

Regulerbar lavenergi vandbremse

(ReLeVand)



RELEVAND DANVA VUDP PROJEKTRAPPORT

DATO: 16. juli 2022

Projekt ID: 4317.2018

Udgiver:
DANVA

Udarbejdet af:

- Anja Thrane Hejselbæk Thomsen
- Michael R. Rasmussen
- Peter Dyhre
- Torben Krejberg

Finansiering:

Projektet er finansieret af VUDP, Vandsektorens Udviklings- og Demonstrationsprogram samt deltagende virksomheder.

Samarbejdspartnere:

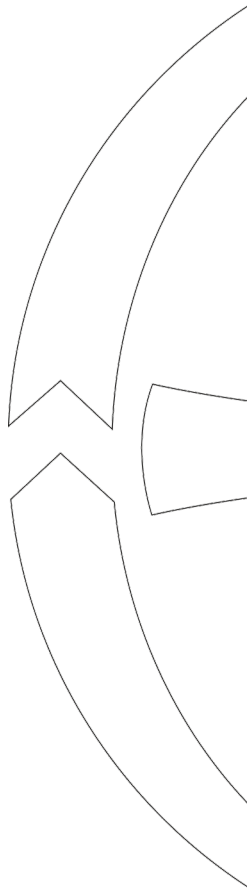
- Favrskov Forsyning
- WSP
- Mosbæk
- Aalborg Universitet, Institut for Byggeri, By og Miljø

Kategori (Spildevand, drikkevand eller klimatilpasning):

Klimatilpasning

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	2
2	English summary	3
3	Introduktion	4
4	Projektets betydning for vandbranchen	8
4.1	Marked og/eller anvendelsesmuligheder	8
4.2	Næste skridt	9
4.3	Formidlingsplan	9
5	Projektet	11
5.1	Formål	11
5.2	Projekttilgangen	11
5.3	Output	15
5.4	Projektresultater	17
5.5	Konklusion	27
6	Litteraturliste	28



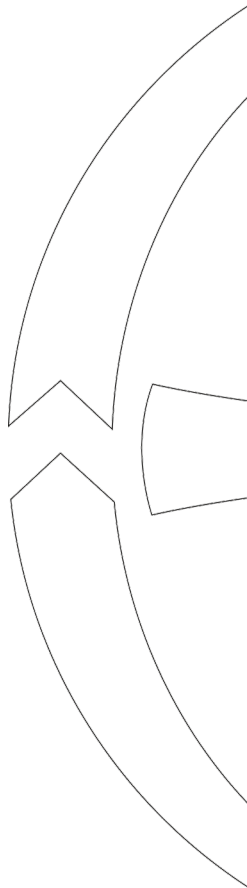
1 Sammenfatning

Favrskov Forsyning, Mosbaek, Aalborg Universitet og WSP har med støtte fra VUDP udviklet en patenteret regulerbar lavenergi vandbremse – ReLeVand-bremsen. Denne regulerbare vandbremse er lavet på en måde, hvor den virker som en plug and play-løsning, der simpelt kan installeres i eksisterende bassiner, hvis der her viser sig et behov for styring af udledningen.

ReLeVand-bremsen blev udviklet som svar på et behov, som blev identificeret i forbindelse med et erhvervs-Ph.d-projekt forestået af Aalborg Universitet og WSP og støttet af Innovationsfonden - Thomsen, 2019. Projektet havde fokus på styring af regnvandsbassiner på baggrund af recipienternes kapacitet og søgte at finde måder, hvor man kunne optimere såvel behovet for bassinvolumen og påvirkningen af recipienterne på én gang - her var styring en naturlig løsning. Igennem Ph.d-projektet har WSP samlet en ERFA-gruppe bestående af over 30 forsynings og kommune-par, og her er udviklingen af Ph.d-projektet samt ReLeVand-projektet blevet diskuteret løbende. I dialog med landets forsynings i dette netværk samt på flere andre konferencer viste det sig dog, at de var forbeholdne for at gå denne vej, fordi styring indebærer pumper, som skulle tilsluttes en fast strømforsyning, hvilket ofte var omkostningstungt at etablere. Der var derfor et stort potentiale i at kunne udvikle en udløbsregulator, der både kunne styre udledningen aktivt, og som ikke var afhængig af fast strøm, men kunne fungere med blot en lokal strømforsyning. Her opstod ideen til ReLeVand, som, fordi den bygger på en vandbremse, altid vil kunne fungere som en passiv styring, hvor der ved eventuelle tekniske problemer ikke forekommer fuld drift-stop af bassinet. Teknologien er udviklet, så der kun er behov for en mindre strømforsyning, som enten kan leveres gennem solceller eller batterier – eller en kombination.

Igennem projektet er der udviklet den første prototype af den regulerbare lavenergi vandbremse, som er testet på en lokalitet i Favrskov Kommune – Voldum. Her er den testet såvel i forhold til drift som i forhold til styringen, og der er opnået gode resultater. Gennem modelsimuleringer af en 10 års periode har det bl.a. vist sig, at det med implementering af én af de testede styringsstrategier var muligt at reducere bassinstørrelsen med 32 % uden yderligere negativ påvirkning af vandløbet i forhold til den eksisterende situation, og samtidig på en måde, hvor et overløb undgås som følge af styringen. Projektgruppen ser således et stort potentiale i at anvende ReLeVand-bremsen i forbindelse med såvel nye regnvandsbassiner som i forbindelse med eksisterende regnvandsbassiner, der enten skal modtage mere vand, eller som ikke længere lever op til deres udledningstilladelse.

Igennem processen med at udvikle ReLeVand-bremsen har det dog også vist sig, at der fremtidigt vil være et behov for at lave et oplæg i samarbejde med myndighederne, som definerer, hvordan der skal laves udledningstilladelser til en styret udledning fra et separat regnvandsbassin, eftersom de normalt fastsatte krav, som anvendes i dag, i høj grad vil begrænse muligheden for aktivt at styre. Muligheden for at styre åbner for en række muligheder i forhold til såvel at optimere pladsbehovet og samtidig i forhold til beskyttelse af de modtagne vandområder, men det stiller også større krav til vores forståelse af systemer og til de krav, der angives i udledningstilladelsen.



2 English summary

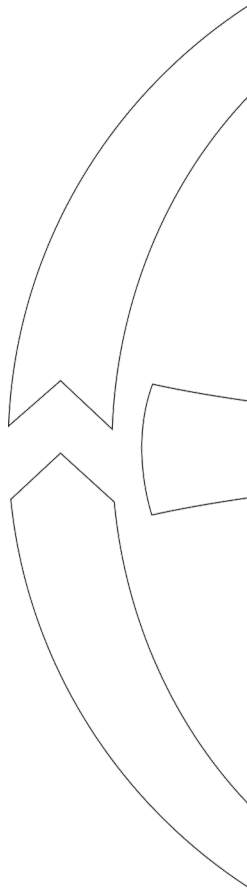
Favrskov Forsyning, Mosbaek, Aalborg University and WSP have, with the support of VUDP, developed a patented adjustable low-energy water brake - the ReLeVand brake. This adjustable water brake is made in a way where it acts as a plug and play solution that can be simply installed in existing stormwater detention ponds if there is a need for control of the discharge.

The ReLeVand brake was developed in response to a need that was identified in connection with a industrial PhD project led by Aalborg University and WSP and supported by the Innovation Fund - Thomsen, 2019.

The project focused on managing stormwater detention ponds based on the capacity of the receiving waters and sought to find ways to optimize both the pond volume and the effect of the receiving water at once - here an active control structure was a natural solution. In dialogue with the utilities, it turned out that they were reluctant to go this route because control involved pumps that had to be connected to a fixed power supply, which was often costly to set up. There was therefore a great potential in being able to develop a discharge regulator that could both actively control the discharge and which was not dependent on fixed power, but could function with just a local solar power supply. This is where the idea for ReLe-Vand arose, because it is based on a traditional water brake, which will always be able to function as a passive control structure without power, where in the event of any technical problems there is stop of function of the pond discharge. The technology has been developed so that only a small power supply is needed, which can either be delivered through solar cells or batteries - or a combination.

Through the project, the first prototype of the adjustable low-energy water brake has been developed, which has been installed and tested at a locality in Favrskov Municipality - Voldum. Here it has been tested both in relation to operation and in relation to the control, with good results. Through model simulations of a 10-year period, it has proved that with the implementation of one of the tested control strategies it was possible to reduce the pool size by 32% compared to the previous design - without further negative impact on the receiving stream. The project consortium thus envisions a great potential in using the ReLeVand brake in connection with both new stormwater detention ponds and in connection with existing stormwater detention ponds that either have to receive more water or which no longer live up to their discharge permit.

