjon*
Spylekammer:	*Området mellom inntaksluke og varegrind (m/forbindelse til innløp spylerør/-kulvert)*
Tilbakespylingskulvert/-rør:	*Kulvert/rør som leder det tilbakespylte vannet ut fra spylekammeret og ut på nedstrøms side av dammen*

1 Innledning

Ett av de potensielle utviklingsområdene til småkraftverk er håndtering av drivgods og is i inntaket. Mange småkraftverk har i dag lagt opp til manuell rensk av varegrindene. Kostnader relatert til rensk og tilsyn av varegrinder utgjør ofte en stor andel av driftskostnadene til et småkraftverk. For å unngå store driftskostnader bør derfor rensk av varegrinder automatiseres i størst mulig grad. Mekaniske grindrenskere har vist seg å være effektive, men utgjør ofte en stor investeringskostnad. Det er derfor i dag et behov for å utvikle økonomisk effektive renskemetoder for varegrinder i småkraftverksinntak. (Jensen, Tesaker, Lund, & Huber, 2006)

I forbindelse med utformingen av Inntak Viddal i Ørsta kommune i Møre og Romsdal (se prosjektomtale i kapittel 4) kom det opp spørsmål om hvordan man skulle håndtere drivgods og is i inntaket. På grunnlag av blant annet erfaringer fra Urke kraftverk var det ønskelig å se på muligheten for bruk av konseptet tilbakespyling ved inntaket.

Etter en evaluering av erfaringer med konseptet konkluderes det foreløpig med at tilbakespylingskonseptet så ut til å fungere godt, men at det hadde lite erfaringsdata og kunne gi unødvendig høye investerings - og driftskostnader hvis det ble utformet feil. Konseptet så imidlertid ut til å ha et utviklingspotensial, og samarbeidet mellom de tre aktørene Tussa Energi, NTNU og Norconsult ble sett på som et unikt utgangspunkt for å videreutvikle konseptet.

Med utgangspunkt i dette ble derfor forskningsprosjektet "*Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling*" gjennomført våren 2011. Formålet med prosjektet var å videreutvikle konseptet tilbakespyling med hensyn på utforming og metode. Hovedfokus lå på kartlegging og utforming etter de parametere som styrer renskeeffekten til konseptet.

Prosjektet ble gjennomført i fire faser:

- Innhenting av erfaringer og inndata
- Idémyldring og tegning (alle)
- Verifikasjon
    - Numeriske modeller (PhD-student H. Nøvik (NTNU) og O. Jørstad (Norconsult))
    - Fysisk modell i skala 1:7.5 i Vassdragslaboratoriet (H. Bakken og E. Aune (NTNU))
- Diskusjon og konklusjon (alle)

Denne rapporten er sluttrapporten for dette forskningsprosjektet.

2 Tilbakespyling

2.1 KONSEPTET

Tilbakespyling er et konsept for rensk av varegrinder i inntak til småkraftverk. Prinsippet for konseptet er at man sender vannet i inntaket i motsatt retning av hva det ville hatt i en normal driftssituasjon. Den motsatt rettede vannstrømmen løsner da drivgodset fra varegrinda, og leder det ut av inntaket.

2.2 ULIKE UTFORMINGER

Det finnes i dag flere versjoner av konseptet tilbakespyling. Det kan blant annet nevnes følgende versjoner:

Ulike kammerløsninger i inntaket:

- Ettkammerløsning (kun ett inntakskammer – ingen/liten mulighet for kraftproduksjon under tilbakespyling)
- Tokammerløsning (to inntakskammer - mulighet for kraftproduksjon under tilbakespyling)

Ulik bortledning av drivgods, samt metode for å snu vannstrømmen:

- Leding av løsnet drivgods ut av inntaket i eget tapperør/kulvert
- Leding av løsnet drivgods ut i magasin/elv (krever forbiledning av vann i magasin/elv)
- Bruk av trykkstøt fra avstengning av turbin til å skape en motsatt rettet vannstrøm over grind (krever forbiledning av vann i magasin/elv)

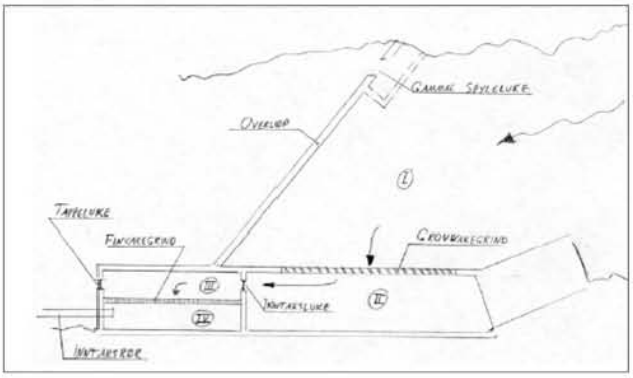
2.3 ERFARINGER

Tilbakespyling er benyttet ved flere kraftverksinntak i dag. Det er også planlagt nye kraftverksinntak med tilbakespyling i tiden fremover. Noen eksempler på kraftverk hvor tilbakespyling er benyttet for å renske varegrindene i inntaket (permanent eller periodevis) er:

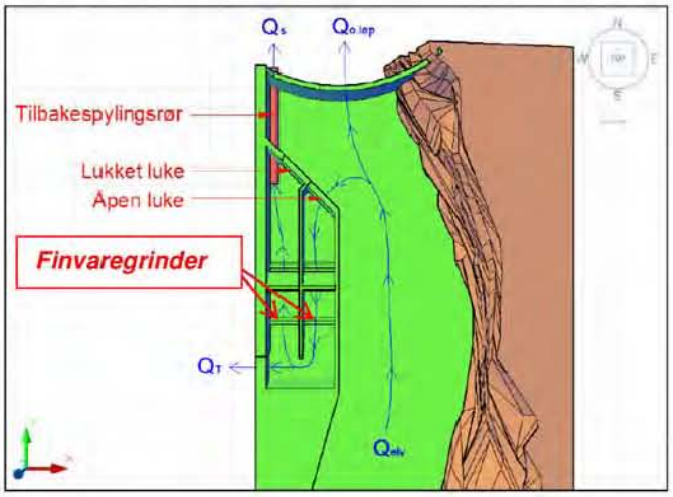
- Utvik kraftverk, 2002 (Utvik Elektrisitetsverk)
- Eidsdal kraftverk (Bergedammen), 2006 (Eidsdal Kraft)
- Urke kraftverk, 2008 (Tussa Energi)
- Gauldal kraftverk, 2008 (Gauldal Energi)

- Virak kraftverk, 2008 (Nordkraft)
- Råssåfoss kraftverk, 2010 (Råssåfoss Kraft AS)
- Sværen kraftverk, 2010 (Sværen Kraft AS)
- Brunstad Kraftverk, 2010 (Brunstad Kraft AS)
- Berdalselva kraftverk, 2011 (Berdalselva Kraft AS)
- Ringdal kraftverk, 2011 (Ringdal Kraftverk AS)
- Seimsdal kraftverk, 2011 (Seimsdal Kraft AS)

Figur 1 og Figur 2 viser henholdsvis inntaket til Utvik kraftverk og Eidsdal kraftverk, begge med mulighet for tilbakespyling.



Figur 1: Inntaket til Utvik kraftverk - Ettkammerløsning m/tappeluke (hentet fra: (Jensen, Tesaker, Lund, & Huber, 2006))



Figur 2: Bergedammen – Tokammerløsning m/tapperør. Blå strek viser vannets vei ved tilbakespyling av vestre inntakskammer.

Selv om det i dag finnes inntak som benytter tilbakespyling som renskemetode for varegrinda, er det relativt lite dokumentasjon på konseptet. Masteroppgaven *Bergedammen – Verifisering av selvrensende inntak*, utført våren 2010, analyserer imidlertid tilbakespylingskonseptet ved ett enkelt inntak, inntaket til Eidsdal kraftverk (Bergedammen). Formålet med masteroppgaven var å verifisere om renskekonseptet tilbakespyling var egnet til bruk i småkraftverk, samt å finne eventuelle forbedringspotensial. Det ble utført forsøk på prototype og på fysisk modell i laboratorium, samt laget numeriske modeller av inntaket og konseptet. Av oppgaven kommer det frem blant annet følgende:

- Tilbakespyling ved Bergedammen ser ut til fungere relativt godt, men konseptet har muligheter for videreutvikling og forbedring både når det gjelder renskeeffekt og kostnader
- Av investeringskostnadene til konseptet ser luker ut til å utgjøre den største kostnaden
- Av driftskostnadene til konseptet utgjør sannsynligvis kostnad av tapt produksjon den største kostnaden
    - Kostnad av tapt produksjon skyldes blant annet tapt vannvolum under tilbakespyling og falltap over varegrinda under drift
- Ut fra befaringer og erfaringer fra Bergedammen, samt resultater fra forsøk på fysisk modell (skala 1:1), ser renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet ut til å være relativt god. Spesielt god er den for drivgods som har liten intern heft og stor overflate, som for eksempel blader og løv. Dårligst er renskeeffekten langs sider og bunnen på varegrinda, hvor motstanden fra omgivelsene er større. Også fastkilt drivgods kan være vanskelig å tilbakespyle.
- Renskeeffekten til konseptet ser ut til å være avhengig av blant annet vannhastigheten og trykkforskjellen over varegrinda under en tilbakespyling. Man ønsker å tilstrebe å få dannet størst mulig trykkforskjell og vannhastighet over grinda. Dermed vil trykk- og hastighetskreftene på drivgodset bli store, og man får lettere løsnet det fra varegrinda. Numeriske beregninger viste at jo større vannvolumet var nedstrøms varegrinda (sett i en driftssituasjon), jo større vannhastighet over varegrinda ble det.
- Det bør også tas hensyn til følgende spørsmål ved utforming av inntak med tilbakespyling:
    - Kan flytende drivgods og is tilbakespyles?
    - Hvordan er forholdet mellom størrelsen på det størst forventede drivgodset og minste åpning i tilbakespylingsrør? (Må man ha en grovvaregrind foran innløpet til inntaket?)
    - Bør det legges til rette for alternativ rensk av varegrind?

2.4 KOSTNADER

I det store og det hele dreier rensking av varegrinder seg om en økonomisk optimalisering av kraftverksproduksjonen. For å skape en økonomisk effektiv tilbakespyling av varegrindene bør derfor investerings- og driftskostnadene relatert til konseptet analyseres.

2.4.1 Investeringskostnader

Investeringskostnadene er ofte en funksjon av en eller flere av følgende parametere:

- Materialtyper (betong, tre, stål…)
- Materialmengder (volum, areal, form, vekt…)
- Byggekompleksitet og krav (arbeidsmengde, arbeidsvanskelighetsgrad, lovverk…)
- Transport (transportlengde, transporttype, tilgjengelighet til området…)
- Tilgjengelig arbeidskraft (tilgjengelighet på fagpersoner…)

Ut fra erfaringene med tilbakespyling ser man at ekstra luker ofte vil utgjøre den største investeringskostnaden. Slik konseptet er bygget i dag, er det minst to luker relatert til konseptet, en inntaksluke og en spyleluke. For en tokammerløsning vil det være nødvendig med flere luker.

2.4.2 Driftskostnader

Driftskostnadene relatert til tilbakespyling omfatter hovedsakelig følgende punkter:

- Vedlikehold og utskifting
- Personal til rensk
- Produksjonstap
    - Produksjonstap på grunn av forbi ledning av vann under renskning
    - Produksjonstap på grunn av falltap over varegrind
    - Produksjonstap på grunn av effekter av falltap over varegrind (luftinnsugning og lignende)
- Energiforbruk for maskinelt utstyr

Vedlikeholds- og utskiftingskostnad vil være en funksjon av utforming, metode og materialvalg. Ved å bruke materialer av *god kvalitet* og en metode og utforming som sikrer *liten eksponering*, antas det at disse kostnadene vil være små.

Arbeidskostnader i forbindelse med tilbakespyling vil hovedsakelig være avhengig av:

- *Metode for å styre tilbakespylingene* (styring på anlegg, styring over internett…)
- *Tilbakespylingstiden* (funksjon av renskeeffekten og utformingen)
- *Renskeintervall* (funksjon av renskeeffekten og drivgodsmengdene)

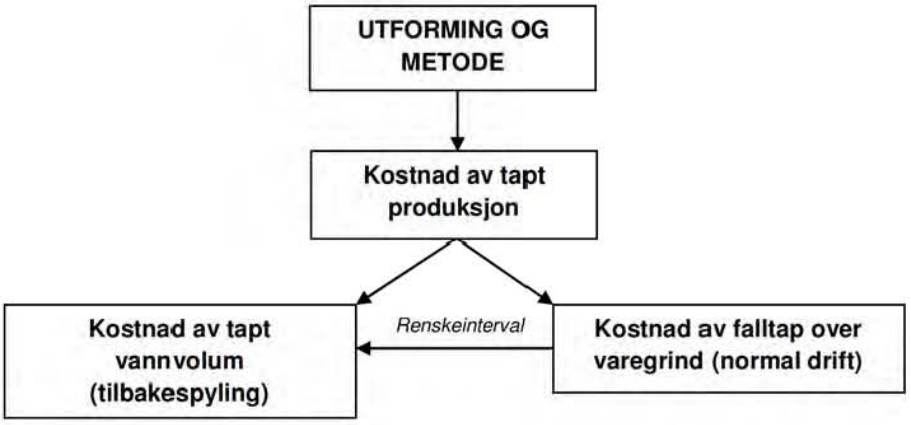
For å minimere arbeidskostnadene bør tilbakespylingen automatiseres i størst mulig grad og eventuell styring forgå over internett (med mulighet for styring også på anlegget). Videre bør renskeeffekten optimaliseres og tilbakespylingstiden minimeres.

Energikostnad for maskinelt utstyr kan typisk være til:

- Lukehevning/-senkning
- Automatiseringsutstyr
- Overvåkning

Det antas at disse kostnadene vil være små sett i forhold til de andre driftskostnadene.

Produksjonstapet utgjør i dagens kraftverk med tilbakespyling sannsynligvis den største driftskostnaden, og omfatter blant annet tapt vannvolum under tilbakespyling og falltapet over varegrindene under normal drift (funksjon av renskeeffekten til konseptet). Dette er illustrert i Figur 3.



Figur 3: Flytdiagram som viser hva kostnaden av tapt produksjon for et tilbakespylingskonsept i hovedsak utgjøres av

2.4.2.1 Kostnad av tapt vannvolum under tilbakespyling

Kostnad av tapt vannvolum er en funksjon av blant annet følgende parametere:

- Vannvolum brukt til selve tilbakespylingene
  - *Tilbakespylingstid* (funksjon av renskeeffekten og utformingen)
  - *Tilbakespylingsvannføring* (funksjon av utforming og metode)
  - *Renskeintervall* (funksjon av renskeeffekten og drivgodsmengdene)
- Overløp under tilbakespyling
  - *Tilløpsvannføring* (funksjon av nedbør, snøsmelting og hydrologi)
  - *Turbinvannføring* under tilbakespyling (potensiell og reell)
  - *Tilbakespylingsvannføring* (funksjon av utforming og metode)
  - *Tilbakespylingstid* (funksjon av renskeeffekten og utformingen)

Tapt vannvolum under tilbakespyling kan angis matematisk som:

$$V_{tapt} = n \cdot \int_0^{t_s} Q_s + \Delta Q_{o.løp} dt$$

$\rightarrow t_s =$ *tilbakespylingstid*

$\rightarrow \Delta Q_{o.løp} =$ *endring av forbiledet vannføring (overløp eller lignende)*

$\rightarrow Q_s =$ *vannføring benyttet til tilbakespyling*

$\rightarrow n =$ *antall tilbakespylinger*

Tapt inntekt på grunn av tapt volum vann kan videre settes opp som:

$$K = p \cdot \eta \cdot \rho \cdot g \cdot H_T \cdot V_{tapt} \cdot \frac{1}{3600} h/s \cdot \frac{1}{1000} k$$

En ytterligere diskusjon av parametere som styrer tapt vannvolum under tilbakespyling er gitt i *Vedlegg 1 – Kostnader av tapt vannvolum under tilbakespyling*.

2.4.2.2 Kostnad av falltap over varegrind

Kostnad av falltap over varegrind (under normal drift) relateres til tilbakespylingskonseptet gjennom renskeeffekten til konseptet. Har man en god renskeeffekt, blir falltapskostnadene mindre og/eller renskeintervallet lengre. Lengre renskeintervall medfører igjen mindre tapt vannvolum til tilbakespyling, og da mindre kostnad på grunn av dette.

3 Forsøk på tilbakespylingsparametere

I dette prosjektet har det blitt valgt å ha fokus på verifisering av parametere som styrer renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet. Renskeeffekten styrer blant annet falltapet over varegrinda, tilbakespylingstiden og renskeintervallet, og da også driftskostnadene til konseptet. For å verifisere virkningen av de ulike parameterne som styrer renskeeffekten til konseptet har det blitt utført numeriske simuleringer med et CFD-program, samt blitt utført forsøk på en fysisk modell i laboratorium (masterstudent Helge Bakken).

3.1 NUMERISK MODELL

I dette kapittelet presenteres fremgangsmåte og resultater for numeriske simuleringer av tilbakespylingskonseptet. Til simuleringen ble det i hovedsak benyttet det kommersielle CFD (Computational fluid dynamics) programmet Flow-3D. Programmet beregner strømninger i tre dimensjoner ved å løse Navier-Stokes ligninger numerisk.

3.1.1 Metode

Ut fra erfaringene med tilbakespylingskonseptet, gitt i kapittel 2.3, kommer det frem at renskeeffekten ser ut til å være avhengig av størrelsen på de trykk- og skjærkreftene som virker på drivgodset under en spyling, samt drivgodsets egenskaper.

Det ble ut fra diskusjon isolert følgende faktorer som antas å påvirke kreftene på drivgodset:

- Tilbakespylingstid (arbeid/energi)
- Akselerasjon av vannmasser (massetreghetseffekter)
- Størrelse og fordeling av lokale vannhastigheter over varegrindas areal (tap av hastighetsenergi)
- Drivgodsegenskaper (mengde, type, fordeling på grind og så videre)

For å separere effekten av ulike parametere som antas å påvirke disse faktorene ble det utført numeriske simuleringer med variasjon av den enkelte parameter. De parameterne som ble variert var som følger:

- Vannvolum nedstrøms varegrind (i inntakskammer)
- Vanndybden i inntaket ved oppstart av tilbakespyling
- Åpningstid for spyleluke

- Dykket spylekammer (ikke frispeilstrømning)
- Plasseringen av innløpet til spylekulvert i spylekammeret

I hvert enkelt forsøk ble den enkelte parameter variert ut fra en referansesimulering. Effekten av variasjonen ble vurdert ut fra sammenligning med referansesimuleringen og øvrige simuleringer. Følgende parametere ble registrert for sammenligning:

- Vannføring og gjennomsnittshastighet over varegrind, Q(t) og $V(t) = Q(t)/A_{grind}$
- Høyeste og laveste lokale vannhastighet, V_{max} og V_{min}
- Akselerasjon av vannmasser, $A(t) = V'(t)$
- Tid varegrind forble dykket (uten frispeilstrømning over varegrind), t_{dykket}
- Drivgodsets vandring fra varegrinda og ut gjennom spylekulverten

Siden varegrinda og drivgodset er vanskelig å modellere i en numerisk modell, ble varegrinda med påheftet drivgods modellert som et plan med en gitt en falltapskoeffisient ("baffle") i modellen. Brutto falltapskoeffisient, k_{brutto}, ble satt til 16.511, noe som tilsvarer et falltap på 0.2 meter ved en vannføring på 1.95 m^3/s. Dette er en ren antagelse. Porøsiteten til varegrinda/bafflen ble satt til 0.833, noe som omtrent tilsvarer en ren varegrind.

Det ble antatt at trykkreftene ville være de dominerende kreftene på drivgodset under tilbakespyling. Størrelsen på nødvendig trykkraft var imidlertid ukjent, men forsøk i laboratorium og ved Bergedammen viste at relativt små trykkdifferanser kunne medføre avrivning av drivgodset fra varegrinda (Jørstad, 2010). Det ble derfor antatt i første omgang at drivgodset ville løsne ved en gjennomsnittlig trykkforskjell på 0.2 kg/dm^2 over varegrinda. Dette tilsvarer en brutto hastighet over varegrinda på omtrent 0.15 m/s med den valgte falltapskoeffisienten på 16.511. Metodikken for simuleringene ble da som følger:

- Kjøre simuleringen til en gjennomsnittshastighet på 0.15 m/s over varegrinda/bafflen ble oppnådd
- Redusere falltapskoeffisienten over de deler av varegrinda/bafflen som hadde en større lokal hastighet enn 0.15 m/s. Koeffisienten ble redusert til en verdi som omtrent tilsvarer en ren varegrind ($k_{brutto} = 0.283$)
- Fortsette simulering

Ideelt sett skulle man repetert dette for hver gang man fikk en lokal hastighet som var større enn 0.15 m/s, men av hensyn til tidsbegrensningen til dette prosjektet ble dette ikke utført for mer enn den første overskridelsen.

