

Lindum AS

# ► Måle- og prøvetakingsprogram sigevann

Avsluttende rapport

Oppdragsnr.: 5124186 Dokumentnr.: Versjon: J01 Dato: 2019-05-27





**Oppdragsgiver:** Lindum AS  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Aud Helene Rosenvinge  
**Rådgiver:** Norconsult AS  
**Oppdragsleder:** Ina Bekkum  
**Fagansvarlig:** Einar Markhus (hydrologi), Eivind Halvorsen (miljø), Inge Brattbakken (elektro/automasjon), Ina Bekkum (vann og avløp)  
**Andre nøkkelpersoner:** -

J01	2019-05-27	For bruk	InBek	EH/EM	InBek
B01	2019-03-26	For kommentar hos oppdragsgiver	EH/EM	InBek	InBek
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. 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 formålet tilsier.

## ► Sammen drag

Måle- og prøvetakingsprogrammet på Lindum ble startet med formål om å etablere et bedre dimensjoneringsgrunnlag for etablering av fordrøyningsbasseng/fordrøyningsstanker for sigevann, i tillegg til vurdering av forurensningsbelastning fra overløp fra sigevannssystemet på Lerpebekken. Måle- og prøvetakingsprogrammet ble startet opp høsten 2015 og avsluttes våren 2019.

Det er etablert en nedbør-/avrenningsmodell i modelleringsprogrammet HEC-HMS for beregning av dimensjonerende vannmengder til sigevannssystemet og overvannssystemet på Lindum. Mengdene til sigevannssystemet og nedbørmålinger ligger til grunn for dimensjoneringsgrunnlag for fordrøyningsvolum. Målt vannføring i Lerpebekken vil ligge til grunn for vurderinger av fortynning av vann fra overløp fra sigevannet. Modellen er kalibrert mot målte hendelser fra Lindum. Deretter er det kjørt langtidsserier med nedbørdata fra Asker og Solumstrand for å hente ut statistikk på gjentakintervall mot fordrøyningsvolum.

Usikkerhetene i sigevannsmengder er redusert betraktelig gjennom måleprogrammet for sigevann, overløp og nedbør. Resultatene fra nedbør/avløpsmodellen gir et godt estimat på hvor store vannmengder som må fordrøyes avhengig av akseptert gjentakintervall for overløp. Det er grunnleggende for den endelige dimensjoneringen av fordrøyningsanlegget å fastslå med hvilken frekvens det aksepteres overløp fra anlegget.

For 15 års gjentakintervall er det beregnet at nødvendig fordrøyningsvolum er ca. 14 900 m<sup>3</sup> og for 2 års gjentakintervall 7 200 m<sup>3</sup>. Her er det tillagt en klimafaktor på 1,2 på målt nedbør.

Ved noe mindre flommer/vannføringer i Lerpebekken kan andelen overløp utgjøre opp til ca. rett over 30 % av vannføringen. Ved slike tilfeller vil man ha liten fortynning av overløp og antatt større forurensningsbelastning fra sigevann på Lerpebekken.

Lerpebekken påvirkes av forurensninger fra deponiet selv om det ikke går sigevann i overløp. Sannsynligvis gir lekkasjer fra sigevannssystem og diffus utlekking av forurensning fra deponiet til Lerpebekken generelt en større forurensningsbelastning på Lerpebekken enn overløpshendelser fra sigevannssystemet.

## ► Innhold

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
1.1	Formål måle- og prøvetakingsprogram	6
1.1.1	<i>Vurdering av overløpsmengder og dimensjonerende fordrøyningsvolum</i>	6
1.1.2	<i>Vurdering av forurensningsbelastning fra overløp av sigevann på Lerpebekken</i>	6
1.2	Oppsummering av måle- og prøvetakingsprogram 2015 – 2019	7
<b>2</b>	<b>Resultater nedbør-/avrenningsmodell</b>	<b>8</b>
2.1	Metode	8
2.2	Observasjoner	10
2.3	Kalibrering	12
2.4	Resultater fra nedbør-/avrenningsmodellen	17
2.5	Forventede maksimale vannføringer med hensyn til sigevannssystemets kapasitet	23
2.6	Vannføring i Lerpebekken og fortynning av overløp	24
2.7	Konklusjon nedbør-/avrenningsmodell	30
<b>3</b>	<b>Resultater prøvetaking</b>	<b>31</b>
3.1	Bakgrunn	31
3.2	Sigevann prøvepunkt 101	33
3.3	Prøvepunkt 111 Bekk Lindum oppstrøms deponi	34
3.4	Prøvepunkt 112 Bekk nedstrøms deponi	35
3.5	Prøvepunkt 133 Grunnvann nedstrøms deponi	37
3.6	Prøvepunkt 113 Lerpebekken nedstrøms pumpestasjon	37
3.7	Vurdering av forurensning fra deponi	38
3.8	Konklusjon prøvetaking	39
<b>4</b>	<b>Vedlegg</b>	<b>40</b>

# 1 Innledning

Denne rapporten er en avsluttende rapport som oppsummerer arbeidet med måle- og prøvetakingsprogram for sigevann og sigevannsoverløp fra Lindum, og de tilhørende resultatene fra programmet.

I 2012 ble Norconsult engasjert av Lindum for prosjektering av fordrøyningsbasseng for sigevann ved Lindum deponianlegg, på bakgrunn av pålegg fra Fylkesmannen i Buskerud (FiMB) til Lindum om å bygge et for-rensesanlegg for sigevann før påslipp til kommunalt nett.

I løpet av arbeidet ble det etter hvert klart at dimensjoneringsgrunnlaget for fordrøyningsmagasinet var svært usikkert. I møte med Fylkesmannen 3. juni 2014 ble det avtalt med FiMB at Lindum skulle gjennomføre et måle- og prøvetakingsprogram for å danne et bedre dimensjoneringsgrunnlag for dimensjonering av et eventuelt fordrøyningsanlegg for sigevann fra deponiet, og for å kartlegge hvilken påvirkning mht. forurensning overløpstilfellene av sigevann fra eksisterende sigevannssystem har på Lerpebekken. Norconsult avsluttet prosjekteringsarbeidet av fordrøyningsbasseng og ble engasjert til å utarbeide og administrere måle- og analyseprogrammet av sigevann.

## 1.1 Formål måle- og prøvetakingsprogram

Som nevnt har måle- og prøvetakingsprogrammet to formål; 1. Danne dimensjoneringsgrunnlag for dimensjonering av et eventuelt fordrøyningsmagasin, og 2. Kartlegge den forurensningspåvirkning overløpstilfeller av sigevannssystemer har på Lerpebekken. Disse to formål er nærmere belyst i kapittel 1.1.1 og 1.1.2 som følger.

### 1.1.1 *Vurdering av overløpsmengder og dimensjonerende fordrøyningsvolum*

Det har tidligere blitt beregnet et forventet fordrøyningsvolum basert på mengdedata fra Bakke pumpestasjon og estimerte overløpsmengder. For å etablere et forbedret dimensjoneringsgrunnlag ble det i mai 2014 utarbeidet en nedbør-/avrenningsmodell i programmet HEC-HMS basert på nedbørdata, nedbørfeltet rundt anlegget og mengdedata fra Bakke pumpestasjon, i tillegg til informasjon om overvanns- og sigevannssystemene. Denne modellen avdekket at vannmengdene til fordrøyningsanlegget kunne være langt høyere enn tidligere antatt.

Reelle målinger av overløpsmengder fra måle- og prøvetakingsprogrammet skal styrke modellen betraktelig gjennom at det vil synes en tydeligere sammenheng mellom nedbør og avrenning. Måle- og prøvetakingsprogrammet skal måle nedbør og registrere vannmengdene i sigevannssystemet, inkludert overløpsmengder.

I løpet av en begrenset prøveperiode vil det sannsynligvis ikke forekomme vannmengder som er dimensjonerende for fordrøyningsanlegget. Det er derfor viktig at de hydrologiske dataseriene et eventuelt fordrøyningsanlegg dimensjoneres for har lange tidsserier. Nedbør-/avrenningsmodellen vil så kalibreres basert på målingene av nedbør og overløpsmengder fra måleprogrammet. Den kalibrerte modellen vil synliggjøre mengdene som går i overløp ved forskjellige nedbørtillfeller og man vil ha grunnlag til å gjøre vurderinger av hvilket fordrøyningsvolum som bør være dimensjonerende ved ev. videre prosjektering av et fordrøyningsmagasin.

### 1.1.2 *Vurdering av forurensningsbelastning fra overløp av sigevann på Lerpebekken*

Måle- og prøveprogrammet skal gi grunnlag for å vurdere forurensningsbelastningen overløp fra sigevannssystemet har på Lerpebekken. Sigevannssystemet går i overløp ved større regnhendelser når Lerpebekken også har økt vannføring. Det antas at sigevannets konsentrasjon av forurensinger er noe fortynnet ved større regnhendelser, da sigevannet er påvirket av overvann.

## 1.2 Oppsummering av måle- og prøvetakingsprogram 2015 – 2019

Måle- og prøvetakingsprogrammet ble etablert på følgende vis:

- Eksisterende kum 2013 ble bygget om og det ble installert elektromagnetiske mengdemålere på utløpsrør og på overløpsrør.
- Nedbørmåler (tipping bucket) ble satt opp i nærheten av kum 2013.
- Det ble satt opp et skap for blandprøvetaker og for datalogger. Dataloggeren mottar signaler fra nedbørmåler og mengdemålere og sender videre rapporter til tilknyttede e-postadresser.
- Rapporter fra datalogger har blitt bearbeidet av Norconsult som grunnlag for input i nedbør-/avrenningsmodell og for status til Lindum.

Oppsummering av aktiviteter gjennom måle- og prøvetakingsprogrammet av sigevann fra Lindum deponianlegg er listet opp nedenfor:

- November 2014: Konkurransesgrunnlag for utførelse av målekum, skap for prøvetaker og elektro- og automasjonsarbeider.
- Juni 2015: Hoveddel av anleggsarbeider av målekum, skap for blandprøvetaker og elektro- og automasjonsanlegg ferdig. Oppstart måle- og prøvetakingsprogram. Prøvetakingen ble ikke automatisert med mengdeproporsjonal prøvetaking slik det var tiltenkt. Det er gjennom hele perioden 2015 – 2019 gjennomført prøver med tilhørende analyser av sigevann, overløp og Lerpebekken.
- Høsten 2015: Utfordringer med nedbørmåler og mottak av data fra denne. Det ble konkludert med behov for jevnlig tilsyn av nedbørmåler.
- Høsten 2015/våren 2016: Begrensninger i gsm-sender på datalogger (MJK chatter). Ved ekstreme nedbørmengder er det blitt generert så store mengder data at senderen ikke greide å håndtere dette. Data lagres på datalogger og måtte hentes ut manuelt.
- Våren 2017
  - Lindum ønsket å benytte blandprøvetaker til jevnlig prøvetaking. Prøvetakingsslangen ble flyttet fra overløpsrøret til renne i sigevannskum. Det ble bestilt ny slange da det var mistenkt hull i prøvetakingsslange. Konsentrasjon fra sigevannet legges til grunn for vurdering av forurensningsbelastning. Den målte konsentrasjonen vil være konservativ ift. konsentrasjon i sigevann-overløp.
  - Oppstart vannføringsmålinger i Lerpebekken som grunnlag for vurdering av forurensningsbelastning og grunnlag kalibrering nedbør/avløpsmodell.
- Januar - Februar 2018: Kalibrering av nedbør/avløpsmodell.
- April 2018: Presentasjon av foreløpige resultater måle- og prøvetakingsprogram.
- April - august 2018: Vurdering av tilsigsserie sidebekk til Lerpebekken
- August 2018: Møte med Fylkesmannen for presentasjon av foreløpige resultater måle- og prøvetakingsprogram.
- Oktober 2018 – januar 2019: Supplerende vurdering avskjæring av overvann ved Lindum deponianlegg
- Vår 2019: Avslutning måle- og prøvetakingsprogram i administrasjon av Norconsult.

## 2 Resultater nedbør-/avrenningsmodell

Det er utarbeidet en nedbør-/avrenningsmodell for Lindum for beregning av dimensjonerende vannmengder til sivevannssystemet og overvannssystemet. Mengdene til sivevannssystemet og nedbørmålinger vil ligge til grunn for dimensjoneringen av fordrøyningsanlegget. Målt vannføring i Lerpebekken vil ligge til grunn for vurderinger av eventuelle bekkeomlegginger/avskjæringer og fortykning av vann fra overløp fra sivevannet.

### 2.1 Metode

Det er utarbeidet en nedbør-/avrenningsmodell som benytter registrerte vannmålinger ved sivevannet og overløp fra Lindum og nedbørmålinger fra Lindum. For å lage en lang tidsserie med nedbør er data fra nedbørmåler 19710 Asker og 26934 Solumstrand lagt til grunn for beregningen, da det er antatt at de hydrologiske forholdene ved disse stasjonene er mest like forholdene ved Lindum av de tilgjengelige nedbørmålestasjoner med lengre tidsserier nedbørmåling. Det er benyttet nedbørdata fra 1983 til 2010 fra Asker og 2012 til 2018 fra Solumstrand. Det er observert store lokale variasjoner i nedbørmengde i området, og det er derfor ikke nødvendigvis slik at nærmeste nedbørmåler er mest representativ. Det er ikke overlapp i tid for nedbørmålestasjonene for Lindum og Asker.

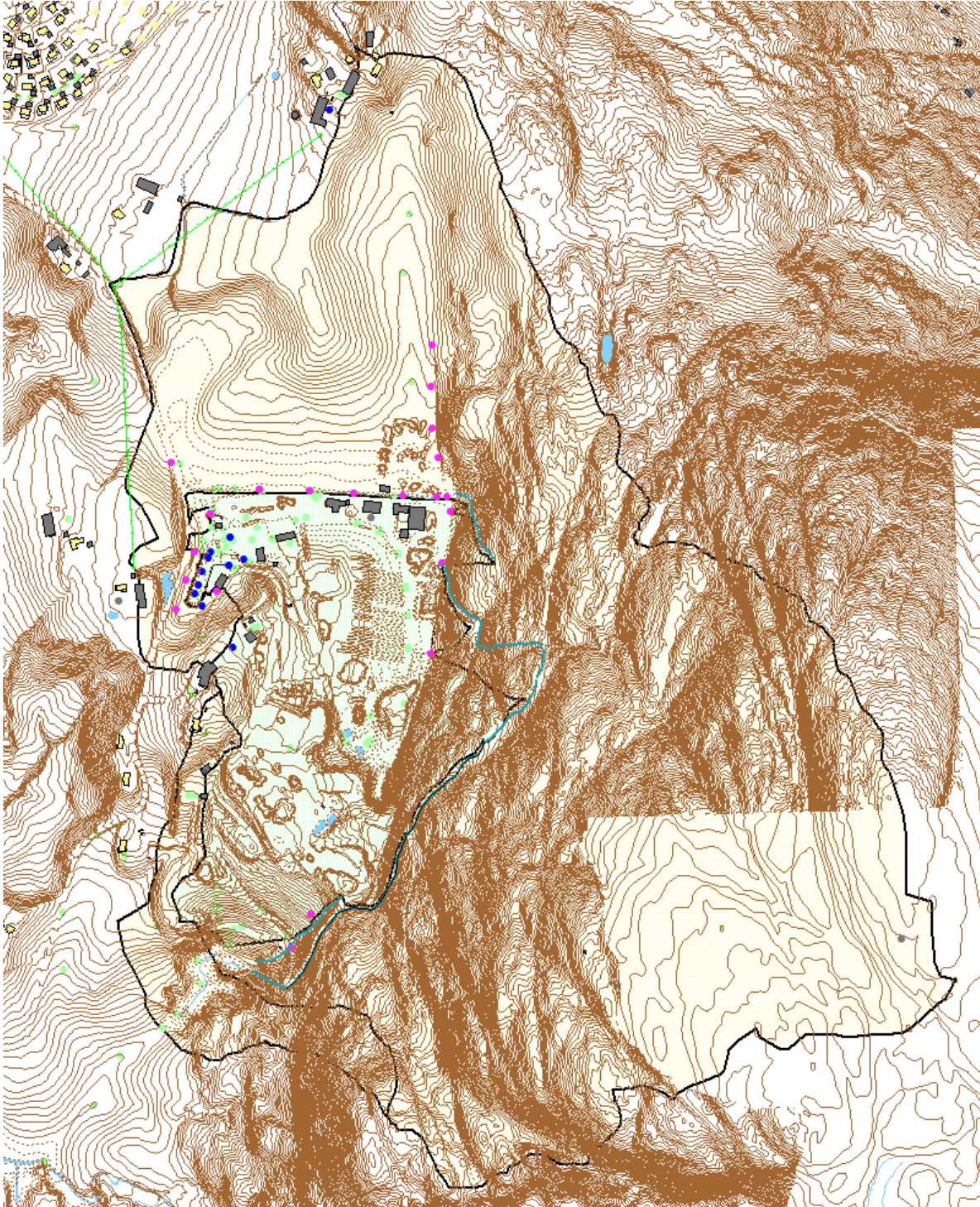
Nedbørfeltet er beregnet ut fra studier av topografisk kart og Lindums ledningskart som viser avskjærende grøfter og ledningssystem for sivevann og overvann. Nedbørfeltet til Lindum kan beregnes på flere forskjellige måter alt etter hvordan en antar avskjærende tiltak fungerer. Det grønne arealet på figur 1 er på 0,26 km<sup>2</sup> og er innenfor avfallsanlegget som ikke har avskjærende tiltak. Dette området er modellert som en tett flate med rask avrenning. Det gule området på figur 1 er det naturlige nedbørfeltet til Lerpebekken ved overløp fra sivevannsledningene ved Lindum (inkludert det grønne). Det naturlige nedbørfeltet som dekker området utenfor de avskjærende systemene er 1,42 km<sup>2</sup>.