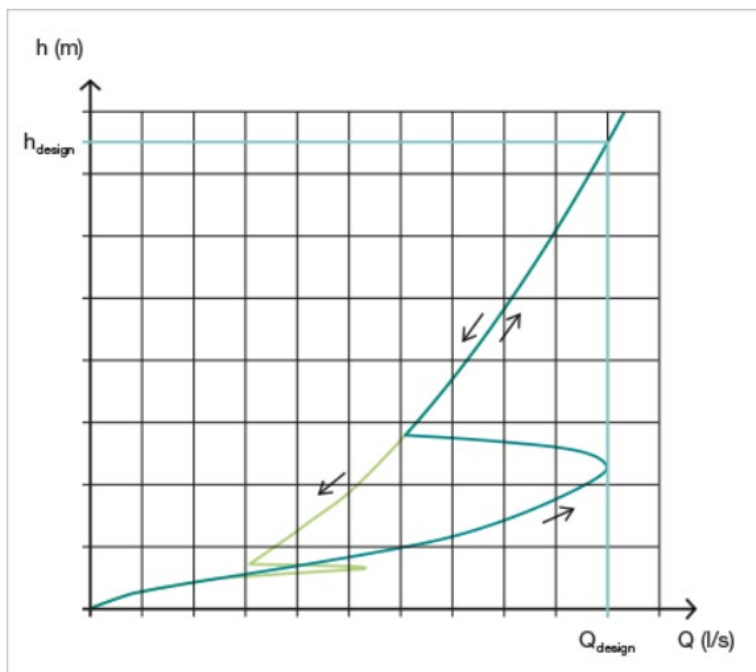
Through the process of developing the ReLeVand water brake, however, it has also become clear that there will be a need to make a project in collaboration with the authorities, which defines how to make discharge permits for a controlled discharge from a separate stormwater detention pond, since the present practice limit the ability to actively manage an active discharge strategy. Adaptive discharge permits open up a number of possibilities in relation to both optimizing the space requirements for the ponds and the protection of the received waters. It will also place greater demands on our understanding of systems and on the requirements set out in the discharge permit.



3 Introduktion

Dette projekt er baseret på det simple princip, at regnvandsbassiner *kan* og *bør* styres aktivt for at få den bedste udnyttelse af volumenet og den mindste påvirkning af recipienterne. Teorien bag dette koncept blev udviklet gennem et erhvervs-Ph.d-projekt i samarbejde mellem WSP og AAU. For at få glæde af en aktiv styringsstrategi er det nødvendigt at udvikle en vandbremse, der kan justere udløbsvandføringen med et minimum forbrug af energi. ReLeVand projektet søger at demonstrere en sådan lavenergi vandbremse i praksis.

I dag gives der udledningstilladelse fra regnvandsbassiner ved blot at tillade én udledningsværdi gældende for alle udledningssituationer op til en 5 års-hændelse (op til den tilladte gentagelsesperioden for overløb) – se eksempelvis beskrivelse heraf i DANVA og KL, 2018, Miljø- og Fødevarestyrelsen, 2018, Thomsen et al., 2020 og Thomsen 2018. Dog er udledningen fra alle almindelige passive udledningsreguleringsmekanismer (vandbremsere, droslerør og spjæld) fra naturens hånd trykafhængige, således udledningen fra regnvandsbassinet øges med øget vandstand i bassinet. Af denne årsag konstruerer man i dag alle reguleringsmekanismer på en sådan måde, at der kun udledes en vandføring svarende til udledningstilladelsen, når bassinet er helt fyldt, og således udleder mindre i alle andre situationer – se eksempel på en designet udledningskurve fra en centrifugal vandbremseren i Figur 3-1. Eftersom man ikke ved, hvornår den maksimale udledning forekommer, gives tilladelserne i dag efter et forsigtighedsprincip, hvor det antages, at vandløbene i forvejen modtager hvad der svarer til en medianmaksimumafstrømning fra vandløbets topografiske opland – denne antagelse er ligeledes konservativ, eftersom en medianmaksimumafstrømning statistisk set blot vil forekomme én gang hvert andet år.



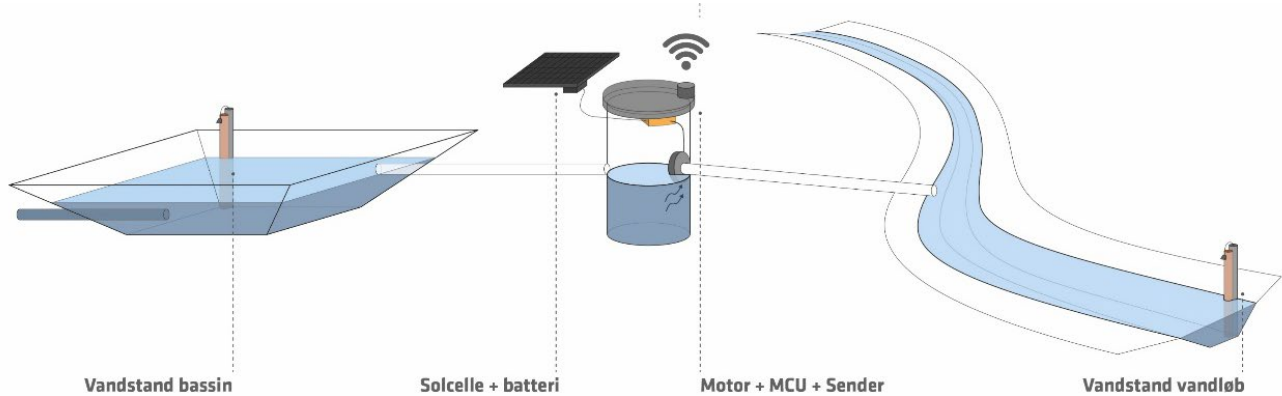
Figur 3-1 Principskitse af vandbremsekurve for en centrifugalvandbremse – skitsen viser designvandføringen, som kun opnås, når bassinet er fyldt. Samtidig ses fyldnings- og tømningskurven (hhv. mørk grøn og lys grøn), som er forskellige grundet centrifugaleffekten i vandbremsen i forbindelse med fyldningen [kilde: <https://www.mosbaek.dk/dk/produkter/centrifugalbremse-cev>].

Hvis man frem for dette kunne styre udledningen og udlede vandet med udgangspunkt i vandløbets aktuelle kapacitet, ville det som udgangspunkt være muligt at udlede langt større mængder regnvand i perioder, hvor vandløbets oplandsafstrømning er lille. Ved aktivt at styre efter vandløbets kapacitet vil det således være muligt at optimere anvendelsen af bassinerne. En af hindringerne for at lave denne optimering har dog været udstyret til netop at opnå dette. Pt. er den letteste løsning at implementere en pumpe i bassinet, hvilket dog er en særdeles bekostelig løsning i de tilfælde, hvor bassinet er placeret langt fra den offentlige strømforsyning, og det er nødvendigt at trække strøm dertil. Ligeledes er det i forbindelse med driften en udfordring at have en sådan løsning, eftersom eventuelle strømsvigt ol. vil føre til total driftstop med potentielle overløb til følge.

