

# **Vannbalanse for 2016**

Heggvin

## SAMMENDRAG

Et komplett vannbalanseregnskap er en svært «krevende øvelse» som er avhengig av en grundig oversikt over måleutstyr, deponerte mengder og vanninnhold og type overdekning [1]. I dette arbeidet er det gjennomført tre grovanalyser med ulik detaljeringsgrad. En vurdering av sigevannsproduksjon som funksjon av nedbør gir en korrelasjon på 0,59. Dette innebærer at det er respons mellom nedbør og produksjon av sigevann. Dette er også en liten bedring fra 2015. Registreringen er gjort for perioden 2011 til og med 2016. Nedbørsdata er hentet fra Eklima's måledata på Ilseng eller Stavsberg.

Det er gjennomført en beregning basert på totalt areal relatert målt mengde sigevann og målt nedbør. Dette gav et samsvar mellom nominell og reell mengde sigevann på 87 %. På dette grunnlaget er det en diffus lekkasje av sigevann i 2016. Vurderes grunnvannskvaliteten nedstrøms deponiet, er forskjellen mellom referansebrønnen og indikatorbrønnene av en slik karakter at det kan tyde på at sigevann forurenses grunnvannet. Dette bør følges opp med målinger i 2017.

Ved å anta at harde flater etablert på toppdekket på deponiet, inkludert området med vegetasjonsdekket, er å betrakte som et «tett» toppdekke vil dette begrense arealet som bidrar til sigevannsproduksjon. Totalt areal hvor nedbør perkolerer igjennom deponiet blir med disse forutsetningene 140157 m<sup>2</sup>. Den årlige produksjonen av sigevann vil da tilsvare 518 mm med nedbør i 2016. Den målte nedbørsmengden er 480,6 mm. Dette innebærer at forskjellen mellom generert mengde sigevann og nedbør er + 8,3 % som tilsier at deponiet tar inn fremmedvann. Med denne måten å betrakte sigevannsproduksjonen på er det bedre samsvar mellom nominell produksjon og målt mengde.

Ved å ta utgangspunkt i det totale deponiområdet, kan toppen deles grovt inn i syv flater, hvorav to er antatt like flater med samme kvalitet/egenskaper. Dette gjelder å evapotranspirasjon, perkolasjon av nedbør og påvirkning på avrenning. Med dette som utgangspunkt resulterer en årlig nedbørsmengde på 480,6 mm til en nominell sigevannsproduksjon på 70015,5 m<sup>3</sup>. Den registrert produksjonen er 72976 m<sup>3</sup> sigevann. Dette innebærer at forholdet mellom beregnet sigevannsproduksjonen og målt produksjonen er 96 %. Dette betyr at vannbalansen er innenfor myndighetenes krav til usikkerhet. Av de tre måtene å beregne vannbalansen på, er det best samsvar der det er hensyntatt områdenes beskaffenhet med hensyn på både fordampning, avrenning og perkolasjon.

Beregning av vannbalanse krever en rekke forutsetninger og antagelser som innebærer at resultatet er beheftet med en betydelig grad av usikkerhet. Tre tilnærminger til beregning av vannbalanse gir henholdsvis -13 %, + 8,3 % og - 4 % relatert til målt mengde sigevann. I henhold til Gisbert et.al er dette akseptabelt [2]. Det er beregningen der de ulike arealene med sine forskjellige bidrag til fordampning og avrenning, som er innenfor miljømyndighetenes akseptkriterier.

I tillegg til beregningene er også selve måleresultatet for sigevann usikkert. En oppstilling av noen momenter som bidrar til usikkerhet er:

1. Arealbruk til mellomlagring av ulike fraksjoner
2. Retardasjon av nedbør i mellomlagret avfall
3. Forbruk av vann ved stabilisering av aske
4. Forbruk av vann ved kompostering av hageavfall
5. Bidrag til sigevann fra vegetasjonsdekket
6. Tilførsel av fremmedvann til deponiet
7. Benyttet målestasjonen for nedbør er ikke lokalisert på anlegget
8. Feltkapasiteten
9. Avfallets bidrag til sigevannsproduksjonen
10. Usikkerheten i måleutstyr for sigevann

I punkt 10 er usikkerheten i måling av sigevannsmengde satt opp som en variabel. Denne er oppgitt til  $\pm 0,4\%$ . Maksimalt tilsier dette et fratrekk på  $292 \text{ m}^3/\text{år}$  (se avsnitt 3.2.1). Dette reduserer avviket til  $96,3\%$ . I punkt 3 er forbruket av vann til stabilisering av aske satt som en usikkerhet i beregningen. I avsnitt 2.5 er det beregnet et maksimalt forbruk på  $928 \text{ m}^3$  med vann for å hydratisere CaO. Når dette kommer til fratrekk på beregnet mengde sigevann er resultatet totalt  $69087,5 \text{ m}^3$  sigevann i 2016. Trekker vi måleusikkerheten med i beregningen er avviket fortsatt innenfor  $\pm 5\%$ .

Med bakgrunn i den antatte usikkerheten er det satt opp et forslag til en handlingsplan for å utrede/reducere/kvantifisere den antatte usikkerheten.

### Forslag til handlingsplan

Område/aktivitet	Forslag til tiltak	Mulig resultat/forbedring
Deponiceller	Oppdatere kartgrunnlag.	Redusere usikkerhet i beregning av vannbalanse.
Implementering av brønn nr. 5 i grunnvannsovervåkning for 2017	Pumpetiltak for å rense brønnen for slam/sediment.	Uttak av representative prøver fra et viktig område nedstrøms deponiet.
Måling av grunnvann	Utvide antall parametere med hensyn på anioner med liten affinitet til partikler.	Innspill til konklusjon på mulig diffus spredning av sigevann.
Overvåkning av grunnvann	Måling av $^{13}\text{C}$ i grunnvann og sigevann.	Innspill til konklusjon på mulig diffus spredning av sigevann.
Kontroll med avskjæring av fremmedvann	Etablere/revidere prosedyrer/instruksjoner for ettersyn og oppgradering av avskjæringsgrøfter.	Redusere mengden fremmedvann inn i anlegget.
Vurdere kvaliteten på rått sigevann	Gjennomgå sigevannskvaliteten og vurdere denne mot tilsvarende anlegg i Norge.	Vurdere fortykning i forhold til mulig innslag av fremmedvann.