Ved å gjøre en slik reduksjon av falltapskoeffisienten over deler av varegrindas areal kan man studere effekter av dette på den lokale vannhastighetsfordelingen etter at det initiale feltet med drivgods hadde løsnet. Erfaringer tilsier at det er vanskeligere å tilbakespyle resterende drivgods etter løsning av initialt felt.

For å simulere drivgodsets vandring fra varegrinda til utløpet av spylekulverten ble det benyttet markørpartikler som følger vannstrømmen uten interaksjon med vannet.

3.1.2 Modell

3.1.2.1 Geometri og utforming

En skisse av geometrien til inntaket i referansesimuleringen er vist i *Vedlegg 2 – Skisse av geometri for referansesimulering*. Innløp til rørgata som leder til Viddal kraftverk er ikke opptegnet da det kun er selve tilbakespylingen som er av interesse.

Inntaksmodellen som simuleringene ble utført på er nokså likt alternativ 4, som blir beskrevet i *Vedlegg 3 – Potensielle utforminger av Inntak Viddal*. Inntaket er en ettkammerløsning med vertikal varegrind, og med innløpet til spylekulverten under varegrinda.

Inntaket ble tegnet i 3D med DAK-programmet Autocad 3D, og importert i Flow-3D som faste materialer ("solids").

3.1.2.2 Modelloppsett

Et utdrag av modelloppsettet er gjengitt punktvis under:

- Beregningsoppsett
    - RNG-turbulensmodell med dynamisk beregnet turbulent mikselengde (RANS)
    - Advektive flukser, viskøse krefter og bevegelige objekter beregnes eksplisitt
    - Implisitt GMRES trykkmodell
    - 2. ordens (monotont bevarende) numerisk beregningsmetode
    - Vann er ukompressibelt og har en temperatur på 20 °C
    - Cellestørrelse 0.05 x 0.05 x 0.05 m^3
    - Baffle med falltap i steden for varegrind (k_{netto} = 11.457 og n = 0.833)
    - Grensebetingelse for utløpet til spylekulverten: Trykk = 0 Pa
- Inntaksluka er stengt
- Ingen strømning ut eller inn av inntaket bortsett fra gjennom tilbakespylingsrøret (lukket mot turbin(-er) og magasin)

3.1.3 Simuleringer/forsøk

Det ble utført totalt sju simuleringer/forsøk, hvorav en var en referansesimulering. I Tabell 1 er det gitt oppsettparameterne for de ulike forsøkene.

Tabell 1: Oppsettparametere for de ulike forsøk. "=Ref." betyr at parameteren har samme verdi som referansesimuleringen F1.

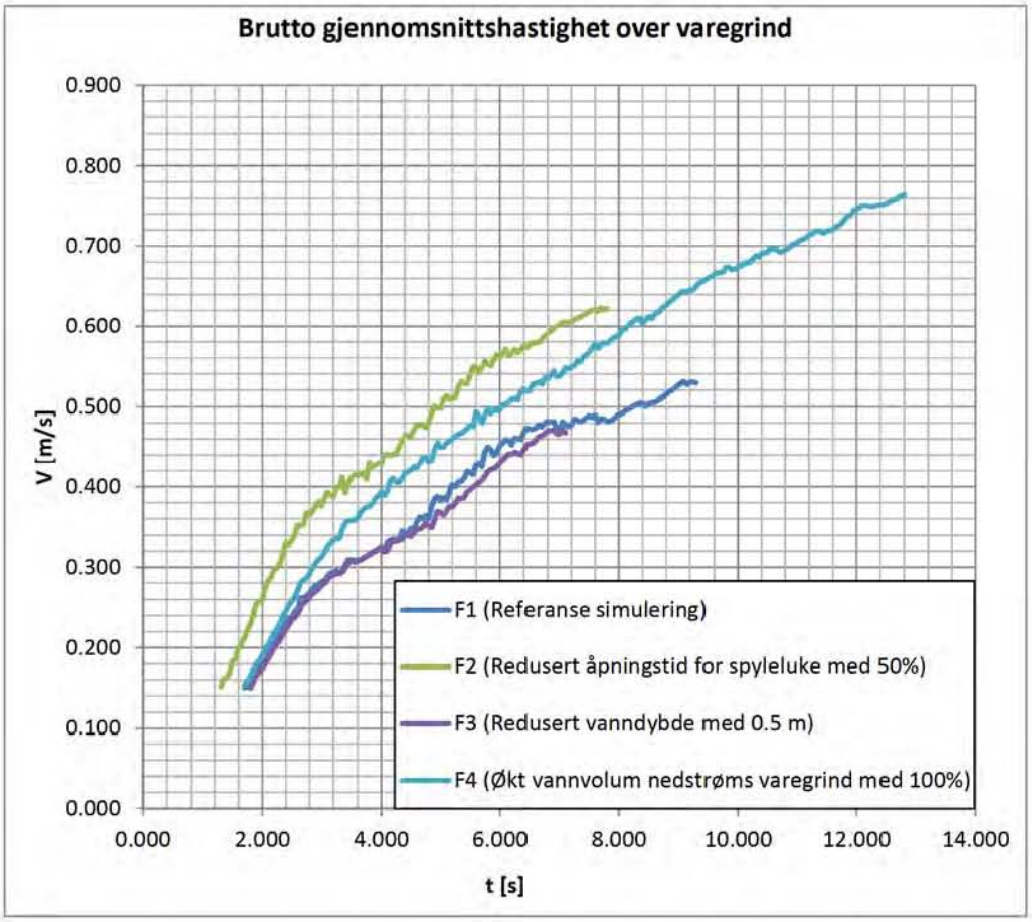
Forsøksnr.	Beskrivelse	Vannvolum oppstrøms varegrind [m^3]	Vannvolum nedstrøms varegrind [m^3]	Vanndybde i inntaks-kammer [m]	Frispeil-strømning eller dykket spylekammer (F/D)	Åpningstid for spyleluke [s]
F1	*Referanse*	**20.5**	**32.5**	**2.6**	**F**	**15**
F2	*Redusert åpningstid for spyleluke*	= Ref.	= Ref.	= Ref.	= Ref.	**10**
F3	*Redusert vanndybde i inntakskammer*	18.5	= Ref.	**2.1**	= Ref.	= Ref.
F4	*Økt vannvolum nedstrøms varegrind*	= Ref.	**65**	= Ref.	= Ref.	= Ref.
F5	*Redusert åpningstid for spyleluke (ekstrem)*	= Ref.	= Ref.	= Ref.	= Ref.	**1**
F6	*Uendelig vannvolum nedstrøms varegrind (tokammer-løsning)*	= Ref.	∞	= Ref.	= Ref.	= Ref.
F7	*Dykket spylekammer*	15.72	= Ref.	= Ref.	**D**	= Ref.

Det ble også gjennomført en simulering av en kombinasjon av forsøk F2 og F4, med enkelte optimaliseringer ut fra tidligere resultater. I tillegg utførte doktorgradsstudent Hanne Nøvik simuleringer av hastighetsfordelinga over varegrinda ved ulike plasseringer av innløpet til spylekulverten.

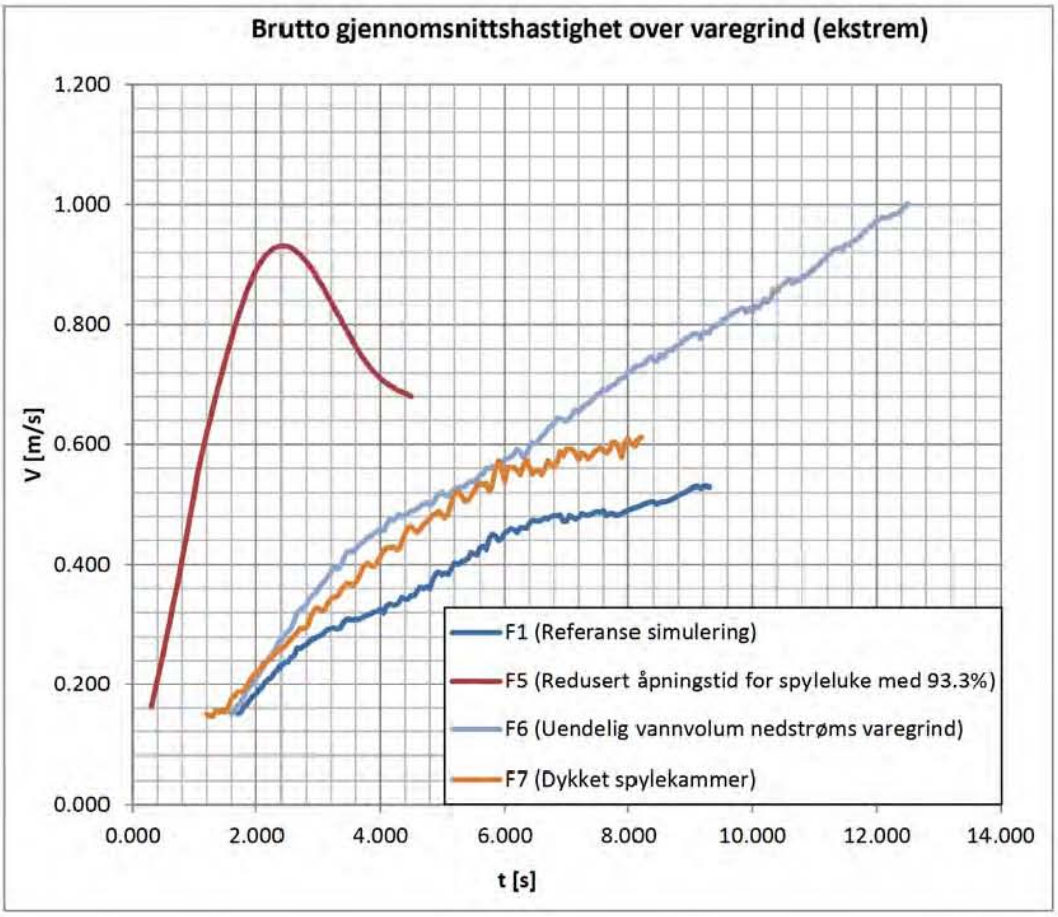
3.1.4 Resultater

3.1.4.1 Gjennomsnittshastighet og akselerasjon

I Figur 4 og Figur 5 er det vist brutto gjennomsnittshastighet over varegrinda under tilbakespyling for de ulike forsøkene. Tidsseriene strekker seg fra tidspunktet med løsningen av det initiale feltet med drivgods og til det tidspunkt hvor varegrindas øvre del ikke lenger er dykket. Det vil si at resultatene er hentet ut etter reduksjon av falltapskoeffisienten over deler av varegrindas areal (reduksjon over deler med høyere lokal vannhastighet enn 0.15 m/s).



Figur 4: Brutto gjennomsnittshastighet over varegrinda under tilbakespyling for forsøkene F1-4 (etter løsning av initialt felt med drivgods)



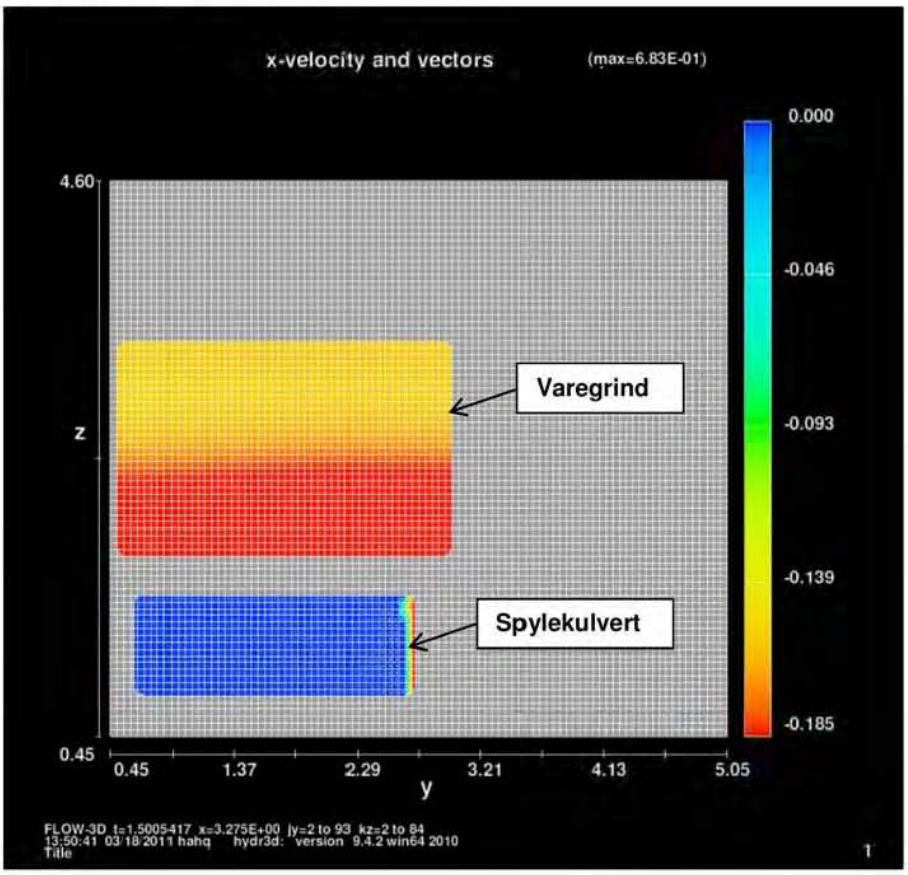
Figur 5: Brutto gjennomsnittshastighet over varegrinda under tilbakespyling for forsøkene F1 og F5-7 (etter løsning av initialt felt med drivgods)

Av figurene kan det sees blant annet at:

- En hurtig lukeåpningstid (F2 og F5) medfører størst akselerasjon av vannmassene, en relativt høy maksimal gjennomsnittshastighet og kortest effektiv tilbakespylingstid
- En økning av vannvolumet nedstrøms varegrinda (F4 og F6) medfører en liten økning av akselerasjonen av vannmassene, høyest maksimal gjennomsnittshastighet og mulighet for en lang effektiv tilbakespylingstid
- En redusert vanndybde i inntakskammeret (F3) medfører lite eller ingen reduksjon av akselerasjonen av vannmassene, en lavere maksimal gjennomsnittshastighet og en kortere effektiv tilbakespylingstid
- Et dykket spylekammer (F7) medfører en liten økning av akselerasjonen av vannmassene, litt høyere maksimal gjennomsnittshastighet og en kortere effektiv tilbakespylingstid

3.1.4.2 Hastighetsfordeling over varegrindas areal

For forsøkene F1 til F7 var den lokale hastigheten, før reduseringen av falltapskoeffisienten, størst over de nederste 0.6 - 0.7 meterne av varegrindas høyde. Over bredden var hastigheten relativt jevnt fordelt. Falltapskoeffisienten ble derfor redusert for dette nederste arealet på varegrinda (2.5 m x 0.6 m) før videre simulering. Figur 6 viser hastighetsfordelingen over varegrinda for simulering F2 (rett før reduksjon av falltapskoeffisienten).



Figur 6: Simulering F2 -Hastighetsfordeling over varegrindas areal (rett før reduksjon av falltapskoeffisienten). Fargeskalaen angir vannhastighet normalt på planet, og en rød farge betyr at hastigheten er større eller lik 0.185 m/s

Den ujevne fordelingen av hastigheten skyldes sannsynligvis at man har valgt å ha innløpet til spylekulverten under varegrinda, men variasjonen er imidlertid relativt liten.

Etter en reduksjon av falltapskoeffisienten for den nedre delen av varegrinda økte variasjonen av den lokale vannhastigheten som en følge av mindre motstand (falltap) over den nedre delen. I den videre simuleringen ble derfor største lokale minimumshastighet over tiden registrert. Denne verdien sier noe om potensialet til å renske resterende drivgods på varegrinda (over de områder som ikke har fått redusert falltapskoeffisienten). Tabell 2 viser resultatet av registreringen av største lokale minimumshastighet over tilbakespylingstiden for de ulike simuleringene.

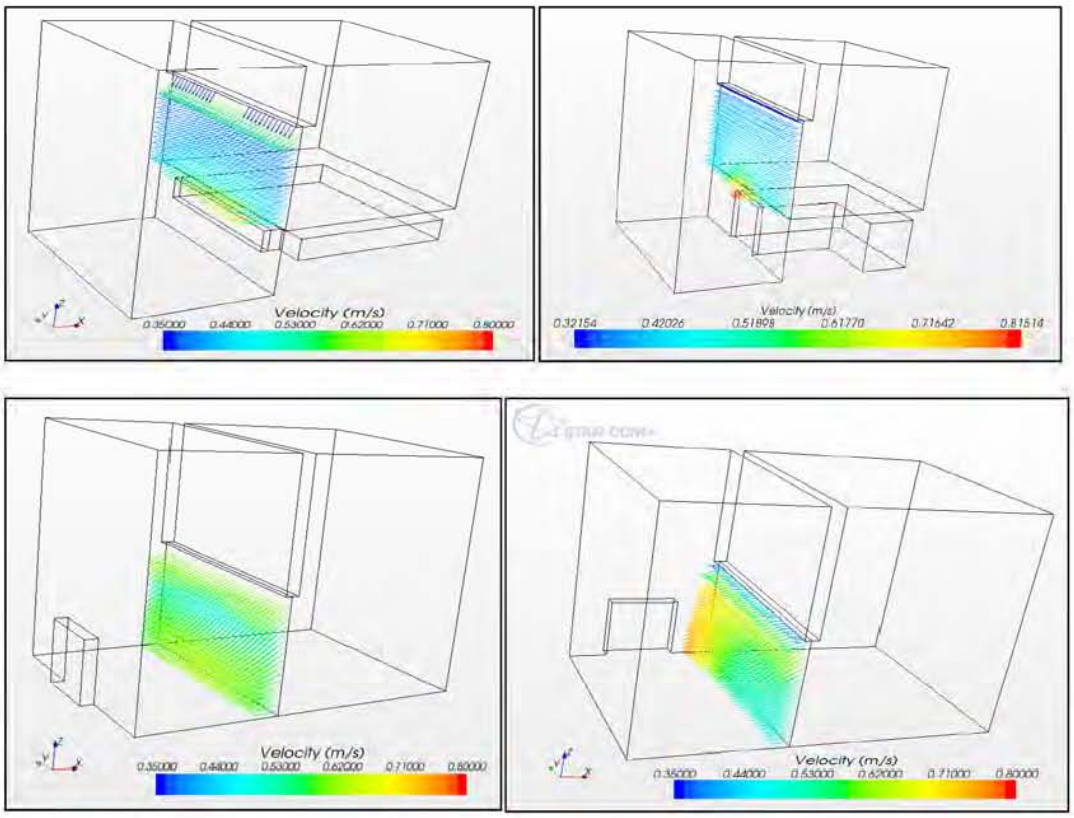
Tabell 2: Største lokale minimumshastighet over tilbakespylingstiden for de ulike simuleringene (etter reduksjon av falltapskoeffisienten for deler av varegrindas areal)

Forsøksnr. (Kort beskrivelse)	F1 (Ref.)	F2 (L.å.tid)	F3 (V.dybde)	F4 (Volum)	F5 (L.å.tid)	F6 (Volum)	F7 (Dyk.kam)
Største minste lokale vannhastighet over tilbakespylingstiden [m/s]	0.3	0.35	0.27	0.42	0.54	0.56	0.36

Av tabellen kan det blant annet sees at et økt vannvolum nedstrøms varegrinda, en hurtig åpningstid for spyleluka og et dykket spylekammer kan være gunstig med hensyn på å løsne det resterende drivgodset på varegrinda (etter en initial løsning av drivgods). Et stort volum nedstrøms varegrinda ser ut til å gi det største bidraget til en høy lokale minimumshastighet, men også en hurtig lukeåpningstid gir et stort bidrag.

Det ble utført en ekstra simulering, som var en kombinasjon av forsøk F2 og F4, hvor varegrinda ble trukket noe lenger nedstrøms i inntakskammeret enn øvrige simuleringer (0.5 meter). Resultatene av denne simuleringa antydet at det kunne være gunstig å forskyve varegrinda noe lenger nedstrøms for å oppnå en jevnere hastighetsfordeling over varegrinda under tilbakespyling.

I tillegg utførte doktorgradstudent Hanne Nøvik simuleringer av hastighetsfordelinga over varegrinda ved forskjellige plasseringer av innløpet til spylekulverten. Simuleringene ble utført med CFD-programmet Star-CCM+, og et lite utdrag av de visuelle resultatene er vist i Figur 7.



Figur 7: Plasseringa av innløpet til spylekulvertens påvirkning på hastighetsfordelinga over varegrinda (hentet fra kilde: (Nøvik, Lia, & Jørstad, 2011))

Fra figuren kan det blant annet sees at man får en relativt ujevn hastighetsfordeling over varegrinda ved å plassere innløpet til spylekulverten på ene siden av spylekammeret. Størst er den lokale hastigheten i områder på varegrinda som ligger nær innløpet.

3.1.4.3 Andre resultater

I de ulike simuleringene ble tiden varegrinda forble dykket (uten frispeilstrømning over varegrind), registrert. Dette forteller noe om hvor lang tid den øvre delen av varegrinda blir tilbakespylt (effektiv tilbakespylingstid), som igjen kan ha sammenheng med renskeeffekten her. Dette er vist i Tabell 3 under.