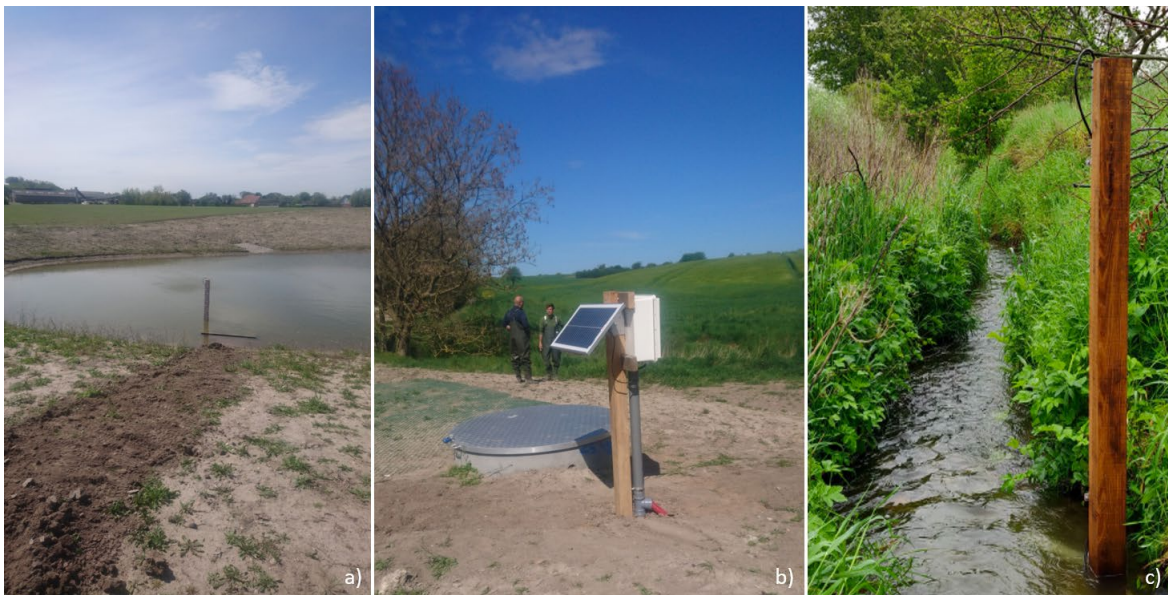
For at imødekomme alle disse udfordringer for at opnå en mere optimal anvendelse af regnvandsbassinerne, er det projektets fokus at lave en Regulerbar Lavenergi Vandbremse – ReLeVand. Denne vandbremse skal, i situationer hvor der ikke er strømforsyning, fungere fuldstændig som en almindelig vandbremse, således det aldrig risikeres, at der slet ikke kan føres vand ud af bassinet, men samtidig er den lavet til at kunne forøge vandføringen ud af bassinet i de situationer, hvor kapaciteten i vandløbet er størst. Vandbremsen styres på baggrund af to vandstandssensorer – en i vandløbet, som kontinuerligt måler den aktuelle vandstand og således også den resterende kapacitet, og en i regnvandsbassinet, der kontinuerligt logger vandstanden her, således kapaciteten her ligeledes er kendt. En principskitse af opsætningen er præsenteret i *Figur 3-3*. For at teste vandbremsen er den installeret i et eksisterende bassin i byen Voldum – et kort med oplysninger om forsøglokaliteten kan ses i *Figur 3-2*, og billeder af forsøgsopsætningen er vist i *Figur 3-4*. Denne lokalitet er valgt, fordi der kun er et bassin, hvilket forsimples styringen, samtidig med at der er en forholdsvis robust recipient (Revens Møllebæk), hvilket sikrer, at eventuelle opstartsvanskeligheder og deraf resulterende fejl vil få minimale konsekvenser.



Figur 3-2 Oversigt over projektlokaliteten.



Figur 3-3 Skitse af monitoringssetuppet i ReLeVand-projektet



Figur 3-4 billeder af monitoringssetuppet vist i Figur 3-3. a) vandstandssensoren i regnvandsbassinet, b) dataloggeren, som modtager og sender data fra de to vandstandssensorer – sensorer og loggeren strømforsynes gennem den viste solcelle, c) vandstandssensoren i vandløbet.

Projektpartnerne har haft en fælles vision om at løse denne udfordring, og ansvaret for de forskellige områder har været fordelt mellem partnerne.

Favrskov Forsyning: Er en progressiv og innovativ forsyning, som bruger nye teknologier og løsninger til at håndtere regnvand i sammenspillet mellem by og vandløb. De projektledere for at sikre at ny teknologi kan udvikles til at håndtere eksisterende og fremtidige udfordringer. Forsyningen har haft ansvar for at sikre, at arbejdet er forløbet på en måde, så slutproduktet ville være anvendeligt for både Favrskov Forsyning og andre forsyninger i fremtiden. Dette er sket ved løbende at vurdere løsningen i forhold til aktuelle byudviklingsprojekter og problemstillinger (såvel i forhold til planlægning som drift). Yderligere har

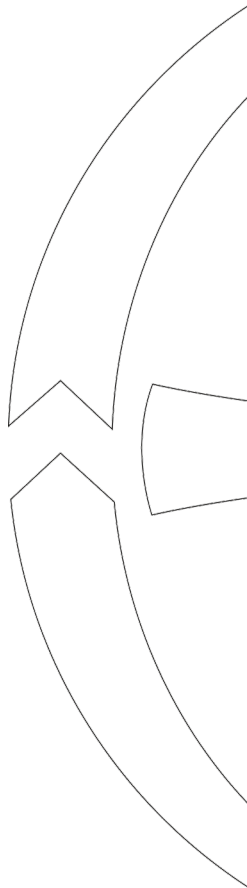
Favrskov Forsyning haft ansvaret for dialogen med Favrskov Kommune. En opgave der viste sig større end først antaget, hvilket beskrives yderligere senere i rapporten.

Mosbæk: Er en anerkendt vandteknologisk produktionsvirksomhed med både et dansk og internationalt marked, der kan drage fordel af en ny type produkter. Mosbæk har haft ansvaret for at udvikle prototyperne af ReLeVand-bremsen og sikre, at slutproduktet vil være muligt at producere i større skala i fremtiden, og sikre at produktet kan holde, når det udsættes for hverdagens belastninger.

AAU: Arbejder med videns baserede og innovative løsninger til styring af vand i urbane systemer. AAU har haft ansvaret for at lave selve styringsmekanismen og for at lave CFD-modelleringer af de forskellige prototyper af vandbremsen, således mange optimeringer kunne foretages forud for produktion af vandbremsen. Yderligere har AAU været ansvarlig for kommunikationen mellem styringsenheden og sensorerne.

WSP: Har en mangeårig erfaring inden for hydrometri og afløbsteknik som rådgiver for både kommuner og forsyninger. WSP har haft ansvaret for at fastlægge kapaciteten i recipienten samt for monitoring på lokaliteten og for at opnå tilstrækkeligt datagrundlag og for opsætning af styringsstrategier samt simulering af disse. WSP har ligeledes været meget involveret i dialogen med Favrskov Kommune omkring recipienteffekter af udledningen og fastsættelse af kravene i den nye udledningstilladelse. Herudover har WSP sammen med Favrskov Forsyning haft den overordnede projektledelse af projektet.

Projektet er sammentænkt med en erhvervsPhD mellem WSP og AAU, der fokuserer på styringsstrategier for udledninger af regnvand til vandløb. PhD-projektet blev fulgt af 33 kommuner og forsyninger, som ligeledes har haft mulighed for at følge og bidrage til ReLeVand. I denne sammenhæng er projektet blevet præsenteret flere gange. Øvrige offentlige præsentationer af projektet er forestået af både Favrskov Forsyning, AAU og WSP. AAU og WSP har yderligere koblet projektet med flere studieprojekter, hvoraf der er tre specialgrupper, som har fokuseret på undersøgelser i forbindelse med testlokaliteten i Voldum.



4 Projektets betydning for vandbranchen

Vandbranchen står over for store udfordringer og tilhørende investeringer i at udbygge regnvandshåndteringen, hvis man skal følge med de klimaændringer vi er midt i. De fleste bassiner er dimensioneret ud fra ældre antagelser om regnintensitet, varighed og kobling mellem regnhændelser. Det betyder at en række bassiner risikerer ikke at kunne overholde funktionskrav (for f.eks. overløb) i fremtiden. Det kan i værste fald betyde at en række bassiner skal udbygges for at have tilstrækkelig kapacitet. Med en aktivt styret vandbremse kan man udlede vandet når der er plads i vandløbet, således man altid har den maksimale magasineringskapacitet til rådighed - uden at overbelaste vandløbet. Omvendt kan man tilbageholde mere vand, hvis der ikke er kapacitet i vandløbet og der stadigvæk er magasineringskapacitet i bassinet.

Der er således:

- Rationaliseringspotentiale i forhold til nye anlæg af regnvandsbassiner.
- Kan installeres på eksisterende bassiner uden ombygning.
- Større udnyttelse af allerede etablerede regnvandsbassiner.
- Dokumentering af overholdelse af udlederkrav.
- Potentielt lavere belastning under ekstremregn
- Bedre data til forbedring og kalibrering af afløbstekniske modeller (f.eks. Mike Urban)
- Færre nødoverløb.

Dette opnås med en kombination af IoT og et nyt vandbremseprodukt. Foruden at det er et reelt fremskridt i anvendelse af teknologien, er det også et bidrag til digitaliseringen af vandsektoren. De installerede sensorer kan bruges til at forbedre de afløbstekniske modeller og samtidig bruges til at overvåge løsningerne online.