1

<sup>1</sup> Noen forbehold:

Valg av parametere og prøvetaking er gjennomført av anleggets egne ansatte  
Der det refereres til snittverdier er dette å forstå som aritmetisk middelværdi  
Måleresultater er manuelt overført fra analyserapporter til excel. Det tas forbehold om feil

## SAMMENDRAG

<b>1. KONSESJONSKRAV</b> .....	<b>5</b>
<b>2. GRUNNLAGSDATA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Flater som drenerer til sigevannsystemet .....	6
2.2. Overdekningsmasse .....	6
2.3. Hydrauliske data .....	6
2.4. Diffus spredning av sigevann .....	7
2.4.1. Overvann .....	7
2.4.2. Grunnvann.....	8
2.5. Avfallskaraktistikk .....	11
<b>3. BEREGNING AV NOMINELL SIGEVANNSPRODUKSJON</b> .....	<b>13</b>
3.1. Forenklet beregning av vannbalanse .....	13
3.2. Parametere i vannbalanse .....	14
3.2.1. Sigevannsmengde - registrert LC .....	15
3.2.2. Nedbørsmengde - PR .....	15
3.2.3. Fremmedvann inn i deponiet - SRT .....	15
3.2.4. Avrenning fra toppdekket - SRO .....	15
3.2.5. Evapotranspirasjon – EP .....	15
3.2.6. Vannmagasineri i deponiet - ST .....	15
3.3. Beregning av sigevannsmengde .....	16
3.3.1. Område 4 og 5 .....	16
3.3.2. Område 2 og 3 .....	16
3.3.3. Område V .....	16
3.3.4. Område D .....	16
3.3.5. Område S .....	17
3.3.6. Total nominell mengde sigevann .....	17
3.4. Usikkerhet.....	17
3.5. Oppfølging av handlingsplan fra 2015 .....	18
<b>4. REFERANSE</b> .....	<b>19</b>

## 1. KONSESJONSKRAV

Konsesjonen pålegger deponieier å dokumentere at sigevannet samles opp, og ikke spres i miljøet uten at dette er kontrollert og miljøeffekten er dokumentert. For Sirkula sitt anlegg på Heggvin er dette en viktig del av konsesjonen, at sigevannet som genereres samles opp og renses. Selskapet tar prøver av grunnvann for å dokumentere at det ikke lekker sigevann ut og forurenses grunnvannet i nærområdet. I tillegg skal det være en teoretisk vurdering av mengden sigevann som genereres, og mengden vann som infiltrerer anlegget. Ideelt skal det ikke være fremmedvann inn i anlegget, og den nedbøren som trenger inn i deponiet skal registreres og måles, og sendes til renseanlegg som sigevann. Det vil si at det skal være vannbalanse. Dette innebærer at sigevannsmåleren faktisk må registrere mengder innenfor en rimelig grad av usikkerhet. I kravene som ble lagt til grunn for miljørisikovurderingene som ble gjennomført i perioden 2004 til 2007, skulle vannbalansen være innenfor  $\pm 5\%$ . Dette er i praksis svært krevende, på grunn av usikkerheter i de forutsetningene som må legges til grunn for beregningen. I henhold til Gisbert et.al, har matematiske modeller som kan benyttes i dette arbeidet en usikkerhet som er innenfor  $\pm 25\%$  [2].

Dette arbeidet hadde som målsetning å beregne vannbalansen for 2016 for deponiet på Heggvin. Følgende delmål for arbeidet ble definert:

### *Delmål*

- ◆ Etablere grunnlagsdata for overflater som er innenfor sigevannsområdet
- ◆ Beregne vannbalanse

## 2. GRUNNLAGSDATA

### 2.1. Flater som drenerer til sigevannsystemet

I tillegg til sluttbehandling foregår det aktiviteter på toppdekket på Heggvin som ikke er sluttbehandling, men som drenerer til sigevannsystemet. Totalt areal som kan bidra til sigevann er 174675 m<sup>2</sup> [3, 4]. Av dette er det en asfaltplate på ca 1518 m<sup>2</sup> hvor det inntil 2016 ble lagret impregnert trevirke [5]. I tillegg tas det imot og kvernes trevirke på en asfaltplate. Denne er om lag 5000 m<sup>2</sup>.

Ellers foregår mottak av våtorganisk avfall og sortering av restavfall fra næring på en støpt betongplate. Dette inkluderer også: papir, gips, glass/metall, kompleks metall og rivningsavfall. Hit er også mellomlager for impregnert trevirke flyttet. Denne plata er om lag 5000 m<sup>2</sup> [6]. I forhold til totalt areal representerer disse faste flatene ca 6,5 %. I tillegg til at platene i seg selv påvirker sigevannsmengden, vil også materialene som ligger opp på platene påvirke vannmengden ved først og fremst å immobilisere vannet. Avhengig av temperaturen kan dette kunne medføre en høyere fordampning fra disse områdene.

### 2.2. Overdekningsmasse

I henhold til epost fra Randen er det antydnet at områder mot øst er overdekket med morene masser. Det er antydnet en mektighet på mellom 0,5 til 1 meter [7]. Det er imidlertid uklart hvor stort området er. Mot vest er det også gjennomført en antatt avsluttende overdekning. Her er det også etablert vegetasjon. Basert på tegninger er dette området anslått til 23000 m<sup>2</sup> [6]. På de øvrige flatene er det antatt at overdekningen er skinn og består av sand og grusdekke. Mektigheten er antatt å være mellom 0,3 til 0,5 meter [7].

### 2.3. Hydrauliske data

I henhold til registrerte nedbørsmengder på Stavsberg kom det 480,6 mm i området i 2016. Dette resulterte i 72976 m<sup>3</sup> med sigevann målt via vannmåler [3]. Midlet over året tilsvarer dette 199,93 m<sup>3</sup>/dag som omregnet til mengde nedbør tilsvarer 0,42 m/år eller 420 mm nedbør. Basert på en brutto sigevannsproduksjon samles omlag 88 % av det som genereres av sigevann via nedbøren opp og renses lokalt.



Figur 1. Luftet lagune for lokalrensning av sigevann [15]

## 2.4. Diffus spredning av sigevann

### 2.4.1. Overvann

På østsiden av anlegget er det en overvannsbekk (Stabekken), som en bekkelukking under anlegget er knyttet til. I tillegg til overvåking av grunnvann, er bekkefaret et viktig vannområde for eventuelt å registrere om sigevann fra deponiet lekker ut i miljøet. Det er gjennomført målinger i bekken oppstrøms og nedstrøms deponiet. Det er prøvetatt og analysert på parametere som kan brukes til å spore forurensning fra sigevann.

Det ble i veileder om risikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponier, foreslått å bruke forurensningsindekser for å vurdere krav om rensing av sigevann [8].