Tabell 3: Tid før frispeilstrømning oppnås over varegrind for de ulike simuleringene

Forsøksnr. (Kort beskrivelse)	F1 (Ref.)	F2 (L.å.tid)	F3 (V.dybde)	F4 (Volum)	F5 (L.å.tid)	F6 (Volum)	F7 (Dyk.kam)
Tid før frispeilstrømning over varegrind [s]	9.3	7.8	7.1	12.8	4.5	∞	8.2

Som det kan sees av tabellen, gir de simuleringene med hurtig akselerasjon av vannmassene (hovedsakelig de med hurtig spylelukeåpning) en kort effektiv tilbakespylingstid, mens de simuleringene hvor vannvolumet nedstrøms varegrinda var blitt økt får en lengre effektiv tilbakespylingstid.

Denne tiden sammen med største lokale minimumshastighet og drivgodsegenskaper sier noe arbeidet som potensielt kan utføres på resterende drivgods (etter initial løsning), og blir dermed også et mål på potensialet til å løsne resterende drivgods.

3.1.5 *Feilkilder*

En numerisk modell vil alltid være en tilnærming til virkeligheten, og aldri være helt eksakt. I følge The European Research Community, Turbulence and Combustion, kan feil i CFD program deles inn i følgende grupper (Olsen, 2007):

- Modelleringsfeil (for eksempel ved bruk av en turbulensmodell eller forenklet geometri)
- Feil på grunn av numeriske tilnærmingsmetoder (for eksempel diskretisering)
- Feil på grunn av at konvergensen ikke er fullstendig (avhengig av konvergenskriteriet)
- Avrundingsfeil (ofte lite ved bruk av 12 siffers nøyaktighet)
- Feil grensebetingelser og inndata (for eksempel feil hastighetsfordeling og turbulens på grenseflaten til gitteret)
- Menneskelig feil (for eksempel ved bruk av uerfarne brukere)
- Feil i programvare (omtrent en feil per 1000 til 10 000 linjer i et kommersielt program)

Ved å løse Reynolds- Averaged Navier-Stokes (RANS) numerisk, kan man både få numeriske feil og turbulensmodell feil (Duraisamy, 2009). Altså kan man få signifikante modelleringsfeil hvis resultatet er svært avhengig av korrekt turbulens og hastighetsfelt. Dette er relevant for disse simuleringene, og resultatene må derfor sees på som noe usikre.

For å minske feilen på grunn av de numeriske tilnærmingsmetoder, ble det brukt kalibreringer hvor resultatene ble sammenlignet med enkle håndberegningsmetoder. Håndberegningsmetodene har imidlertid begrenset anvendelsesområde og tar ikke hensyn til stedsspesifikke forhold i særlig grad. Formlene vil imidlertid gi et estimat på hvor resultatene til den numeriske modellen bør ligge.

Konvergenskriteriene i Flow-3D blir satt av programmet enten som en konstant, som kan endres av bruker, eller som en dynamisk variabel. I dette prosjektet er det kun brukt standardverdiene for de konstante konvergenskriteriene. Det er allikevel viktig at bruker overvåker resultatene visuelt under en simulering for å forhindre store feil. Dette ble gjort i alle simuleringene.

Feilene i programvaren er vanskelig å si noe om, men det vil være naturlig å anta at desto nyere en algoritme er, desto større sannsynlighet er det for at det finnes feil i programmeringen av algoritmen. For å forhindre dette i størst mulig grad er det forsøkt å bruke anerkjente modeller og algoritmer i simuleringene.

Ellers kan det nevnes at det er gjort en del forenklinger og antagelser i simuleringene. Forenklingene ble gjort hovedsakelig for å begrense beregningstiden, mens antagelsene ofte ble

gjort der hvor parametere var ubestemt eller hadde en stor variasjon. Dette kan ha påvirket resultatet.

Etter en evaluering av problemet og mulige feilkilder er det antatt at følgende feilkilder gir de største avvikene fra virkeligheten:

- **Statistisk tilnærming til turbulens (RANS) - Bruk av turbulensmodeller**
- **Modellering av varegrind som gitterplan med gitt falltapskoeffisient og porøsitet**
- **Metode for reduksjon av falltapskoeffsient**
- **Valg av løsrivende kraft for drivgodset (antagelse!)**
- Valgt cellestørrelse
- Numerisk beregningsmetode for advektive flukser

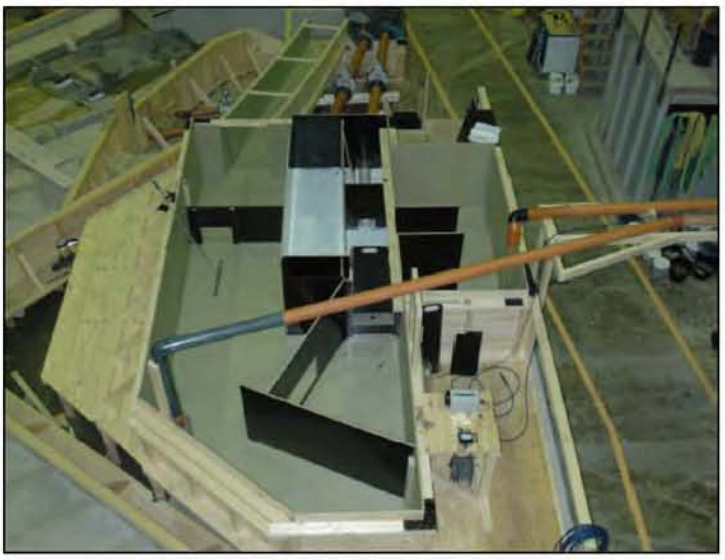
Norconsult mener allikevel CFD programmet Flow-3D har vært til god hjelp for å lage estimat på resultater, som etter all sannsynlighet vil være bedre enn for eksempel håndberegningsmetoder. Programmet gir også en bedre visuelle forståelsen av problemet.

3.2 FYSISK MODELL

I forbindelse med utformingen av Inntak Viddal utførte masterstudentene Helge Bakken og Eirik Aune forsøk på en fysisk modell av inntaket som en del av masteroppgaven deres ved NTNU. Bakken utførte forsøk relatert til verifisering av tilbakespylingskonseptet, mens Aune utførte forsøk relatert til andre hydrauliske forhold ved inntaket (for eksempel sammenkoblingen med avløpet fra Draura kraftverk).

3.2.1 Modell

Den fysiske modellen ble bygget i Vassdragslaboratoriet til NTNU med en modellskala på 1:7.5, og ble bygget med grunnlag i et av de første forslagene til utforming av inntaket (forslag fra Tussa Energi ved Kåre Otterdal). Figur 8 viser et bilde av modellen sett ovenfra. (Bakken, 2011)



Figur 8: Fysisk modell i skala 1:7.5 i Vassdragslaboratoriet på NTNU (foto: Helge Bakken)

Drivgodset ble modellert med fleece eller bomull, og varegrinda ble laget i plast med 2 mm brede grindstenger med 4 mm lysåpning. Varegrinda er vist i Figur 9. (Bakken, 2011)

Figur 9: Varegrinda i den fysiske modellen - 2 mm brede grindstenger og 4 mm lysåpning (foto: Helge Bakken)

3.2.2 Metode

Metoden for forsøkene baserte seg på en rekke reelle tilbakespylinger av varegrinda i det skalerte inntaket (skalert etter Froudes modellov). Drivgods, representert av biter med fleece eller bomull, ble påheftet varegrinda ved å plassere bitene i vannstrømmen oppstrøms varegrinda i en driftssituasjon for inntaket (Viddal kraftverk går med maks slukeevne). Falltapet over varegrinda ble

målt før og etter tilbakespylingene, og effektiviteten til tilbakespylingene ble vurdert ut fra relativ reduksjon i falltap. (Bakken, 2011)

Modellen ble instrumentert med blant annet vannføringsmålere, trykkmålere og hastighetsmålere (ADV). (Bakken, 2011)

3.2.3 *Forsøk*

For hvert forsøk ble enkeltparametere variert, og relativ reduksjon i falltap sammenlignet. Følgende parametere ble variert i forsøkene (Bakken, 2011):

- Åpnet/lukket inntaksluke
- Hastighet på spyleluka
- Varighet av tilbakespyling
- Trykk-/frispeilstrømning i spylekammer
- Utforming og plassering av innløp til spylekulvert/-rør
- Materiale for modellering av drivgods
- Dykket/fritt vannspeil over varegrind under tilbakespyling
- Vannvolum nedstrøms varegrind
- Med/uten terskel nedstrøms varegrind

3.2.4 *Resultater*

Forsøkene gir ikke noe entydig svar i forhold til hvilke enkeltparametere som påvirker renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet. Dette skyldes i hovedsak at for mange parametere har blitt variert samtidig i forsøkene, samt at forsøkene har lite/ikke statistisk grunnlag. Det kan imidlertid se ut til at åpningstiden til spyleluka og vannvolumet nedstrøms varegrinda påvirker renskeeffekten. (Bakken, 2011)

Bakken konkluderer blant annet med at det er viktig å åpne spyleluka hurtig med hensyn på å fjerne mest mulig drivgods i den initiale fasen av tilbakespylingen. I tillegg bør spyleluka og spylekulverten ha god kapasitet. Bakken påpeker også at et lite vannvolum i spylekammeret i forhold til i inntakskammeret ser ut til å være gunstig. (Bakken, 2011)

4 Utforming av Inntak Viddal

4.1 GENERELT

Inntak Viddal er det planlagte inntaket til Viddal kraftverk i Ørsta kommune i Møre og Romsdal. Tussa Energi er eier og byggherre for prosjektet, mens det rådgivende firmaet Norconsult AS er prosjekterende part for inntaket.

Inntaket skal etter planen utnytte fallet fra kt. 262 i Viddalselva og ned til omtrent kt. 20 ved Hjørundfjorden, hvor Viddal kraftstasjon er lokalisert. I inntaksområdet er det planlagt å legge Draura kraftstasjon. Denne kraftstasjonen skal utnytte fallet oppstrøms i Viddalselva, og ha avløp ved/i Inntak Viddal. Inntak Viddal vil derfor benytte både lokaltilsiget i Viddalselva og avløpet fra Draura kraftverk.

Landskapet i området er i stor grad dannet og preget av isbreenes bevegelser under istidene i Norge. Man har markerte dalfører med høye og til dels bratte fjell langs sidene. Vegetasjonen i området består hovedsakelig av løvskog, med noe innslag av barskog enkelte steder. Befaringer og bilder fra området viser at området ligger relativt utsatt til med hensyn på ras og snøras.

Figur 10: Område for plassering av Inntak Viddal

4.2 HYDROLOGI

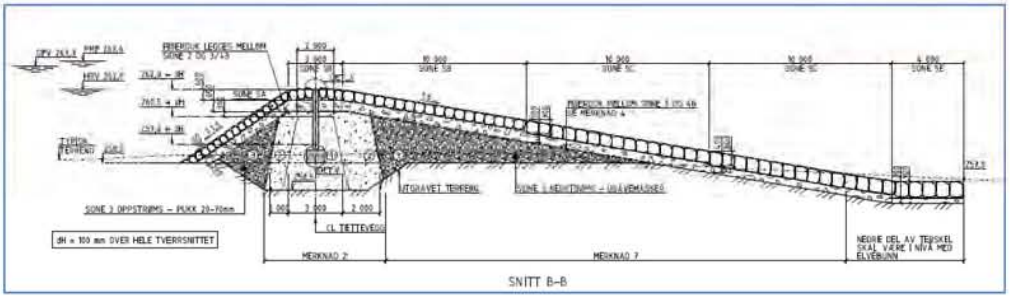
4.2.1 *Flommer*

Følgende kuliminasjonsverdier for flommer er beregnet for Inntak Viddal (Norconsult AS, 2009) (Stranden, 2010):

Q_{10}	=	26.0	[m^3/s]	
Q_{20}	=	31.0	[m^3/s]	
Q_{500}	=	45.2	[m^3/s]	
Q_{1000}	=	48.6	[m^3/s]	
Q_{PMF}	=	67.8	[m^3/s]	(1.5 x Q_{1000})

4.3 DAM OG INNTAKSMAGASIN

For å skape et lite inntaksmagasin er det planlagt å bygge en løsmasseterskel oppstrøms inntakskammeret med kronetopp på kt. 262. Løsmasseterskelen blir omtrent 4 meter høy, 25 m lang og får en nedstrøms helning på 1:6. Dette medfører imidlertid en relativt lang vei fra inntakskammeret til nedstrøms damtå, noe som er ugunstig med hensyn på lengden drivgodset må fraktes ved en tilbakespyling.



Figur 11: Skisse av løsmasseterskel

4.3.1 *Flomvannstander*

Ved å benytte NVEs overløpsformel (NVE, 2005), $Q = CL_{eff}H^{3/2}$, med C = 1.4 (skarpkantet, bredt overløpsprofil) og L_{eff} = 25 m, fås følgende flomvannstander:

L_{eff}:	25 [m]	
C:	1.4 [-]	
Nivå terskel:	262 [moh]	

	Q [m^3/s]	h [m]	**V.nivå [moh]**
Q_{10}:	26	0.9	**262.9**
Q_{20}:	31	1.0	**263.0**
Q_{500}	45.2	1.2	**263.2**
Q_{1000} (DFV):	48.6	1.3	**263.3**
Q_{PMF} (PMF):	67.8	1.6	**263.6**

4.4 KRAFTVERKSDATA

4.4.1 *Turbinvannføring*

I Viddal kraftverk blir det installert en Pelton turbin, med maksimal og minimal turbinvannføring på henholdsvis:

$Q_{T, maks, Viddal}$ = 3.00 [m^3/s]

$Q_{T, min, Viddal}$ = 0.15 [m^3/s] (5 prosent av $Q_{T, maks}$)

For Draura kraftverk, som leder avløpsvannet ut ved Inntak Viddal, er maksimal turbinvannføring:

$Q_{T, maks, Draura}$ = 1.50 [m^3/s]

4.4.2 *Lukketid turbindyser*

For Viddal kraftstasjon er lukketiden for turbindysene fra full last til avslag omtrent 60 sekunder. Dette er vurdert til å ikke kunne gi noe trykkstøt av betydning oppe ved inntaket, som da eventuelt kunne vært benyttet til en tilbakespyling.

4.4.3 *Rørgate*

Rørgata vil bestå av nedgravde støpejernsrør med en diameter på 1 meter. Maksimalt statisk vanntrykk for røret er 244 mVs. Rørgata er klassifisert i konsekvensklasse 2, noe som da gir krav om en rørbruddsluke ved inntaket.

4.5 FØRINGER FOR UTFORMING

Egenskapene til området og de omkringliggende konstruksjoner, samt oppdragsgivers pålegg og anbefalinger, har medført ulike føringer for utforming av Inntak Viddal.

Tussa Energi (oppdragsgiver) hadde blant annet følgende ønsker for utformingen:

- Tilbakespyling som renskemetode for varegrinda
    - Ettkammerløsning
- Sammenkobling med avløpet fra Draura kraftstasjon nedstrøms varegrinda i inntaket
- Utseende på konstruksjoner over bakkenivå i samarbeid med arkitekt Knut Brekke
- Antall og type komponenter i inntaket (blant annet antall og type luker/varegrinder)
- Rørgatetrasè (plassering og kotehøyde ved innløp)
- Plassering og retning på inntaket (blant annet med hensyn på ras)
- Tilkomster til inntaket
- Diverse detaljløsninger (drifts- og vedlikeholdsmessige)
- Verifisering av god renskeeffekt (i den grad det er mulig)

Av hensyn til geologien i området skal inntaket bygges på løsmasser og inntaksdammen være en løsmasseterskel. Dette påvirker også utformingen av inntaket, som for eksempel:

- Inntakets plassering i forhold til tetningskjernen i dammen
    - Dimensjonering av inntak med eller uten poretrykk (oppdriftskrefter)
    - Utforming av overgang ved tettningskjerne
- Lengden på spylekulverten som en følge av en slak helning (1:6) på løsmasseterskelens nedstrøms side

4.6 POTENSIELLE UTFORMINGER

I *Vedlegg 3 – Potensielle utforminger av Inntak Viddal* blir et utdrag av de diskuterte utformingene for Inntak Viddal med hensyn på tilbakespyling angitt og vurdert. Alternativene er i hovedsak prinsipputforminger som kan kombineres og detaljeres i ulike varianter.

Alternativene bygger på tidlig-fase-erfaringer av hvilke parametere som påvirker renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet. Disse erfaringene har nå blitt videre utredet, og er presentert tidligere i denne rapporten i kapittel 3. Det har blitt lagt vekt på utforming etter blant annet følgende parametere:

- Lavt vannvolumforhold mellom spylekammer og inntakskammer
- Hydraulisk utforming med hensyn på en jevn hastighetsfordeling over varegrinda under tilbakespyling
- Mulige plasseringer av sammenkobling med avløp Draura nedstrøms varegrinda, og hydraulisk tilpassing av denne sammenkoblingen
- Stor kapasitet for spyleluke og spylekulvert/-rør
- Kort avstand mellom varegrind og spyleluke
- Hensyn til flomvannstander
- Adkomstmuligheter
- Mest mulig samlet plassering av luker og lukeopptrekk
- Muligheter for alternative renskemetoder (som for eksempel manuell rensk)

Utformingene er i hovedsak byggtekniske utforminger. I tillegg vil maskinteknisk utforming, som for eksempel valg av luketype og lukeåpningstid, påvirke renskeeffekten til de ulike alternativene.

Det bør også nevnes at andre stedspesifikke egenskaper (topografi, fundamentforhold med mer) enn det som er tilfelle ved Inntak Viddal vil kunne gi andre løsninger.

4.7 ANBEFALT UTFORMING

Ut fra føringene for utformingen inntaket, gitt i kapittel 4.5, ble det antatt at alternativ 4 var beste løsning for Inntak Viddal. Fordelene med denne utformingen ble vurdert til å være:

- I forhold til erfaringer:
  - En utforming som har likheter til tidligere utformede inntak med tilbakespyling, og dermed har erfaring knyttet til seg
- I forhold til driftssikkerhet og investeringskostnader:
  - "Få" mekanisk komponenter (luker og lignende), og da en større driftssikkerhet og en lavere mekanisk investeringskostnad
  - Mulighet for en mindre varegrind når avløpet fra Draura Kraftstasjon kommer inn nedstrøms varegrinda
  - Mulighet for manuell rensk fra oversiden (fra åpning i lukehusgulv)
  - Oppfanging av tyngre sedimenter i nedsenkning i spylekammer
  - Mulighet for å benytte spyleluke og –kulvert til nedtapping av magasin og forbiledning av vann
- I forhold til sikring av god renskeeffekt:
  - Stort vannvolum nedstrøms varegrinda i inntakskammeret i forhold til vannvolumet i spylekammeret. Dette gir mulighet for en lengre tilbakespylingstid og en høyere maksimal vannhastighet over varegrinda ved tilbakespyling
  - Lite spylekammer, noe som gir kort vei for drivgodset å vandre og da mulighet for en potensielt kort tilbakespylingstid
  - Stor kapasitet for spyleluke og spylekulvert, noe som også gir en høyere maksimal vannhastighet over varegrinda under tilbakespyling
  - Plassering av innløpet til spylekulverten under varegrinda, noe som gir en jevnere hastighetsfordeling over varegrinda
  - Mulighet for å benytte vannet fra avløpet til Draura kraftverk til kraftproduksjon og eller til tilbakespyling. Dette gir mulighet for en lengre tilbakespylingstid og eller en høyere maksimal vannhastighet over varegrinda ved tilbakespyling.
- I forhold til opprettholdelse av minimal kraftproduksjon under tilbakespyling (Viddal kraftverk):
  - Stort vannvolum nedstrøms varegrinda og en senkning av innløpet til rørgata gir muligheter for å avslutte tilbakespylingene før vannivået synker for lavt
  - Mulighet for å benytte vannet fra avløpet til Draura kraftverk til kraftproduksjon under tilbakespyling

Ulempene med utformingen er vurdert til å være:

- I forhold til investeringskostnader:
    - Stort og til dels komplekst inntak, noe som kan gi høye investeringskostnader
        - Sammenkobling med avløp Draura nedstrøms varegrind
        - Stor og lang spylekulvert
        - Ekstra overløpskulvert ut av inntaket for å håndtere vannet fra avløpet til Draura kraftstasjon når inntaks- og spyleluke er stengt og turbinvannføring Viddal er mindre enn Draura
- I forhold til drift:
    - Komplekse driftsrutiner
        - Kraftproduksjon og tilbakespylingstid med hensyn på vannivået i inntakskammeret (dykking av innløpet til vannveien)

Det bør imidlertid sies at i utgangspunktet ble en tokammerløsning (alternativ 3) anbefalt med hensyn på å redusere kompleksiteten og for å sikre renskeeffekten til inntaket, men på grunn av føringene lagt for prosjektet (gitt i kapittel 4.5) ble alternativ 4 vurdert til å være et bedre alternativ. En tokammerløsning ville krevd en ekstra luke og noe mer betongkonstruksjon sett i forhold til en ettkammerløsning, men hadde man imidlertid valgt å føre avløpet fra Draura kraftstasjon ut inntaksmagasinet, kunne inntakskonstruksjonen blitt redusert betraktelig i størrelse.