4.1 Marked og/eller anvendelsesmuligheder

Der ingen konkurrerende produkter på marked, der har den fleksibilitet og styringspotentiale som den udviklede vandbremse. Mosbaek står med et unikt produkt, der primært konkurrerer mod Mosbaek egne klassiske vandbremsere. Disse vandbremsere har en lang historie og er i anvendelse over hele Danmark og i udlandet. Den markeds-mæssige udfordring består i, at overbevise forsyninger om den merværdi, der opnås med en aktivt styret vandbremse, som er større end investeringen. Disse fordele er:

- Reduceret anlægsudgifter ved nye bassiner. Det betyder at bassinerne kan bygges mindre end ved den traditionelle løsning, eftersom det effektive volumen anvendes mere optimalt uden at påvirke vandløbet negativt.
- Reducerede anlægsudgifter ved tilkobling af nye områder til eksisterende bassiner (dimensioneret efter den traditionelle metode), fordi det samme bassinvolumen er stand til at håndtere et større volumen vand og således vand fra et større opland, når udledningen styres.
- Dokumentation af at regnvandsbassinet rent faktisk overholder udledningstilladelsen og ikke påvirker vandløbet negativt. Der har typisk ikke været stillet krav om denne form for dokumentation fra myndighedernes side, men informationen er vigtig for såvel forsyningen som myndigheden i forhold til udledningens påvirkning af

vandløbet såvel i den lokale recipient såvel som generelt i forhold til vurdering af udledninger.

4.2 Næste skridt

Projektgruppen har ved afslutningsmødet undersøgt mulighederne for at implementere ReLeVand-bremsen i et større separeringsprojekt i Favrskov. Favrskov Forsyning og WSP vil i den kommende tid indgå dialog med Favrskov Kommune og diskutere mulighederne for at teste vandbremsen i denne forbindelse. For at kunne implementere ReLeVand har det dog vist sig, at der ligger en større opgave i at gøre myndighederne trygge og imødekomme deres krav – samt vurdere hvilke krav, der kan stilles til en styret udledning. Denne delopgave ønsker WSP og Favrskov Forsyning og forhåbentlig Favrskov Kommune at arbejde videre med.

Yderligere ønskes det at undersøge, om vandbremsen kan optimeres yderligere for at sikre den mest kosteffektive løsning, som dog stadig lever op til løftet om driftssikkerhed. Her vil vi indgå i en dialog med driftsafdelingen i Favrskov Forsyning.

ReLeVand-bremsen åbner for en række nye muligheder – inkl. styringsmuligheder og WSP og AAU har sideløbende med udviklingen af ReLeVand arbejdet meget med mulighederne for anvendelse af styring i forhold til såvel hydraulisk påvirkning som rensning, samt anvendelse af måledata i andre sammenhænge. WSP og AAU fortsætter med at arbejde med dette.

Mosbæk og WSP er i dialog med flere kommuner og forsyninger, som ønsker at høre mere om mulighederne, og det er aftalt at invitere disse på besøg hos Mosbæk for at oplyse dem om perspektiverne.

Det overvejes, om konceptet skal videreudvikles til at aktivt medtage vejrforudsigelse ind i styringsstrategien for at optimere udnyttelsen af bassinvoluminet. Dette vil muligvis blive realiseret i en nye ansøgning om støtte. Derfor vil forsøgsopstillingen forblive installeret i Voldum, så denne kan genbruges i et nyt projekt.

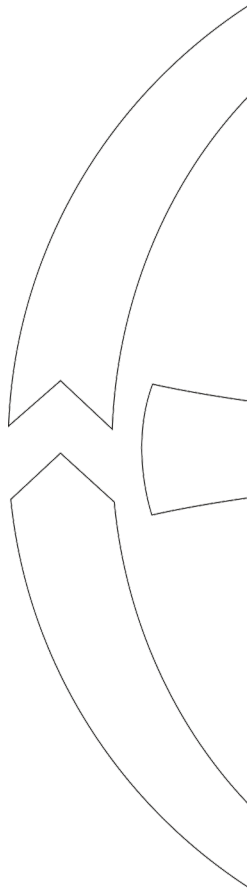
4.3 Formidlingsplan

Der har både før opstarten af ReLeVand og igennem udviklingen af ReLeVand været meget formidlingsaktivitet omkring projektet og produktet (projektet er eksempelvis præsenteret på Dansk Vand Konference, Dansk Vands Årsmøde, Vejforum og NORDIWA), og der har derfor også været stor interesse for det. Flere Kommuner og forsyninger spørger selv ind til det, hvorfor både WSP og Mosbæk har løbende dialog med en række kunder, som selv efterspørger det. Samtidig er det et produkt, de også selv bringer på banen som et muligt værktøj i værktøjsskassen i dialogen med kunder omkring løsning af problemer.

Ud over den daglige dialog med enkelt interessenter, forventes det, at ReLeVand præsenteres ved følgende lejligheder:

- Workshop for kommuner og forsyninger hos Mosbæk (efterspurgt af flere Sjællandske kommuner og forsyninger) 2022
- Oplæg på Dansk Vand Konference 2022 – oplæg er accepteret

- Oplæg på Grafdage 2022
- Oplæg på Dansk Vandkonference 2022
- Oplæg på Vejforum 2023
- To workshops i regi af Udviklingsfællesskab for Anja Thranes Ph.d. – en på Sjælland og en i Jylland (2022/2023)
- En række præsentationer for enkeltkommuner og -forsyninger (2022 og 2023)
- Præsentation af konceptet i forbindelse med undervisning i udledninger på Ferskvandscentret (2022 og 2023)



5 Projektet

5.1 Formål

Formålet med projektet er at udvikle en lavenergi styring af regnvandsbassiner, der kan installeres på lokaliteter, hvor der ikke er strøm eller kommunikationsforbindelser til opkobling på traditionel SRO-systemer.

Styringen vil udnytte magasineringskapaciteten af regnvandsbassinet bedres så man kan imødegå klimaændringer bedre eller tilslutte et større areal end antaget ved dimensioneringen. Omvendt, kan styringen også bruges til at reducere den hydrauliske belastning af vandløb og opnå bedre økologiske forhold i de perioder, hvor dette kan være svært.

5.2 Projekttilgangen

Projektet blev startet op med et fælles møde hos Favrskov Forsyning, hvor tre potentielle forsøgslokaliteter blev besigtiget og gennemgået. På baggrund af en fælles vurdering blev lokaliteten i Voldum udvalgt. Netop denne lokalitet blev valgt, fordi det var et simpelt system med kun ét regnvandsbassin, hvorfor styringen kunne lavest så simpelt som muligt i første test, brønden var egnet til monitoring og udskiftning af udstyr, og oplandet var tilstrækkelig stort, til at der ville være en vis vandmængde at styre. Yderligere var vandbremsen i bassinet en centrifugalvandbremse, hvilket er den mest anvendte vandbremse, og således også den, man i projektgruppen ønskede at tage udgangspunkt i forbindelse med udviklingen af ReLeVand-bremsen. Samtidig var recipienten, Revens Møllebæk, umiddelbart et robust vandløb (se billeder i Figur 5-1).

Efter at have fastsat lokaliteten, gik WSP og Favrskov Forsyning i dialog med Favrskov Kommune om mulighederne for midlertidigt at lave styring på lokaliteten. Der var på lokaliteten en udledningstilladelse på 0,3 l/s/tot ha opland = 8 l/s, men for at teste styringen, ønskede projektparterne at få mulighed for at øge den tilladte udledningmængde mod forsikring om, at dette ikke ville give anledning til overbelastning af vandløbet.