Området nord for sorteringsflata (grønt område) er en tidligere fyllplass. Dette området er beskyttet av et lite permeabelt lag (leire) som gjør at en god del regnvann vil renne av på overflaten og samles opp i overvannssystemet like nord for sorteringsflata. Under leirlaget er det et dreneringssystem, drens vannet blir avledet sammen med sivevannet fra Lindum.

Pga. usikkerheter angående hvor stort innsiget fra øvrige arealer er, har det vært nødvendig å gjennomføre mengdemålinger av sivevannet fra Lindum. Det er gjennom kalibreringsprosessen lagt til et areal på 0,09 km<sup>2</sup> permeable flater, arealet innenfor dagens avfallsanlegg er på 0,26 km<sup>2</sup>. Dette gir en andel tette flater på ca. 70 %. I tillegg til dette er det lagt til en base flow på 15 l/s.

Nedbør-/avrenningsmodellen er utarbeidet i modelleringsprogrammet HEC-HMS. Nødvendig fordrøyningsvolum for å fordrøye maksimale modellerte vannmengder er også beregnet i HEC-HMS.

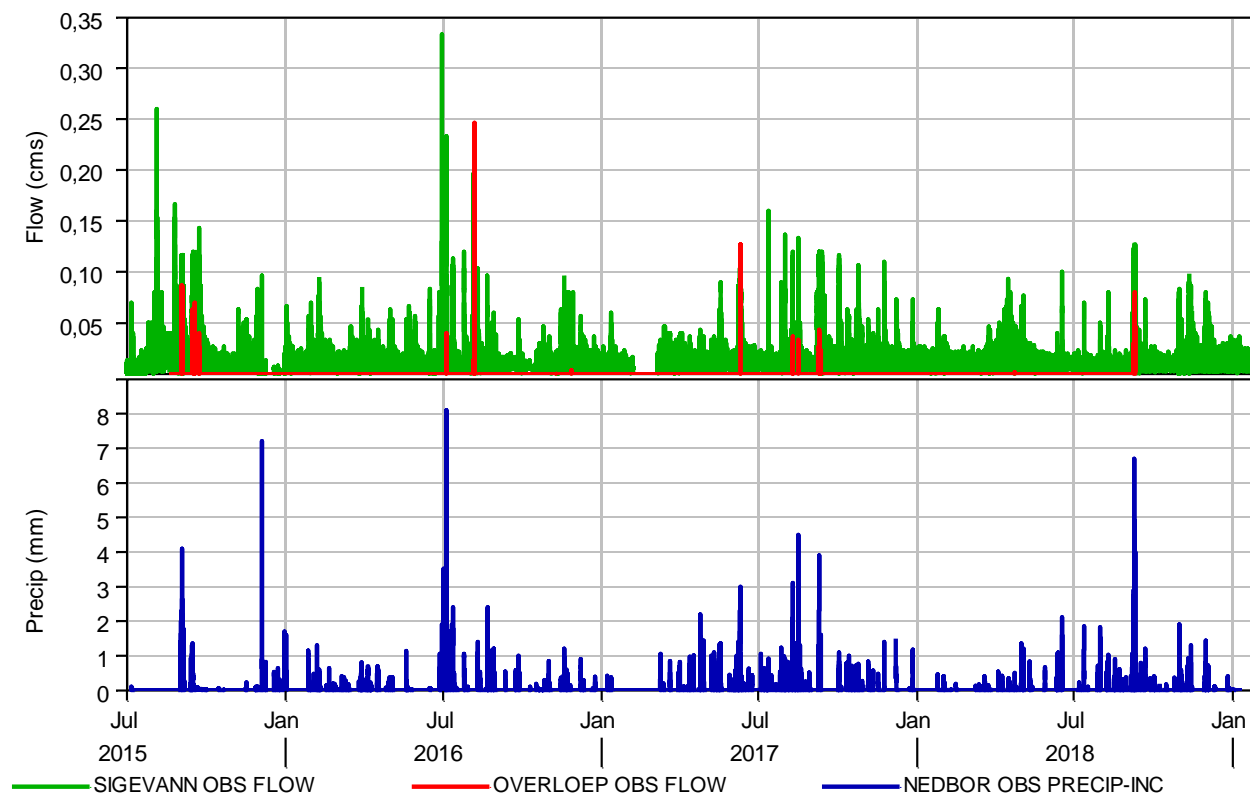




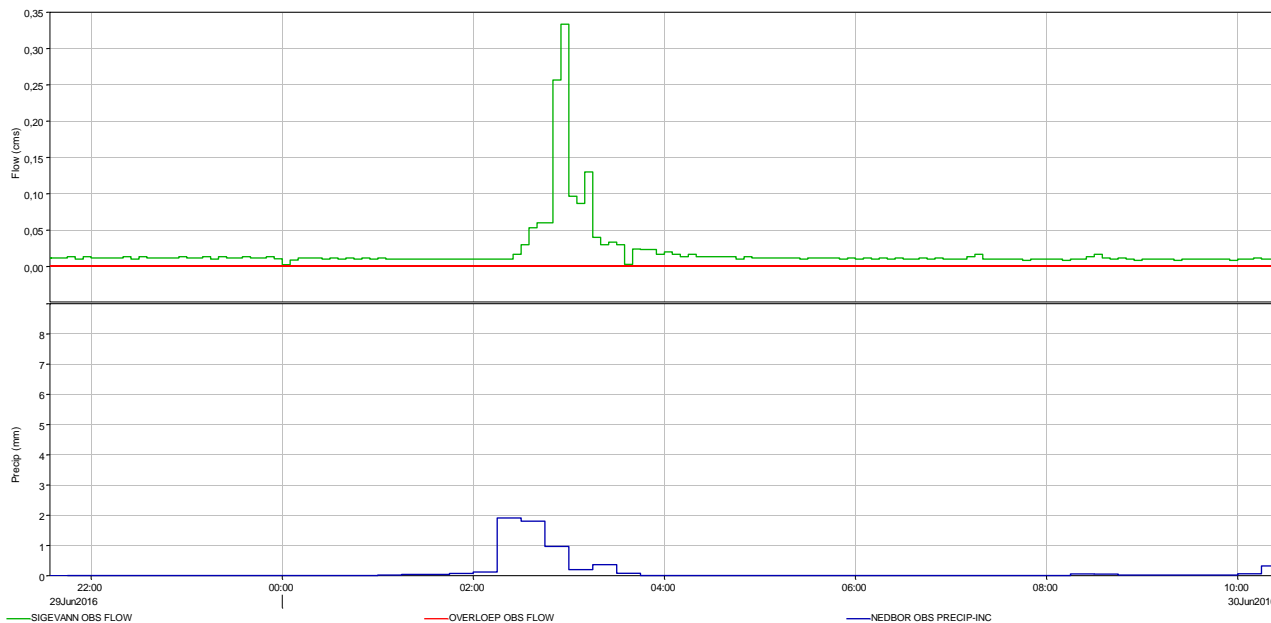
Figur 1: Nedbørfelt, **gult** er det naturlige nedbørfeltet uten avskjærende tiltak (1,42 km<sup>2</sup>), **grønt** er området ved Lindum avfallsanlegg. Her er det naturlig nok ikke gjennomført avskjærende tiltak og vannet som kommer inn her blir tatt inn på sigevannsledningene (0,26 km).

## 2.2 Observasjoner

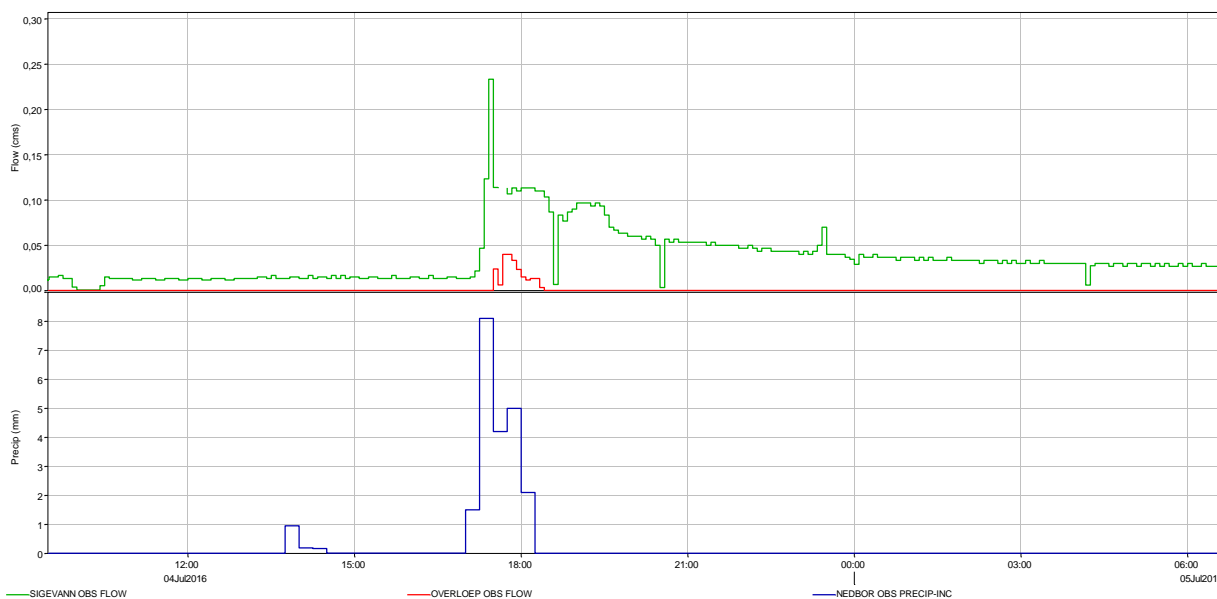
De målte observasjonene ved Lindum er vist i Figur 2. Alle observasjonene er gjort med ett minutt oppløsning, men er her vist med 5 eller 15 minutt oppløsning. Sigevannet er målt like før utløp i Lerpebekken, helt sør ved det grønne nedbørfeltet vist i Figur 1. Ut fra Figur 2 og Figur 3 kan vi se at maksimal målt vannføring på sigevannet er 333 l/s. Bakke pumpestasjon har en pumpekapasitet på ca. 100 l/s. En skulle derfor forvente at maksimal målt vannføring på sigevannet ikke overskrider dette. Det antas at forklaringen på at en har målt vannføringer langt over kapasiteten til Bakke pumpestasjon, er at så lenge det er tilgjengelig kapasitet i overvannsnettet ned mot pumpestasjonen vil sigevannet renne ned mot pumpestasjonen og utnytte kapasiteten i ledningsnettet før det ev. stuves opp og deretter går til overløp. Dette kan tyde på at volumet i sigevannsledningen mellom fordrøyningstankene og Bakke pumpestasjon kan inkluderes i fordrøyingsvolumet. Her må det imidlertid gjøres et fratrukk for volumet i tørrværsavrenningen, som ser ut ifra målte vannføringer å være rundt 15 l/s (dette er også brukt som base flow i nedbør-avløpsmodellen, det vil si at beregnet vannføring aldri blir mindre, selv i tørrvær).



Figur 2: Målt nedbør (15 min oppløsning), sigevann (5 minutt) og overløp (5 minutt) ved Lindum

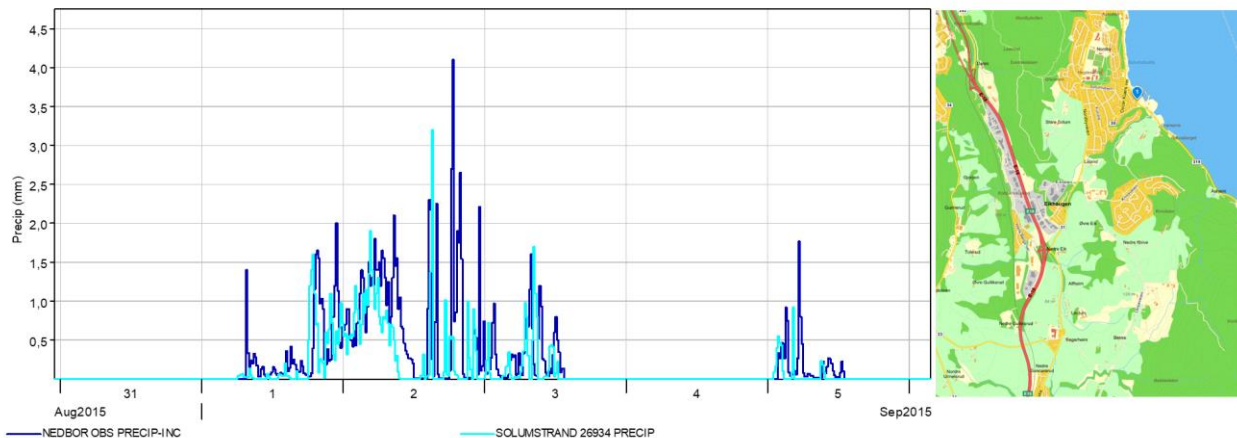


Figur 3: Maks målt sigevann ved Lindum



Figur 4: Eksempel på stor vannføring på sigevannet før det blir tilbakestuvning fra Bakke pumpestasjon opp til overløpet og målepunkt for sigevann og overløp.

I beregningene er også korttidsnedbør målt ved 26934 Solumstrand og 19710 Asker brukt. En sammenligning av nedbør målt ved Solumstrand og Lindum er vist i Figur 5. Vi kan se en tydelig sammenheng mellom målt nedbør begge stedene, men som forventet er det noe forskjell/lokale variasjoner i nedbør.



Figur 5: Sammenligning av målt nedbør ved Lindum og Solumstrand 1-5.8.2015

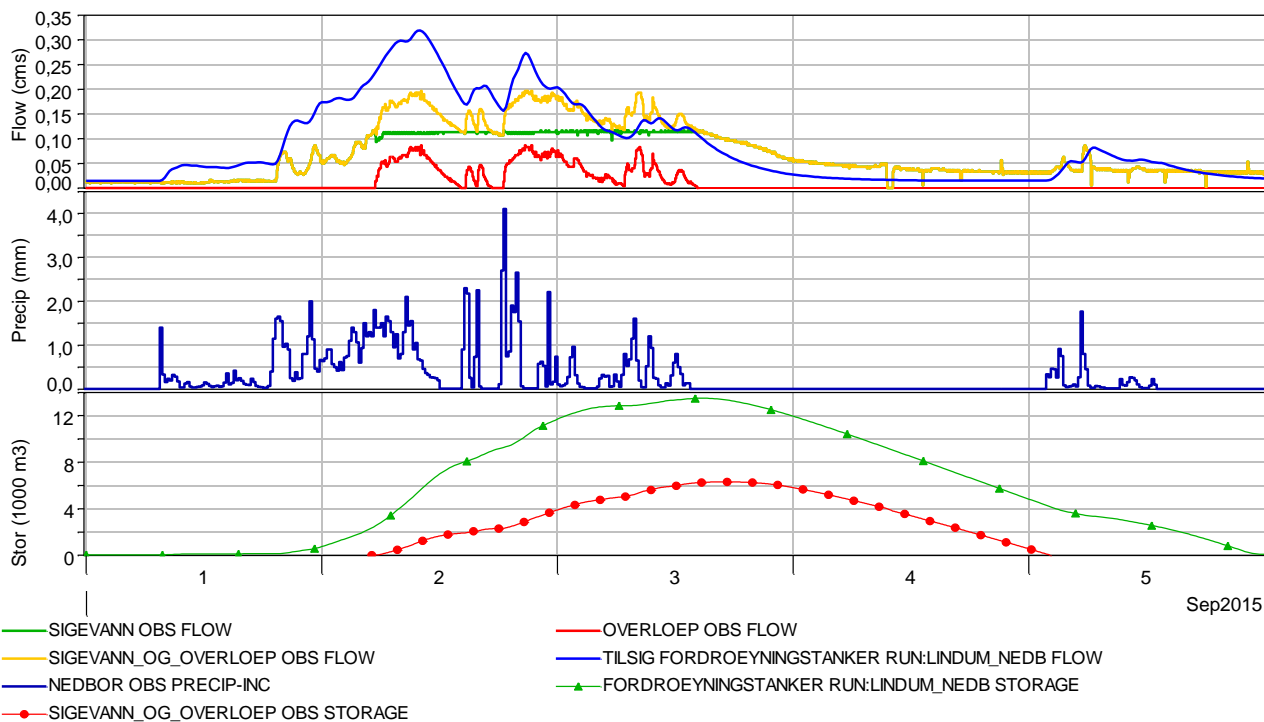
## 2.3 Kalibrering

Kalibreringen er utført slik at flomstørrelse og volum blir mest mulig lik målt sigevann og overløp. Det er forsøkt å være noe konservativ i kalibreringen, slik at det er et fåtall episoder i kalibreringsgrunnlaget som gir en større beregnet flom.