Alternativ 1 og 2 er også vurdert til å være gode løsninger, men vil nok kreve noe mer videreutvikling, dokumentasjon og verifikasjon for å kunne benyttes.

Det bør til slutt bemerkes at den maskintekniske utformingen, spesielt med tanke på type spyleluke og åpningstid, vil sannsynligvis påvirke renskeeffekten til inntaket i vesentlig grad.

5 Konklusjoner

Dette forskningsprosjektet har hatt fokus på de parametere som styrer renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet. Renskeeffekten til konseptet styrer blant annet arbeidskostnadene og kostnad av tapt produksjon. Dette gjør den gjennom å påvirke blant annet parametere som falltap over varegrind, nødvendig tilbakespylingstid og renskeintervall. Renskeeffekten til konseptet påvirker altså driftskostnadene til konseptet. Utforming etter parametere som styrer renskeeffekten gjør imidlertid at investeringskostnadene også blir delvis avhengige av renskeeffekten. Det bør imidlertid bemerkes at ulike "veier til målet" allikevel gir investeringskostnadene en viss uavhengighet fra renskeeffekten. En optimalisering av investeringskostnadene er ikke utført i dette prosjektet, og bør derfor utredes i videre forskning.

For å verifisere virkningen av de ulike parameterne som styrer renskeeffekten til konseptet har det blitt utført numeriske simuleringer med CFD-programmet Flow-3D, samt blitt utført forsøk på en fysisk modell i laboratorium (masterstudent Helge Bakken). Forsøkene ble forsøkt gjort generelle, men har delvis avhengighet til utformingen av Inntak Viddal.

Det ble ut fra diskusjon isolert følgende faktorer som antas å påvirke renskeeffekten til konseptet:

- Tilbakespylingstid (arbeid/energi)
- Akselerasjon av vannmasser (massetreghetseffekter)
- Størrelse og fordeling av lokale vannhastigheter over varegrindas areal (tap av hastighetsenergi)
- Drivgodsegenskaper (mengde, type, fordeling på grind og så videre)

Ut fra erfaringer fra inntak med tilbakespyling ser tilbakespylingsprosessen ut til å kunne deles opp i to faser:

- Initial løsning av felt med drivgods
- Løsning av resterende drivgods (hvis kreftene på drivgodset er høye nok)

Plasseringen og utformingen av innløpet til spylekulverten/-røret ser ut til å påvirke den lokale vannhastighetsfordelinga over varegrinda under tilbakespyling. De numeriske simuleringene antyder at de områder på varegrinda som ligger nærmest innløpet til spylekulverten/-røret ser ut til å få høyere lokale vannhastigheter enn de områder som ligger lenger unna. Denne lokale vannhastighetsfordelingen antas å påvirke plasseringen på det initiale feltet med drivgods som løsner under tilbakespyling. Det er derfor gunstig å plassere og utforme innløpet til spylekulverten slik at man får en jevnest mulig lokal hastighetsfordeling over varegrindas areal under

tilbakespyling. I tillegg viser de numeriske simuleringene at *en hurtig åpning av spyleluka* medfører en stor akselerasjon av vannmassene. Denne akselerasjonen antas å påvirke størrelsen på det initiale feltet med drivgods som løsner. Det er derfor gunstig med en hurtig åpning av spyleluka.

Etter den initiale løsningen av drivgods blir kreftene på det resterende drivgodset redusert. Erfaringer tilsier derfor at det er vanskeligere å tilbakespyle resterende drivgods. Vannet velger da minste motstands vei, som etter den initiale fasen ofte er i området som den initiale løsningen foregikk. I denne fasen er det derfor viktig å skape en høy nok gjennomsnittshastighet til at de minste lokale vannhastighetene blir store nok til å løsne resterende drivgods. Vannhastigheten over varegrinda under tilbakespyling blir her et mål på hvor store krefter (trykk- og viskøse skjærkrefter) som virker på drivgodset. De numeriske simuleringene antyder at *en hurtig åpning av spyleluka* (sammen med en *stor kapasitet for spylekulvert/-rør*) og *et stort vannvolum nedstrøms varegrinda* gir relativt høye gjennomsnittshastigheter og lokale vannhastigheter over varegrinda. Dette øker sannsynligheten for å fjerne resterende drivgods. Det er derfor gunstig med en hurtig åpning av spyleluka og et stort vannvolum nedstrøms varegrinda (sett i forhold til vannvolum oppstrøms varegrinda).

Konklusjonene/resultatene i denne rapporten er i hovedsak basert på resultatene fra de numeriske simuleringene. En numerisk modell vil alltid være en tilnærming til virkeligheten, og aldri være helt eksakt. Etter en evaluering av problemet og mulige feilkilder er det antatt at følgende feilkilder gir de største avvikene fra virkeligheten:

- Statistisk tilnærming til turbulens - Bruk av turbulensmodeller (RANS)
- Modellering av varegrind som gitterplan med gitt falltapskoeffisient og porøsitet
- Metode for reduksjon av falltapskoeffsient
- Valg av løsrivende kraft for drivgodset (antagelse!)
- Valgt cellestørrelse
- Numerisk beregningsmetode for advektive flukser

Ellers kan det nevnes at det er gjort en del forenklinger og antagelser i simuleringene. Forenklingene ble gjort hovedsakelig for å begrense beregningstiden, mens antagelsene ofte ble gjort der hvor parametere var ubestemt eller hadde en stor variasjon. Dette kan ha påvirket resultatet, og bør verifiseres/forbedres med videre forskning.

Norconsult mener allikevel CFD programmet Flow-3D har vært til god hjelp for å lage estimat på resultater, som etter all sannsynlighet vil være bedre enn for eksempel håndberegningsmetoder. Programmet gir også en bedre visuelle forståelsen av problemet.

Ut fra resultatene fra de numeriske simuleringene ble ulike potensielle utforminger for Inntak Viddal foreslått og diskutert. Av hensyn til kompleksitet og utforming ble i utgangspunktet en tokammerløsning med vertikale varegrinder anbefalt, men av hensyn til de føringer som ble lagt for inntaket ble en ettkammerløsning med vertikal varegrind valgt. Dette medfører imidlertid et relativt stort og komplekst inntak.

6 Forslag til videre forskning

Dette forskningsprosjektet har hatt fokus på de parametere som styrer renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet. Det er gjort en del forenklinger og antagelser, samt benyttet en del stedsspesifikke forhold. Det er derfor grunnlag for videre forskning på videreutvikling og verifisering av tilbakespylingskonseptet. Under er det foreslått temaer som kan være aktuelle for fremtidig forskning på tilbakespyling:

- Dokumentere og verifisere eksiterende kraftverksinntak med tilbakespyling
    - Målinger og forsøk i felt
    - Innhente erfaringer
    - Sette opp sammenhenger og sammenligninger
    - Sammenligne med modeller (fysiske eller numeriske)
- Finne nødvendig avrivnings-/løsrivningskraft for drivgods påheftet en varegrind
    - Finne en praktisk anvendbar metode for å finne avrivningskraft
    - Felt og laboratorieforsøk
- Videre forskning på parameterne som styrer renskeeffekten til tilbakespylingskonseptet
    - Benytte blant annet resultater fra forskning på nødvendig avrivningskraft for drivgods påheftet en varegrind
- Reduksjon av investeringskostnadene for tilbakespylingskonseptet
    - Komme opp med mulige utforminger av konseptet med hensyn på investeringskostnadene og parameterne som styrer renskeeffekten (lukeløsninger, betongmengder og -utforming)
    - Verifisering av foreslåtte alternativ (prototype, fysisk og eller numerisk modell)
- Lage en "designmanual" for inntak med tilbakespyling
- Finne sammenheng mellom nedbørsfeltets egenskaper og forventet type og mengde drivgods

7 Kilder

Bakken, H. C. (2011). *Inntak Viddal, Testing av enkammeret tilbakespylingskonsept.* NTNU, IVM. Upublisert.

Duraisamy, K. (2009, august 24.). *Introduction to Computational Fluid Dynamics.* Hentet juni 9., 2010 fra Stanford University: http://www.stanford.edu/~dkarthik/Teaching/CFD4/CFD_Notes_3.ppt

Elstad, I. (2011, Februar). Samtale om oppstartstid for Viddal kraftverk. (O. Jørstad, Intervjuer)

Jensen, L., Tesaker, E., Lund, S., & Huber, S. (2006). *Inntakshåndboken, Rettledning og utforming av inntak til småkraftverk i Norge.* Oslo: NVE.

Jørstad, O. A. (2010). *Bergedammen - Verifisering av selvrensende inntak.* NTNU, IVM. Upublisert.

Norconsult AS. (2009). *Vurdering av flomstørrelse Viddal kraftverk.* Sandvika.

NVE. (2005). *Retningslinjer for flomløp* (Vol. Utgave 2 - oktober 2005).

Nøvik, H., Lia, L., & Jørstad, O. (2011). Back Flushing of Trash Racks at Intakes to Small Hydro Power Plants. *Hydro 2011, Practical Solutions for a Sustainable Future.* Praha.

Olsen, N. R. (2007). *Numerical Modelling and Hydraulics* (Vol. 1. utgave). Trondheim: IVM, NTNU.

Stranden, J. O. (2010, april 29.). Mail angående estimering av 20- og 10årsflom.

8 Vedlegg

Vedlegg 1 – Kostnader av tapt vannvolum under tilbakespyling

Vedlegg 2 – Skisse av geometri for referansesimulering

Vedlegg 3 – Potensielle utforminger av Inntak Viddal

VEDLEGG 1 – KOSTNADER AV TAPT VANNVOLUM UNDER TILBAKESPYLING

Kostnad av tapt vannvolum er en funksjon av blant annet følgende parametre:

- Vannvolum brukt til selve tilbakespylingene
  - *Tilbakespylingstid*
  - *Tilbakespylingsvannføring*
  - Renskeintervall (funksjon av *renskeeffekt* og drivgodsmengder)
- Overløp under tilbakespyling
  - *Tilløpsvannføring*
  - *Turbinvannføring* under tilbakespyling (potensiell og reell)
  - *Tilbakespylingsvannføring*
  - *Tilbakespylingstid*

Tapt vannvolum under tilbakespyling kan angis matematisk som:

$$V_{tapt} = n \cdot \int_0^{t_s} Q_s + \Delta Q_{o.løp} dt$$

$\rightarrow t_s =$ *tilbakespylingstid*

$\rightarrow \Delta Q_{o.løp} =$ *endring av forbiledet vannføring (overløp eller lignende)*

$\rightarrow Q_s =$ *vannføring benyttet til tilbakespyling*

$\rightarrow n =$ *antall tilbakespylinger*

Endring i forbiledet vannføring under tilbakespyling blir et tap hvis forbiledet vannføringen økes ($\Delta Q_{o.løp}$ positiv), og en gevinst hvis vannføringen minskes ($\Delta Q_{o.løp}$ negativ).

$$V_{o.løp} = n \cdot \int_0^{t_s} \Delta Q_{o.løp} dt$$

Det er dette leddet som skiller en tilbakespyling med tokammerløsning fra en tilbakespyling med ettkammerløsning. For en ettkammerløsning vil hele den potensielle vannføringen man kunne produsert kraft på under tilbakespyling føre til økt overløpsvannføring. Denne overløpsvannføringen vil medføre et produksjonstap.

Det tapte volumet vann under tilbakespyling kan for en ettkammerløsning da angis som:

$$V_{tapt} = n \cdot \int_0^{t_s} Q_s + Q_{T,potensiell} dt$$

$\rightarrow Q_{T,potensiell}$ = *Turbinvannføring man potensielt kunne produsert kraft på hvis det ikke var tilbakespyling*

Tapet skyldes at man stenger inntaksluka under tilbakespyling, som er den eneste forbindelsen mellom inntak og magasin for en ettkammerløsning. Tilsiget til inntaket vil da gå i overløp.

For en tokammerløsning har man imidlertid forbindelse mellom inntak og magasin i det kammeret som ikke tilbakespyles (en inntaksluke åpen). Dermed har man mulighet til å redusere eller holde konstant den forbiledede vannføringen. Dette vil være tilfelle når følgende kriterium er tilfredsstilt:

$$\int_0^{t_s} Q_{T,potensiell} dt \leq \int_0^{t_s} Q_{T,tilbakespyling} + Q_s dt$$

$\rightarrow Q_{T,tilbakespyling}$ = *Reell turbinvannføring under tilbakespyling*

Av ligningen kan det sees at turbinvannføringen under tilbakespyling er av avgjørende betydning når det gjelder å redusere produksjonstapet. Turbinvannføringen under tilbakespyling vil være styrt av blant annet krav for å unngå luftinnsugning og krav til renskeeffekt av varegrind. Hvis man imidlertid forestiller seg at man kan ha full potensiell kraftproduksjon under en tilbakespyling (hydraulisk godt inntak), vil man ikke få et produksjonstap hvis reduksjonen i forbiledet vannvolum tilsvarer vannvolumet som benyttes til tilbakespylingen:

$$\left| \int_0^{t_s} \Delta Q_{o.løp} dt \right| = \int_0^{t_s} Q_s dt \text{ når } \int_0^{t_s} \Delta Q_{o.løp} dt < 0$$

Dette vil være tilfelle ved en tilstrekkelig stor flom ($Q_{o.løp} \geq Q_s$) i et inntak som er utformet slik at man kan ha full kraftproduksjon under tilbakespyling. I et slikt tilfelle får man teoretisk sett ikke noe produksjonstap på grunn vannvolumet som benyttes til selve tilbakespylingen. Det reduserte forbiledede vannvolumet oppveier da for vannvolumet brukt til selve tilbakespylingen, og man taper ikke noe mer vann enn ved normal drift.

Det er imidlertid vanskelig å utforme et inntak slik at man kan ha full potensiell kraftproduksjon under tilbakespyling. Når man forsyner kraftproduksjonen og tilbakespylingen med vann fra kun ett inntakskammer, vil man få et betydelig økt falltap over den varegrinda som ikke tilbakespyles (mindre areal og større vannføring). Dette medfører at det kan bli fare for luftinnsugning i innløpet til vannveien. I tillegg medfører falltapet også et produksjonstap. Dette vil imidlertid være uvesentlig lite for et høytrykksanlegg.

Forholdet mellom falltapet over den varegrinda som ikke tilbakespyles før og under tilbakespyling, kan matematisk angis som:

$$\frac{h_{tap,tilbakespyling}}{h_{tap,før}} = \left(\frac{A_{før}}{A_{tilbakespyling}}\right)^2 \cdot \frac{k_{tap,tilbakespyling}}{k_{tap,før}} \cdot \frac{\left(Q_{T,tilbakespyling} + Q_s\right)^2}{Q_{T,før}^{\ 2}}$$

$\rightarrow h_{tap,tilbakespyling} =$ *falltap over den varegrinda som ikke tilbakespyles (under tilbakespyling)*

$\rightarrow h_{tap,før} =$ *falltap over den varegrinda som ikke tilbakespyles (før tilbakespyling - begge kammer i drift)*

$\rightarrow k_{tap,tilbakespyling} =$ *falltapskoeffisient for den varegrinda som ikke tilbakespyles (under tilbakespyling)*

$\rightarrow k_{tap,før} =$ *falltapskoeffisient for den varegrinda som ikke tilbakespyles (før tilbakespyling)*

$\rightarrow Q_{T,før} =$ *turbinvannføring før tilbakespyling (normal drift)*

$\rightarrow Q_{T,tilbakespyling} =$ *turbinvannføring under tilbakespyling*

$\rightarrow A_{før} =$ *brutto varegrindareal før tilbakespyling (to varegrinder)*

$\rightarrow A_{tilbakespyling} =$ *brutto varegrindareal under tilbakespyling (én varegrind – den som ikke blir tilbakespylt)*

$\rightarrow$ *gjelder kun inntak som henter vannføring til tilbakespylingen gjennom varegrinda til det andre kammeret (hvis ikke settes $Q_s = 0$)*

Det vil si at man vil kunne få et betydelig større falltap under tilbakespyling enn det man hadde før. For en tokammerløsning vil altså falltapet sammen med krav for å unngå luftinnsugning i vannveien ofte bestemme maksimal produksjon under tilbakespyling, og dermed også tapt produksjon.

Et eksempel på to forskjellige kriterier for å unngå luftinnsugning i vannveien er (Jensen, Tesaker, Lund, & Huber, 2006):

$$h \geq \max\left|\left(\frac{1}{2}+2\cdot Fr\right)\cdot d, 1.5\cdot d\right|$$

$$h' \geq \left(1+2.3\cdot Fr\right)\cdot d$$

$$\rightarrow Fr = \frac{V}{\sqrt{g\cdot d}}$$

$\rightarrow V$ = vannhastigheten i inntaksåpningen

$\rightarrow d$ = diameter/høyde på inntaksåpning

$\rightarrow h$ = lengde fra vannoverflate til senter av inntaksåpningen

$\rightarrow h'$ = lengde fra vannoverflate til topp av inntaksåpningen

Ved lave vannføringer i elv ($Q_{elv} \leq Q_s + Q_{\min\ stevannføring}$) vil det teoretisk sett ikke ha noe for seg å ha kraftproduksjon under tilbakespyling. Man vil da få et produksjonstap uansett. Produksjon under tilbakespylingen medfører da kun nedtapping av magasin.

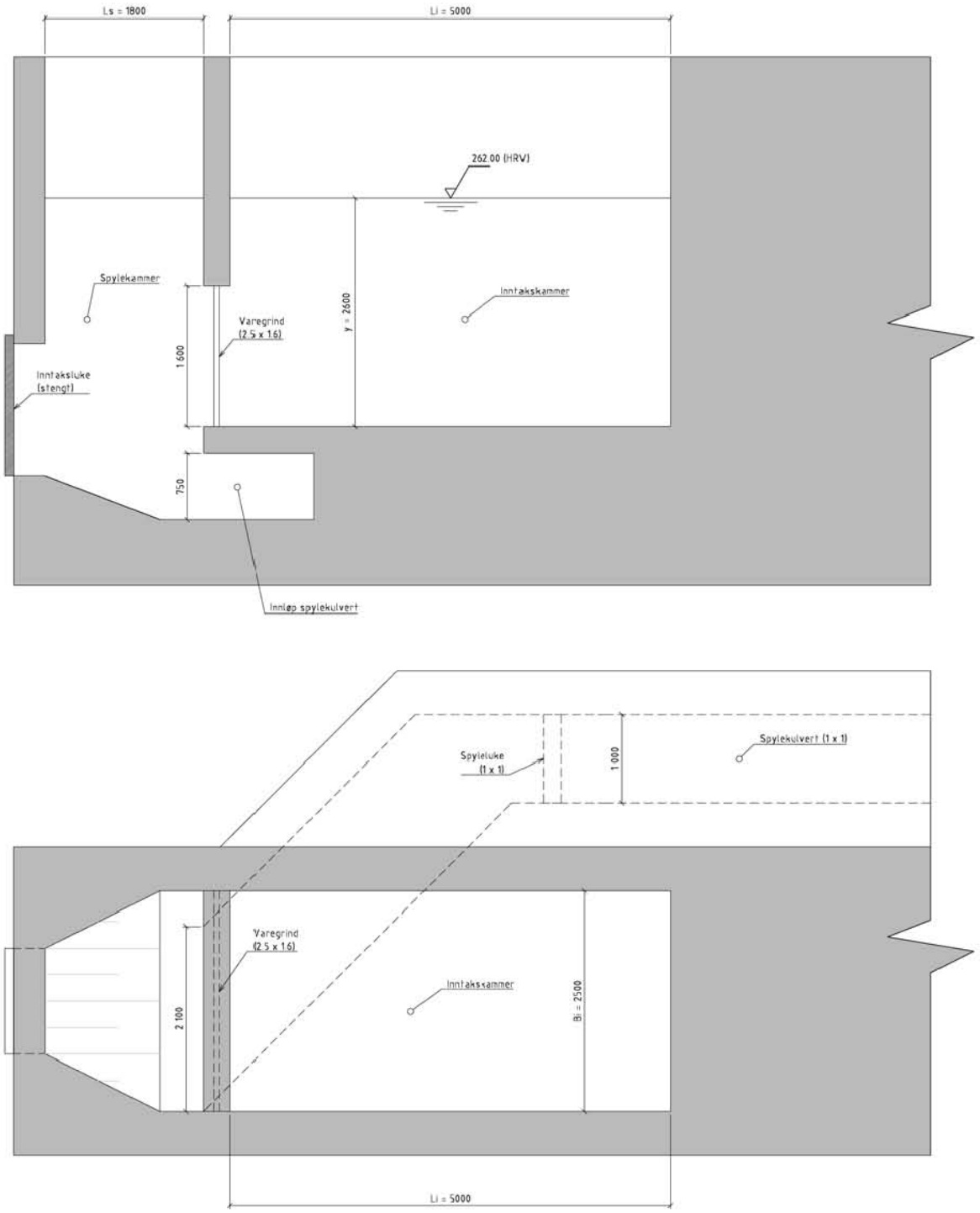
Tapt volum vann som blir brukt til selve tilbakespylingen vil da avhengige av størrelsen på tilbakespylingsvannføringen (Q_s) og tilbakespylingstiden (t_s). Begge disse variablene er med på å styre renskeeffekten.