Indeksen beregnes på følgende måte:

$$F_i = C_s/C_r \quad \text{Formel 1}$$

$F_i$  er forurensningsindeks

$C_s$  er konsentrasjonen av en analytt nedstrøms utslippet

$C_r$  er konsentrasjonen av en analytt i referansepunktet

Vi velger å bruke en slik tilnærming for å vurdere om det er en spredning av forurensning via overvannet i bekken. Det er i veilederen satt en øvre grense for  $F_i = 10$ .  $F_i > 10$  er antatt å bety at det er en diffus spredning av sigevann. Resultatene er satt opp i Tabell 1. Ingen av målingene har en indeks over 5,6. Basert på disse betraktningene kan vi anta at bekken ikke er forurenset av sigevann.

**Tabell 1. Målinger i overvannsbekk (Stabekken) i 2016 (snittverdier)**

Parameter	Enhet	Oppstrøms	Nedstrøm	$F_i$
pH		6,5	7,3	1,1
Cond	mS/m	2,88	10,06	3,5
TOC	mg/l	11,9	14,9	1,3
Bor <sup>1</sup>	µg/l	5	5	1
Cl <sup>1</sup>	mg/l	0,5	2,8	5,6
KOF	mg O <sub>2</sub> /l	11	14	1,3
Farge	mg Pt/l	93	117	1,3
Zn	µg/l	2,34	3,35	1,4
Cu	µg/l	0,40	1,05	2,6
Pb	µg/l	0,21	0,29	1,4
Cd	µg/l	0,03	0,04	1,3
Ni	µg/l	0,66	1,05	1,6
Cr	µg/l	0,50	0,92	1,8
Hg	µg/l	0,01	0,01	1

<sup>1</sup> I henhold til vannforskriften er LOQ/2 rapportert som snittverdi

I Tabell 2 er indeks for 2015 sammenlignet med 2016. Resultatene viser at det kun er små endringer i indeks. En liten økning fra 2015 til 2016 men godt innenfor kravet om 10 x i forhold til referansenivå.

**Tabell 2. Forurensningsindeks i overvannsbekk (Stabekken) som funksjon av år**

Parameter	Enhet	Fi (2015)	Fi (2016)
pH		1,1	1,1
Cond	mS/m	2,4	3,5
TOC	mg/l	1,1	1,3
Bor <sup>1</sup>	µg/l	1,0	1
Cl <sup>-</sup>	mg/l	3,2	5,6
KOF	mg O <sub>2</sub> /l	1,0	1,3
Farge	mg Pt/l	1,1	1,3
Zn	µg/l	0,9	1,4
Cu	µg/l	1,5	2,6
Pb	µg/l	1,1	1,4
Cd	µg/l	0,7	1,3
Ni	µg/l	1,2	1,6
Cr	µg/l	1,6	1,8
Hg	µg/l	1,0	1

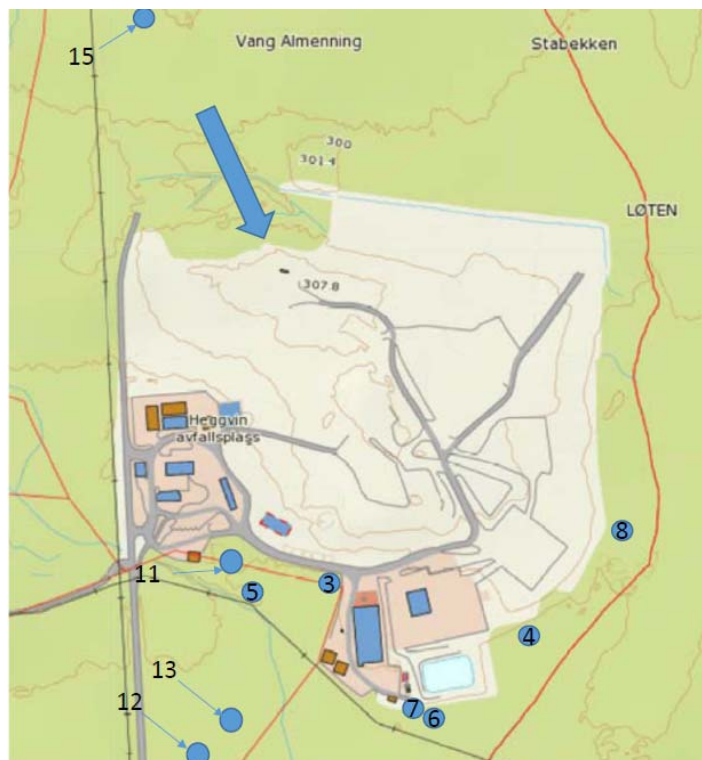
#### 2.4.2. Grunnvann

Det er etablert 13 overvåkningsbrønner i tillegg til en referansebrønn. En skisse som viser en ca plassering av et utvalg av brønner er satt opp i Figur 2. Figuren er basert på oversendt materiale [3] mens kartutsnittet er hentet fra Norgeskart. I tillegg til lokalisering av brønnene, er det forsøkt å illustrere hvor grunnvannet vil bevege seg. Denne antagelsen er basert på utdrag fra et arbeid gjennomført av Ruden AS Geo Solutions [9]. Er antagelsen riktig, innebærer dette at de brønnene som er illustrert i figuren er plassert nedstrøms deponiet. Er det en diffus spredning av sivevann, bør dette kunne observeres i disse brønnene.

Driften av brønnene ble satt i gang i 2015. Det er derfor lite erfaring med forurensningsnivåene i brønnene. De fleste brønnene er prøvetatt i fire omganger i 2015 med oppfølging i 2016. Av typiske indikatorforbindelser for sivevann, er brønnene analysert med hensyn på Bor, ledningsevne, Cl<sup>-</sup>. Forutsatt at det ikke foregår veisaltning eller annen type aktivitet som kan påvirke brønnene, er kloridionet en svært viktig indikator for sivevann. Det er ikke analysert med hensyn på flere anioner, som har liten affinitet til partikler og høy mobilitet i grunnen. I tillegg er alle brønnene analysert med hensyn på Tot-N og nitrogen på redusert form. Det er anbefalt for senere målinger at også den oksiderte formen (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) inkluderes i programmet. Nitrat har noen av de samme egenskapene som kloridionet har med høy mobilitet [17]. Alternativt kan også <sup>13</sup>C inkluderes i programmet.

Bor forekommer i en lang rekke produkter i form av dinatriumtetraborat. For eksempel i skjæreoljer, avfettingsmidler og frostbeskyttelsesmidler. Naturlig forekommende bor er imidlertid sjelden ved høye konsentrasjoner. For brønner i løsmasser i østlandsområdet er det målt Bor konsentrasjon over 10 µg/l kun i 25 % av brønnene. For bergborede brønner er mediankonsentrasjonen 14 µg/l og med maks konsentrasjon på 450 µg/l [13]. Dette innebærer at Bor også kan være en god indikator for sivevann på avveie.