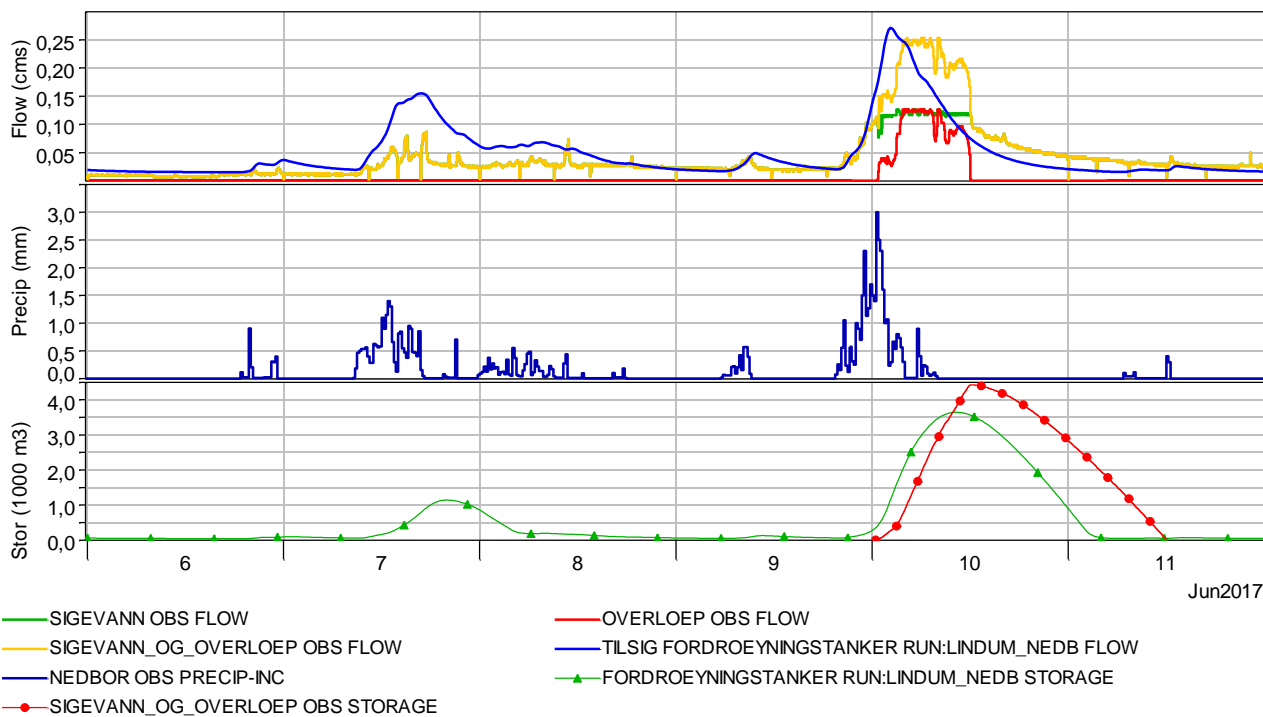
Gjennom kalibreringen er det funnet at et nedbørfelt på 0,35 km<sup>2</sup> med 70% andel tette flater gir best tilpasning. Deficit and constant er beregningsmetoden som er brukt i HEC-HMS. Dette har gitt følgende parametere:

- Initial deficit 5 mm
- Maximum deficit 5 mm
- Constant infiltration rate 18 mm/time
- Time of concentration 1 time
- Storage coefficient 5 timer
- Base flow 15 l/s

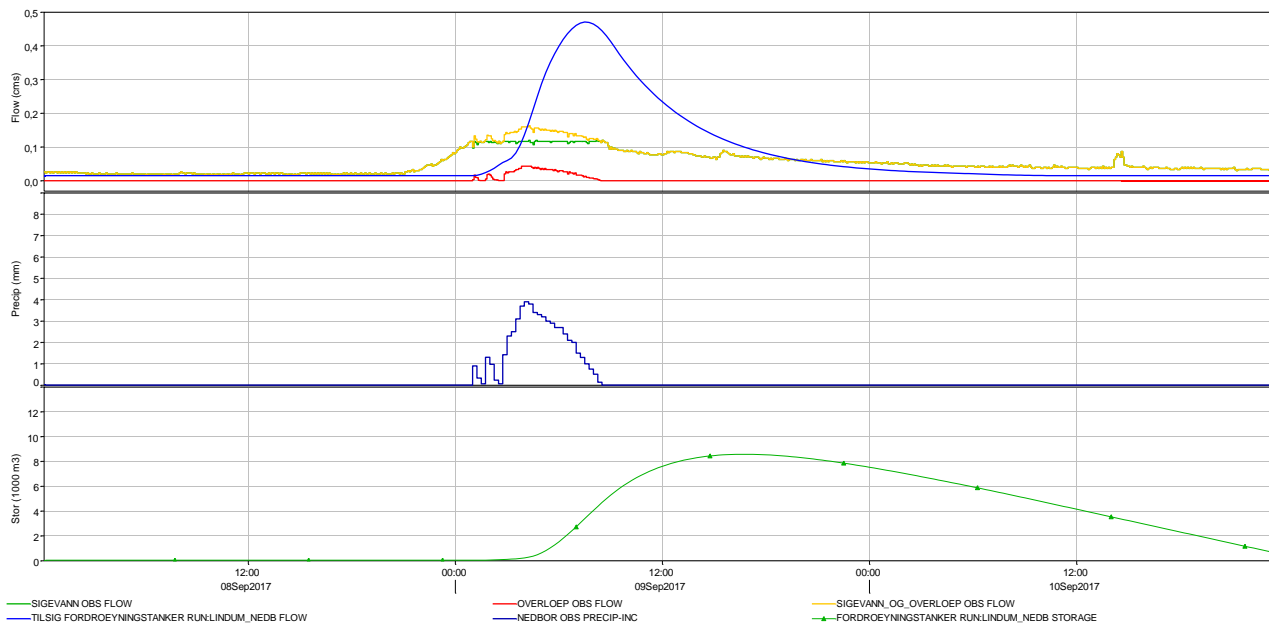
De 4 hendelsene som gir behov for størst fordrøyningsvolum er vist i Figur 6 til Figur 9. Fra fordrøyningsvolumet/fordrøyningstankene er det regnet med et konstant utløp på 100 l/s så lenge det er vann tilgjengelig i tankene (fordrøyningsvolum). Hele måleperioden for kalibreringen er vist i Figur 10.



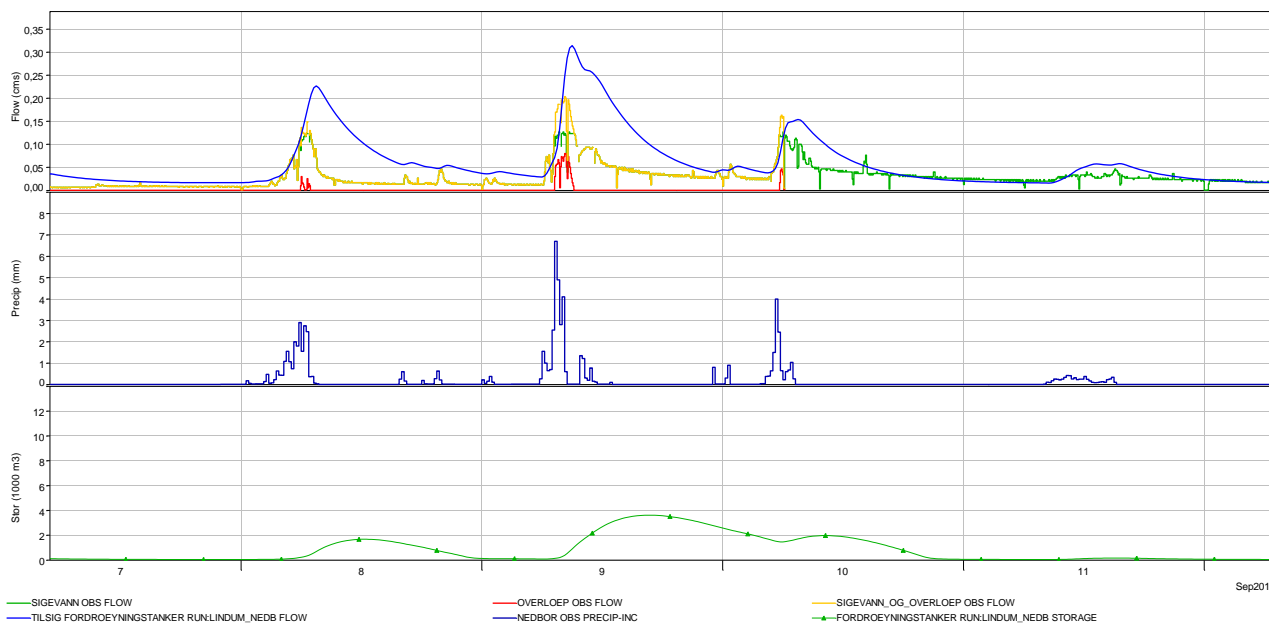
Figur 6: Kalibreringshendelse 1.-4.9.2015. Denne hendelsen har gitt størst nødvendig fordrøyningsvolum i måleperioden. Her er det målt 118 mm nedbør over 3 dager. Maksimum fordrøyningsvolum i henhold til målingene er 6300 m<sup>3</sup>, mens beregningene gir 13500 m<sup>3</sup>.



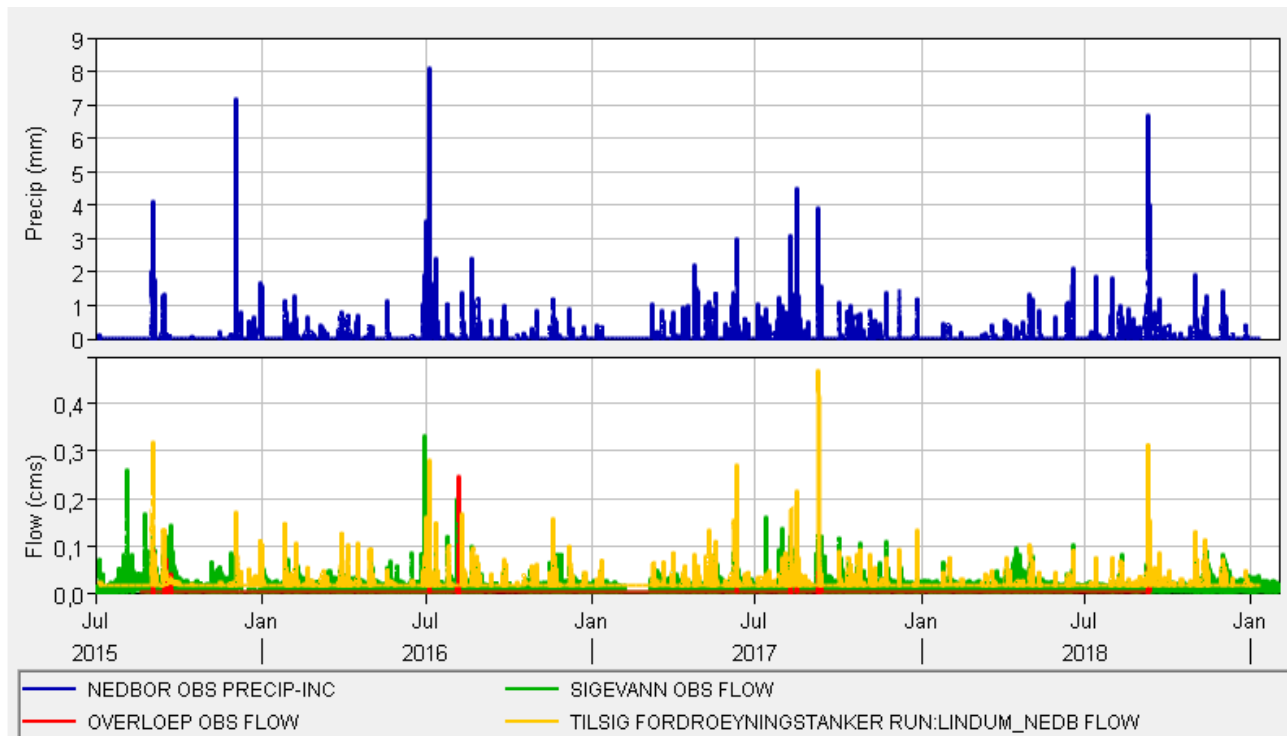
Figur 7: Kalibreringshendelse 7.-10.juni 2017. Kalibrert vannføring er noe mindre enn målt vannføring. Her er det målt 66 mm nedbør over 4 dager



Figur 8: Kalibreringshendelse 9.september 2017. Kalibrert vannføring er mye større enn målt vannføring. Målt nedbør denne dagen var 58 mm over 7 timer. Dette er ganske intenst og det er derfor forventet en stor avrenning. Det kan virke som om nedbøren i dette tilfellet har hatt store lokale variasjoner over nedbørfeltet



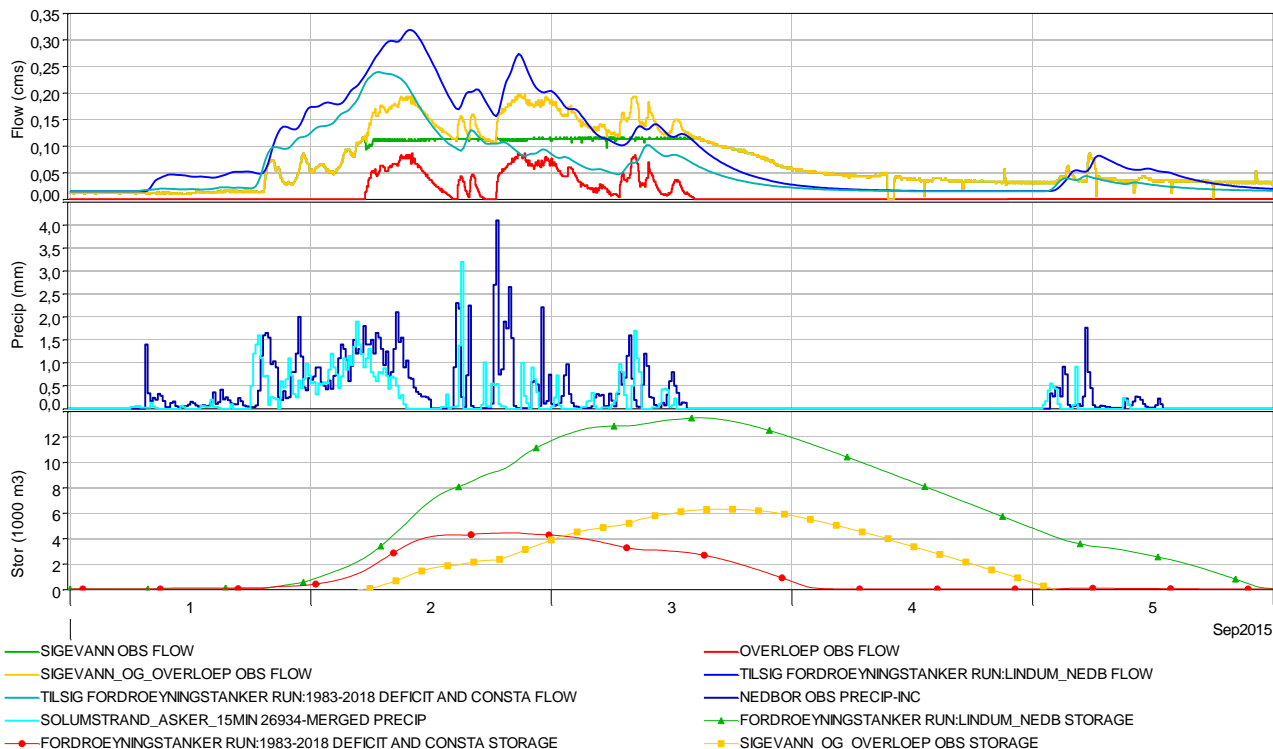
Figur 9: Kalibreringshendelse 8.-10. september 2018. Beregnet flomhendelse er større enn målt. Her er det målt 71 mm nedbør over 3 dager.



Figur 10: Beregnet tilsig til fordrøyningstanker sammenlignet med målt nedbør, sigevann og overløp

Det er interessant å se hvordan hendelsen 1-5.9.2015 blir beregnet med nedbørdata fra Solumstrand, se Figur 11. Her kan vi se at beregnet nødvendig fordrøyningsvolum beregnet ved hjelp av nedbørdata fra Solumstrand gir 4500 m<sup>3</sup> for hendelsen 1-5.9.2015. Målt nedbør 1-3.9.2015 er 118 mm ved Lindum og 68 mm ved Solumstrand. Solumstrand ligger ikke langt fra nedbørfeltet til Lindum og det er derfor naturlig å tillegge denne noe vekt med hensyn på nedbørfordelingen over nedbørfeltet til Lerpebekken.