Tapt inntekt på grunn av tapt volum vann kan settes opp som:

$$K = p\cdot\eta\cdot\rho\cdot g\cdot H_T\cdot \forall_{tapt}\cdot\frac{1}{3600}h/s\cdot\frac{1}{1000}k$$

VEDLEGG 2 – SKISSE AV GEOMETRI FOR REFERANSESIMULERING

Se etterfølgende side.



Tegningsnummer	Revisjon
5	

2011-09-05

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som en av den oppdragsgiver som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsrelatér avsendes og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning som formålet tilsier.

NVE	Hålenfoss Igjelder for AT Forsvall 1:25

3Dmodell for CFD-beregninger
Referanse simulering
Snitt og plan

Norconsult	Oppdragsnummer 5104260	Tegningsnummer 5	Revisjon

N:\5104\42\5104260\5 Arbeidsdokumenter\3. Numerisk modell\Flow3D\F3\DAK\F3.fig\F3.2\F3.2.dwg - OA.Jor - Plottet: 2011-09-05, 11:52:05

VEDLEGG 3 – POTENSIELLE UTFORMINGER AV INNTAK VIDDAL

Alternativ 1 – Ettkammerløsning med horisontal grind (drivgods heftende på undersiden)

Tegning av konseptet

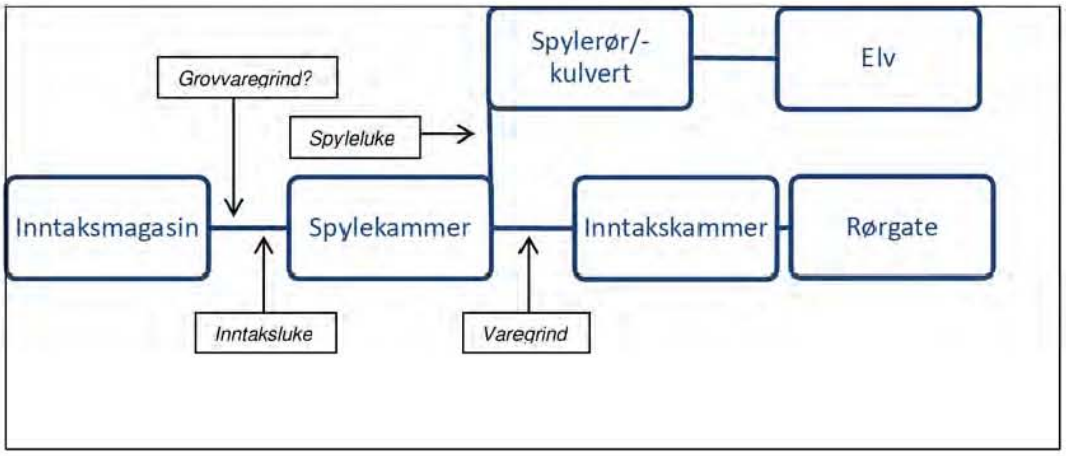
En prinsipptegning av alternativ 1 er vist på side 45.

Generell beskrivelse av konseptet

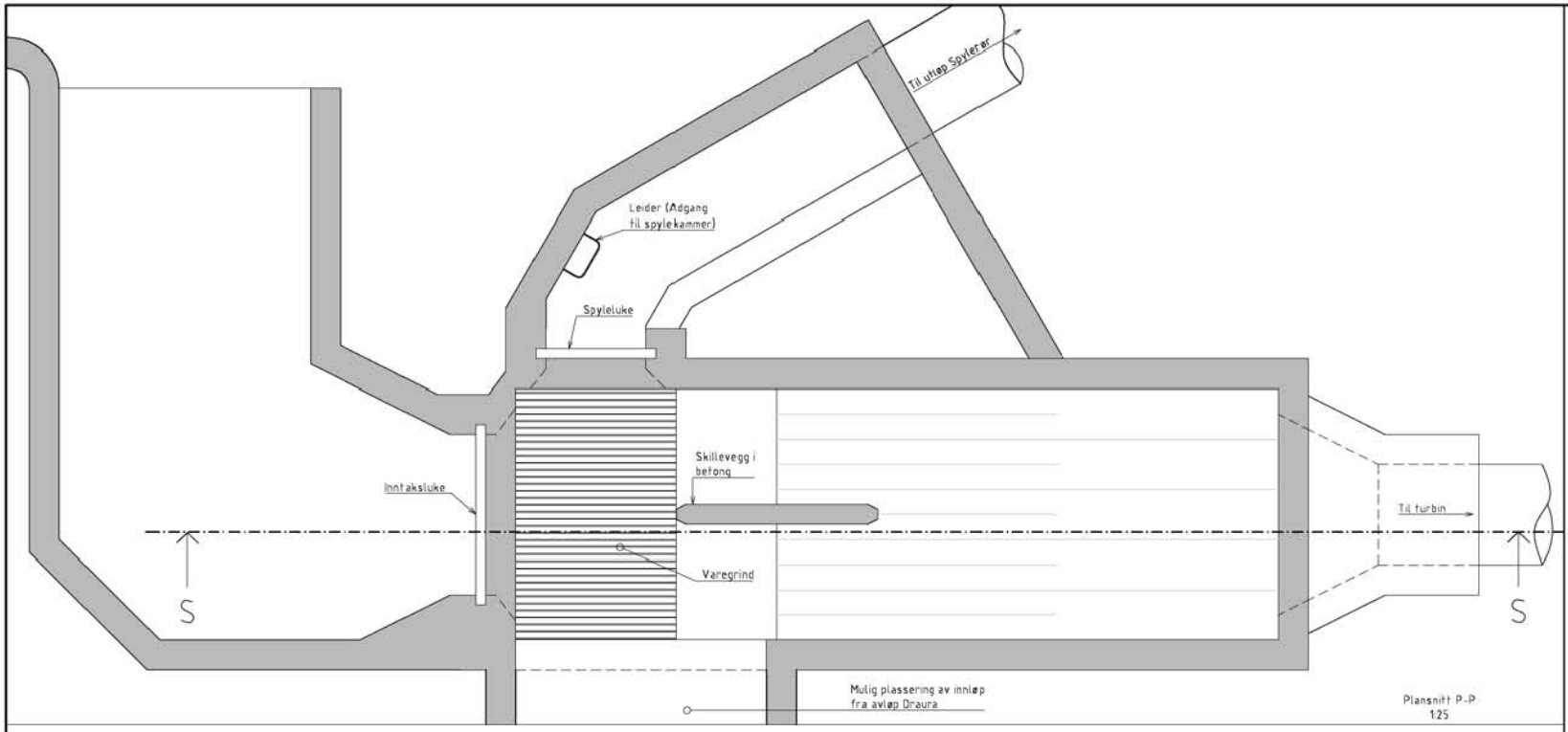
Alternativ 1 er en ettkammerløsning med en horisontal varegrind, hvor drivgodset vil hefte seg til undersiden av varegrinda under normal drift. Ved å benytte en slik horisontal varegrind søkes det å oppnå blant annet følgende strømningsforhold under tilbakespyling:

- Jevnere trykkfordeling over varegrindas areal (likt hydrostatisk trykk med lik dybde), og da jevnere hastighetsfordeling ved spyling (det er da ikke tatt hensyn til lokale hastighetsvariasjoner)
- En lengere effektiv tilbakespylingstid av hele varegrindas areal (lengre tid før vannspeilet når ned til varegrinda på grunn av avstanden)
- Bidrag fra tyngdekrefter på drivgods som har høyere densitet enn vann (eller luft hvis inntaket tappes helt tomt)

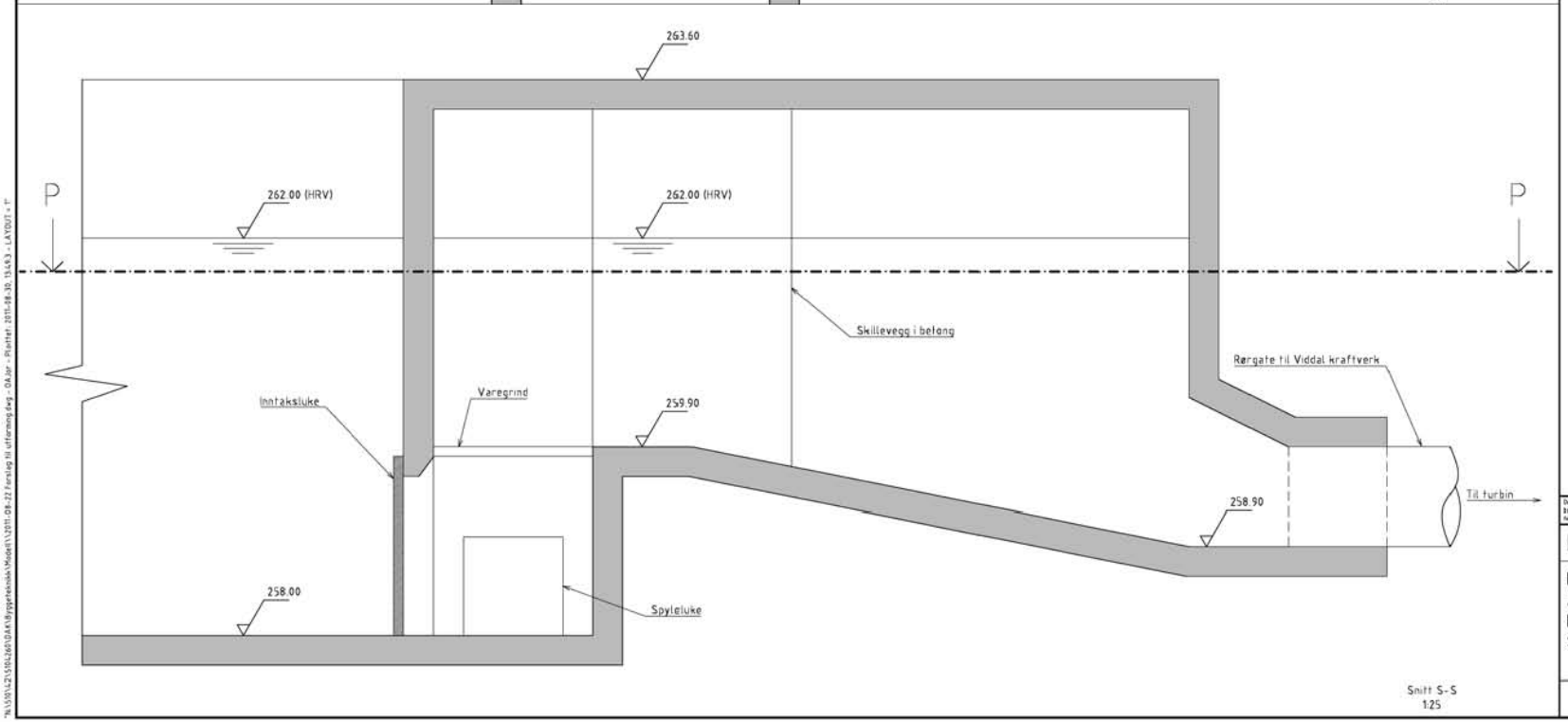
En generell arrangementplassering for konseptet er vist i Figur 12.



Figur 12: Arrangementplassering for alternativ 1 - Ettkammerløsning med horisontal varegrind



Plansnitt P-P
1:25



Snitt S-S
1:25

FORKLARINGER

1. Ettkammerløsning
2. Horisontal grind med drivgods heftende på undersiden
3. Skillevegg i betong for fordeling av vannhastigheten over varegrinda under tilbakespyling
4. Adkomst til spylekammer og underside av varegrind gjennom åpen spyleluke (nedstigning i leider fra lukehus)
5. Luker lokalisert samlet for plassering av opptrekk og mekanisk utstyr i ett enkelt lukehus

1:25 0 0.5 1 1.5 2 2.5 m

2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS uavhengig av ett spesifikt oppdrag som trengir nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som opprinnelig spesifikt avskrivning og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

NVE

Målestokk: Igjelder for Alt Formatt
1:25

Inntak Viddal
Alternativ 1
Ettkammerløsning med horisontal grind
Snitt og plan

Norconsult

Oppdragsnummer: 5104260

Tegningsnummer: 1

Revisjon:

N:\5104\2\5104260\DAK\Byggeteknikk\Modell\2011-08-22 Forslag til utforming.dwg - DAJor - Plottet: 2011-08-30, 15:49:3 - LAYOUT = 1"

Vannets strømning i inntaket under henholdsvis normal drift og under tilbakespyling kan angis som følger:

1. *Under normal drift (spyleluke stengt):*
   - Fra inntaksmagasin og inn gjennom åpen inntaksluke til spylekammer
   - Opp og gjennom horisontal varegrind til inntakskammer
   - Gjennom inntakskammer og til rørgate (og videre til turbin)
2. *Under tilbakespyling (inntaksluke stengt):*
   - Fra inntakskammer og ned gjennom varegrind til spylekammer
   - Ut gjennom åpen spyleluke
   - Gjennom spylerør/-kulvert og ut på nedstrøms damside

Forberedelser og igangsettelse av tilbakespyling vil kunne følge følgende prosedyre:

- Redusere turbinvannføring til minimum
- Stenge inntaksluke
- Åpne spyleluke (så hurtig som mulig)

Komponenter

Sett i forhold til et tradisjonelt inntak har dette inntaket følgende ekstra komponenter:

- En inntaksluke (kan "avskrives" som en rørbruddsluke hvis dette kreves i henhold til rørgatas klassifisering)
- En spyleluke
- Spylerør/-kulvert
- Noe ekstra betongkonstruksjon

Varianter

Løsningen kan utføres i mange forskjellige varianter. Under er det angitt noen forslag:

- Tokammerløsning
- Variasjon av plasseringen til innløpet til spylerøret/-kulverten
- Dykking av inntakskammer nedstrøms varegrind (ikke frispeilstrømning inne i inntakskammer, nedstrøms varegrind)
- Annen hydraulisk tilpassing

Vurdering

Løsningen med et spylerør/-kulvert ut fra ene siden av spylekammeret vil sansynligvis gi en ujevn hastighetsfordeling over varegrindas areal under tilbakespyling. Trolig vil hastigheten, og da renskeeffekten, bli størst på den siden av varegrinda som ligger nærmest spyleluka. Hvis man velger å legge avløpet fra Draura kraftstasjon nedstrøms varegrinda, kan dette komme inn fra motsatt side. Ved å legge avløpet på motsatt side søkes det å skape en jevnere hastighetsfordeling over varegrinda under tilbakespyling. Tilsvarende effekt håpes oppnådd ved å ha en eller flere skillevegger nedstrøms varegrinda. Tanken med disse er at de skal hindre vannet fra å bevege seg sideveis i inntakskammeret oppstrøms varegrinda (og ned i området i nærheten av spyleluka), men heller gå ned og gjennom varegrinda i et område på varegrinda som kanskje det normalt sett ikke ville gått så mye ned i. Disse skilleveggene kan være flere i antall og strekke seg over hele varegrindas lengde for best effekt. Det er også viktig at disse har en viss lengde nedstrøms varegrinda for at ikke vannet skal bevege seg nedstrøms og rundt veggene (mindre motstand enn å bevege seg gjennom varegrinda i ønsket område).

Velger man imidlertid å la innløpet til avløp Draura komme inn nedstrøms varegrinda/inntaksluka, bør man ha en metode for å håndtere vannet fra Draura i situasjonen:

- Inntaks- og spyleluke stengt (tilfelle ved rett før tilbakespyling)
- Turbinvannføring Viddal mindre enn turbinvannføring Draura

Problemstillingen gjelder kun en ettkammerløsning, og kan løses med et overløp eller lignende som leder vannet ut av inntakskammeret. Men uansett vil altså kombinasjonen med avløpet fra et ovenforliggende kraftverk inn på nedstrøms side av inntaksluka alltid ville kreve en ekstra komponent for bortledning av vannet i tilfellet nevnt over.

Ett problem som oppstår for tilbakespyling med ettkammerløsninger er at man kan bli nødt til å stenge kraftproduksjonen under spyling. Dette skyldes at man ikke har noen tilførsel av vann fra inntaksmagasinet (inntaksluke stengt under spyling). Inntakskammeret vil da tappes ned under spyling, og man vil få fare for luftinnsugning i rørgata ved fortsatt kraftproduksjon. Å starte opp kraftverket kan ta relativt lang tid (10 - 30 minutter), noe som altså er økonomisk ugunstig (Elstad, 2011). For å forhindre luftinnsugning når kraftverket er i drift under spyling kan man for eksempel avslutte spylingen før vannspeilet synker for lavt. Dette reduserer spyletiden, og da muligens også renskeeffekten. Å ha avløp Draura nedstrøms varegrinda kan imidlertid bidra til å opprettholde et visst vannspeil i inntakskammeret.

Rett nedstrøms spyleluka er det på tegningen skissert opp et lite kammer. Dette kan være en fordel hvis man forventer at spylerøret/-kanalen blir lang. Ved å ha et kammer her kan man øke kapasiteten til spyleluka midlertidig ved oppstart av tilbakespyling (åpning av luke mot tomt kammer). Dermed trenger ikke spylerøret/-kulverten nødvendigvis ha så stor kapasitet, men heller fungere som en drenering ut av kammeret.

Siden drivgodset vil hefte seg til undersiden av varegrinda, er det viktig at man har en adkomstmulighet til undersiden av grinda for manuell rensk og vedlikehold. Dette er tilrettelagt for gjennom å plassere en leider på nedstrøms side av spyleluka. Ved å tappe ned spylekammeret mellom inntaksluka og varegrinda har man da tilgang til varegrindas underside gjennom en åpen spyleluke. En ulempe med denne løsningen er man ikke kan utføre en manuell rensk av varegrinda med kraftverkene i drift (adkomst avhengig av nedtappet kammer). En manuell rensk kan bli nødvendig hvis det viser seg at tilbakespyling ikke gir tilstrekkelig renskeeffekt.

Andre vurderinger:

- Varegrinda kan med fordel lages med et noe større lengde-bredde forhold enn vist på tegningen. Dette vil kunne skape mindre falltap under normal drift (mindre retningsendring), og en jevnere hastighetsfordeling under tilbakespyling.
- Inntaksluke og spyleluke er lagt relativt samlet slik at man kan lage et felles lukehus for opptrekk og annet mekanisk utstyr.

Alternativ 2 – Ettkammerløsning med horisontal grind (drivgods heftende på oversiden)

Tegning av konseptet

Tre prinsipptegninger av alternativ 2 er vist på side 50, 51 og 52.