For at imødekomme disse ønsker vurderede Favrskov Kommune, at det var nødvendigt at give en ny udledningstilladelse, men var usikre på, hvordan en sådan skulle udarbejdes, eftersom der i dag ikke er tradition for at give tilladelser med udgangspunkt i andre forhold end blot en maksimaludledning til en given gentagelsesperiode. Favrskov Kommune, Favrskov Forsyning og WSP havde således en del kommunikation omkring de nødvendige forudsætninger for en sådan tilladelse. Resultatet blev, at WSP forestod en detaljeret gennemgang af vandløbet med billedokumentation samt en robusthedsanalyse til vurdering af vandløbets kapacitet på de enkelte delstrækninger. Analysen viste, at Revens Møllebæk som forventet er et meget robust vandløb, som kan tåle udledninger på over 6 l/s/ha. På baggrund af denne analyse blev Favrskov Kommune, Favrskov Forsyning og WSP enige om et kompromis, som var, at der kunne udledes mellem 0,3 l/s/ha og 3 l/s/ha (som et forsigtighedsprincip). Yderligere blev det aftalt, at der i forbindelse med yderligere analyser skulle defineres en kritisk vandstand/vandføring, og hvis denne grænseværdi blev overskredet, måtte den maksimale udledning ikke overstige 0,3 l/s/ha (helst mindre), svarende til den oprindelige udledningstilladelse. Selvom Favrskov Kommune havde en lang række bekymringspunkter, som det er nødvendigt at tage i betragtning, når der arbejdes med en styret udledning, blev disse i første omgang udeladt, da der her er tale om en

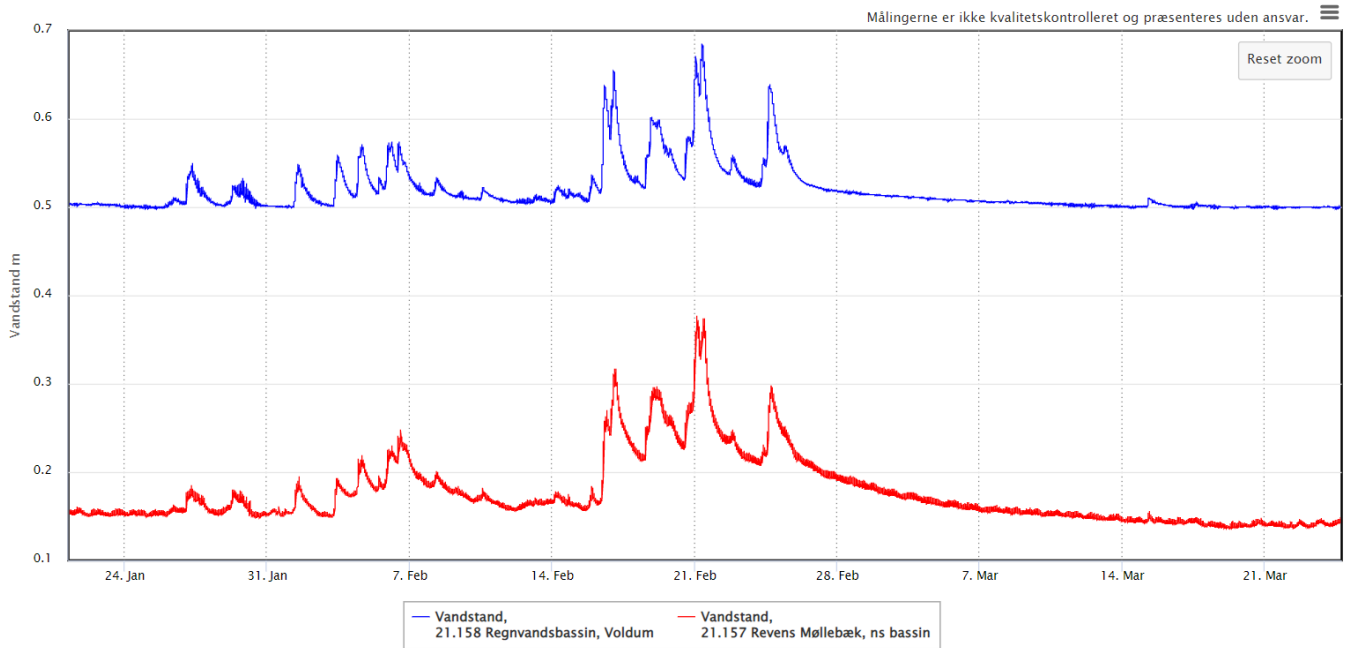
forsøgslokalitet med en robust recipient – ved senere ansøgninger om udledning, vil situationen dog formodentlig være anderledes. For til gengæld at tilgodese bekymringerne blev der i tilladelsen skrevet ind, at Favrskov Forsyning forpligtiger sig til at reetablere eventuelle skader, såfremt de er opstået som følge af udledning fra bassinet. Det stod efter denne proces klart, at der ligger en opgave i at definere en standard for, hvordan der udarbejdes en udledningstilladelse til styrede udledninger – der var dog ikke økonomi i projektet til at forstå denne proces, men det er en forhåbning, at denne problematik kan behandles i fremtiden, således dette ikke skal være en stopklods for mere optimal udnyttelse af regnvandsbassiner.



Figur 5-1 Til venstre ses Revens Møllebæk på området omkring udledningen. Til højre ses Revens Møllebæk omkring udløbet i Skader Å.

En del af sikkerheden i denne tilgang er, at der kontinuerligt er målinger af vandstanden i såvel bassinet som vandløbet, hvorved det altid er muligt at kende vandføringen begge steder. Derfor er det også – i modsætning til andre steder, muligt at vurdere, om en negativ påvirkning i vandløbet rent faktisk kan tilskrives en udledning fra bassinet. Dette monitoringssetup i sig selv giver derfor store muligheder i forbindelse med generel fordeling af

ansvar og i det hele taget viden om den faktiske lokalitet og de oplevede forhold. Målestationerne blev derfor opsat blot få måneder efter igangsættelse af projektet, og data udstillet på www.vandportalen.dk. Udsnit af målte vandstandsdata ses i Figur 5-2, hvor det fremgår, at vandløbet tydeligt responderer på bassinets udledning.

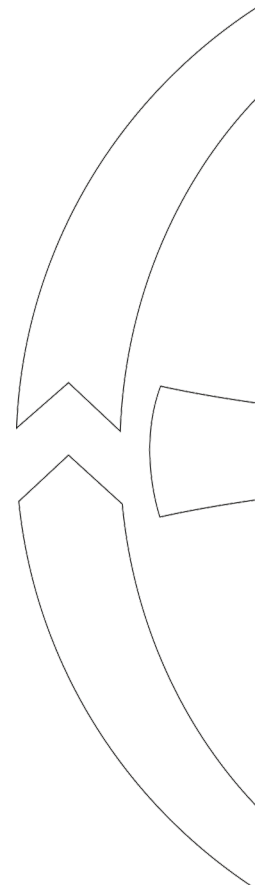


Figur 5-2 Udsnit af vandstandsdata for sensoren i hhv. Regnvandsbassinet i Voldum og sensoren i Revens Møllebæk netop nedstrøms bassinets udledning [kilde: <https://vandportalen.dk/>]

Sideløbende med myndighedsprocessen, havde projektparterne en række møder om det bedste design af en regulerbar lavenergi vandbremse. Flere designs blev udtænkt og for at spare ressourcer, blev de mest lovende udvalgt og testet genne CFD-beregninger lavet af AAU – ved at lave disse, blev der brugt en del tid i starten på at tænke og test designs, men til gengæld var det ikke nødvendigt at producere den samme mængde vandbremsere og teste dem manuelt. Resultatet af disse beregninger blev, at ReLeVand-bremsen blev designet som en centrifugal-vandbremse med et påmonteret spjæld, som ved hjælp af en motor kunne regulere åbningen. På denne måde blev vandbremsen designet til at kunne anvende flere udløbskurver – afhængigt af åbningen (se eksempel på standard vandbremsekurve i Figur 3-1). Denne vandbremse blev produceret og monteret i brønden i Voldum som en plug and play-løsning, hvor den eksisterende vandbremse principielt blot blev udskiftet med ReLeVand-bremsen. For at få ReLeVand-bremsen til at fungere med styring var det dog også nødvendigt at montere en motor samt en regulator og lokal strøm til at regulere disse. Se vandbremsen på Figur 5-3 og opsætningen i brønden i Figur 5-4 – her er opsætningen med ledninger endnu ikke gennemført, men det er muligt at se vandbremsen, motoren, nødstop-kontakten og kassen hvori regulatoren, som kommunikerer med vandstandsloggeren og regulerer udledningen sidder.



Figur 5-3 Prototype af ReLeVand-bremsen





Figur 5-4 Udløbsbrønden i Voldum i forbindelse med opsætningen af ReLeVand-bremsen (inden ledninger mm. blev trukket) – fra venstre ses nødstopkontakten, kassen som indeholder regulatoren, overløbskanten, ReLeVand-bremsen, og motoren. Under nødstoppet er monteret et batteri.

Samtidig med opsætningen af ReLeVand-bremsen, blev der også etableret et spjæld, som muliggjorde fuldstændig lukning af udløbet fra bassinet, således det blev muligt at stuve vand tilbage i bassinet og lave en styret udløbning af den akkumulerede mængde vand. Dette blev brugt til at etablere en række Qh-kurver for forskellige indstillinger af vand-bremsen samt til at teste potentialet i en aktivt styret vandbremse. Test af forskellige styringsstrategier er dog i praksis vanskelige at sammenligne over en længere tidsperiode – når der kun er begrænset tid, og forudsætningerne for styringerne vil være forskellige grundet forskellige randbetingelser. Derfor blev det valgt at anvende computermodeller til at simulere og således sammenligne styringerne. Sammenligningen af forskellige styringsstrategier vil derfor ske på baggrund af simulerede tidsserier, hvor alle inputdata er kalibreret på plads på baggrund af målte værdier. I den sammenhæng blev der defineret en kritisk vandspejlskote 70 cm over vandløbsbunden, eftersom der på få delstrækninger forekom let ustabile brinker over denne vandstand

5.3 Output

Det primære output fra projektet er, at der er produceret en patenteret styringsløsning til regnvandsbassiner i form af ReLeVand-bremsen.