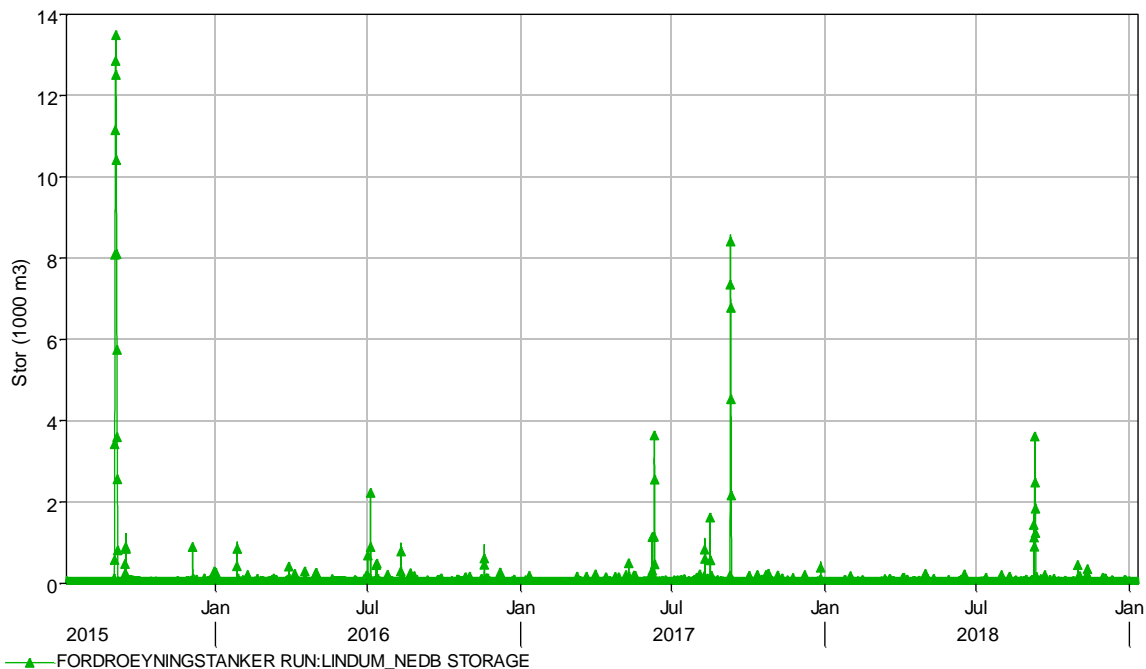




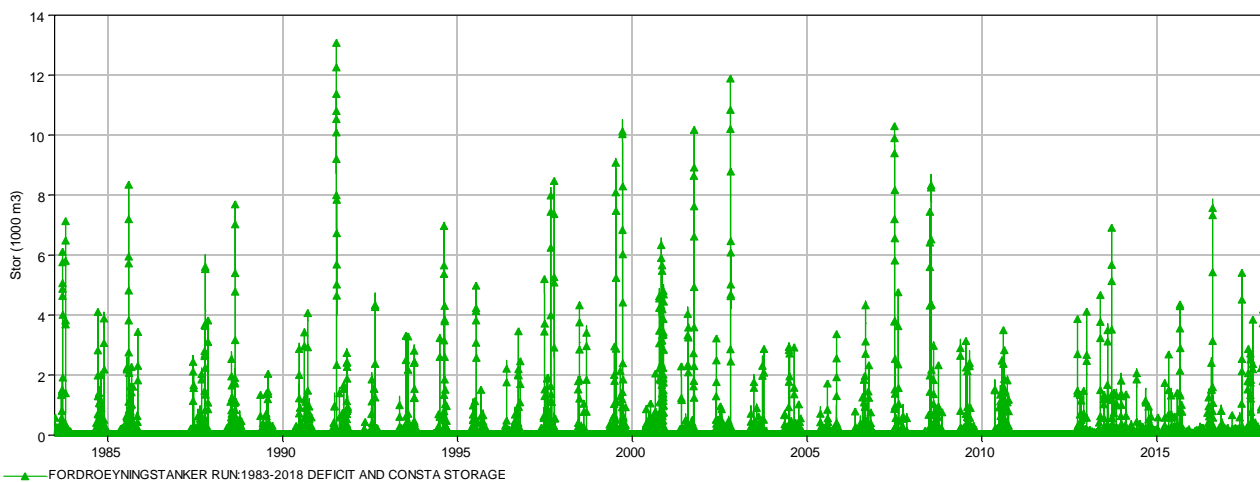
Figur 11: Kalibreringshendelse 1.-4.9.2015. Sammenligning med beregninger utført ved bruk av nedbørmålinger ved Solumstrand. Ved Solumstrand er det målt 68,4 mm nedbør mot Lindum 118 mm nedbør over 3 dager. Maksimum fordrøyningsvolum i henhold til målingene er 6300 m<sup>3</sup>, mens beregningene gir nødvendig fordrøyningsvolum på 13500 m<sup>3</sup> ved bruk av nedbørdata fra Lindum og 4500 m<sup>3</sup> ved bruk av nedbørdata fra Solumstrand

## 2.4 Resultater fra nedbør-/avrenningsmodellen

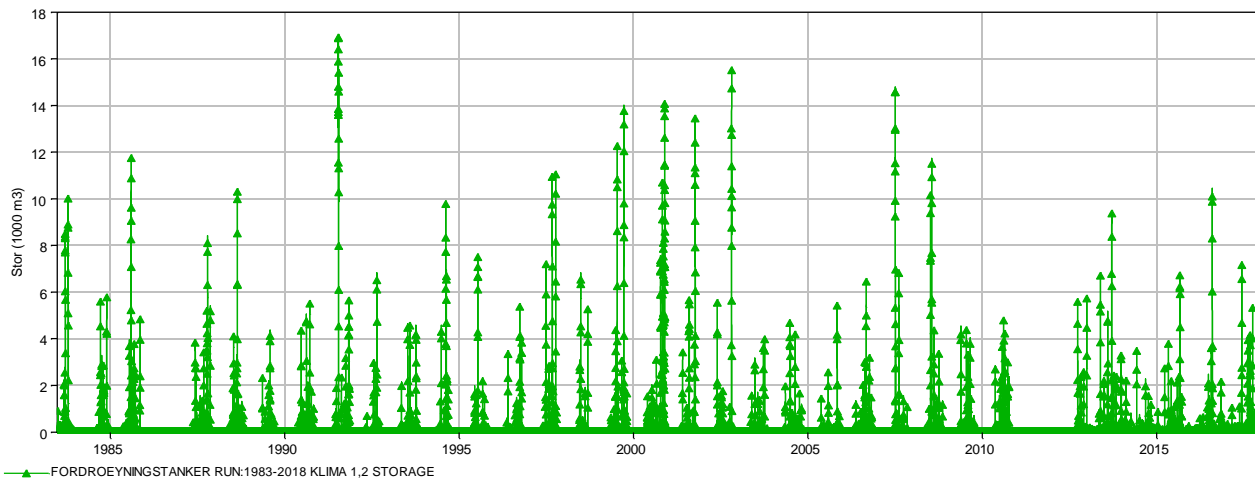
Beregnet nødvendig fordrøyningsvolum ved hjelp av data målt ved Lindum er vist i Figur 11. For å beregne en langtidsserie er målt nedbør ved Asker og Solumstrand brukt for perioden 1983-2018. Nødvendig fordrøyningsvolum er vist i Figur 12. Ifølge fylkesvise klimatilpasninger på <http://www.klimatilpasning.no/fylkesoversikt/> er det anbefalt minst 20% klimatillegg for små vassdrag i Buskerud. Resultat med 20% tillegg på nedbørserien er vist i Figur 13.



Figur 11: Beregnet nødvendig fordrøyningsvolum ved hjelp av data målt ved Lindum for perioden 2015-2019



Figur 12: Beregnet nødvendig fordrøyningsvolum. For sivevannet ved Lindum for perioden 1983 til 2018, beregnet ved hjelp av målt nedbør ved Asker og Solumstrand



Figur 13: Beregnet nødvendig fordrøyningsvolum. For sigevannet ved Lindum for perioden 1983 til 2018, beregnet ved hjelp av målt nedbør ved Asker og Solumstrand tillagt 20 % på målt nedbør

For å kunne beregne statistikk på nødvendig fordrøyningsvolum er det tatt ut de største beregnede volumene hvert år, se Tabell 2. Disse verdiene er plottet ved hjelp av Gringortons plottefunksjon, se Figur 15 og Figur 16. Beregnede fordrøyningsvolum er ved hjelp av dette funnet og vist i Tabell 1. Nødvendig fordrøyningsvolum vil avhenge av med hvilken frekvens man vil tillate at sigevannet går i overløp til Lerpebekken. Et fordrøyningsanlegg vil fordrøye spissbelastninger og dimensjoneringen av et fordrøyningsvolum blir da et spørsmål om hvor høye spissbelastninger en vil fordrøye. Med en beregning av hvor ofte nedbørhendelser av en viss størrelse forekommer betyr dette igjen at vi må dimensjonere ut fra hvor ofte vi kan akseptere overløp.

Fra Tabell 1 kan vi lese at det mest sannsynlige nødvendige tankvolumet ligger mellom 3 500 og 14 900m<sup>3</sup> alt etter hvilken risiko en vil ta med hensyn på mulig overløp.

Eksempler på beregnet tilsig til fordrøyningstankene og nødvendig fordrøyningsvolum er vist i Figur 17 og Figur 18.

Nødvendig fordrøyningsvolum kan reduseres om kapasiteten ved Bakke pumpestasjon kan økes.

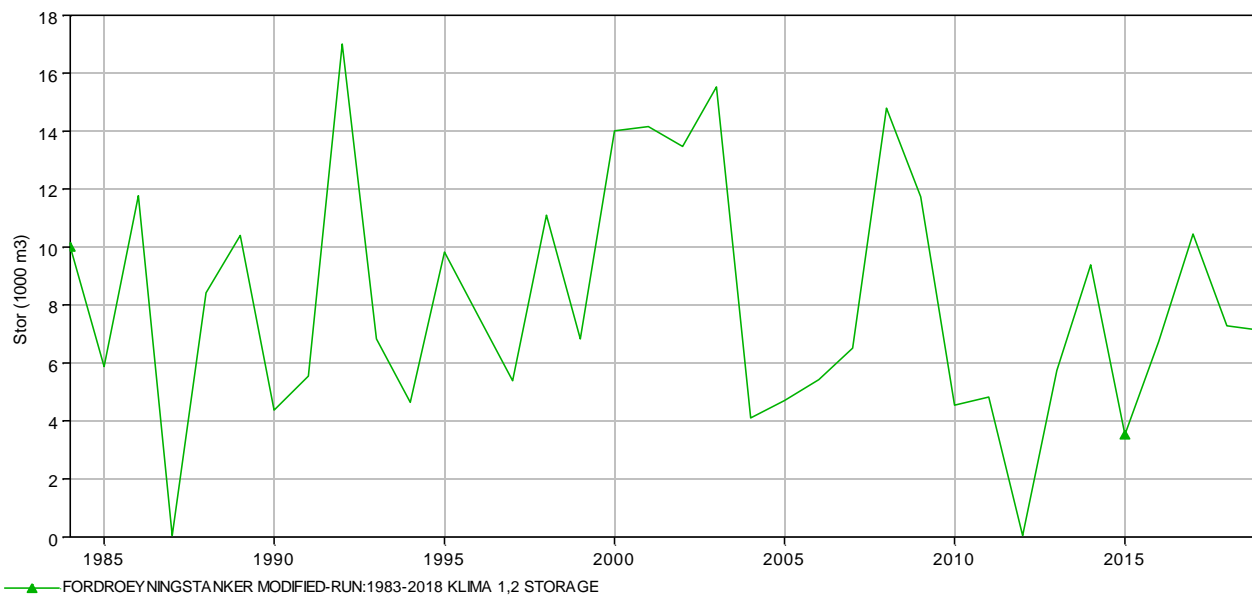
Tabell 1 Beregnede vannmengder og fordrøyningsvolumer for vannføringer med forskjellig gjentakintervall.

Statistisk overløpsfrekvens (gjentakintervall overløp)	Fordrøyningsvolum (m <sup>3</sup> )	Maks vannføring (m <sup>3</sup> /s)
15 år	14 900	0,42
2 år (median)	7 200	0,39
Tørrår	3 500	0,29

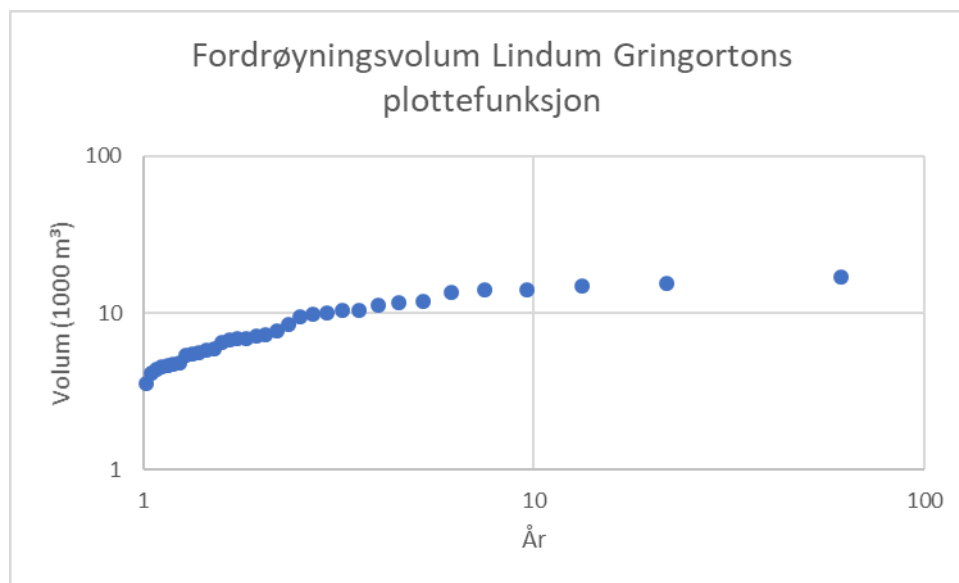
Figur 16 viser at ved et fordrøyningsvolum på 14 000m<sup>3</sup> vil det bli svært få overløpshendelser. Dette er en indikasjon på at med hensyn på kostnadseffektivitet kan gjerne volumet være noe mindre enn 14 000 m<sup>3</sup>.

Tabell 2: Beregnet årlig størst fordrøyningsvolum

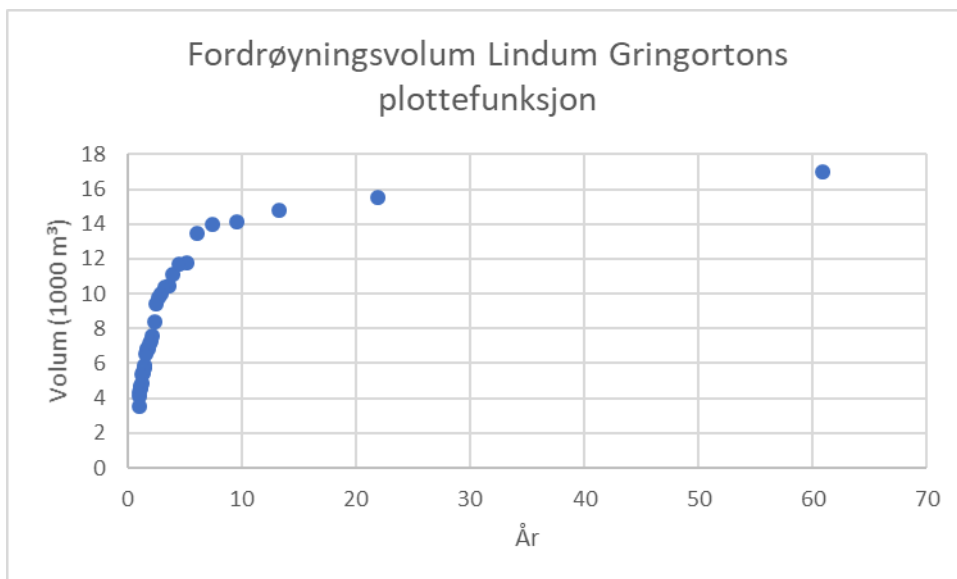
	År	Volum (1000 m <sup>3</sup> )	År	Volum (1000 m <sup>3</sup> )
1	1983	10.0	1991	17.0
2	1984	5.9	2002	15.5
3	1985	11.8	2007	14.8
5	1987	8.4	2000	14.2
6	1988	10.4	1999	14.0
7	1989	4.4	2001	13.5
8	1990	5.5	1985	11.8
9	1991	17.0	2008	11.7
10	1992	6.8	1997	11.1
11	1993	4.6	2016	10.4
12	1994	9.8	1988	10.4
13	1995	7.6	1983	10.0
14	1996	5.4	1994	9.8
15	1997	11.1	2013	9.4
16	1998	6.8	1987	8.4
17	1999	14.0	1995	7.6
18	2000	14.2	2017	7.3
19	2001	13.5	2018	7.1
20	2002	15.5	1992	6.8
21	2003	4.1	1998	6.8
22	2004	4.7	2015	6.8
23	2005	5.4	2006	6.5
24	2006	6.5	1984	5.9
25	2007	14.8	2012	5.7
26	2008	11.7	1990	5.5
27	2009	4.5	2005	5.4
28	2010	4.8	1996	5.4
30	2012	5.7	2010	4.8
31	2013	9.4	2004	4.7
32	2014	3.5	1993	4.6
33	2015	6.8	2009	4.5
34	2016	10.4	1989	4.4
35	2017	7.3	2003	4.1
36	2018	7.1	2014	3.5



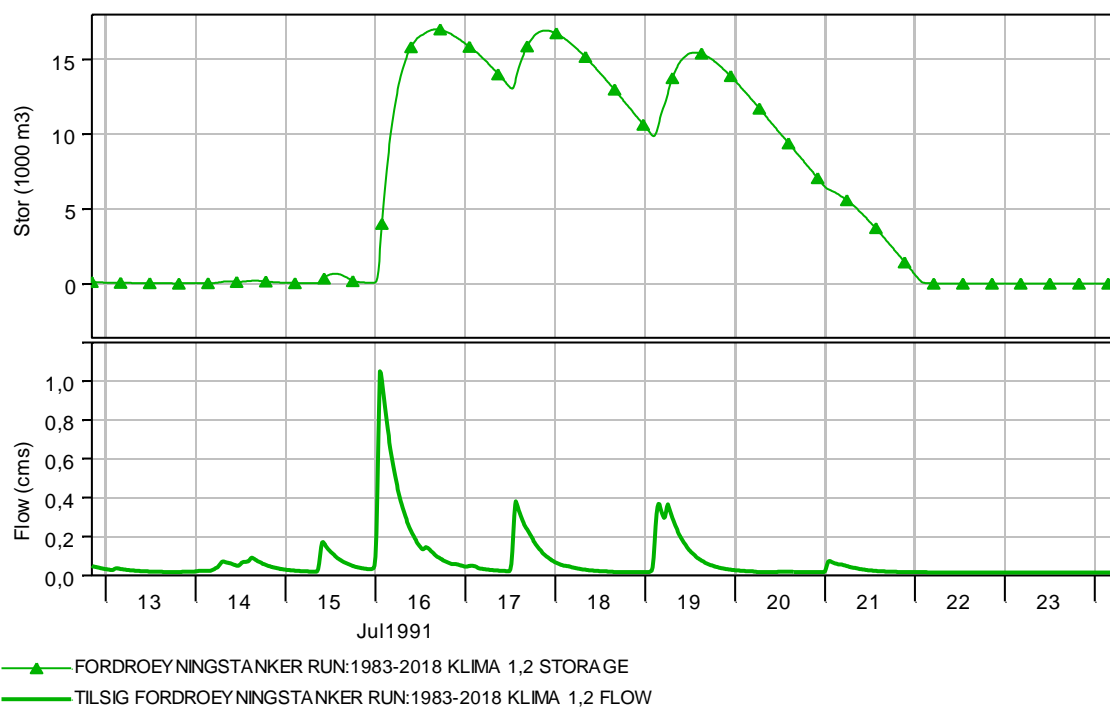
Figur 14: Beregnet årsmaks nødvendig fordrøyningsvolum