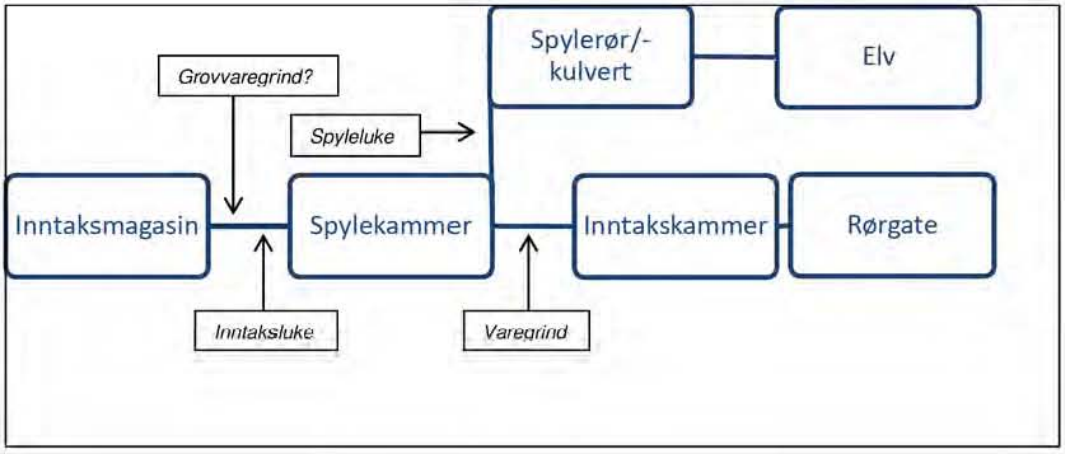
Generell beskrivelse av konseptet

Alternativ 2 er en ettkammerløsning med en horisontal varegrind, hvor drivgodset vil hefte seg til oversiden av varegrinda under normal drift. Ved å benytte en slik horisontal varegrind søkes det å oppnå blant annet følgende strømningsforhold under tilbakespyling/overflatespyling:

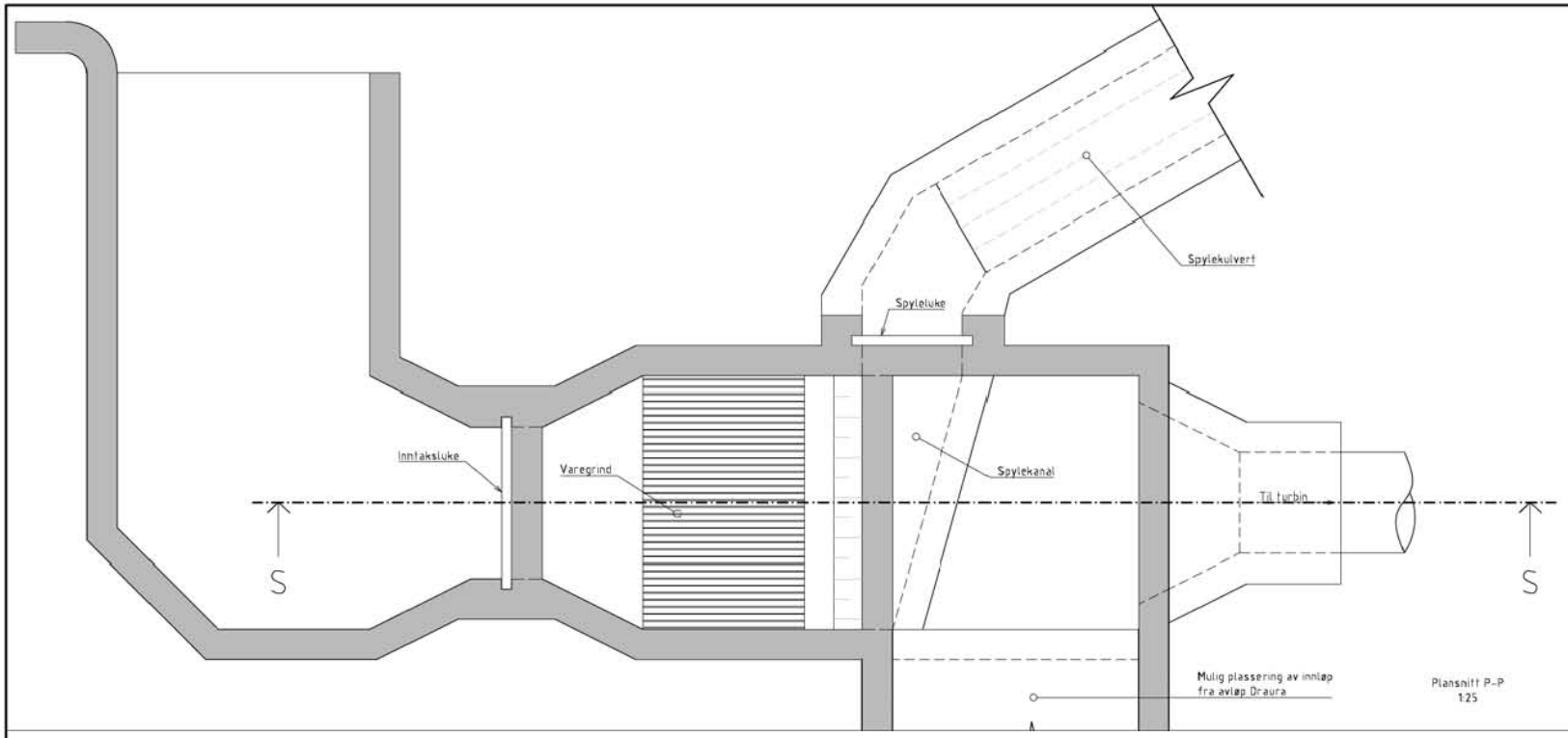
- Jevnere trykkfordeling over varegrindas areal (likt hydrostatisk trykk med lik dybde), og da jevnere hastighetsfordeling ved spyling (det er da ikke tatt hensyn til lokale hastighetsvariasjoner)
- En lengere effektiv tilbakespylingstid av hele varegrindas areal (lengre tid før vannspeilet når ned til varegrinda på grunn av avstanden)
- Bidrag fra oppdrift på drivgods som har laver densitet enn vann (is, tre osv.)
- Mulighet for overflatespyling med høytrykksstråle fra delvis åpen inntaksluke mot tomt spylekammer (åpen spyleluke og nedtappet inntakskammer)
- Mulighet for å utnytte luftbobler sluppet fra undersiden/nedstrøms side av varegrinda (oppdriftskrefter)

Inntakskonseptet kan utføre to typer spyling av varegrinda: Tilbakespyling og overflatespyling. En overflatespyling kan utføres ved å åpne inntaksluka (helt eller delvis) mot nedtappet spylekammer (for eksempel etter tilbakespyling). Dette vil medføre en høytrykksstråle langsetter og parallelt med varegrinda.

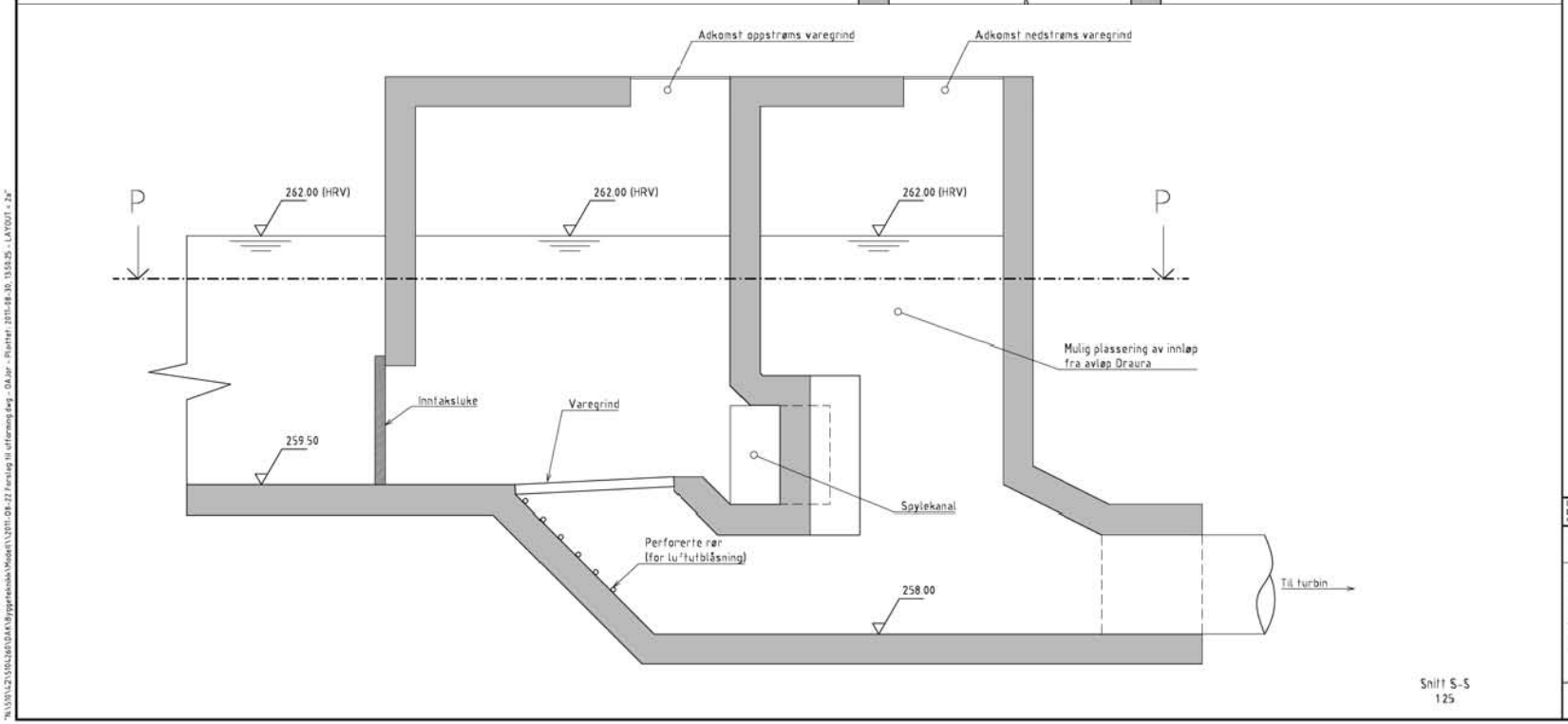
En generell arrangementplassering for konseptet er vist i Figur 13.



Figur 13: Arrangementplassering for alternativ 2 - Ettkammerløsning med horisontal varegrind



Plansnitt P-P
1:25



Snitt S-S
1:25

FORKLARINGER

1. Ettkammerløsning
2. Horisontal grind med drivgods heftende på oversiden
3. Kan utføre tradisjonell tilbakespyling, men også overflatespyling ved bruk av inntaksluke mot tomt kammer
4. Kan også benytte luft til fjerning av drivgods (perforerte rør nedstrøms/under varegrind for utblåsning av luft)

1:25 0 0.5 1 1.5 2 2.5 m

2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS. Dokumentet er bare benyttes til det formål som uppgjort og ved eller skriftlig avtale. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som uppgjort og ved eller skriftlig avtale. Dokumentet er uprøvd og ved ikke nødvendig eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

NVE

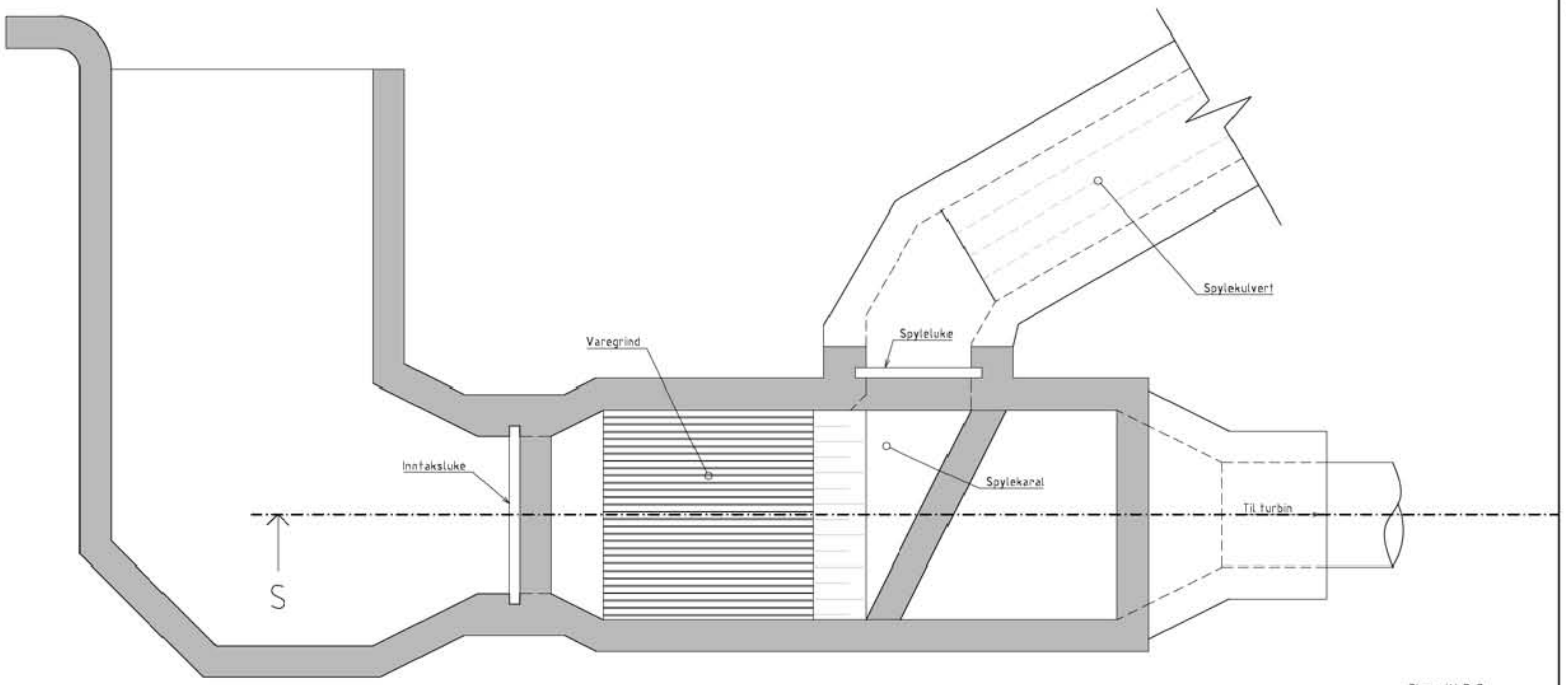
Hålsvinkel: Igjelder for A1 Formatt
1:25

Inntak Viddal
Alternativ 2a
Ettkammer løsning med horisontal grind
Snitt og plan

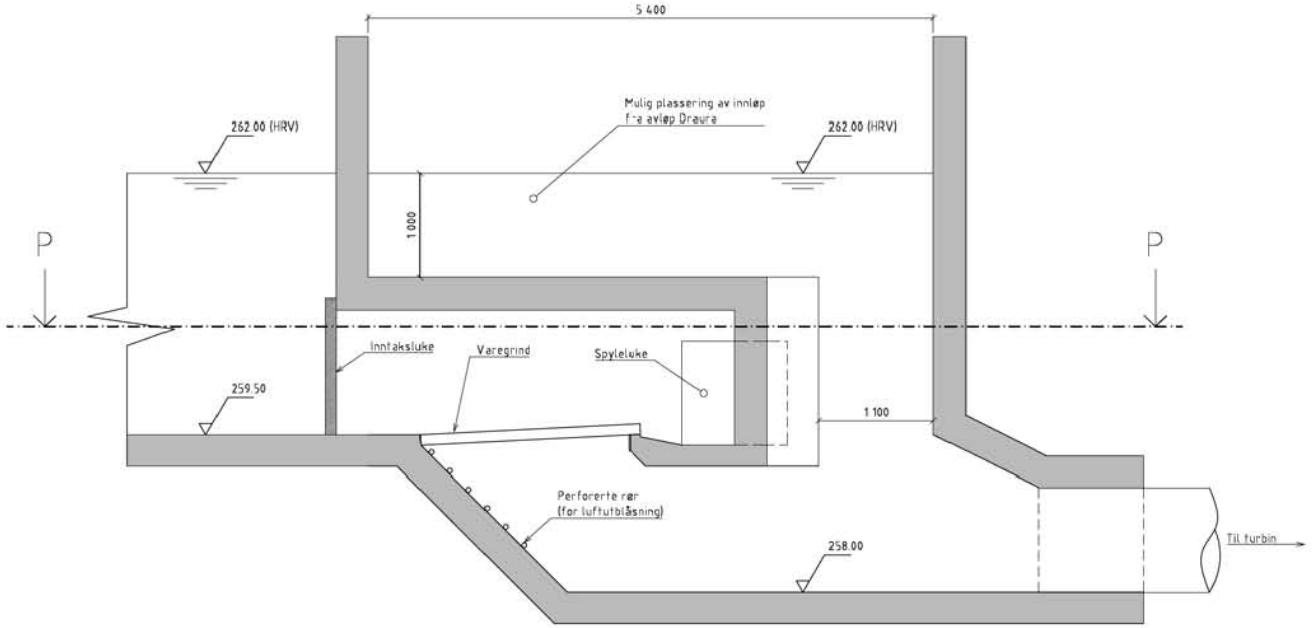
Norconsult

Tegningsnummer: 5104260 | Tegningsnummer: 2a | Revisjon:

N:\5104\2\5104260\DAA\Byggeteknisk\Modell\2011-08-22 Forslag til utformingdwg - DAJor - Plottet: 2011-08-30, 13:50:25 - LAYOUT = 2a"



Plansnitt P-P
1:25



Snitt S-S
1:25

FORKLARINGER

1. Ettkammerløsning
2. Horisontal grind med drivgods heftende på oversiden
3. Kan utføre tradisjonell tilbakespyling, men også overflatespyling ved bruk av inntaksluke mot tomt kammer
4. Kan også benytte luft til fjerning av drivgods (perforerte rør nedstrøms/under varegrind for utblåsning av luft)

1:25 0 0.5 1 1.5 2 2.5 m

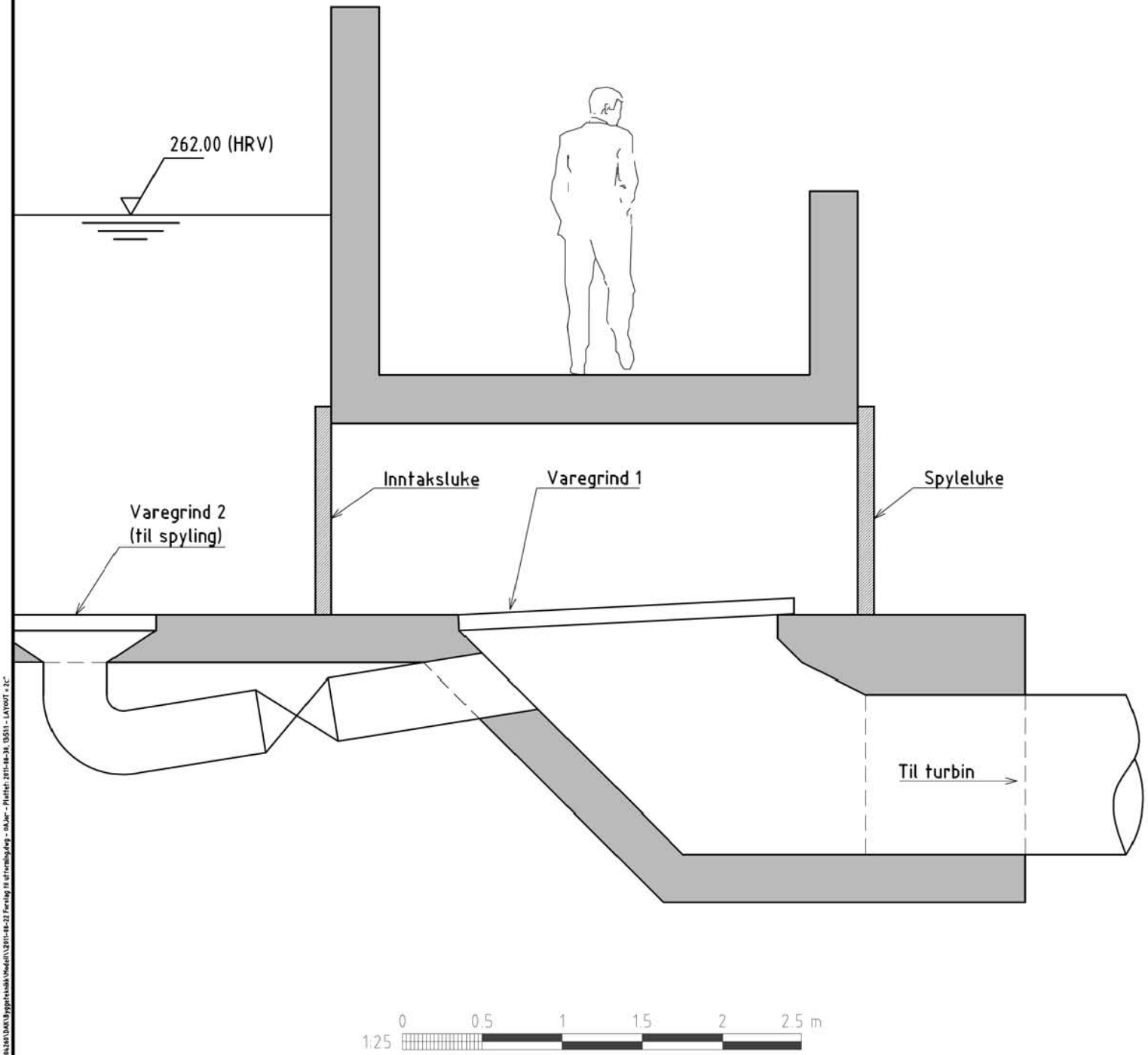
2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som en av Arti dokumentet som tremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som uppgrunnelse bestemmes og må ikke endres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

NVE	Målestokk: Igjelder for A1 Formatt 1:25

Inntak Viddal
Alternativ 2b
Ettkammer løsning med horisontal grind
Snitt og plan

Norconsult	Oppdragsnummer 5104260	Tegningsnummer 2b	Revisjon



FORKLARINGER

1. Modifisert ettkammerløsning
2. Horisontal grind med drivgods heftende på oversiden
3. Kan utføre tradisjonell tilbakespyling, men også overflatespyling ved bruk av inntaksluke mot tomt kammer
4. Kan også benytte luft til fjerning av drivgods (perforerte rør nedstrøms/under varegrind for utblåsning av luft)

2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdrag vi med Tjeldt nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen bestemmer, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i utvidre utstrekning enn formålet tilsier.