Projektet i Voldum, Favrskov, har **demonstreret**, at det er muligt at styre vandbremsen i udløb fra regnvandsbassiner på en måde der både maksimere udnyttelse af magasineringsvolumenet og minimerer belastningen på vandløbsrecipienten. Der er **udviklet en ny type af patenteret vandbremse**, som både kan fungere passivt, uden aktiv styring, og som aktivt kan reguleres ud fra vandstand i bassinet, vandføring i vandløbet og målt/forudsat regn – se ReLeVand-bremsen i Figur 5-5. Projektresultaterne viser, at der er et stort potentiale for anvendelsen af denne regulering, da den muliggør optimering af det

nødvendige stuvningsvolumen, således at det i dette tilfælde var muligt at reducere antallet af overløb fra ét til ingen. ReLeVand kan således bringes i anvendelse både i nye bassiner eller ældre bassiner, der enten ikke længere lever op til deres udledningstilladelse eller hvor der skal kobles ekstra opland på.



Figur 5-5 Den færdige prototype af ReLeVand-bremsen [kilde: <https://vandportalen.dk/>]

Med udgangspunkt i vandbremsen og målelokaliteten er der yderligere udarbejdet tre specialeprojekter fra AAU med udgangspunkt i dynamikkerne omkring udledning af regnvand:

- Speciale om styring af regnvandsbassiner – Nørgaard & Jensen, 2019
- Speciale om temperatur, ilt og pH i bassiner og udledningens påvirkning af vandløb – Fink & Hørup, 2020
- Speciale om styring og erosionspåvirkning - endnu ikke udgivet men udarbejdet i perioden 2021-2022

5.4 Projektresultater

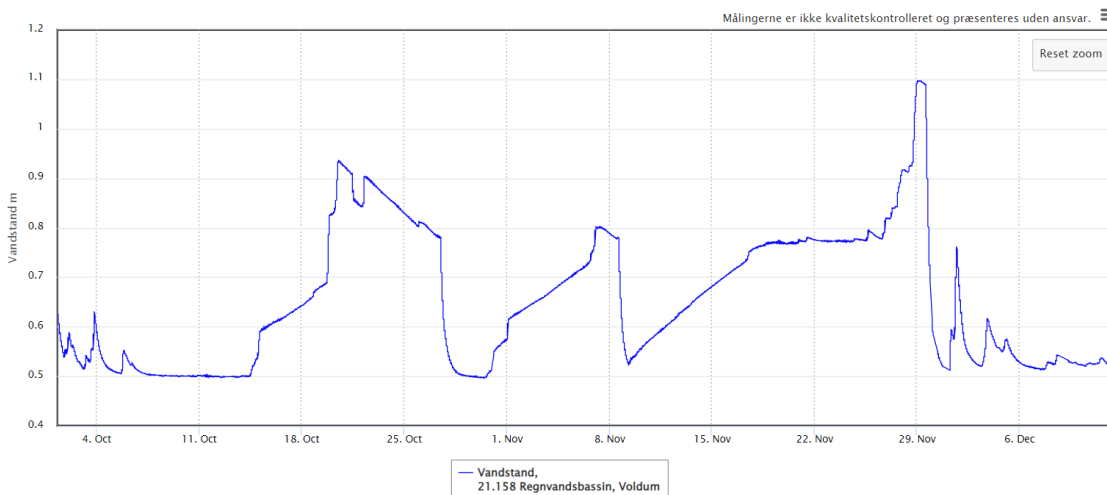
Et resultat af projektet er, at der er udviklet en patenteret Regulerbar LavEnergi vandbremsen (under udstedelse der er givet tilsagn af PVS feb.2022) - ReLeVand-bremsen, som gennem projektet og efterfølgende er testet. Vandbremsen er patenteret af Mosbæk, og er designet som en almindelig centrifugal-vandbremse, som yderligere kan reguleres med et regulerbart spjæld, som gør, at der kan skabes forskellige vandbremsekurver. Da det ikke er muligt at teste mange styrestrategier fysisk inden for projektperioden er det valgt at opstille en numerisk simuleringsmodel (i WSP's simuleringsværktøj) for at kunne teste over en mindst 10 årig periode (2010-2020). Den fysiske vandbremse er varieret i indstilling i gennem en række forsøg og disse data er brugt til at kalibrere simuleringsmodellen. Data anvendt i simuleringen er vandføringsdata fra Spørring Å, som er korreleret til vandføringsdata fra Revens Møllebæk i den korte periode, hvor der er data her. Yderligere er der anvendt regndata fra Randers.

Moesbæk A/S har udviklet en styreklap der påvirker den interne hydrodynamik ved at lade en kontrolleret vandmængde passere gennem hvivelregulatorens centrale del. Dette gøres med en gearet motor der er styret af en mikroprocesser. Denne MCU udveksler målinger af de 2 vandstande og regulatorens position. Derved kan styringsstrategien implementeres på baggrund af tilstanden i vandløb og vandstand i bassinet. Systemet er batteridrevet og kan holdes opladet med et solcellesystem. Data sendes via et online målesystem, der sender måledata til skyen ca. hvert 15. minut. Systemet er forberedt til at kunne modtage informationer om f.eks kommende nedbør og justerer strategien. Denne sidste strategi er dog ikke implementeret i dette projekt. På grund af vandbremsens innovative ide og udførsel har Moesbæk udtaget patent på det nye design. Dette sikrer IPR men også at denne innovation på sigt kan føre til større eksport og arbejdspladser i Danmark.

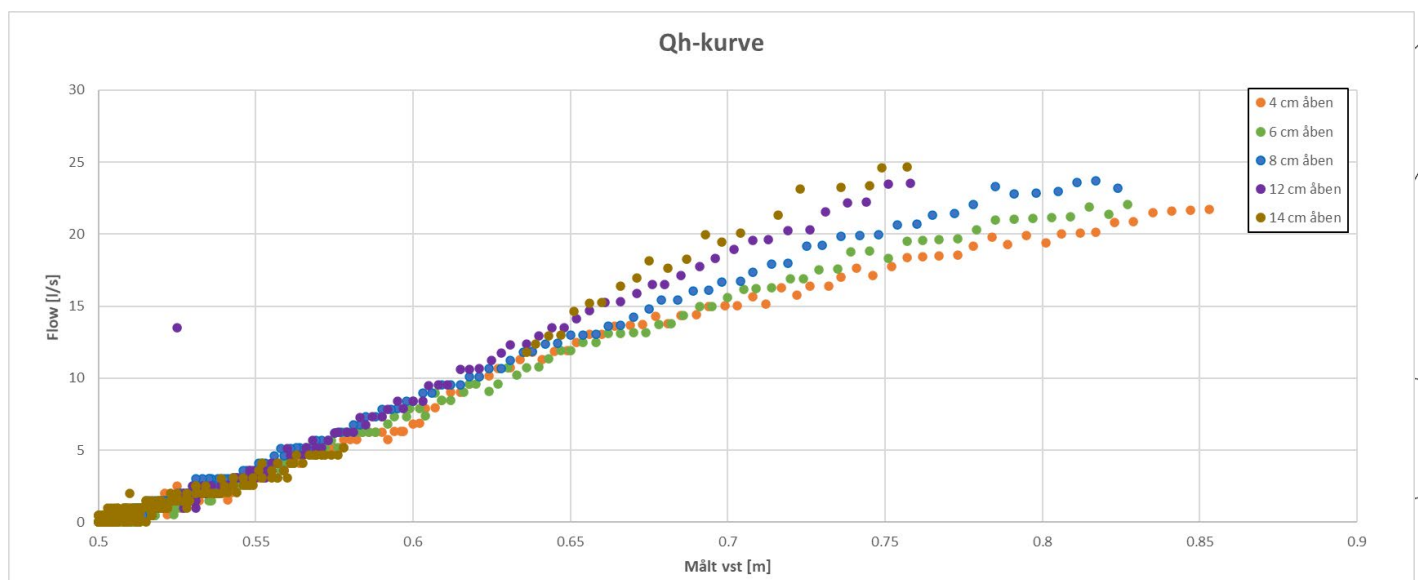
Som beskrevet tidligere er formålet med projektet at udvikle en regulerbar lavenergi vandbremse, som simpelt kan installeres i et bassin og give en mere optimal udnyttelse af bassinets kapacitet – uanset om der er tale om nye eller eksisterende bassiner. Der er derfor undersøgt fire forskellige udlederstrategier, som er evalueret op imod hinanden i forhold til, hvor meget plads der skal anvendes for at undgå overløb i den 10 årige simuleringsperiode, samt hvor lang en periode den pågældende strategi giver anledning til vandstande over en prædefineret kritisk vandstand i Revens Møllebæk. Den kritiske vandstand i Revens Møllebæk er defineret ud fra en detaljeret robusthedsanalyse foretaget som en indledende analyse af vandløbskapaciteten. Resultater fra denne analyse er ligeledes anvendt i WSP's og Favrskov Forsynings ansøgning om udledningstilladelse fra Favrskov Kommune.