**Figur 2. Oversikt over plassering av et utvalg av overvåkningsbrønner**

I Tabell 3 er konsentrasjonen av indikatorforbindelser i brønnene nedstrøms vurdert i forhold til referansebrønnen. Vi må her anta at referansebrønnen er representativ. I tillegg antas at grunnvannet er analyserte på partikkelfritt vann. Brønn nr. 12 er fortsatt ikke inkludert i programmet. På grunn av forekomster av slam/sedimenter var det ikke mulig å hente ut representative prøver i brønn nr. 5 [10].

Som det fremgår av resultatene, er det overveiende høyere konsentrasjoner av indikatorforbindelser i brønner nedstrøms deponiet i forhold til referansebrønnen (B15). For å vurdere eventuelle uakseptable høye konsentrasjoner benyttes forurensningsindekser (se avsnitt 2.4.1).

**Tabell 3. Målinger i grunnvann i 2016 (snittverdier)**

	Enhet	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B13	B14	B15
pH		7,1	7,3	Im	6,9	7,4	7,9	7,9	7,5	8,1	8,0	7,8	7,4
Cond	mS/m	177	88,2	Im	45,4	56,6	69,9	43,8	24,2	722	42,6	36,1	34,6
TOC	mg C/l	9,70	2,47	Im	0,41	0,17	2,37	1,50	1,24	2,08	0,74	0,92	0,18
Bor	µg/l	76	116	Im	30	24	291	183	22	264	92	144	11
Cl-	mg/l	238,00	71,00	Im	4,27	2,58	10,60	7,80	1,70	28,50	2,30	2,93	1,00
KOF	mg O <sub>2</sub> /l	7,30	20,00	Im	6,20	8,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,20	1,10	1,10
NH <sub>4</sub> -N	µg/l	33357	37	Im	15	3	1862	1365	75	1993	673	770	112

I Tabell 4 er indeksterte verdier for 2015 satt opp mens tilsvarende beregninger for 2016 er satt opp i Tabell 5. Det er små endringer i forurensningsbildet. Det er tilsynelatende flere analytter som har en høyere indeks i 2016. De høyeste indeksene er observert i B3. Dette er brønnen som ligger nærmest deponikanten. Vurderes konsentrasjonen i B3 mot terskelverdiene i vannforskriften så innebærer konsentrasjonen av Cl<sup>-</sup> at vannkvaliteten er dårlig i denne brønnen.

**Tabell 4. Beregning av Fi-indeks i grunnvann basert på snittverdier fra 2015**

	Fi3	Fi4	Fi5	Fi6	Fi7	Fi8	Fi9	Fi10	Fi11	Fi13	Fi14
pH	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1
Cond	5,4	3,7	3,4	1,8	1,6	2,0	2,1	0,8	3,2	1,5	1,8
TOC	11,6	10,1	1,2	4,8	0,9	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7	0,3
Bor	8,9	14,0	15,9	3,2	1,4	30,9	25,5	2,4	28,8	10,9	15,0
Cl-	239,8	127,6	39,1	20,4	3,1	10,2	31,6	3,5	27,3	4,1	3,9
KOF	5,4	6,4	0,3	3,6	0,4	0,8	4,6	1,3	0,8	3,6	4,3
NH4-N	87,8	0,2	6,8	0,5	0,3	13,3	17,5	0,7	23,4	5,3	6,7

I B4 som også ligger nær deponiet og i antatt grunnvannsstrøm indikerer fire parametere at det er en spredning av forurensning i dette området. Brønn nr. 8 ligger også nær deponikanten og har tilsvarende utfordringer som observeres i B4 men ikke så utpreget. Blant annet er indeksen for Cl<sup>-</sup> langt lavere. Brønn nr. 11 ligger også sentralt til for å oppdage spredning av forurensning fra deponiet. Både klorid og bor har indekser som er om lag 3 ganger det som er satt som øvre grense. Brønn nr. 13 ligger lengre unna deponifoten og har kun en overskridelse i forhold til bor. Dette må betraktes som positivt.

Brønn nr. 6 og 7 ligger lengre unna deponiet men nær mulige aktiviteter som kan bidra med forurensning. I dette området er det positiv utvikling som ikke indikerer spredning av forurensning.

**Tabell 5. Beregning av Fi-indeks i grunnvann basert på snittverdier fra 2016**

	Fi3	Fi4	Fi5	Fi6	Fi7	Fi8	Fi9	Fi10	Fi11	Fi13	Fi14
pH	1,0	1,0	Im	0,9	1,0	1,07	1,07	1,01	1,09	1,08	1,05
Cond	5,1	2,5	Im	1,3	1,6	2,02	1,27	0,70	20,87	1,23	1,04
TOC	53,9	13,7	Im	2,3	0,9	13,17	8,33	6,89	11,56	4,11	5,11
Bor	6,9	10,5	Im	2,7	2,2	26,45	16,64	2,00	24,00	8,36	13,09
Cl-	238,0	71,0	Im	4,3	2,6	10,60	7,80	1,70	28,50	2,30	2,93
KOF	6,6	18,2	Im	5,6	7,9	0,91	0,91	0,91	0,91	1,09	1,00
NH4-N	297,8	0,3	Im	0,1	0,027	16,63	12,19	0,67	17,79	6,01	6,88

Det er forsøkt å gi en forklaring på noen av de parametere som forekommer i høye nivåer. Blant annet er det mellomlagret PP-sekker som har inneholdt gjødsel eller vegsalt [10]. Eventuelle rester av vegsalt kan ved utvasking via nedbør medføre spredning av kloridioner. Kloridioner kan også vaskes ut fra eventuelle sekker hvor det har vært gjødsel. Sistnevnte kan også bidra NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-ioner. Om dette kan nå ned til grunnvannspeilet i området rundt B3 er uklart. Uansett er dette en forurensning som er uønsket i miljøet. En slik mellomlagring understreker også behovet for analyse av nitrogen i andre oksidasjonstrinn i grunnvannet.

Det er henvist til vannforskriften i forbindelse med kloridinnholdet i B3. I tabellen nedenfor er innholdet av elementer i grunnvannet sammenlignet med terskelverdiene i vannforskriften. Overskrides disse grenseverdiene betraktes grunnvannet å være av dårlig kvalitet. Som det fremgår av Tabell 6 er det konsentrasjonen av As i B11 som overstiger terskelverdien. Målt mot referansebrønnen er dette en reell overskridelse.