NVE	Målestokk (gjelder for A3 format) 1:25

Inntak Viddal
Alternativ 2c
Modifisert ettkammerløsning med horisontal grind
Snitt

Norconsult	Oppdragsnummer 5104260	Tegningsnummer 2c	Rørlegen

"N:\5104\2\5104260\DAK\Byggetekniskk\Modell\\2011-08-22 Forslag til utforming.dwg - OAJar - Plattet: 2011-08-30, 13:51:1 - LAYOUT = 2c"

Vannets strømningsretninger i inntaket under henholdsvis normal drift, under tilbakespyling og under overflatespyling kan angis som følger:

1. *Under normal drift:*
    - Fra inntaksmagasin og inn gjennom åpen inntaksluke til spylekammer
    - Ned og gjennom horisontal varegrind til inntakskammer
    - Gjennom inntakskammer og til rørgate (leder til turbin)
2. *Under tilbakespyling:*
    - Fra inntakskammer (nedstrøms varegrind) og opp gjennom varegrind til spylekammer
    - Ut gjennom åpen spylekanal og -luke
    - Gjennom spylerør/-kulvert til nedstrøms damside
3. *Under overflatespyling:*
    - Under inntaksluke (helt eller delvis åpen)
    - Langsetter og parallelt med varegrind
    - Avbøyning av stråle i spylekanal mot spyleluke
    - Ut gjennom åpen spyleluke
    - Gjennom spylerør/-kulvert til nedstrøms damside

Forberedelser/igangsettelse av tilbakespyling vil kunne følge følgende prosedyre:

- Redusere turbinvannføring til minimum
- Stenge inntaksluke
- Åpne spyleluke (så hurtig som mulig)

Forberedelser/igangsettelse av overflatespyling vil kunne følge følgende prosedyre:

- Stenge inntaksluke og tappe ut vannet av inntakskammeret med spyleluka (for eksempel tilbakespyling)
- La spyleluke stå åpen
- Åpne inntaksluke (helt eller delvis)

Komponenter

Sett i forhold til et tradisjonelt inntak har dette inntaket følgende ekstra komponenter:

- En inntaksluke (kan "avskrives" som en rørbruddsluke hvis dette kreves i henhold til rørgatas klassifisering)
- En spyleluke
- Spylerør/-kulvert
- Noe ekstra betongkonstruksjon

Varianter

Løsningen kan utføres i mange forskjellige varianter. Under er det angitt noen forslag:

- Tokammerløsning
- Variasjon av plasseringen til innløpet til spylerøret/-kulverten (for eksempel langs etter lengderetningen til inntaket (tegning 2c))
- Dykking av inntakskammer eller spylekammer (ikke frispeilstrømning (for eksempel se tegning 2b))
- Annen hydraulisk tilpassing

Vurdering

Løsningen med et spylerør/-kulvert ut fra ene siden av spylekammeret vil sansynligvis gi en ujevn hastighetsfordeling over varegrindas areal under tilbakespyling. Trolig vil hastigheten, og da renskeeffekten, bli størst på den siden av varegrinda som ligger nærmest spyleluka. For å bedre på dette er det lagt en spylekanal som strekker seg over inntakskammerets bredde. Kanalen fungerer som oppsamler for vannet før spyleluka. Tverrsnittsarealet til kanalen minker gradvis fra spyleluka og over bredden på kammeret. Dette gjøres for å prøve å opprettholde et jevnere trykk over lengden, som igjen kan bidra til en jevnere hastighetsfordeling over varegrindas areal under tilbakespyling. Vinkelen denne tverrsnittsendringen skaper er også gunstig med hensyn på bortledingen av vannet fra en overflatespyling av varegrinda (leder høytrykksstrålen mot den åpne spyleluka).

Siden drivgodset vil hefte seg til oversiden av varegrinda, vil det være enklere tilrettelegge for manuell rensk av varegrinda for dette alternativet enn for alternativ 1 (gitt at høyden på inntakskammeret ikke er for stor). For eksempel kan man lage en plattform over varegrinda, hvor personell kan stå og utføre manuell rensk med en rive eller lignende.

Siden vannstrømmen går ned gjennom den horisontale varegrinda, vil det sannsynligvis samle seg drivgods og sedimenter på bunnen i forsenkningen mellom varegrinda og innløpet til rørgata. Det bør derfor legges vekt på å utforme området oppstrøms inntaksluka (inkludert inntaksmagasinet) slik at minst mulig sedimenter kommer inn i selve inntaket. Videre bør forsenkningen ha mulighet til å tappe ut vannet nedstrøms varegrinda (spyleluka har ikke mulighet til dette). Muligens kan man benytte kraftverket til dette. Situasjonen kan være aktuell ved inspeksjon og vedlikehold nedstrøms

varegrinda (for eksempel ved rensk av drivgods og lignende liggende på bunnen). Adkomst kan tilrettelegges fra nedstrøms side av varegrinda, eller for eksempel ved å ha en bevegelig varegrind.

Problemstillingene for ettkammerløsninger, som avledning av avløpsvann fra Draura og fare for luftinnsugning i rørgate under tilbakespyling, er de samme som for alternativ 1.

Alternativ 3 – Tokammerløsning med vertikale grinder

Tegning av konseptet

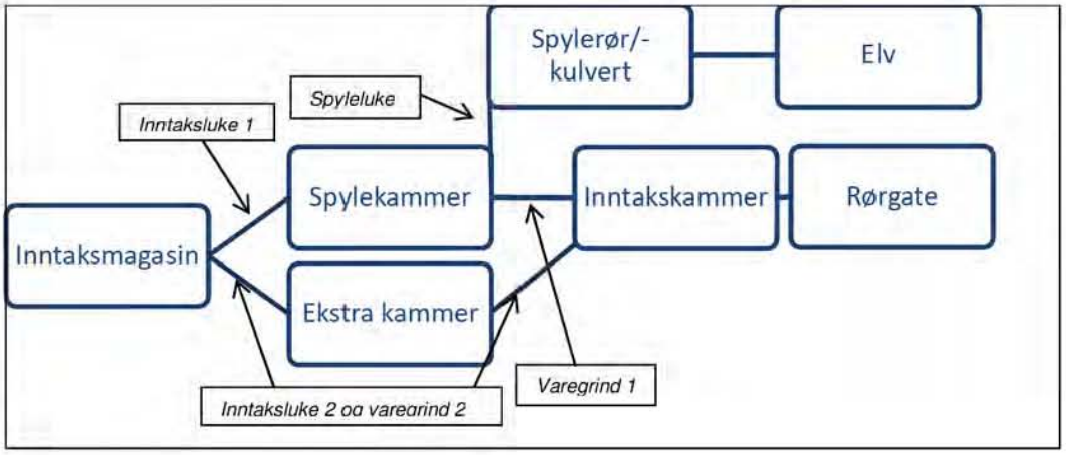
To prinsipptegninger av alternativ 3 er vist på side 57 og 58.

Generell beskrivelse av konseptet

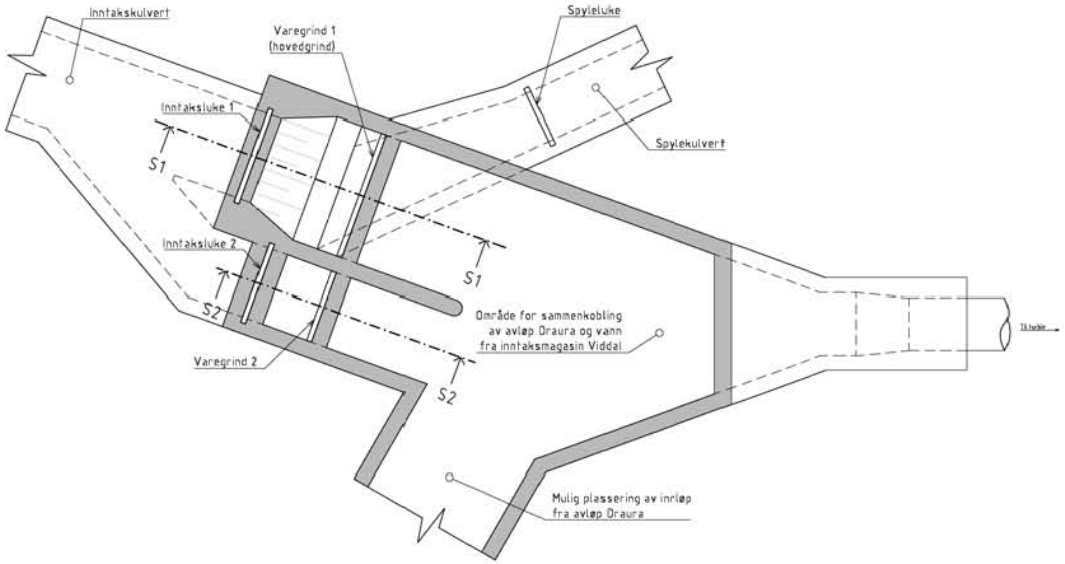
Alternativ 3 er en tokammerløsning med to vertikale varegrinder og to inntaksluker. Ved å benytte en tokammerløsning søkes det å oppnå blant annet følgende strømningsforhold under tilbakespyling:

- Kontinuerlig tilførsel av vann fra magasin til tilbakespyling og kraftproduksjon gjennom varegrind som ikke tilbakespyles (varegrind 2)
- En lengere effektiv tilbakespylingstid av hele varegrindas areal (lengre tid før vannspeilet når ned til varegrinda på grunn av tilførsel av vann fra magasin)
- Større akselerasjon og hastigheter over varegrinda under tilbakespyling på grunn av tilført vann fra magasin (bedre renskeeffekt)

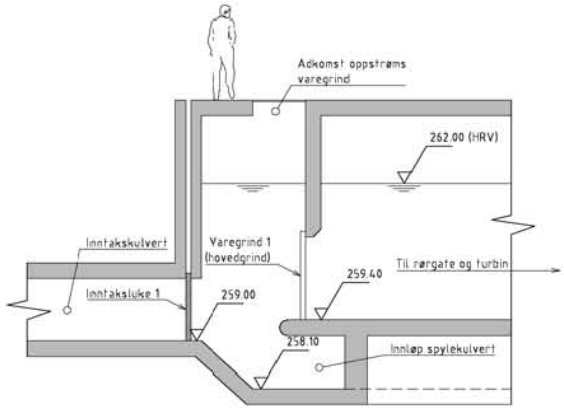
En generell arrangementplassering for konseptet er vist i Figur 14.



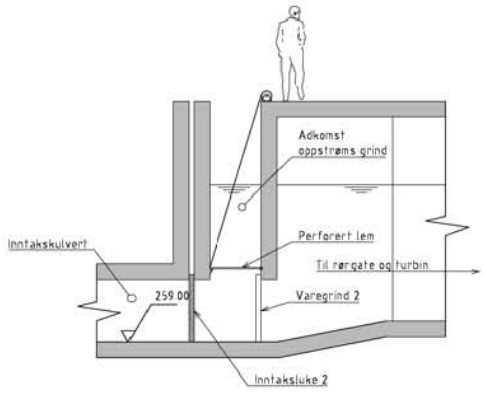
Figur 14: Arrangementplassering for alternativ 3 - Tokammerløsning med vertikale varegrinder



Plansnitt
1:50



Snitt S1-S1
1:50



Snitt S2-S2
1:50

FORKLARINGER

1. Tokammerløsning med to varegrinder, en større hovedgrind og en mindre "spylegrind"
2. Gjør det lettere å opprettholde en viss produksjon under tilbakespyling på grunn av tilførsel av vann fra inntaksmagasin under spyling.
3. Man får kontinuerlig tilførsel av vann gjennom varegrind nr. 2 under tilbakespyling av varegrind nr. 1. Varegrind nr. 2 kan tilbakespyles ved å redusere produksjonen, stenge inntaksluka og la avløpsvannet fra Draura kraftstasjon gå ut i inntaksmagasinet gjennom varegrind nr. 2.
4. Konseptet krever en ekstra luke, sett i forhold til en ettkammerløsning. I tilegg vil varegrinda deles opp i to.

1:50 0 1 2 3 4 5 m

2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som en av Norconsult AS sin tremgår bedrifter. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som uppgivet eller bestemmes og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning som formålet tilsier.

NVE

Hålevfelsk. Igjelder for AT Forsatt
1:50

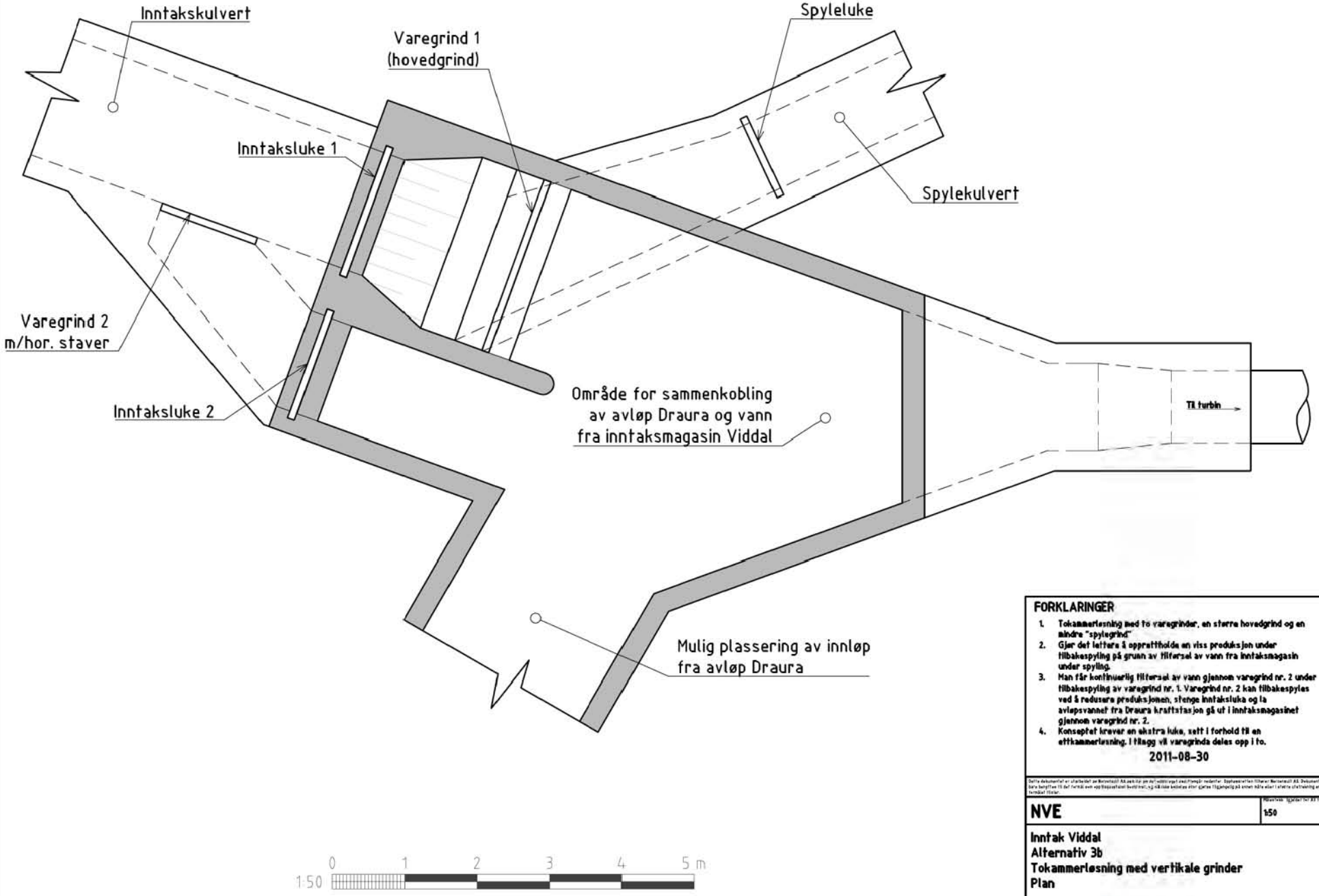
Inntak Viddal
Alternativ 3a
Tokammerløsning med vertikale grinder
Snitt og plan

Norconsult

Tegningsnummer: 5104260

Tegningsnummer: 3a

Revisjon



FORKLARINGER

1. Tokammerløsning med to varegrinder, en større hovedgrind og en mindre "spylegrind"
2. Gjør det lettere å opprettholde en viss produksjon under tilbakespyling på grunn av tilførsel av vann fra inntaksmagasin under spyling.
3. Man får kontinuerlig tilførsel av vann gjennom varegrind nr. 2 under tilbakespyling av varegrind nr. 1. Varegrind nr. 2 kan tilbakespyles ved å redusere produksjonen, stenge inntaksluka og la avløpsvannet fra Draura kraftstasjon gå ut i inntaksmagasinet gjennom varegrind nr. 2.
4. Konseptet krever en ekstra luke, sett i forhold til en ettkammerløsning. I tillegg vil varegrinda deles opp i to.

2011-08-30

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som har ga det nødvendige kvalitetsmøtt medlemfer. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen bestemmer, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

NVE	Målestokk (gjelder for A3 format) 1:50

Inntak Viddal
Alternativ 3b
Tokammerløsning med vertikale grinder
Plan

Norconsult	Oppdragsnummer 5104260	Tegningsnummer 3b	Rørlegen

"N:\5104\2\5104260\DAK\Byggeteknikk\Modell\2011-08-22 Forslag til utforming.dwg - OAJar - Plottet: 2011-08-30, 14:12:52 - LAYOUT = 3b"

Vannets strømningsretninger i inntaket under henholdsvis normal drift og under tilbakespyling kan angis som følger:

1. *Under normal drift (inntaksluke nr. 2 er stengt):*
   - Fra inntaksmagasin og inn gjennom åpen inntaksluke (nr. 1) til spylekammer
   - Gjennom varegrind (nr. 1) til inntakskammer
   - Gjennom inntakskammer og til rørgate (leder til turbin)
2. *Under tilbakespyling (gjelder tegning 3b):*
   - Fra inntaksmagasinet og inn gjennom varegrind (nr. 2) og åpen inntaksluke (nr. 2) til inntakskammer
   - Fra inntakskammer og gjennom varegrind (nr. 1) til spylekammer
   - Fra spylekammer og ut gjennom åpen spyleluke til spylerør/-kulvert
   - Gjennom spylerør/-kulvert til nedstrøms damside

Forberedelser/igangsettelse av tilbakespyling vil kunne følge følgende prosedyre:

- Redusere turbinvannføring til minimum
- Åpne inntaksluke 2 og stenge inntaksluke 1
- Åpne spyleluke (så hurtig som mulig)

Komponenter

Sett i forhold til et tradisjonelt inntak har dette inntaket følgende ekstra komponenter:

- To inntaksluker (en av disse kan "avskrives" som en rørbruddsluke hvis dette kreves i henhold til rørgatas klassifisering, og den andre kan gjøres relativt liten)
- En ekstra varegrind (varegrind 2)
- En spyleluke
- Spylerør/-kulvert
- Noe ekstra betongkonstruksjon

Varianter

Løsningen kan utføres i mange forskjellige varianter. Under er det angitt noen forslag:

- Variasjon av plasseringen til innløpet til spyleråret/-kulverten (på siden, i bunnen eller oppstrøms ende av spylekammer)

- Horisontal varegrind
- Dykking av inntakskammer eller spylekammer (ikke frispeilstrømning)
- Annen hydraulisk tilpassing

Vurdering

Tilbakespyling med en tokammerløsning gir den fordelen at man får kontinuerlig tilførsel av vann fra inntaksmagasinet under tilbakespyling av varegrind 1. Dette gjør at man lettere kan opprettholde en viss kraftproduksjon under tilbakespyling, og dermed reduserer driftskostnadene til konseptet. Samtidig øker man den potensielle tilbakespylingstiden (mer vann tilgjengelig), samt også hastigheten og akselerasjonen av vannet over varegrinda under tilbakespyling. Dette gir et positivt bidrag til renskeeffekten, som igjen styrer renskeintervallet.

Investeringskostnadene er imidlertid høyere for en tokammerløsning enn for en ettkammerløsning. Dette skyldes i hovedsak at man trenger en ekstra inntaksluke og varegrind. Både den ekstra inntaksluka og varegrinda kan imidlertid gjøres betydelig mindre enn hovedinntaksluka og –varegrinda. Kun et lite bidrag med vann fra magasinet under tilbakespyling vil være positivt med hensyn på kraftproduksjon og renskeeffekten til konseptet. I tillegg vil en forbindelse til inntaksmagasinet løse problemstillingen rundt håndteringen av avløpsvannet til Draura i situasjonen:

- Inntaks- og spyleluke stengt (tilfelle rett før tilbakespyling)
- Turbinvannføring Viddal mindre enn turbinvannføring Draura

I tegning 3b er varegrind 2 lagt oppstrøms inntaksluke 2, og plassert i et trangt tverrsnitt av inntaket (inntakskulverten). Dette tverrsnittet vil ha en relativt høy vannhastighet parallelt med varegrinda under normal drift (inntaksluke 2 stengt). Varegrindas staver er lagt horisontalt. Tanken med dette er at varegrinda skal renskes av viskøse skjærkrefter fra vannstrømmen under normal drift, slik at den er ren før en eventuell tilbakespyling. Dermed trenger man forhåpentligvis ikke en tilbakespyling av denne varegrinda. Hvis man imidlertid velger å legge avløpet fra Draura kraftverk nedstrøms vargrindene, kan man benytte avløpsvannføringen herfra til å tilbakespyle varegrinda. Drivgodset blir da fraktet ut i inntaksmagasinet.

Spylekammeret er laget relativt lite for å skape en hurtig akselerasjon av vannmassene over varegrinda under tilbakespyling.

Innløpet til spylekulverten er lagt under nesten hele varegrindas bredde for skape en jevn hastighetsfordeling over varegrindas areal under tilbakespyling. Samtidig vil sannsynligvis denne fordypning mellom inntaksluka og varegrinda bidra til å fange opp tyngre sedimenter og drivgods under normal drift. For å skape en jevn hastighetsfordeling over høyden på varegrinda er varegrinda trukket noe nedstrøms.