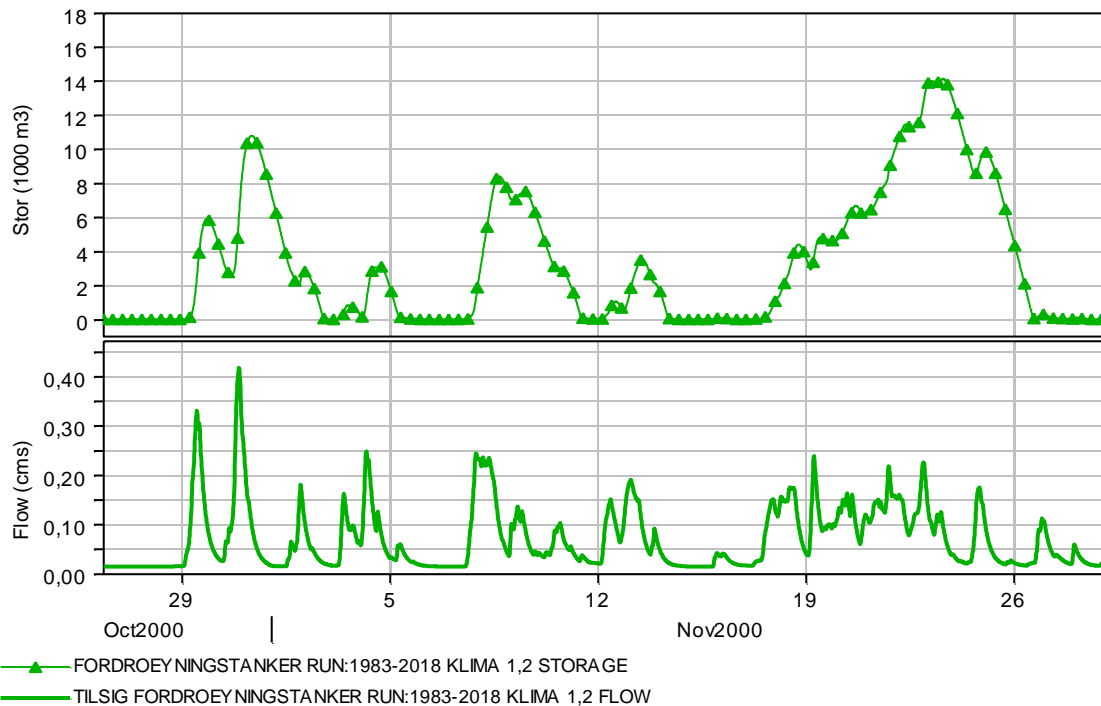
Figur 15: Beregnede fordrøyningsvolumer mht. gjentaksintervall, logaritmisk skala



Figur 16: Beregnede fordrøyningsvolumer mht. gjentaksintervall, lineær skala. Her ser en at det er få hendelser som vil fordrøyes med volum over 14 000 m<sup>3</sup>.



Figur 17: Beregnet nødvendig tankvolum for hendelsen 16-21.juli 1991. Dette er den mest ekstreme hendelsen beregnet ved hjelp av langtidsserie nedbørdata fra Asker og Solumstrand.

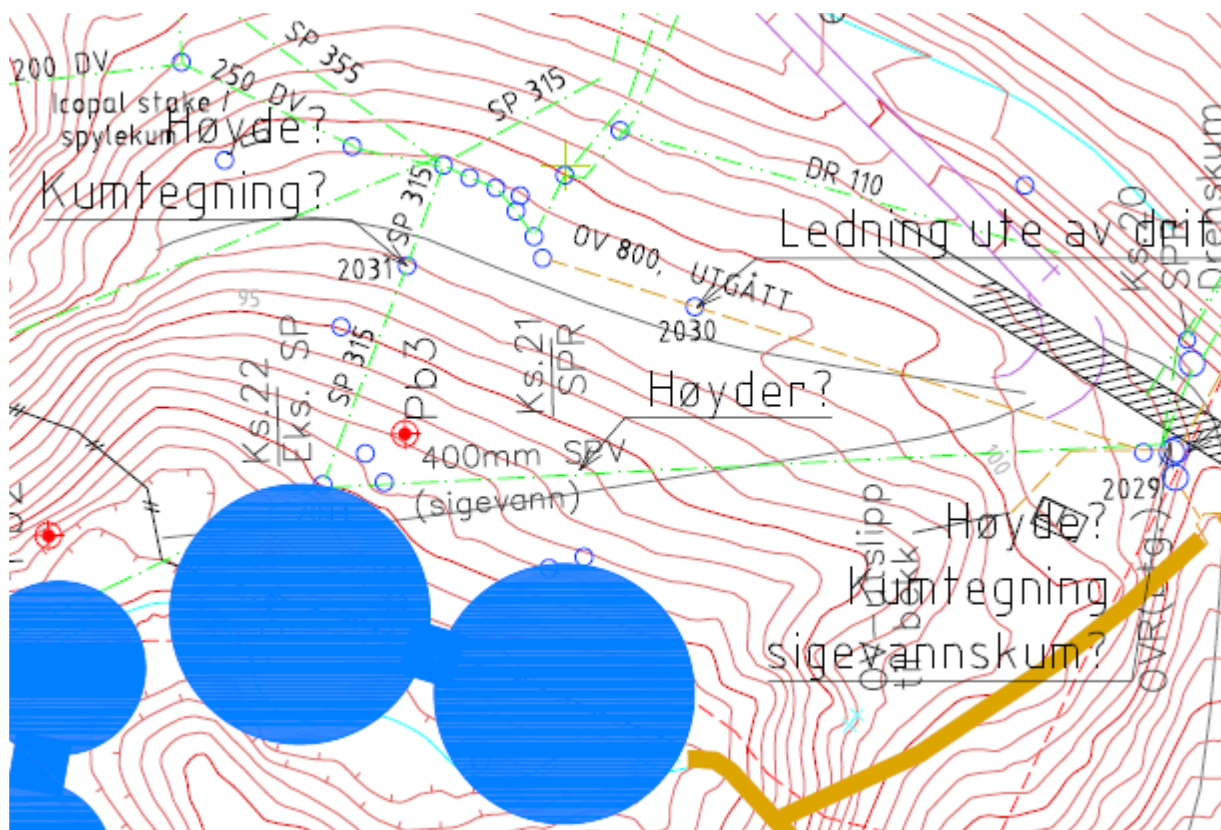


Figur 18: Beregnet nødvendig tankvolum for hendelsen 29 oktober til 26 november 2000, dette er den 4. mest ekstreme hendelsen beregnet ved hjelp av nedbørdata fra Asker og Solumstrand. Dette er imidlertid den hendelsen med mest volum over lang tid ved bruk av langtidsserie måledata fra Asker og Solumstrand.

## 2.5 Forventede maksimale vannføringer med hensyn til sigevannssystemets kapasitet

Som det kommer frem av Tabell 1 er maksimal vannføring i løpet av en 15-årsperiode 420 l/s. Overføringsledningen til Bakke pumpestasjon har en beregnet kapasitet på ca. 110 l/s. I modellen er det benyttet en kapasitet på 100 l/s på videreført vannmengde fra fordrøyningstanker (Se PN 2 av 11. desember 2012). Iht. måledata opparbeidet i måle- og analyseprogrammet kan det synes at 110 l/s er et riktig anslag på overføringsledningens kapasitet. Bakke pumpestasjon er anslått å ha en kapasitet på 97 l/s (se PN1 av 14. november 2012).

Sigevannet er i tidligere studier av utforming av fordrøyningstanker på Lindum tenkt ført til to fordrøyningstanker fra kummene 2031 og 2029. Spillvannsledningene har dimensjon 315 mm og 400 mm fra hhv. 2031 og 2029. Med forutsetning om tilsvarende fall i ledningen som i terrenget og en ruhetsfaktor k på 1 mm har de to ledningene omtrentlige kapasiteter på hhv. 500 l/s og 630 l/s. De nederste rørene før fordrøyingsanlegget har altså kapasitet til å overføre den kalkulerede vannmengden for 15 års returperiode. Det er ut fra dette ikke grunn til å begrense de beregnede vannmengdene ut fra sigevannssystemets kapasitet.



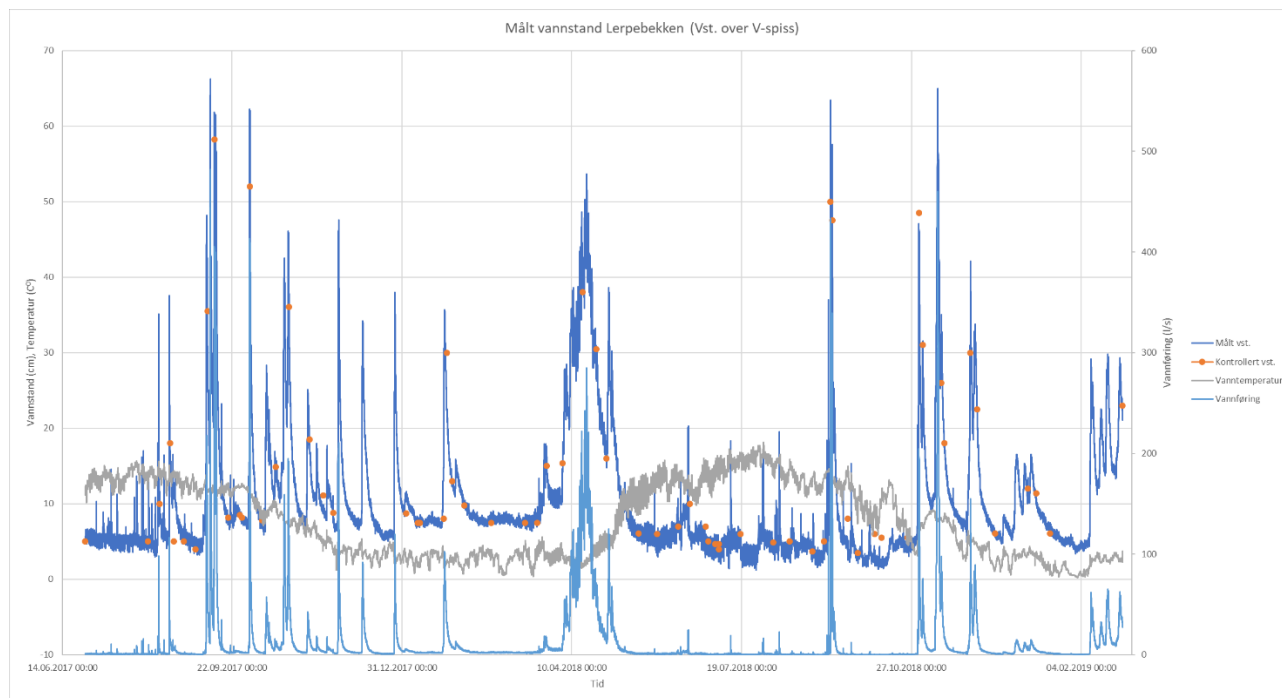
Figur 19: Utsnitt av ledningsanlegg for sigevann oppstrøms fordrøyningstanker. Fordrøyningstanker vist med blå sirkler.

## 2.6 Vannføring i Lerpebekken og fortynning av overløp

Det er siden 27.6.2017 utført målinger av vannstander/vannføringer og vanntemperatur i Lerpebekken. Målestasjonen er plassert like nedstrøms Lindum deponianlegg. Vannstanden er målt med en trykksensor like oppstrøms et 90° V-overløp. Dermed kan vannføringen beregnes ved hjelp av standardiserte formler. Målt vannstand, vannføring og vanntemperatur er vist i Figur 20. Maksimalt målt vannføring er 482 l/s målt den 9.9.2017. Varighetskurver er vist i Figur 21.

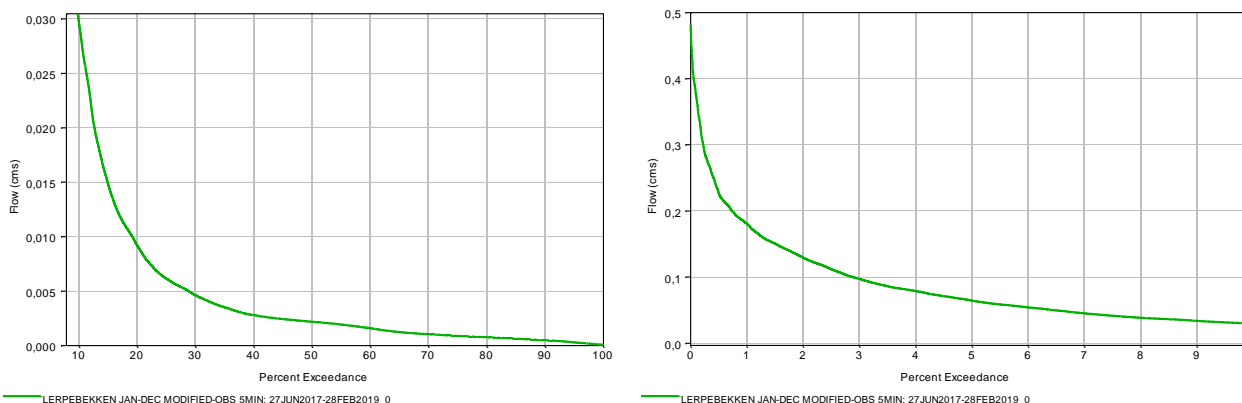
Det er utført beregninger av tilsig fra delområder av nedbørfeltet til Lindum i notat Avskjæring av overvann ved Lindum massedeponi (vedlegg 1). Disse beregningene er utført ved hjelp av vannføringsmålestasjonen i Lerpebekken. Disse kan benyttes for å vurdere hvor det kan være mest hensiktsmessig å avskjære rent vann fra å renne inn til avfallsanlegget.