**Tabell 6. Vurdering av konsentrasjon av elementer i grunnvann mot grenseverdier i vannforskriften**

Parameter	God kvalitet	B3	B4	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B13	B14
Arsen, µg/l	10	2,28	2,58	1,67	3,00	2,42	2,46	1,05	14,00	4,18	5,28
Kadmium, µg/l	5	0,16	0,10	0,28	0,04	0,01	0,01	0,03	0,02	0,06	0,01
Bly, µg/l	10	1,88	4,12	3,09	0,86	0,30	0,03	0,79	0,06	2,20	0,35
Kvikksølv, µg/l	0,5	0,018	0,014	0,013	0,008	0,008	0,009	0,008	0,011	0,011	0,009

Basert på bruken av forurensingsindekser og terskelverdier definert i vannforskriften tilsier dette at det er en spredning av forurensning i miljøet som kan ha opprinnelse fra deponiet. Dette vil også kunne få betydning for beregning av vannbalanse i og med at man eventuelt ikke klarer å samle opp alt vannet som genereres.

### 2.5. Avfallskarakteristikk

Det ble sluttbehandlet 60704 tonn hvorav om lag 97 % hadde opprinnelse fra næring. Ulike materialer har ulik kapasitet til å absorbere vann, og inneholder også ulike mengder vann når materialet mellomlagres eller sluttbehandles. Inert avfall som f.eks. isolasjon kan inneholde betydelige mengder med vann avhengig av klimatiske forhold, og hvordan massen er mellomlagret før sluttbehandling. Sandblåsesand og asbest er avfallsfraksjoner som bidrar lite til feltkapasiteten i deponiet. Totalt ble 13451 tonn med betong, støperisand og asbest sluttbehandlet. Ristgods derimot er masser som inneholder mye vann. Kun 76 tonn ble sluttbehandlet i 2016 [11] slik at bidraget er neglisjerbart. Utover dette ble det sluttbehandlet 18617 tonn med forurensede masser og 19235 tonn med bunnaske. Sistnevntes betydning for vannhusholdningen er diskutert senere i dette avsnittet. Sandfangslam og slam fra oljeutskillere kan inneholde en del vann som kan bidra til sigevannsmengden. Totalt ble 4987 tonn sluttbehandlet i 2016. Massene er sluttbehandlet over året og vil derfor påvirke vannbalansen i mer eller mindre grad i perioden. I og med denne ukjente faktoren velger vi å ikke inkludere disse avfallsmengdene i det videre arbeidet.

Noen typer masser har også et behov for vann i forbindelse med enten kjemisk (se neste side) eller biologisk omsetning. Hva gjelder sistnevnte, vil kvernet hageavfall begynne å kompostere på grunn av tilgangen på luft og næring. Dette er en biologisk prosess som har et minimumskrav til vann, men også produserer vann i løpet av omsetningen av det organiske materialet [12].

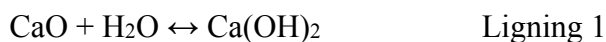


**Figur 3. Mellomlagring av bunnaske**

Bunnaske inneholder betydelig mengde med oksider. Hovedvekten er knyttet til fire elementer [13, 14 side 484]:

- SiO<sub>2</sub> (51-62 %)
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2-7 %)
- Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (7-13 %)
- CaO (7-10 %)

Testing av utlekkingssegenskaper i bunnaske har dokumentert høy pH (> 10). Asken er kjemisk ustabil og vil i løpet av mellomagringen gjennomgå kjemiske endringer i form av hydratisering og karbonatisering. Dette kalsiumoksid og kan skrives som følger [13]:



Avhengig av hvor i prosessen bunnasken er, vil reaksjonene ha et forbruk av vann. Hydratisering kombinert med karbonatisering, er kjemiske prosesser som tilsier at bunnaske ikke er egnet for sluttbehandling før etter stabilisering. Blant annet derfor mellomlagres bunnasken. Dette gjelder både bunnaske fra «mass burn» anlegg i tillegg til aske fra biobrenselsanlegg. Frem til høsten 2016 lå det 18000 tonn med aske på mellomlager. Innen utgangen av 2016 var dette økt til 36000 tonn. Dette ligger oppe på gammel deponidel uten dobbelt bunntetting [5]. Hvis vi antar at prosessen beskrevet i Ligning 1 skjer fullstendig i 2016 vil dette kreve 928 m<sup>3</sup> vann forutsatt at bunnasken inneholder 8,5 % CaO eller 3060 tonn.

Det ble mottatt 18617 tonn med forurensede masser i 2016. Om lag 8000 tonn er sluttbehandles mens ca 10000 tonn er lagt på mellomlager. Hva dette innebærer av endringer i feltkapasitet og eventuelt påvirker vannbalansen er uklart. Det som ligger på mellomlager oppe på deponiet vil naturlig nok representere en forsterkning av toppdekket og dermed kunne redusere sigevannsproduksjonen.

Det er deponert store mengder biologisk nedbrytbart avfall i deponiet på Heggvin. Derfor er det krav om behandling av CH<sub>4</sub> som i dag brennes av i en fakkell. Det er også gjennomført en oppgradering av gassanlegget blant annet ved å etablere nye brønner. I motsetning til aerob nedbrytning, er det et netto forbruk av vann i en anaerob nedbrytning. En forenklet og modifisert beskrivelse av prosessen er satt opp ligningen nedenfor [17]:



Hvis man kun konsentrerer seg om den «katabolske» delen av nedbrytning under anaerobe forhold kommer vannforbruket fram i følgende ligning [15]:



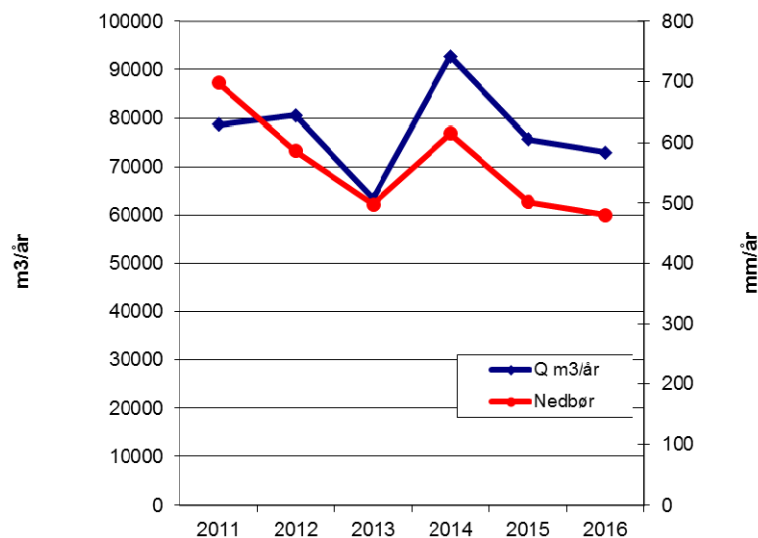
I henhold Mæhlum et.al har en anaerob nedbrytning i et deponi et netto forbruk på 45 l/m<sup>3</sup> avfall og feltkapasiteten er 125 l/m<sup>3</sup> avfall [21]. I henhold til Bendz er vannforbruket i forbindelse med produksjon av CH<sub>4</sub> i et deponi neglisjerbart [16]. Vannforbruket er derfor ikke inkludert i de videre beregningene.