De første analyser ud over robusthedsanalysen var at definere Qh-kurverne ved forskellige indstillinger af vandbremsen. Dette er gjort ved at lukke udløbet fra regnvandsbassinet og

fyldte det mest muligt, inden der igen blev åbnet og bassinet tømt. Et eksempel på, hvordan vandstandsvariationerne i forbindelse med en fyldning og tømning ser ud, fremgår af Figur 5-6. Ud fra vandstandsændringerne er sammenhængen mellem vandstand og vandføring ved forskellige udløbsindstillinger defineret – se eksempel på Qh-kurver i Figur 5-7. Metoden til etablering af Qh-kurver er beskrevet i Thomsen, 2019.



Figur 5-6 Udklip af vandstandshydrografen for Regnvandsbassinet i Voldum. Det ses her, hvordan bassinet langsomt fyldes med vand, hvorefter det tømmes, og på baggrund af tømningsskurven kan en Qh-kurve etableres [kilde: <https://vandportalen.dk/>].



Figur 5-7 Etablerede Qh-kurver for forskellige vandbremseindstillinger.

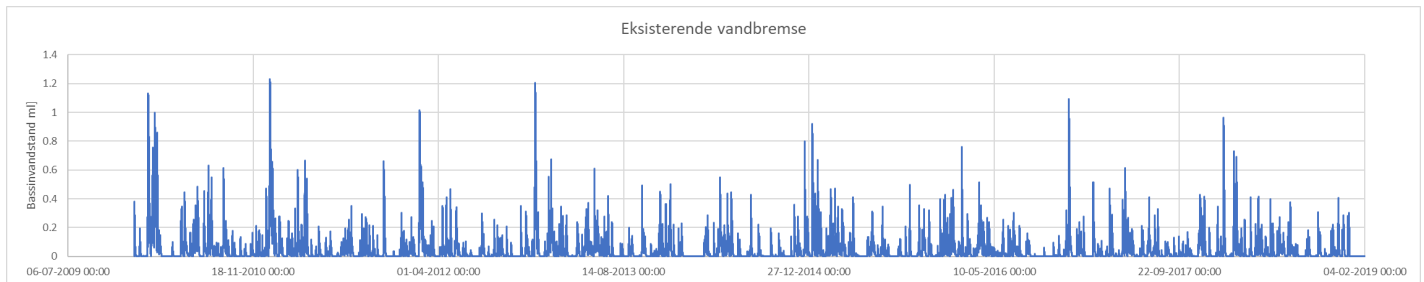
Med udgangspunkt i de eksisterende forhold er der lavet simuleringer på fire forskellige styringsstrategier:

- Eksisterende vandbremse (maks. 8 l/s)
- Konstant 8 l/s

- On – off-styring
- Glidende styring – 8-80 l/s

Eksisterende vandbremse (maks. 8 l/s)

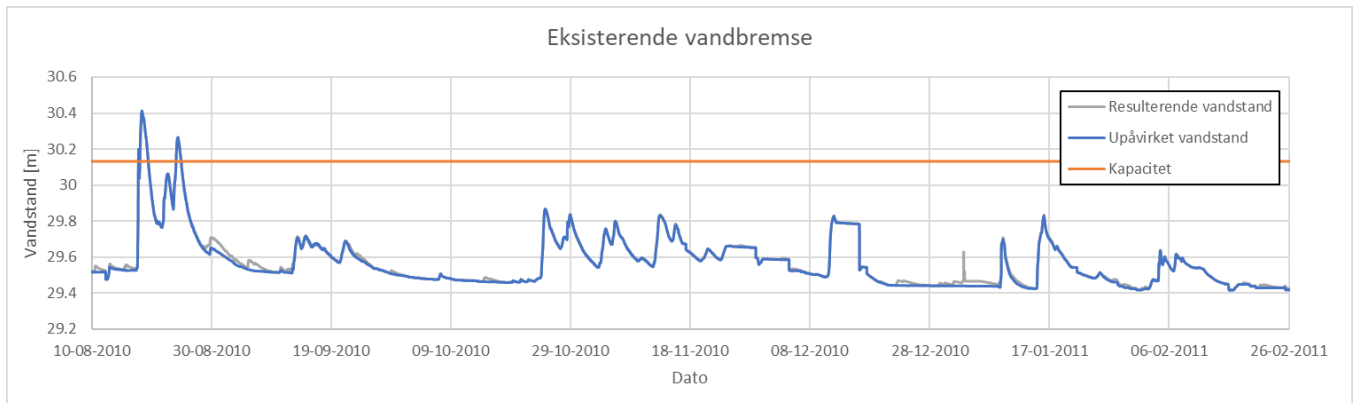
Passiv styring, hvor der udledes på baggrund af en vandbremse-kurve, som tillader en maksimaludledning på 8 l/s, når bassinet er helt fyldt – se resulterende bassinvandspejl i Figur 5-8 og karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapacitet i Tabel 5-1



Figur 5-8 Simuleret vandspejl i bassinet som følge af udledning ved den eksisterende strategi med én vandbremsekurve med maksudledning på 8 l/s. Vandspejl ved overløbskanten er 1,2 m.



Figur 5-9 Zoom af Figur 5-8 - bassinvandsstanden med den eksisterende vandbremse. Fokus er på overløbet, som sker den 02/01-2011



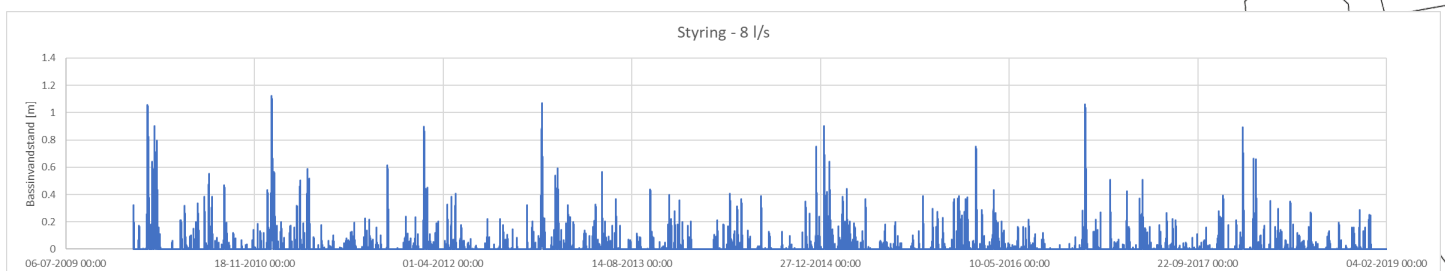
Figur 5-10 Simulerede vandstandskoter i vandløbet nedstrøms udledningen – her ses hhv. den kritiske vandstandskote, den upåvirkede vandstand og den resulterende vandstand ved udledning med den eksisterende vandbremse.

Tabel 5-1 Karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapaciteten ved en udledning med eksisterende strategi med én vandbremsekurve med en maksudledning på 8 l/s. Her angives data for den samlede 10 års simuleringsperiode. Første række med nødvendigt bassinvolumen beskriver, hvor stort et bassinvolumen, der ville være nødvendigt for at sikre, at der ikke opstod overløb i løbet af den simulerede periode.