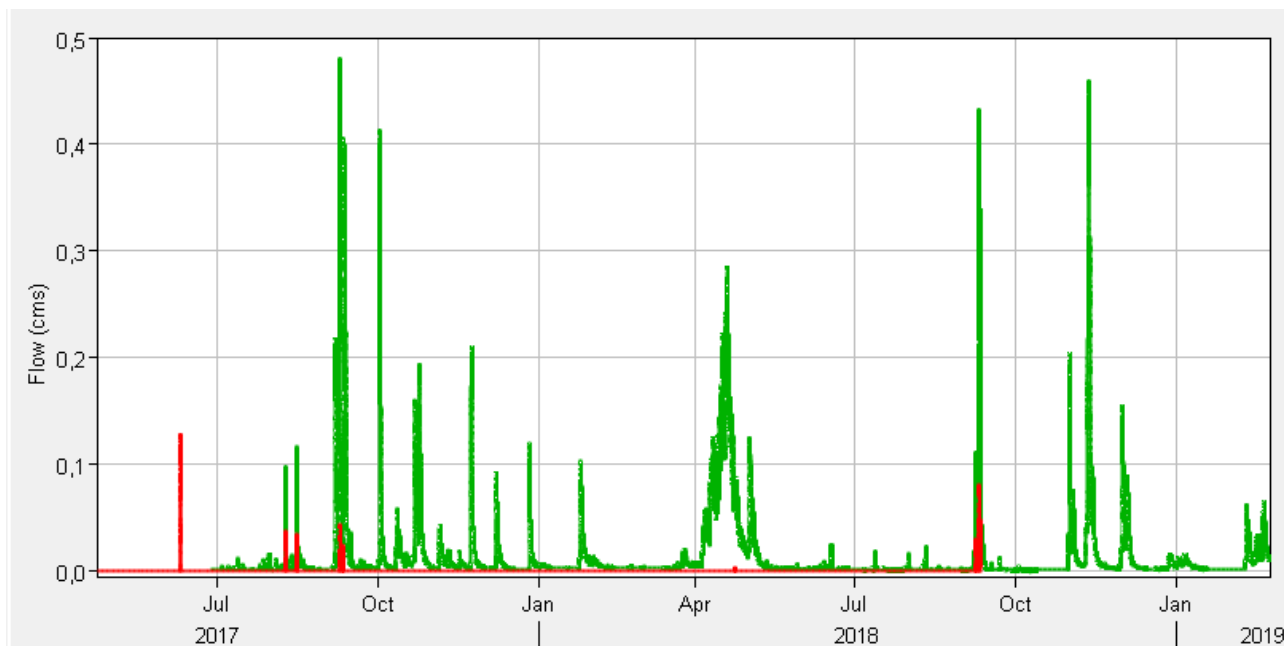


Figur 20: Målt vannstand, vanntemperatur og beregnet vannføring i Lerpebekken

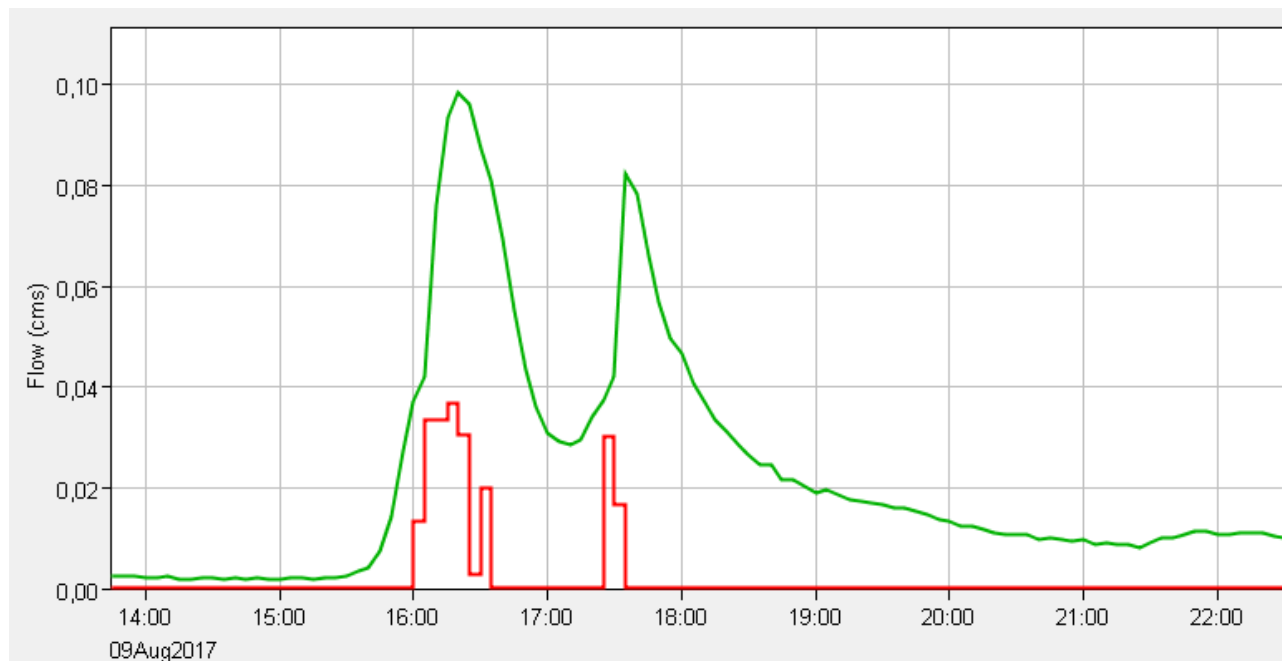
Det er målt samtidig vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet i perioden 27.7.2017 til d.d. I denne perioden er det målt overløp fra sigevannet 7 ganger, se Figur 22 til Figur 29. Andelen vann fra overløp i Lerpebekken er målt til maksimalt ca. 1/3. Det vi kan se ut ifra figurene er at desto større vannføringen i Lerpebekken er, er desto større vil fortynningen være. Dette indikerer at det er overløpshendelser ved de mindre flommene/vannføringene som er viktigst å redusere med tanke på forurensningspåvirkning på Lerpebekken fra overløp sigevann.



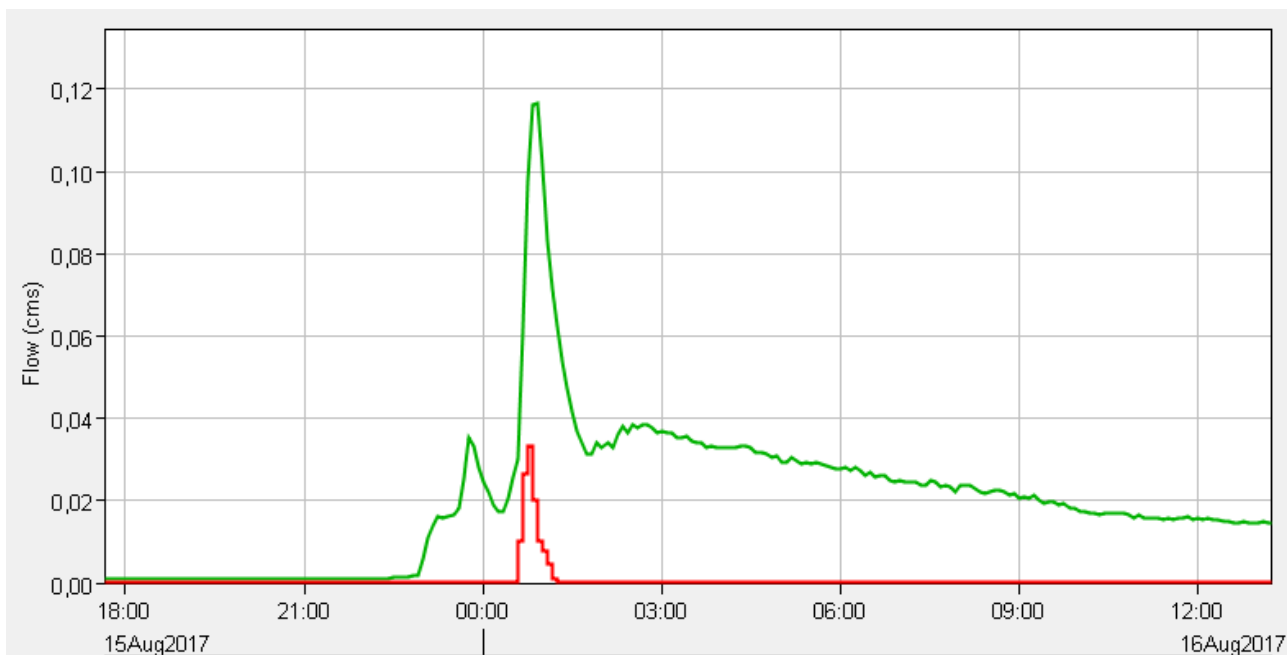
Figur 21: Varighetskurver, målt vannføring i Lerpebekken



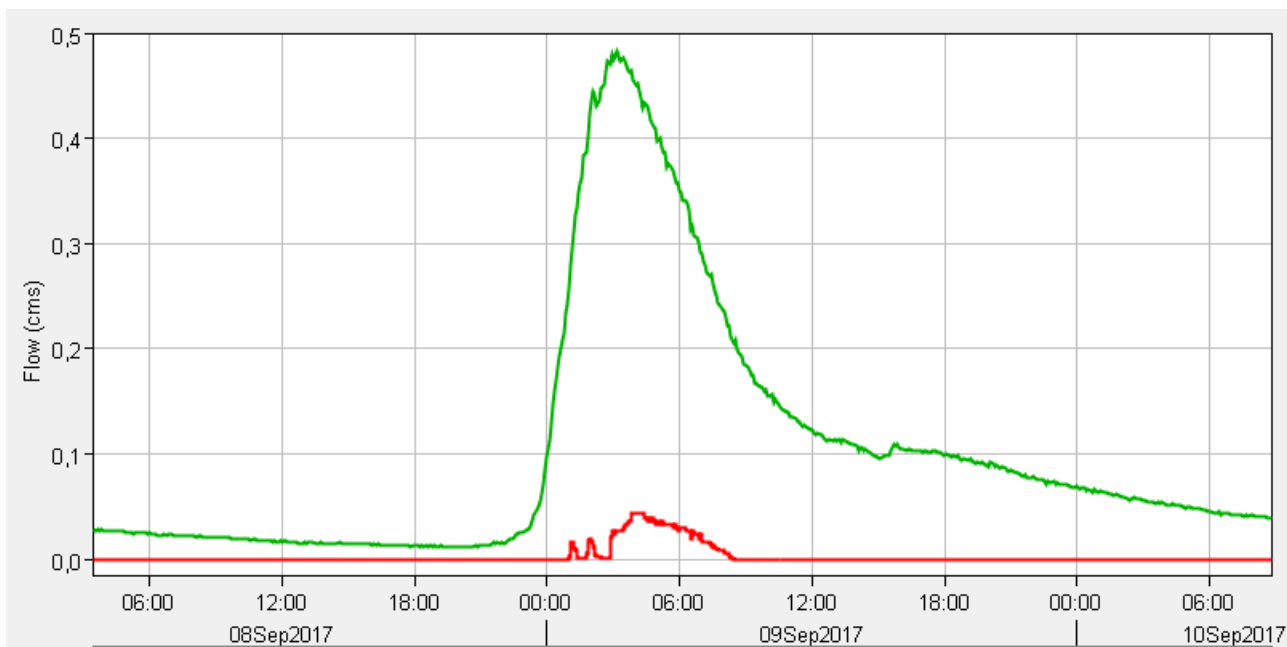
Figur 22: Samtidige målinger av vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet



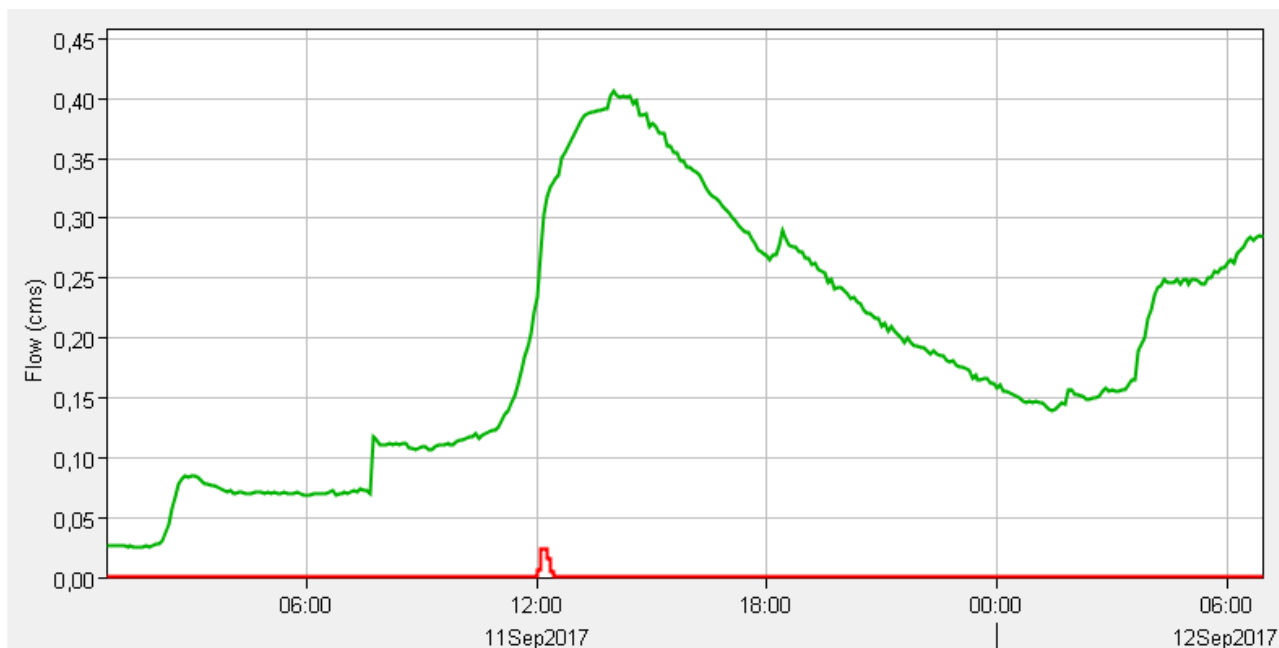
Figur 23: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 9.8.2017, maks målt overløp 37 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 99 l/s. Det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 1/3 av vannføringen i Lerpebekken



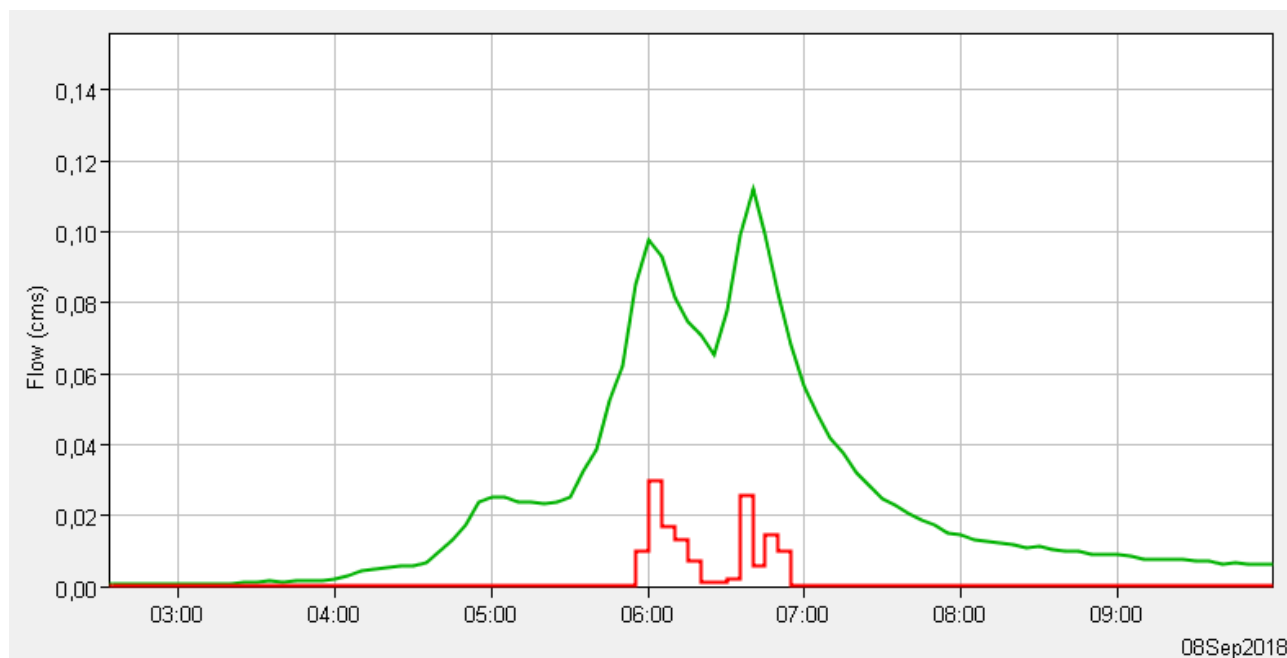
Figur 24: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 16.8.2017, maks målt overløp 33 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 116 l/s. Det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 30 % av vannføringen i Lerpebekken



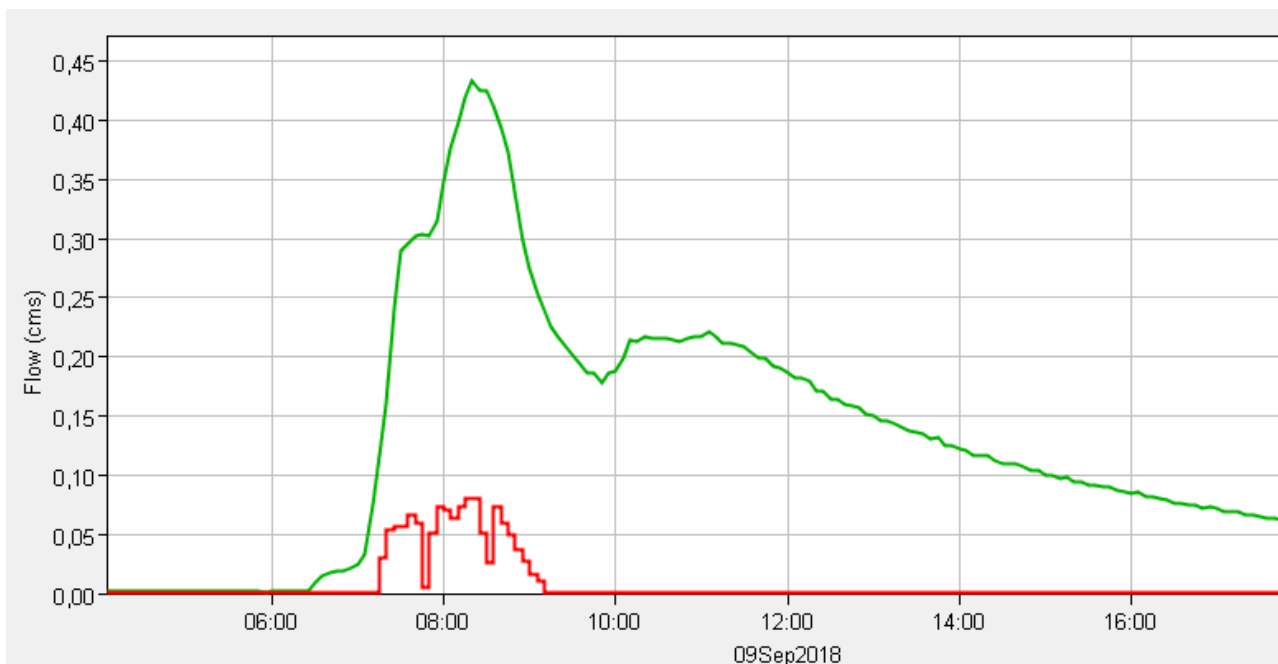
Figur 25: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 9.9.2017, maks målt overløp 43 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 482 l/s det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 10 % av vannføringen i Lerpebekken.