### 3. BEREGNING AV NOMINELL SIGEVANNSPRODUKSJON

#### 3.1. Forenklet beregning av vannbalanse

I avsnitt 2.3 er det gjennomført en bruttoberegning av sigevannproduksjonen kun med bakgrunn i mengde nedbør og total deponiflate. Man fant at 87 % av nedbøren ble samlet opp og sendt til renseanlegget.

En vurdering av sigevannsmengde relatert til nedbør er satt opp i figuren nedenfor. Grafen illustrerer perioden fra 2011 til og med 2016. Nedbørsmengden for 2013 og 2015 er hentet fra målestasjonen på Ilseng, mens de øvrige registreringene er hentet fra Hamar (Stavsberg). Årsaken til sistnevnte er mangelfulle registreringer på Ilseng.



Figur 4. Sigevannsmengder og nedbør på Heggvin

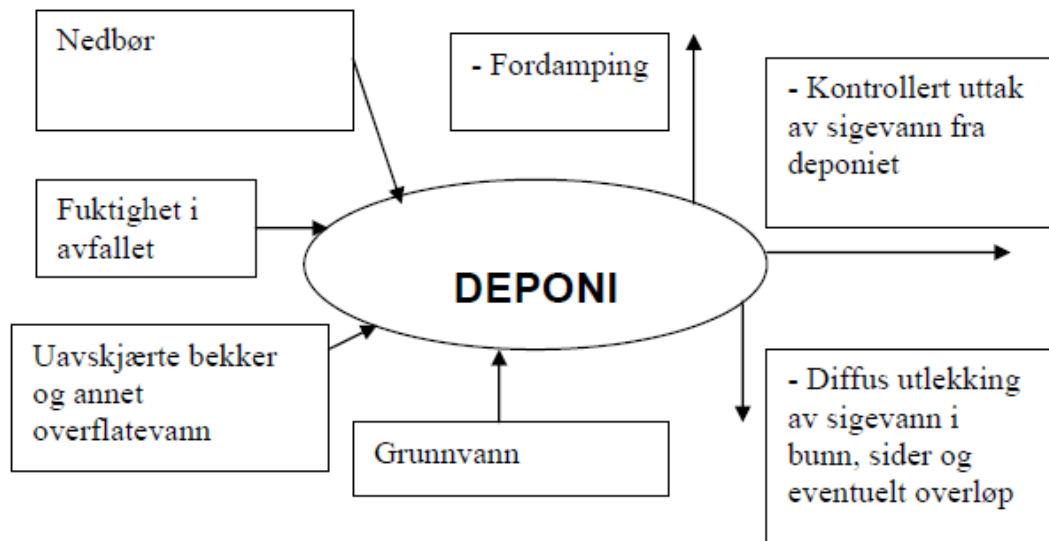
I henhold til figuren er det en sammenheng mellom økning i mengde nedbør og sigevannsmengden. I et todimensjonalt plott er den lineære korrelasjonen 0,59. Så lenge man ikke har gode nedbørsmålinger på Heggvin<sup>2</sup>, er den nevnte sammenheng akseptabel og sammenlignbar med tilsvarende anlegg.

I avsnitt 2.1 og avsnitt 2.2 er det gitt en grov vurdering av harde flater etablert på toppdekket på deponiet. Inkludert området med vegetasjonsdekket, er totalt areal med «tett» toppdekke 34518 m<sup>2</sup>. Hvis vi videre antar at dette totale arealet ikke bidrar til sigevannproduksjon, blir totalt areal hvor nedbør perkolerer igjennom deponiet 140157 m<sup>2</sup>. Den årlige produksjonen av sigevann vil da tilsvare 520 mm med nedbør i 2016. Den målte nedbørsmengden er 480,6 mm. Dette innebærer at forskjellen mellom generert mengde sigevann og nedbør er + 8,3 %, som tilsier at deponiet tar inn fremmedvann. Det vil si enten via grunnvann og eller overvann. Samtidig er det igjennom vurderingen gjennomført i avsnitt 2.4 antatt at det er en diffus spredning av sigevann nedstrøms. Dette basert på alternativ beregning av vannbalanse. Det kan bety at det enten er et større innslag av fremmedvann, eller at de nevnte harde flater bidrar til sigevann. Sagt på en annen måte: slipper anlegget ut vann utenom sigevannopsamlingen er det også sannsynlig at vann også lekker inn via grunnen. Som tidligere nevnt er myndighetenes krav at akseptabel usikkerhet i beregning av vannbalanse er innenfor ± 5%.

<sup>2</sup> Har til tider hatt tekniske problemer med lokal måler.

### 3.2. Parametere i vannbalanse

I henhold til TA 1995 skal vannbalanseregnskapet inneholde variabler som illustrert i figuren nedenfor [8]:



Figur 5. Variabler i beregning av vannbalanse

I henhold til Figur 5 kan vanntilførselen til deponiet bestå av:

- Nedbør (P)
- Vann via avfallet (ST)
- Grunnvann (G)
- Overvann inn i deponiet (SRT)

Av disse variablene er det først og fremst nedbørmengden (P) som det vil være praktisk mulig å kunne kvantifisere på en god måte (avsnitt 2.3). De øvrige parameterne vil bidra, men det vil være svært vanskelig å kunne finne tilfredsstillende tall, som kan bidra til å i møte komme kravene i formelen over. Eventuell innflytelse i form av grunnvann inn i deponiområdet er svært vanskelig å dokumentere. Det er ikke gjennomført noen vurdering av sigevannet med hensyn på miljøgifter og næringsstoffer og sammenlignet med tilsvarende deponier i Norge. Hvis sigevannet er mindre konsentrert kan det tyde på en fortykning via fremmedvann.

Vannmagasinering (ST) har endret seg i forhold til at organisk avfall ikke lenger er tillatt å deponere. En viktig kilde til vann via avfallet var knyttet til våtorganisk avfall. Dette ble faset ut tidlig på 2000-tallet.

Masser som deponeres er tørre fraksjoner som forurensede jordmasser, betong, tegl og isolasjon og øvrig ikke brennbart materiale og bunnaske. Noen av disse fraksjonene har en viss evne til å magasinere vann. Dette gjelder glassfiberbaserte isolasjonsmaterialer og jordmasser.