Området for sammenkobling av avløp Draura og vann fra inntaksmagasin Viddal er laget relativt stort for å unngå store virvler og luftinnsugning ved innløpet til rørgata. Hvis man imidlertid fører avløpet til Draura ut i inntaksmagasinet, kan man redusere størrelsen på dette området betraktelig. Dermed blir inntaket betraktelig mindre.

Alternativ 4 – Ettkammerløsning med vertikal grind

Tegning av konseptet

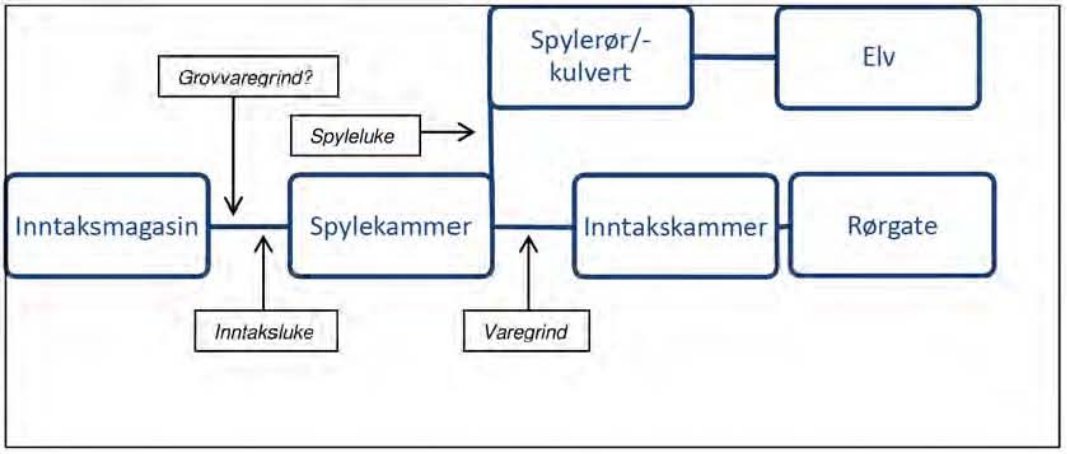
To prinsipptegninger av alternativ 4 er vist på side 62 og 63.

Generell beskrivelse av konseptet

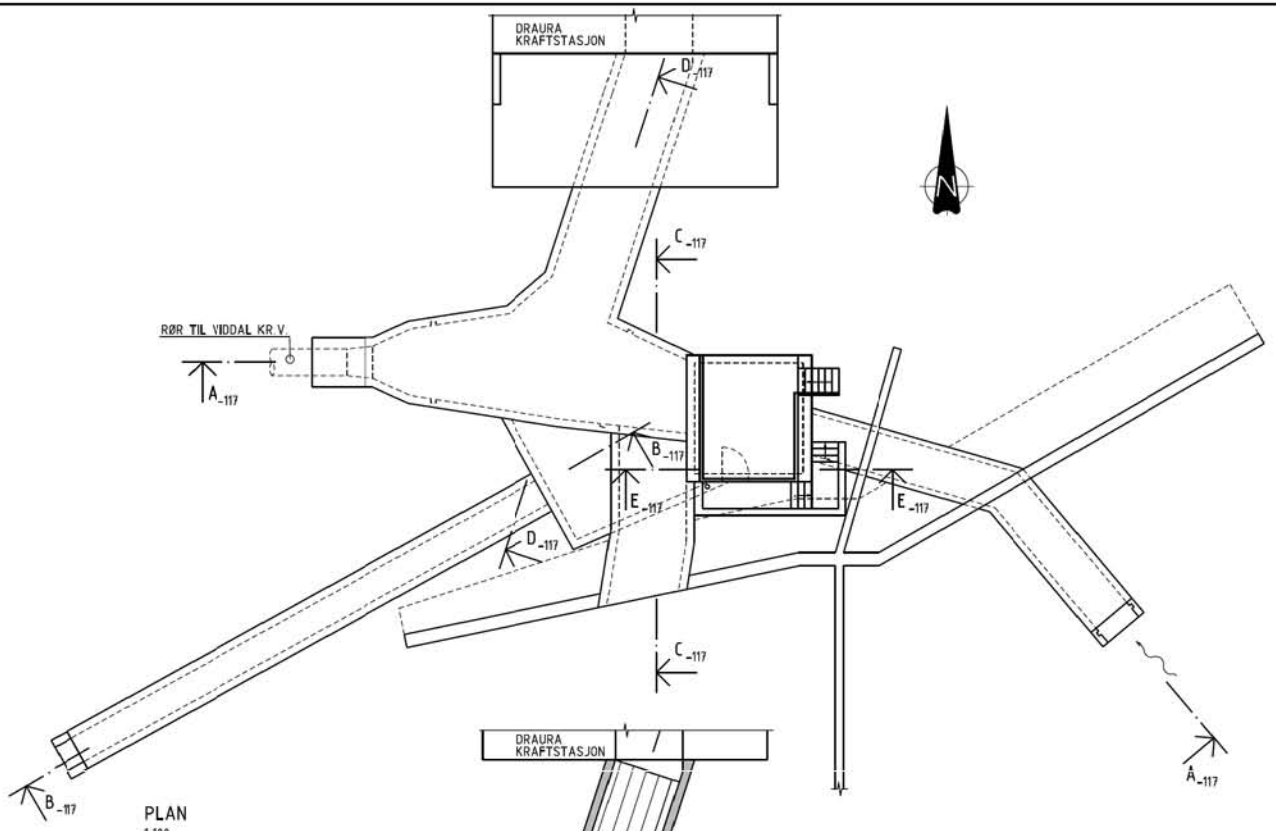
Alternativ 4 er en ettkammerløsning med en vertikal varegrind. Ved å benytte en slik ettkammerløsning søkes det å oppnå blant annet følgende strømningsforhold under tilbakespyling:

- Større akselerasjon og hastigheter over varegrinda under tilbakespyling på grunn av lavt volumforhold mellom spylekammer og inntakskammer (bedre renskeeffekt)
- En jevnere hastighetsfordeling over varegrindas areal under tilbakespyling med innløpet til spylekulverten under varegrinda

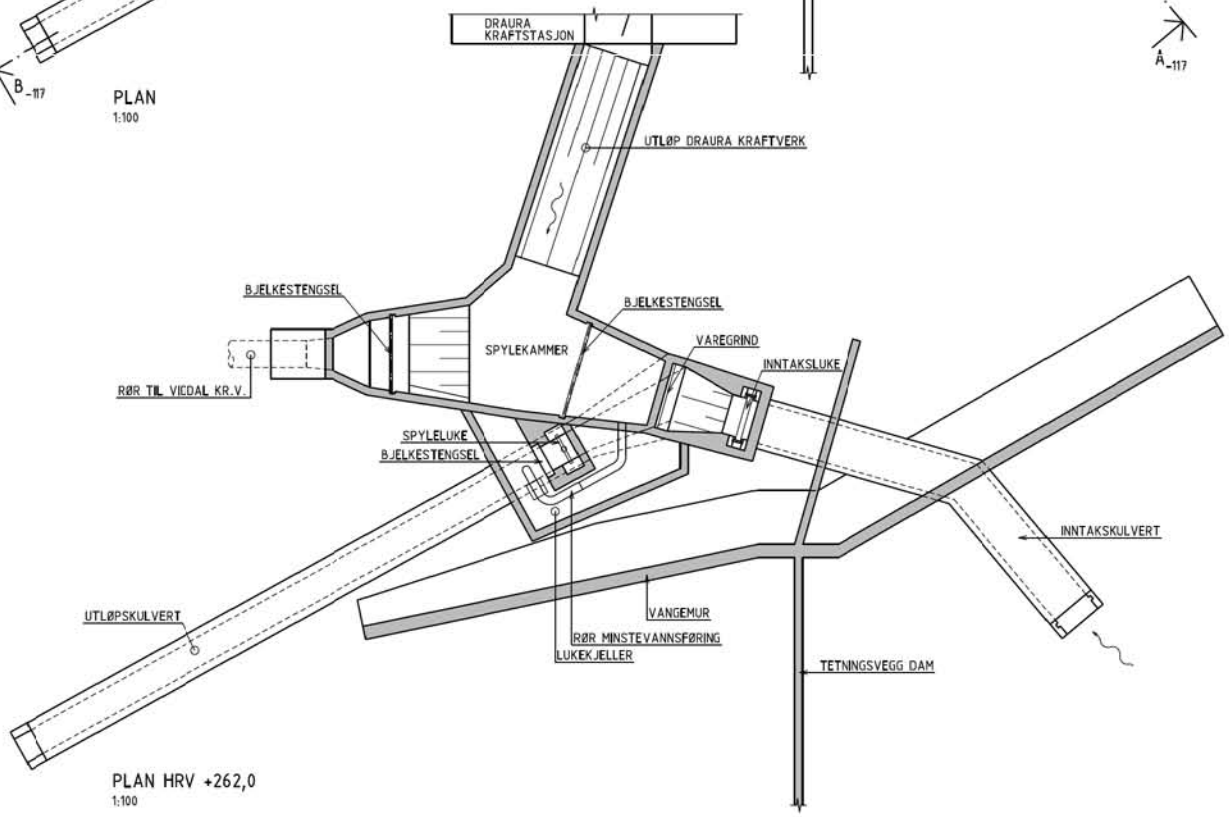
En generell arrangementplassering for konseptet er vist i Figur 15.



Figur 15: Arrangementplassering for alternativ 4 - Ettkammerløsning med vertikal varegrind



PLAN
1:100



PLAN HRV +262,0
1:100

1:100 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent
F01	Mai 2011	For anskaffelse	lkw	toj	toj

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som frengår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må bare kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i ellerre utstrekning som formålet tilsier.

TUSSA ENERGI AS

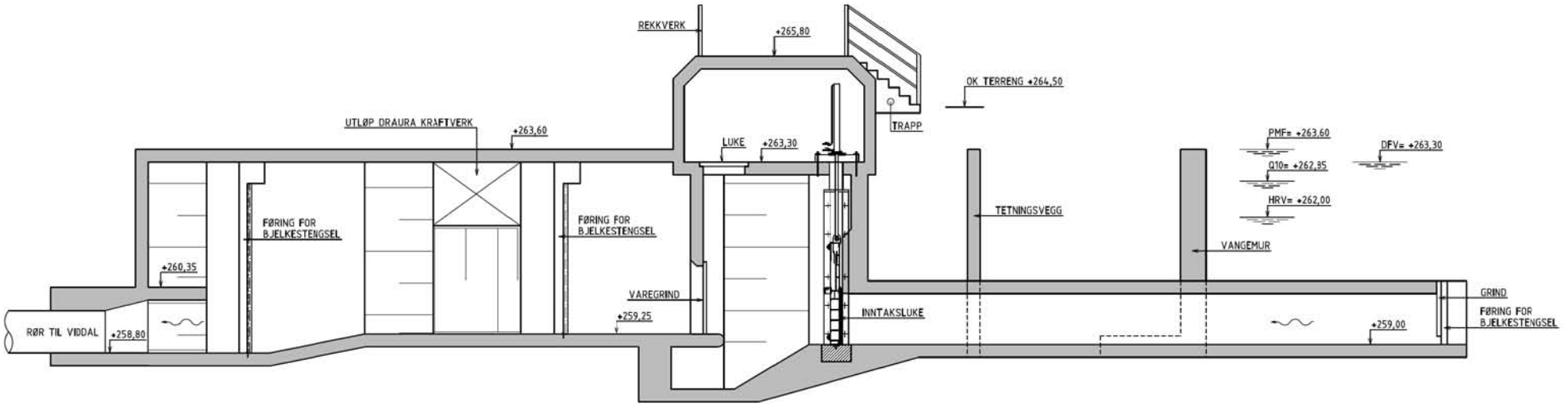
Målestokk igjelder for A1 formatt
SOM VIST

VIDDAL KRAFTVERK
INNTAK
PLAN
ARRANGEMENT

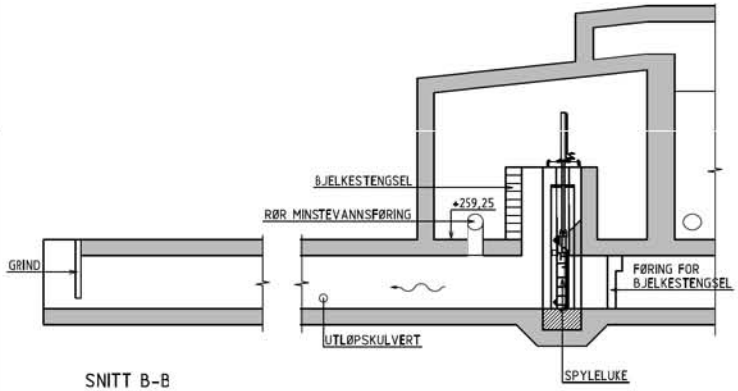
Norconsult

Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
5014380	116	F01

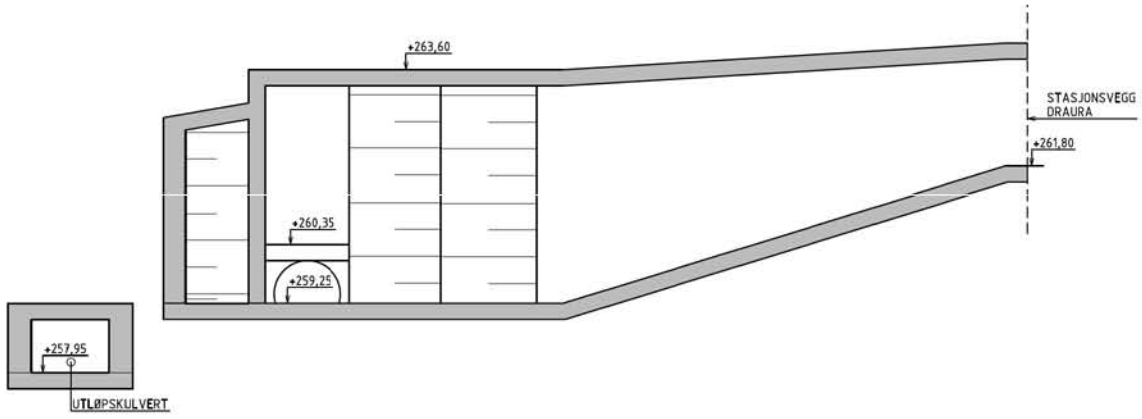
Oppdrag - M:\DAK\Byggetekniskk\Arkt\116 s01 - lkw - 05.05.11 - 09:56:39 -Mod Ark - Ref: 116 s01(test s01)117 s01



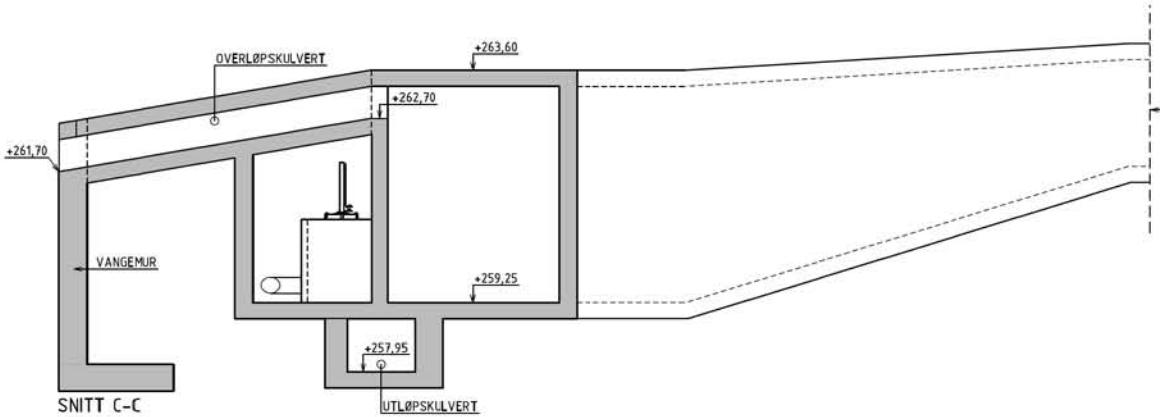
SNITT A-A
1:50



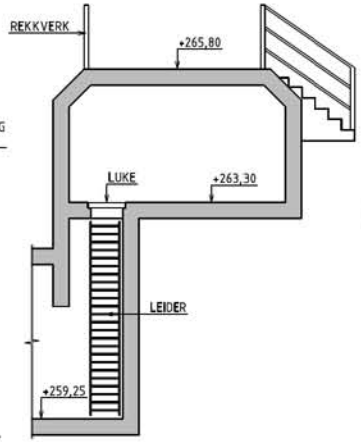
SNITT B-B
1:50



SNITT D-D
1:50



SNITT C-C
1:50



SNITT E-E
1:50

1:50 0 1 2 3 4 5 m

F01	Mai 2011	For anskaffelse	lkw	toj	toj
Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Pagjenkontr.	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som fremgår nedenfor. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn forutsatt ellers.

TUSSA ENERGI AS

Målestokk gjelder for A1 format
SOM VIST

VIDDAL KRAFTVERK
INNTAK
SNITT A-A TIL E-E
ARRANGEMENT

Norconsult	Oppdragsnummer	Tegningsnummer	Revisjon
	5014380	117	F01

Dagsetting - N:\OAK\Byggeteknikk\Kraft\107.s01 - lkw - 05.05.11 - %-23.1% -Mod: Ark - Ref: 117-s01text.s01%1%.s01

Vannets strømningsretninger i inntaket under henholdsvis normal drift og under tilbakespyling kan angis som følger:

1. *Under normal drift:*
   - Fra inntaksmagasin og inn gjennom åpen inntaksluke til spylekammer
   - Gjennom varegrind til inntakskammer
   - Gjennom inntakskammer og til rørgate (leder til turbin)
2. *Under tilbakespyling:*
   - Fra inntakskammer og gjennom varegrind til spylekammer
   - Ut gjennom åpen spyleluke
   - Gjennom spylerør/-kulvert til nedstrøms damside

Forberedelser/igangsettelse av tilbakespyling vil kunne følge følgende prosedyre:

- Redusere turbinvannføring til minimum
- Stenge inntaksluke
- Åpne spyleluke (så hurtig som mulig)

Komponenter

Sett i forhold til et tradisjonelt inntak har dette inntaket følgende ekstra komponenter:

- En inntaksluke (kan "avskrives" som en rørbruddsluke hvis dette kreves i henhold til rørgatas klassifisering)
- En spyleluke
- Spylerør/-kulvert
- Ekstra betongkonstruksjon

Varianter

Løsningen kan utføres i mange forskjellige varianter. Under er det angitt noen forslag:

- Tokammerløsning
- Variasjon av plasseringen til innløpet til spylerøret/-kulverten (for eksempel langs etter lengderetningen til inntaket)
- Dykking av inntakskammer eller spylekammer (ikke frispeilstrømning)

- Annen hydraulisk tilpassing

Vurdering

Alternativ 4 er en versjon av alternativ 3, men denne er uten en tokammerløsning. Det vil si at det er viktigere med et stort vannvolum i inntakskammeret (nedstrøms varegrinda) for oppnå en like god renskeeffekt. Dette sammen med tilrettelegging for sammenkobling med avløpet fra Draura kraftverk har medført et relativt stort inntakskammer.

Videre antas det at et lavt forhold mellom vannvolumet i spylekammeret og inntakskammeret er gunstig med hensyn på akselerasjonen av vannmassene ved tilbakespyling. Spylekammeret er derfor relativt lite.

For å håndtere avløpsvannet fra Draura i situasjonen:

- Inntaks- og spyleluke stengt (tilfelle rett før tilbakespyling)
- Turbinvannføring Viddal er mindre enn turbinvannføring Draura

er det laget en overløpskulvert ut av inntaket, og med utløp på nedstrøms damside av løsmasseterskelen (se snitt C-C på tegning 117).

For å unngå luftinnsugning i rørgata under tilbakespyling (Viddal kraftverk i drift) er det utført følgende tiltak:

- Senkning av innløpet til rørgate
- Mulighet for plassering av bjelkestengesel nedstrøms varegrinda (skape et vannspeil over innløpet til rørgata under spyling)
- Avløpet til Draura kraftverk inn nedstrøms varegrinda (tilførsel av vann)
- (Driftsrutiner for tilbakespylingstid)

Alternativ 4 er et relativt stort og komplekst inntak, noe som medfører høye byggekostnader.

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2012

Nr. 1 Kvikkleireskred ved Esp, Byneset i Trondheim. Kari Øvrelid (20 s.)

Nr. 2 Årsrapport for tilsyn 2011 (40 s.)

Nr. 3 Første inntrykk etter ekstremværet Dagmar, julen 2011 (27 s.)

Nr. 4 Energy consumption. Energy consumption in mainland Norway (59 s.)

Nr. 5 Climate change impacts and uncertainties in flood risk management:
Examples from the North Sea Region (62 s.)

Nr.6 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2011. Finn Erik Ljåstad Pettersen (red.) (86 s.)

Nr. 7 Statistikk over nettleie i regional- og distribusjonsnettet 2012. Inger Sætrang (53 s.)

Nr. 8 Flomrisikoplan for Gaula ved Melhus. Et eksempel på en flomrisikoplan etter EUs flomdirektiv (78 s.)

Nr. 9 Inntak Viddal – FoU-prosjekt på tilbakespyling. Sluttrapport. Jan Slapgård (31 s.)