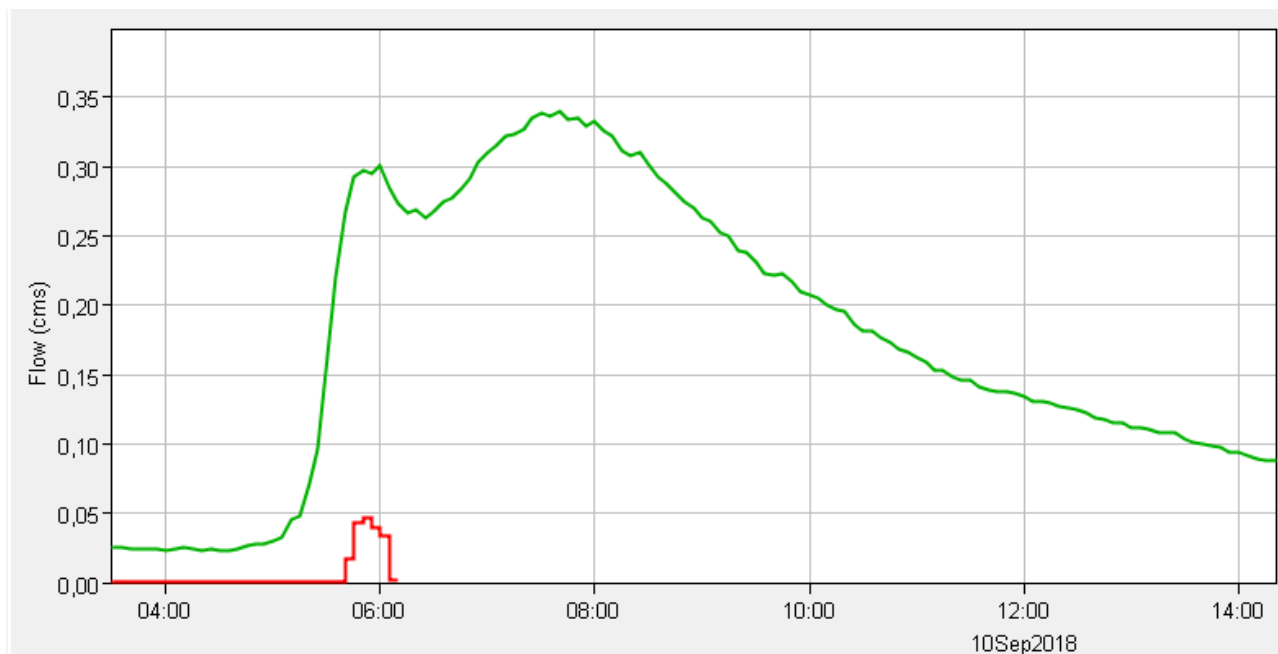
Figur 26: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 11.9.2017, maks målt overløp 23 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 406 l/s. Det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet med en minimal andel av vannføringen i Lerpebekken



Figur 27: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 8.9.2018, maks målt overløp 30 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 97 l/s det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 30 % av vannføringen i Lerpebekken



Figur 28: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 9.9.2018, maks målt overløp 80 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 433 l/s det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 20 % av vannføringen i Lerpebekken



Figur 29: Målt vannføring i Lerpebekken og overløp fra sigevannet 10.9.2018, maks målt overløp 47 l/s, maks målt vannføring i Lerpebekken 301 l/s det vil si at i dette tilfellet bidrar overløpet maksimalt med ca. 15 % av vannføringen i Lerpebekken

## 2.7 Konklusjon nedbør-/avrenningsmodell

Usikkerhetene i sigevannsmengder er redusert betraktelig gjennom måleprogrammet for sigevann, overløp og nedbør. Resultatene fra nedbør/avløpsmodellen gir et godt estimat på hvor store vannmengder som må fordrøyes avhengig av akseptert gjentaksintervall for overløp. Det er grunnleggende for den endelige dimensjoneringen av fordrøyningsanlegget å fastslå med hvilken frekvens det aksepteres overløp fra anlegget. Fylkesmannen, som har gitt Lindum pålegg om å fordrøye sigevannet, bør delta i vurderingen av akseptert frekvens/gjentaksintervall for overløp av sigevann til Lerpebekken

For 15 års gjentaksintervall er det beregnet at nødvendig fordrøyningsvolum er ca. 14 900 m<sup>3</sup> og for 2 års gjentaksintervall 7 200 m<sup>3</sup>. Her er det tillagt en klimafaktor på 1,2 på målt nedbør.

Nødvendig fordrøyningsvolum kan reduseres ved å øke kapasiteten til Bakke pumpestasjon, som per dags dato er beregnet til å være 97 l/s.

Basert på data for målt vannføring i Lerpebekken og vannføring fra overløp fra sigevannssystemet til Lerpebekken ved ulike overløpshendelser indikeres det stor fortykning av sigevann fra overløp ved store vannføringsmengder i Lerpebekken. Ved noe mindre flommer/vannføringer kan andelen overløp utgjøre opp til ca. rett over 30 % av vannføringen i Lerpebekken.

Med hensyn på å redusere antall overløpshendelser anbefales følgende tiltak i prioritert rekkefølge:

- Avskjære mest mulig av tilsiget som kommer mot avfallsanlegget
- Øke kapasiteten ved Bakke pumpestasjon
- Etablere fordrøyningsvolum i form av fordrøyingstanker

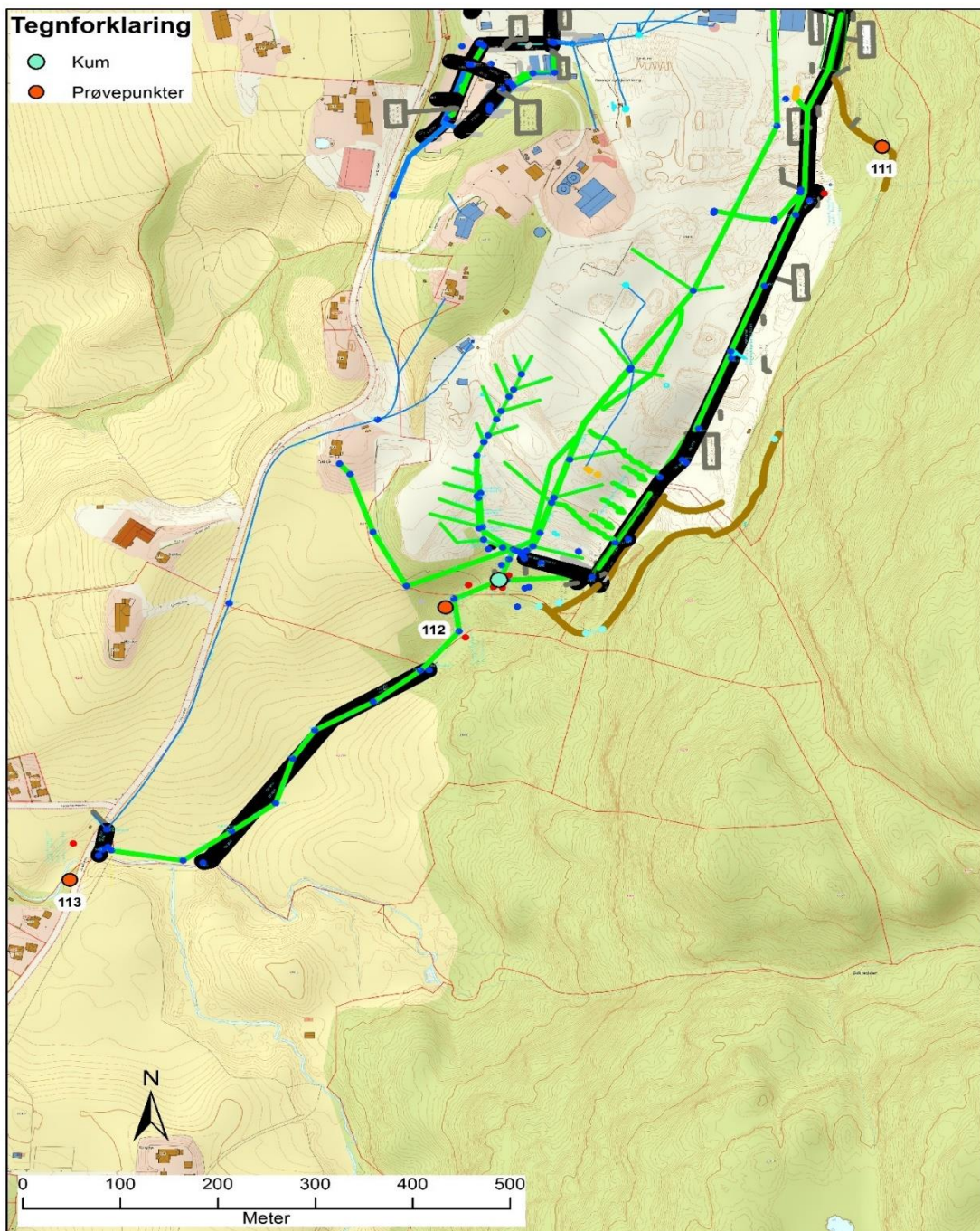
## 3 Resultater prøvetaking

### 3.1 Bakgrunn

Lindum har prøvetakninger i prøvepunkt 111 Lindum bekk oppstrøms deponi (punkt 111 i figur 1), i prøvepunkt 112 Lindum bekk nedstrøms deponiet (punkt 112 i figur 1) og prøvepunkt 113 nedstrøms Bakke pumpestasjon i Lerpebekken (punkt 113 i figur 1). Ved overløpssituasjoner er det et prøvepunkt i overløpskummen og stikkprøver fra punkter oppstrøms og nedstrøms overløpet. I dette kapittelet vurderes forurensningsgraden i avrenning fra deponiet og evt. ekstra negativ påvirkning fra deponiet ved overløpssituasjoner. Vurderingene er basert på vannanalyser fra 2017 og 2018 fra prøvepunktene 111,112,113 og fra sigevannet ved normalsituasjoner og ved overløp. Analyseresultatene er klassifisert i forhold til grenseverdier og tilstandsklasser for ferskvann (02:2018. Direktorsgruppen vanndirektivet 2018).

Tabell 3: Tilstandsklasser i henhold til veileder 02:2018.

I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Bakgrunnsnivå	Ingen toksiske effekter	Kroniske effekter ved langtids-eksponering	Akutt toksiske effekter ved kort-tidseksponering	Omfattende toksiske effekter
Øvre grense: bakgrunn	Øvre grense: AA-QS, PNEC	Øvre grense: MAC-QS, PNEC <sub>akutt</sub>	Øvre grense: PNEC <sub>akutt</sub> * AF <sup>1)</sup>	



Figur 30: Oversiktskart, grønne ledninger er sigevannsledninger, sorte er overvannsledninger og brune er overvannsgrøfter. Deler av Lerpebekken går i kulvert markert med sort



### 3.2 Sigevann prøvepunkt 101

Prøvepunkt 101 er Lindums prøvepunkt for sigevann fra deponiet. Sigevannsmengden korrelerer med målt vannføring i Lerpebekken. Når Lerpebekken får økt vannføring blir det også mer sigevann og motsatt.

Prøvene av sigevann viser en pH som varierer fra 6,7 til 8,2. Gjennomsnittsverdien fra 11 prøvetakinger (fra 2017 og 2018) er på 7,2. Målt sigevannsmengde og pH verdi ser ikke ut til å korrelere.

Klorid konsentrasjonene varierer mellom 30,5 mg/l og 313 mg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonen fra 12 prøvetakinger er på 160 mg/l. De to prøvetakingsdagene med lavest mengde sigevann har høyest konsentrasjon av klorid (2017-06-21, og 2018-06-27). De to prøvetakingsdagene med høyest mengde sigevann har lavest konsentrasjon av klorid (2017-06-10, og 2018-09-09). Det er en trend at kloridkonsentrasjonene blir lavere når det er mye sigevann.

Ledningsevneverdiene varierer mellom 85,7 mS/m og 537 mS/m. Gjennomsnittsverdien fra 11 prøvetakinger er på 184 mS/m. Den laveste ledningsevnen ble målt på den dagen med mest registrert mengde sigevann av prøvetakingsdagene (2017-06-10). Det ser ikke ut til å være en klar sammenheng mellom mengde sigevann og ledningsevnen, men det er en trend at ledningsevnen blir lavere når det er mye sigevann.

Tungmetallene krom, kobber, bly, sink, kvikksølv har konsentrasjon i tilstandsklasse 5 en eller flere ganger. Det ser ikke ut til å være en klar sammenheng mellom mengde sigevann og konsentrasjon av tungmetaller.

PAH-komponentene antracen, fluoranten, pyren, krysen, benzo(ghi)perylene og indeno(123cd)pyren har konsentrasjon i tilstandsklasse 5 en eller flere ganger (kun analysert for disse i 2018).

Næringsstoffene tot-n og tot-p er målt til tilstandsklasse 5 (meget dårlig tilstand) en eller flere ganger. Det ser ikke ut til å være en klar sammenheng mellom mengde sigevann og konsentrasjon av næringsstoffer.

PCB konsentrasjoner i sigevannet er noe forhøyet (ikke tilstandsklasser for  $\Sigma$ PCB i veileder 02:2018).

Trender i kloridkonsentrasjoner og ledningsevneverdier som beskrevet over kan tyde på en viss fortykning av sigevannet fra deponiet ved mye nedbør og stor vannføring i Lerpebekken. Det kan være lekkasjer i deponiets sigevannssystem og overvannssystem som fører til at det lekker vann fra overvannssystemet inn i sigevannssystemet og motsatt.

Tabell 4: Utvalg av analyseresultater for prøvepunkt 101 sigevann, klassifisert etter tilstandsklasser for ferskvann (02:2018).

Parameter	Enhet	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann	Sigevann
		2017-03-30	2017-05-31	2017-06-21	2017-06-10	2017-08-09	2017-08-16	2017-09-08	2017-11-17	2018-04-23	2018-06-27	2018-09-09	2018-11-15
pH		8.23		7	6.66	6.96	7.27	?	7.08	7.1	6.7	7.2	7.3
Arsen	µg/l	11.1	11.5	7.7	5.55	12.5	30.6	7.4	5.86	7.6	20.8	37.9	9.38
Kadmium	µg/l	<0.10	0.017	0.15	0.205	1.02	0.509	0.3	0.0979	0.222	0.479	1.51	0.733
Krom	µg/l	18.6	20.4	26.2	6.42	23.7	28.5	13.2	12.2	11.8	30.2	47.9	28.3
Kobber	µg/l	2.2	54.7	16.9	41	194	120	72	13.8	28.3	47.7	262	155
Kvikksølv	µg/l	<0.0100		0.035				<0.01	< 0.02	0.0646	0.0427		0.385
Nikkel	µg/l	27	30.4	0.016	11.5	23.1	52.8	23.6	22.5	26	38.6	50.1	56.1
Bly	µg/l	<1.0	12.6	4.2	8.06	62.2	20	11.7	3.16	11.3	9.02	107	26
Sink	µg/l	46.1	164	135	109	574	509	152	38.7	143	1220	1160	581
naftalen	µg/l									4.03	28.1	0.65	4.09
Acenaflyten	µg/l									0.073	0.404	0.028	0.309
Acenafte	µg/l									0.433	5.3	0.437	2.96
Fluoren	µg/l									0.292	5.16	0.362	3.55
Fenantren	µg/l									0.534	7.89	0.588	6.85
Antracen	µg/l									0.141	2.34	0.138	1.93
Fluoranten	µg/l									0.499	3.58	0.524	3.93
Pyren	µg/l									0.468	2.61	0.473	3.35
Benzo(a)antracen	µg/l									0.288	0.972	0.126	1
Krysen	µg/l									0.312	1.07	0.169	1.09
Benzo(b)fluoranten	µg/l									0.252	0.559	0.132	0.481
Benzo(k)fluoranten	µg/l									0.106	0.224	0.056	0.199
Benzo(a)pyren	µg/l									0.228	0.459	0.088	0.417
Dibenzo(ah)antracen	µg/l									0.029	0.041	0.016	0.044
Benzo(ghi)perylene	µg/l									0.127	0.18	0.075	0.222
Indeno(123cd)pyren	µg/l									0.097	0.136	0.059	0.186
Tot-P mg	mg/l	4.22		7.1	0.072	2.76	7.58	?	1.06	2.4		3.6	18
Tot-N mg	mg/l	320		170	15.6	58.2	580	?	136	160		84.8	212
Jern mg	mg/l	15.4		18.9				10.6	18.1	12.8	31.1		
Mangan	µg/l	1770		2.22				1.7	1.88		3.19		
ΣPCB7	µg/l	0.743		0.369				n.d	7.29				
Klorid	mg/l	140	164	313	41.5	51.4	257	121	179	153	351	30.5	128
Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	383	351	399	85.7	104	537	?	292	269	488	123	199
Total mengde sigevann prøvetakingsdag	m3/døgn	1360	1041	961	7836	2732	2858	2106	1356	1987	777	3747	3168
Midle sigevannsmengde	m3/s	0.016	0.012	0.011	0.09	0.0317	0.033	0.0244			0.009	0.043	0.03667
Vannmengde overløp	m3				3730	63	32					335	

### 3.3 Prøvepunkt 111 Bekk Lindum oppstrøms deponi

Prøvene viser en pH som varierer fra 6,2 til 6,8. Gjennomsnittsverdien fra 7 prøvetakinger (fra 2017 og 2018) er på 6,4.

Klorid konsentrasjonene varierer mellom 1,72 mg/l og 3,74 mg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonen fra 7 prøvetakinger er på 2 mg/l.

Ledningsevneverdiene varierer mellom 3,22 mS/m og 9,53 mS/m. Gjennomsnittsverdien fra 7 prøvetakinger er på 3,76 mS/m.