I henhold til Figur 5 kan utlekking av vann fra deponiet bestå av:

- Evapotranspirasjon (EP)
- Kontrollert uttak via sigevannsledning
- Diffuse utslipp via grunnvann

Et forenklet uttrykk for beregning av vannbalanse kan uttrykkes i følgende formel [17]:

$$LC = PR + SRT - SRO - EP - ST \quad \text{Formel 2}$$

LC er sigevannsmengde (registrert igjennom måler + diffuse utslipp)

PR er nedbørs mengde (mm)

SRO er vann som renner av som overflatevann

SRT er vann som renner via overflatevann inn i deponiområdet.

EP er det vannet som fordamper (inkl. transpirasjon + evaporasjon + interception)

ST er vannmagasinet som til enhver tid er i deponiet.

### 3.2.1. Sigevannsmengde - registrert LC

I avsnitt 2.3 er sigevannsmengden som er registrert i 2016 satt opp. Total mengde registrert var 72976 m<sup>3</sup>. Denne mengden er registrert via installert vannmåler. Usikkerheten i måleren er oppgitt til ± 0,4 % [18]. Det vil si at mengden varierer innenfor et målt årlig volum på ± 292 m<sup>3</sup>/år.

### 3.2.2. Nedbørsmengde - PR

Det er etablert egen målestasjon for nedbør på anlegget til Sirkula på Heggvin. Imidlertid har det vært tekniske problemer med denne. Derfor er mengden nedbør hentet fra meteorologiske stasjoner i nærheten – på Ilseng og Stavsberg. Stasjonen på Ilseng har ikke komplette data for 2016 slik at målingene fra stasjonen på Stavsberg er brukt i dette arbeidet. Totalt ble det registrert 480,6 mm med nedbør.

### 3.2.3. Fremmedvann inn i deponiet - SRT

Basert på den forenklete beregningen i avsnitt 3.1 ble det antydnet at det var tilførsel av vann inn i deponiet som et tillegg til nedbør. Dette er det imidlertid ikke mulig å beregne med den informasjon som er tilgjengelig. Vi må derfor anta at denne er 0.

### 3.2.4. Avrenning fra toppdekket - SRO

Basert på NVE's avrenningskart kan det estimeres hva som er naturlig avrenning og fordampning fra et definert geografisk område [19]. Det er i rapporten oppgitt et vindu for avrenning på mellom 250 og 500 mm i dette området. Vi velger å bruke 250 mm.

### 3.2.5. Evapotranspirasjon – EP

Evapotranspirasjon inkluderer både fordampning og forbruk av vann via vegetasjon. I arbeidet til NVE er det beregnet at i området hvor Heggvin er lokalisert, vil en forvente en fordampning på mellom 250 til 500 mm. Vi velger derfor å bruke 250 mm som generelt grunnlag for beregning av fordampning. I henhold til handboka utarbeidet i regi av RVF i 2005, har et toppdekke som er tilsådd med gras et vannbehov på 500 til 700 mm i vekstsesongen (april til oktober) [20].

### 3.2.6. Vannmagasinering i deponiet - ST

Stasjonært vann er den vannmengden som vil være magasinert i deponiet. Denne er avhengig av feltkapasiteten. Det vil si den evnen avfallet som er deponert har til å magasinere vannet. Tidligere arbeid har vist at feltkapasiteten er om lag 125 l/m<sup>3</sup> avfall [21]. I henhold til Bengtsson et.al er den årlige feltkapasiteten i et gammelt deponi 70 mm [22]. Vi antar at denne mengden er konstant slik at nedbøren ikke gav bidrag til feltkapasiteten i 2016.

### 3.3. Beregning av sigevannsmengde

Basert på diskusjonen i avsnitt 2 er det definert områder med ulik overdekning/fundament. Et antatt areal knyttet toppkvalitet er satt opp i Tabell 7. De forskjellige områdenes bidrag til sigevannsproduksjonen er satt opp i de påfølgende avsnitt.

**Tabell 7. Ulike toppdekker på deponioverflaten**

Tegn-forklaring <sup>1</sup>	Overflate	Aktivitet	Antatt areal (m <sup>2</sup> )
5	Asfaltplate	Lager for ukvernet trevirke	1518
4	Asfaltplate	Kverning av trevirke og lager for kvernet og ukvernet trevirke	5000
2 og 3	Betong	Mellomlagring av impregnert trevirke og våtorganisk avfall og sortering av restavfall i tillegg til tørre fraksjoner	5000
V	Vegetasjonsdekket	Område er ute av drift og med naturlig vegetasjons-dekke.	23000
D	Driftsareal	Mellomlagring av ulike materialer	133157
S	Sluttbehandling	Åpent areal/tippsoner for sluttbehandling	7000

<sup>1</sup> fra referanse 6

#### 3.3.1. Område 4 og 5

Vi antar at EP fra disse to platene er 250 mm/2016. I og med at begge platene ligger innenfor sigevannsområdet antar vi at det som faktisk renner av vil bidra til sigevannsproduksjonen. Det innebærer at bidraget fra disse to platene er 1503 m<sup>3</sup> med sigevann.

#### 3.3.2. Område 2 og 3

Vi benytter samme resonnement som i avsnittet over. Det innebærer at plata bidrar med 1153 m<sup>3</sup> med sigevann.

#### 3.3.3. Område V

Dette er et område med morenemasser som toppdekke i tillegg til vegetasjonsdekket på toppen. Det er tilsynelatende etablert gras og busker på toppen. I tillegg er området etablert i en skråning med en stigning på ca 18 %. Vi har antatt en avrenning på 250 mm og en tilsvarende fordampning. I tillegg til behovet for vann som den etablerte vegetasjonen har, er det antatt at dette området ikke bidrar med nedbør til sigevannsproduksjonen.

#### 3.3.4. Område D

Driftsarealet er det største arealet. Det var fram til 2016 i hovedsak overdekket med grus og sand. Dette er masser som har mindre evne til å redusere hastigheten på nedbøren. I henhold til Bengtsson et.al., er det sannsynligvis mindre fordampning også fra et areal hvor overdekningen er begrenset [22]. Imidlertid ble dette noe endret i løpet av 2016 på grunn av utbygging av nytt område med dobbelt bunntetting. Morenemassene som ble tatt ut fra dette arealet er lagt på fra mottaket av sandfangslam og videre nordover. Mektigheten på dette varierer mellom 0,5 og 1 meter [5]. Dette vil sannsynligvis få betydning for vannbalansen. Imidlertid foreligger det ikke oppdaterte kartdata ei heller vil det kunne oppnås full effekt for dette tiltaket før i 2017. For denne beregningen benyttes grunnlaget for 2015. Vi setter derfor EP til 0 fra område D. Arealet er flatt og derfor vil vi anta at avrenningen er begrenset. Vi setter derfor SRO til 0. Dette innebærer at all nedbør bidrar til produksjon av sigevann. Total sigevannsproduksjon fra område D er med disse forutsetningene 63995 m<sup>3</sup> i 2016.