Det er påvist total nitrogen konsentrasjoner i tilstandsklasse 5 ved to tilfeller (2017-03-30 og 2018-09-09) og total fosfor konsentrasjon ved ett tilfelle (2018-09-09), men varierer ved de andre prøvetidspunktene fra tilstandsklasse 3 til tilstandsklasse 1 for disse næringsstoffene. Tungmetallet sink er funnet i tilstandsklasse 4 (dårlig tilstand) ved to tilfeller (2017-08-16 og 2018-09-09) og tungmetallet bly er funnet i tilstandsklasse 3 ved ett tilfelle (2018-09-09). Ved disse prøvetakingsdatoene (2017-08-16 og 2018-09-09) har det vært tilfeller av overløp av sigevann fra deponiet og mye nedbør i det lokale nedbørfeltet. Analyser på andre stoffer gir tilstandsklasse 2 (tilstand god) og tilstandsklasse 1 (tilstand under normverdi-meget god).

Det er ikke detektert PCB i analyser fra dette prøvepunktet.

Tabell 5: Utvalg av analyseresultater for prøvepunkt 111 Lindum bekk oppstrøms klassifisert etter tilstandsklasser for ferskvann (02:2018).

		Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms	Bekk oppstrøms
Parameter	Enhet	2017-03-30	2017-08-16	2017-09-08	2017-11-17	2018-04-23	2018-09-09	2018-11-15
pH		6.8	6.52	6.33	6.39	6.2	6.2	6.3
Arsen	µg/l		<0,5			0.191	<0,5	0.187
Kadmium	µg/l	<0,05	0.0663	0.0598	< 0,05	0.0277	0.481	0.0509
Krom	µg/l		<0,9			0.121	<0,9	0.118
Kobber	µg/l		2.33			0.233	2.48	0.322
Kvikksølv	µg/l	<0,02		<0,02	< 0,02	0.0038		0.00329
Nikkel	µg/l		<0,6			0.187	1.07	0.288
Bly	µg/l	0.785	<0,5	0.69	< 0,5	0.101	1.69	0.164
Sink	µg/l		15.2			7.02	39.4	12.8
naftalen	µg/l					<0.03	<0.030	<0.030
Acenaftalen	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Acenaften	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Fluoren	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Fenantren	µg/l					<0.02	<0.020	<0.020
Antracen	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Pyren	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Benzo(a)antracen	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Krysen	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Benzo(b)Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Benzo(k)Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Benzo(a)pyren	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Dibenso(ah)antracen	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Benzo(ghi)perylene	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Indeno(123cd)pyren	µg/l					<0.01	<0.010	<0.010
Tot-P mg	mg/l	<0,01	<0,05	<0,050	< 0,050	0.006	0.068	0.0076
Tot-N mg	mg/l	1.38	0.51	0.37	0.23	0.41	17.4	0.38
Jern mg	mg/l	0.896		0.141				
Mangan	µg/l	33.1		11.3	1.19			
ΣPCB7	µg/l					n.d		n.d
Klorid	mg/l	1.87	1.77	1.72	1.9	<1.0	3.74	<5.0
Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	2.98	3.22	2.59	2.39	1.87	9.53	3.13
Total mengde sigevann								
prøvetakingsdag	m3/døgn	1360	2858	2106	1356	1987	3747	3168
Midlere sigevannsmengde	m3/s	0.016	0.033	0.0244	0.01569		0.043	0.03667
Vannmengde overløp	m3		32				335	

### 3.4 Prøvepunkt 112 Bekk nedstrøms deponi

Prøvenes pH varierer fra 6,8 til 8,1. Gjennomsnittsverdien fra 11 prøvetakinger er på 7,5.

Klorid konsentrasjonene varierer mellom 4,64 mg/l og 84 mg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonen fra 12 prøvetakinger er på 22 mg/l.

Ledningsevneverdiene varierer mellom 16 mS/m og 122 mS/m. Gjennomsnittsverdien fra 12 prøvetakinger er på 44 mS/m.

Sink er målt i tilstandsklasse 5 ved ett tilfelle (2018-09-09, overløp den dagen) og tilstandsklasse 4 (dårlig tilstand) ved flere tilfeller. Krom er registrert i tilstandsklasse 5 ved to tilfeller (2017-06-10 og 2018-09-09, overløp på begge datoer) ellers i tilstandsklasse 2 og 1. Kobber er registrert i tilstandsklasse 5 ved ett tilfelle (2018-09-09, overløp den dagen) og i tilstandsklasse 4 ved to tilfeller (2017-06-10, 2018-06-27), ellers i tilstandsklasse 2. Tungmetallene arsen, kadmium, nikkel og bly er målt i tilstandsklasse 4 ved ett tilfelle (2018-09-09, overløp den dagen) ellers i tilstandsklasse 3, 2 og 1.

Det er ved flere prøvetidspunkt målt nitrogen og fosfor i tilstandsklasse 5 (svært dårlig tilstand).

PAH-komponenter er analysert for ved 4 tilfeller i 2018. Pyren, benzo(a)antracen krysen, benzo(b)fluoranten, og benzo(a)pyren har konsentrasjoner i tilstandsklasse 4 ved ett tilfelle (2018-09-09, overløp den dagen). Fluoranten har tilstandsklasse 3 ved to tilfeller (2018-04-23 og 2018-09-09). Pyren, krysen og benzo(k)fluoranten er også målt til tilstandsklasse 2.

Det er ikke detektert PCB i analyser fra dette prøvepunktet.

Tabell 6: Prøvepunkt 112 Lindum bekk nedstrøms deponi. Utvalg av analyseresultater klassifisert etter tilstandsklasser for ferskvann (02:2018).

Parameter	Enhhet	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstr før overløp	Bekk nedstr etter overløp	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms	Bekk nedstrøms
		2017-03-30	2017-05-31	2017-06-21	2017-06-10	2017-06-10	2017-08-16	2017-09-08	2017-11-17	2018-04-23	2018-06-27	2018-09-09	2018-11-15
pH		7.74		8.06	7.06	6.78	7.75	6.99	7.74	7.4	7.8	7.3	7.5
Arsen	µg/l	<0,5		1.11	1.45	1.95	0.606	0.836	0.653	0.439	0.724	8.62	0.599
Kadmium	µg/l	<0,05	0.155	0.0619	0.126	0.129	0.0793	0.103	0.0579	0.0669	0.112	0.482	0.111
Krom	µg/l			<0,9	11.4	11.3	<0,9	1.14	< 0,9	0.605	0.512	29.1	0.869
Kobber	µg/l	2.77		2.65	9.04	13.3	3.43	3.5	3.45	3.57	10.1	66.8	4.36
Kvikksølv	µg/l	<0,02	0.0277	<0,02				<0,02	< 0,02	0.0284	<0,002		0.00229
Nikkel	µg/l	1.84		4	5.43	5.51	1.72	1.9	2.4	1.79	5.93	38.3	2.71
Bly	µg/l	<0,5	8.53	<0,5	3.77	5.84	1.01		0.873	1.15	0.174	47.6	0.457
Sink	µg/l	11.5		11.5	32.5	47.2	17.1		14.9	21.1	12.9	288	35.7
naftalen	µg/l									0.083	<0,03	<0,030	<0,030
Acenafnylen	µg/l									<0,01	<0,01	<0,010	<0,010
Acenafnten	µg/l									0.017	<0,01	<0,010	<0,010
Fluoren	µg/l									0.012	<0,01	<0,010	<0,010
Fenantren	µg/l									<0,02	<0,02	<0,020	<0,020
Antracen	µg/l									<0,01	<0,01	<0,010	<0,010
Fluoranten	µg/l									0.014	<0,01	0.054	<0,010
Pyren	µg/l									0.016	<0,01	0.056	<0,010
Benzo(a)antracen	µg/l									<0,01	<0,01	0.048	<0,010
Krysen	µg/l									<0,01	<0,01	0.032	<0,010
Benzo(b)Fluoranten	µg/l									<0,01	<0,01	0.039	<0,010
Benzo(k)Fluoranten	µg/l									<0,01	<0,01	0.013	<0,010
Benzo(a)pyren	µg/l									<0,01	<0,01	0.028	<0,010
Dibenso(ah)antracen	µg/l									<0,01	<0,01	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylene	µg/l									<0,01	<0,01	0.022	<0,010
Indeno(123cd)pyren	µg/l									<0,01	<0,01	0.022	<0,010
Tot-P mg	mg/l	0.037	0.98	<0,05	0.089	0.1	0.056	<0,050	< 0,050	0.1	0.033	1.6	0.05
Tot-N mg	mg/l	6.74	7.3	29	11.4	10.7	5.21	4.3	8.03	3.3	20.4	24	13.7
Jern mg	mg/l	1.15	5.21	2.5				2.59	3.34				
Mangan	µg/l	394	174	1620				266	1030				
ΣPCB7	µg/l	n.d		n.d				n.d	n.d	n.d			n.d
Klorid	mg/l	15.4	20.1	43.6	5.79	10.5	8.76	4.64	24.4	8.96	84	17.4	19.5
Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	32	26.6	102	20.4	31.3	26.3	16	41.4	19.1	122	45.5	46.3
Total mengde sigevann prøvetakingsdag	m <sup>3</sup> /døgn	1360	1041	961	7836	7836	2858	2106	1356	1987	777	3747	3168
Midlere sigevannsmengde	m <sup>3</sup> /s	0.016	0.012	0.011	0.09	0.09	0.033	0.0244	0.01569		0.009	0.043	0.03667
Vannmengde overløp	m <sup>3</sup>				3730	3730	32					335	

### 3.5 Prøvepunkt 133 Grunnvann nedstrøms deponi

Grunnvannsbrønn 133 ligger kun få meter fra Lerpebekken og nedstrøms sigevannssystemet og overløpet. Vannanalyser tatt i brønnen 2018-11-15 viser relativt høye konsentrasjoner av flere tungmetaller (Tabell 7).

Tabell 7: Utvalg av analyseresultater for grunnvannsbrønn 133 klassifisert etter tilstandsklasser for ferskvann (02:2018).

Grunnvannsbrønn 133		
Parameter	Enhet	2018-11-15
pH		
Arsen	µg/l	21
Kadmium	µg/l	0.752
Krom	µg/l	44.8
Kobber	µg/l	47.7
Kvikksølv	µg/l	0.089
Nikkel	µg/l	50.7
Bly	µg/l	47.6
Sink	µg/l	322

### 3.6 Prøvepunkt 113 Lerpebekken nedstrøms pumpestasjon

Det er ikke tatt prøver ved dette punktet på dager med overløpshendelser.

Prøvenes pH varierer fra 7 til 7,9. Gjennomsnittsverdien fra 7 prøvetakinger er på 7,4.

Klorid konsentrasjonene varierer mellom 4,29 mg/l og 14,2 mg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonen fra 7 prøvetakinger er på 17,4 mg/l.

Ledningsevneverdiene varierer mellom 9,1 mS/m og 107 mS/m. Gjennomsnittsverdien fra 7 prøvetakinger er på 30,7 mS/m.

Sink er målt i tilstandsklasse 4 ved fire tilfeller (2017-06-21, 2017-09-08, 2018-04-23 og 2018-11-15). Arsen er målt i tilstandsklasse 3 ved tre tilfeller (2017-06-21, 2017-09-08, og 2018-06-27), kadmium er målt i tilstandsklasse 3 ved ett tilfelle (2018-06-27), nikkel er målt i tilstandsklasse 3 ved ett tilfelle (2018-06-27), bly er målt i tilstandsklasse 3 ved ett tilfelle (2017-06-21). Øvrige tungmetaller er målt i tilstandsklasse 2 og 1.

Det er ved samtlige prøvetidspunkt målt nitrogen i tilstandsklasse 5, fosfor er målt i tilstandsklasse 5 ved ett tilfelle (2018-06-27) og tilstandsklasse 4 ved ett tilfelle (2018-03-24).

PAH-komponenter er analysert for ved 3 tilfeller i 2018. Acenaften er ved ett tilfelle målt til tilstandsklasse 2 (2018-04-23). Ellers er ikke PAH-komponenter påvist over tilstandsklasse 1.

PCB er i noe forhøyet i samtlige analyser fra dette prøvepunktet. Konsentrasjonene varierer mellom 0,04 µg/l og 2,25 µg/l. Gjennomsnittskonsentrasjonen er 0,65 µg/l.

Tabell 8: Utvalg av analyseresultater for prøvepunkt 113 Lerpebekken nedstrøms pumpestasjon klassifisert etter tilstandsklasser for ferskvann (02:2018).

Parameter	Enhet	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon	Bekk nedstrøms pumpestasjon
		2017-03-30	2017-06-21	2017-09-08	2017-11-17	2018-04-23	2018-06-27	2018-11-15
pH		7.15	7.69	6.99	7.42	7.2	7.9	7.3
Arsen	µg/l		0.806	0.511	<0.5	0.248	0.737	0.274
Kadmium	µg/l		0.0594	0.0579	<0.05	0.0388	0.0855	0.0723
Krom	µg/l	<0.9	1.89	<0.9	<0.9	0.437	0.642	0.289
Kobber	µg/l	1.58	2.82	3.64	1.52	1.27	7.44	1.94
Kvikksølv	µg/l		<0.02	<0.02	<0.02	0.00502	<0.002	0.00256
Nikkel	µg/l	0.855	3.73	1.12	0.88	0.761	5.1	1.37
Bly	µg/l		9.2	0.834	<0.5	0.402	0.689	0.303
Sink	µg/l	9.87	30.9	12.5	10.6	11.9	10.7	31.9
naftalen	µg/l					<0.03	<0.03	<0.030
Acenaftylen	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Acenaften	µg/l					0.015	<0.01	<0.010
Fluoren	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Fenantren	µg/l					<0.02	<0.02	<0.020
Antracen	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Pyren	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Benzo(a)antracen	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Krysen	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Benzo(b)Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Benzo(k)Fluoranten	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Benzo(a)pyren	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Dibenso(ah)antracen	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Benzo(ghi)perylene	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Indeno(123cd)pyren	µg/l					<0.01	<0.01	<0.010
Tot-P mg	mg/l		<0.05	<0.05	<0.05	0.027	0.06	0.022
Tot-N mg	mg/l	4.76	7.92	3.48	2.35	1.7	16.7	6.24
Jern mg	mg/l	0.497	0.497	1.1	1.04		0.426	
Mangan	µg/l		0.522		0.232			
ΣPCB7	µg/l	0.0403	1.43	0.228	0.258	0.208	2.25	0.15
Klorid	mg/l	7.54	14.2	4.29	8.84	3.39	74.6	9
Ledningsevne (konduktivitet)	mS/m	15.4	37.6	11.9	15.5	9.09	107	18.3
Total mengde sigevann prøvetakingsdag	m3/døgn	1360	961	2106	1356	1987	777	3168
Midlere sigevannsmengde Vannmengde overløp	m3/s	0.016	0.011	0.0244	0.01569		0.009	0.03667

### 3.7 Vurdering av forurensning fra deponi

Sammenligning av vannprøver oppstrøms (111) og nedstrøms deponi (112) viser at tungmetaller, PAH-komponenter, nitrogen, fosfor og mangan kommer ut i Lerpebekken via deponiet. Parameter som pH, klorid og ledningsevne viser også en klar økning i Lerpebekken nedstrøms deponiet. Vannanalysene indikerer at påvirkningen fra deponiet skjer selv om det ikke går sigevann i overløp. Dette styrkes av resultater fra vannanalyser fra grunnvannsbrønn 133 som ligger kun få meter fra bekken og nedstrøms sigevannssystem. Vannanalysene viser relativt høye konsentrasjoner av flere tungmetaller.

De høyeste konsentrasjonene av forurensningskomponenter er målt på dager med overløp (2017-06-10 og 2018-09-09). Prøvedato 2017-06-10 har det gått 3 730 m<sup>3</sup> vann i overløp og prøvedato 2018-09-09 har det

gått 335 m<sup>3</sup>. Dette er dager med kraftig og mye nedbør. På dager med mye nedbør og overløp mobiliseres sannsynligvis forurensning fra deponiet pga. økt vanntransport gjennom deponimassene. Vanntransporten går mot lavpunkter som sigevannssystem og Lerpebekken. Prøvedato 2017-06-10 ble det tatt vannprøver av bekken rett før overløp og rett nedstrøms overløpet. Sammenligning av prøveresultatene fra 2017-06-10 viser at bekken rett oppstrøms er nesten like forurenset som rett nedstrøms overløpet på prøvetidspunktet. På prøvedato 2018-09-09 ble det kun tatt vannprøve rett nedstrøms overløpet slik at det ikke er mulig å gjøre samme sammenligning.

Vannanalyser fra nedstrøms pumpestasjonen (113) viser generelt lavere konsentrasjoner av tungmetaller, PAH-komponenter og næringsstoffer enn målt ved prøvepunktet rett nedstrøms deponiet (112). Parameter som klorid og ledningsevne viser også en reduksjon lenger nedstrøms deponiet. Dette er naturlig da vannet vil bli noe fortynnet lenger nedstrøms. Unntaket er PCB som er funnet i prøvepunkt 113 lengst nedstrøms (og i sigevannet), men ikke i prøvepunkt 112 rett nedstrøms deponiet.

### 3.8 Konklusjon prøvetaking

Lerpebekken påvirkes av forurensninger fra deponiet også utenom overløpshendelser fra sigevannssystemet.

Overløpshendelser vil føre til økt transport av forurensning til Lerpebekken, men sannsynligvis gir lekkasjer fra sigevannssystem og diffus utlekking av forurensning fra deponiet generelt en større forureningsbelastning enn overløpshendelser fra sigevannssystemet.

Det er vanskelig å isolere effekten av overløp fra sigevannssystemet basert på kun én prøve rett oppstrøms og rett nedstrøms overløpet (2017-06-10).

## 4 Vedlegg

Vedlegg 1: Avskjæring av overvann ved Lindum massedeponi

Vedlegg 2: Notat PN1 og PN2, tilhørende forprosjekt fordrøyning Lindum