### 3.3.5. Område S

Det er estimert at det aktive deponiområdet hvor det foregår sluttbehandling er 7000 m<sup>2</sup>. På grunn av beliggenheten antas at all nedbøren blir sigevann. Det innebærer at område S bidrar med 3364 m<sup>3</sup>.

### 3.3.6. Total nominell mengde sigevann

Basert på disse betraktningene er den nominelle produksjonen av sigevann 70015,5 m<sup>3</sup>. Det er registrert 72976 m<sup>3</sup> sigevann igjennom måleren i 2016. Dette innebærer at forholdet mellom beregnet sigevannsproduksjonen og målt produksjonen blir 96 %. Tas denne usikkerheten inn i vurderingen av nominell mengde sigevann, er det samsvar mellom reell og nominell mengde i forhold til myndighetenes krav om rapportering innenfor ± 5 %.

## 3.4. Usikkerhet

Denne typen beregninger av sigevannsmengde er beheftet med betydelig usikkerhet. Et utvalg av disse er listet opp nedenfor:

1. Arealbruk til mellomlagring av ulike fraksjoner
2. Retardasjon av nedbør i mellomlagret avfall
3. Forbruk av vann ved stabilisering av aske
4. Forbruk av vann ved kompostering av hageavfall
5. Bidrag til sigevann fra vegetasjonsdekket
6. Tilførsel av fremmedvann til deponiet
7. Benyttet målestasjonen for nedbør er ikke lokalisert på anlegget
8. Feltpkapasiteten
9. Avfallets bidrag til sigevannsproduksjonen
10. Usikkerheten i måleutstyr for sigevann

I punkt 10 er usikkerheten i måling av sigevannsmengde satt opp som en variabel. Denne er oppgitt til ± 0,4 %. Maksimalt tilsier dette et fratrekk på 292 m<sup>3</sup>/år (se avsnitt 3.2.1). Dette reduserer avviket til 96,3 %. I punkt 3 er forbruket av vann til stabilisering av aske satt som en usikkerhet i beregningen. I avsnitt 2.5 er det beregnet et maksimalt forbruk på 928 m<sup>3</sup> med vann for å hydratisere CaO. Når dette kommer til fratrekk på beregnet mengde sigevann er resultatet totalt 69087,5 m<sup>3</sup> sigevann i 2016. Trekker vi måleusikkerheten med i beregningen er avviket fortsatt innenfor ± 5%.

Hvilken av disse variablene som har størst betydning er heller ikke innlysende. Vi har i forbindelse med vurdering av grunnvannskvaliteten, konkludert med at det er en diffus spredning av sigevann. I og med at det er tilfredsstillende samsvar mellom nominell og reell sigevannsmengde, er det ikke usannsynlig at tilførsel av fremmedvann har betydning for usikkerheten.

### 3.5. Oppfølging av handlingsplan fra 2015

Det ble etablert et forslag til handlingsplan i forbindelse med beregning av vannbalanse for 2015. I tabellen er status i arbeidet med oppfølging av denne satt opp.

**Tabell 8. Oppfølging av handlingsplan fra 2015**

Område/aktivitet	Forslag til tiltak	Mulig resultat/forbedring	Status
Sigevannsmåler	Gjennomgå måleprinsipp og evaluere måleusikkerheten. Vurdere eventuelt andre måleprinsipper.	Redusere usikkerheten i målingene.	OK
Måling av grunnvann	Utvide antall parametere med hensyn på anioner med liten affinitet til partikler	Innspill til konklusjon på mulig diffus spredning av sigevann.	Ikke gjennomført
Kontroll med avskjæring av fremmedvann	Etablere/revidere prosedyrer/instruksjoner for ettersyn og oppgradering av avskjæringsgrøfter.	Redusere mengden fremmedvann inn i anlegget.	Ikke gjennomført
Vurdere kvaliteten på rått sigevann	Gjennomgå sigevannskvaliteten og vurdere denne mot tilsvarende anlegg i Norge	Vurdere fortynning i forhold til mulig innslag av fremmedvann	Ikke gjennomført

#### 4. REFERANSE

---

- 1 M. van Praagh, «On leachate emissions from municipal solid waste», PhD thesis, Lund University, Nov., (2007).
- 2 T. Gisbert, C. Bloquet, G. Barina, C. Petitpas, «Assessing the quantity of leachate: a simple tool for short term prediction and its evaluation on real size landfill sites», Presented at Sardinia (2003).
- 3 N. Troller, «Epost av 17.februar», (2016).
- 4 N. Troller, «Epost av 1. mars», (2017).
- 5 U. Lund, «Epost av 2.mars», (2017).
- 6 R. Bryhni AS, «VA-ledninger og kabler pr. 1/10-2015», Måling nr., 40, (2015).
- 7 G. Randen, «Epost av 23.februar», (2016).
- 8 SFT, «Veileder om risikovurdering av bunntetting og oppsamling av sigevann ved deponier», TA-1995, (2003).
- 9 F. Ruden, V. Varga, Grunnundersøkelser ved Heggvin Deponi», 20. Juli, (2015).
- 10 N. Troller, «Epost av 21. februar», (2017).
- 11 N. troller, «Epost av 6.mars», (2017).
- 12 B. Berg, O. Bergersen, K. E. Ødegård, «Utslipp fra kompostering», BUS-prosjekt, ISBN 82-14-02394-7, SINTEF Rapport (2004).
- 13 L. Sørum, «Environmental aspects of municipal solid waste combustion», PhD thesis, Nov., (2010)
- 14 T. H. Christensen (red), «Affaldsteknologi», Teknisk forlag AS, 1.ed., (1998)
- 15 B. E. Berg, J. Jarstad, T. Stabell, «Valg av renseløsning på deponi», Avfall Norge, Rapport nr. 04/2017, 23.febr., (2017).
- 16 D. Bendz, «Generation of leachate and the flow regime in landfills», PhD thesis, Report No 1023, Lund University, Mai, (1998).
- 17 G. Kiely, «Environmental engineering», McGraw-Hill, Malaysia, (1998).
- 18 N. Troller, «Epost av 20. februar», (2017).
- 19 NVE, «Avrenningskart for Norge - årsmiddelverdier for avrenning 1961-1990», Rapport nr. 2., (2002).
- 20 RVF (renholdsverksforeningen), «Handbok - drift av deponeringsanleggninger», RVF-rapport 010907/RVF/TR, (2005).
- 21 K. Haarstad, T. Mæhlum, T. Hartnik, S. Turtumøygard, VANN, 3 (2003) 286.
- 22 L. Bengtsson, D. Bendz, W. Hogland, H. Rosqvist, M. Åkesson, «Water balance for landfills of different age», J. Hydrologi, 158 (1994) 203.