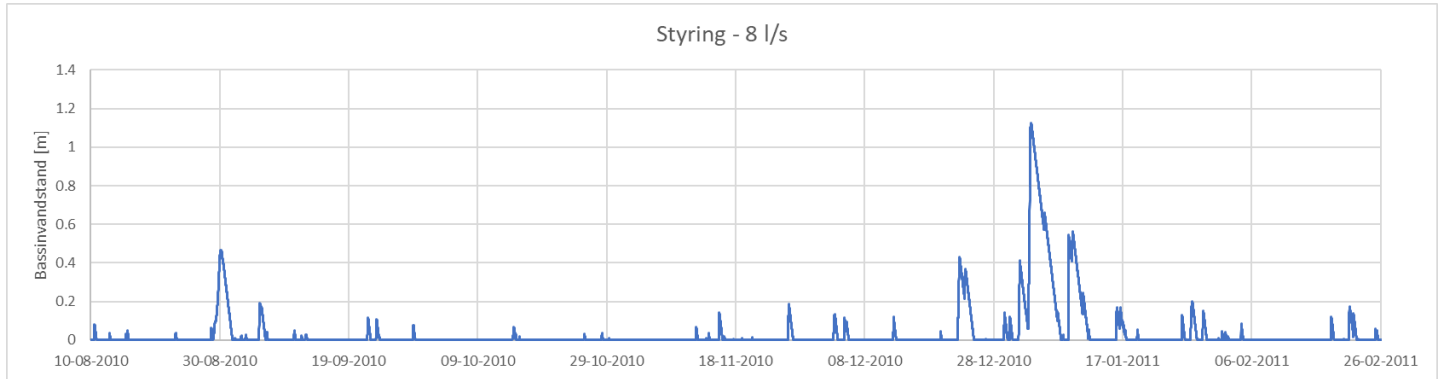
Nødvendigt bassinvolumen [m³]	3137
Tid med overløb [timer]	4
Antal overløb [stk.]	1
Maks. overløbsvandføring [l/s]	80
Overløbsmængde [m³]	285
Overløbstid [timer]	4
Middel overløbsvandføring [l/s]	5
Tid over kritisk vst. i vandløb [timer]	108

Konstant udledning på 8 l/s

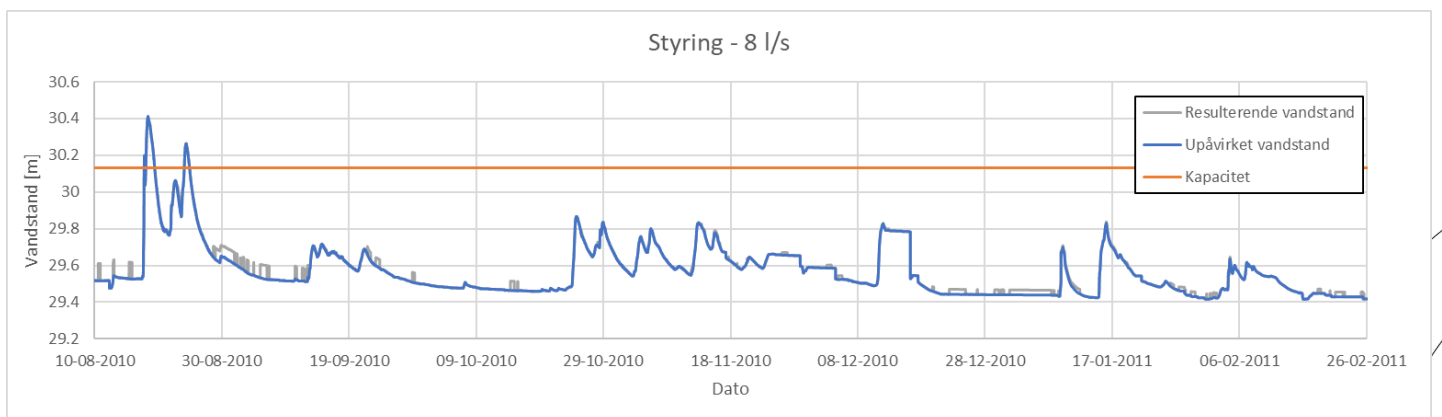
Aktiv styring, hvor vandbremsen regulerer udledningen, så der altid, når der er tilstrækkeligt vand i bassinet, udledes 8 l/s – se resulterende bassinvandspejl i Figur 5-11 og karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapacitet i Tabel 5-2



Figur 5-11 Simuleret vandspejl i bassinet som følge af en udledning, hvor den oprindelige udledningstilladelse med en maksudledning på 8 l/s udnyttes mest muligt. Vandspejl ved overløbskanten er 1,2 m.



Figur 5-12 Zoom af Figur 5-11 - bassinvandstanden ved en maksudledning på 8 l/s. Fokus er på overløbet, som i den eksisterende situation skete den 02/01-2011



Figur 5-13 Simulerede vandstandskoter i vandløbet nedstrøms udledningen – her ses hhv. den kritiske vandstandskote, den upåvirkede vandstand og den resulterende vandstand ved en styret udledning på maks. 8 l/s.

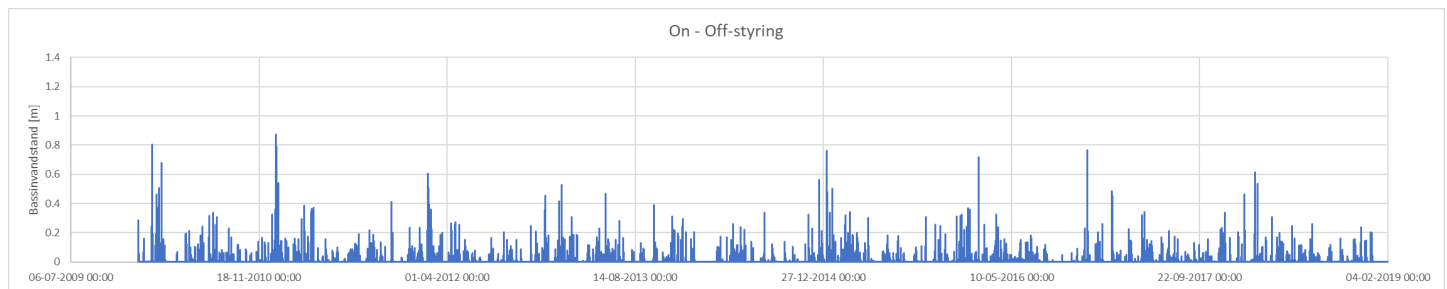
Tabel 5-2 Karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapaciteten ved en udledning, hvor den oprindelige udledningstilladelse med en maksudledning på 8 l/s udnyttes mest muligt. Her angives data for den samlede 10 års simuleringsperiode. Første række med nødvendigt bassinvolumen beskriver, hvor stort et bassinvolumen, der ville være nødvendigt for at sikre, at der ikke opstod overløb i løbet af den simulerede periode.

Nødvendigt bassinvolumen [m³]	2760
Tid med overløb [timer]	0
Antal overløb [stk.]	0
Maks. overløbsvandføring [l/s]	0
Overløbsmængde [m³]	0
Overløbstid [timer]	0
Middel overløbsvandføring [l/s]	0

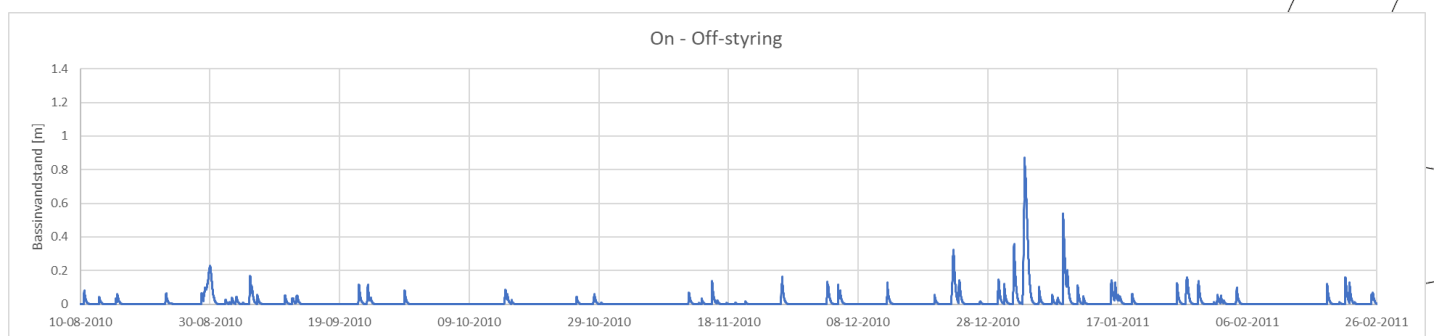
Tid over kritisk vst. i vandløb [timer]	107
--	-----

ON-OFF styring

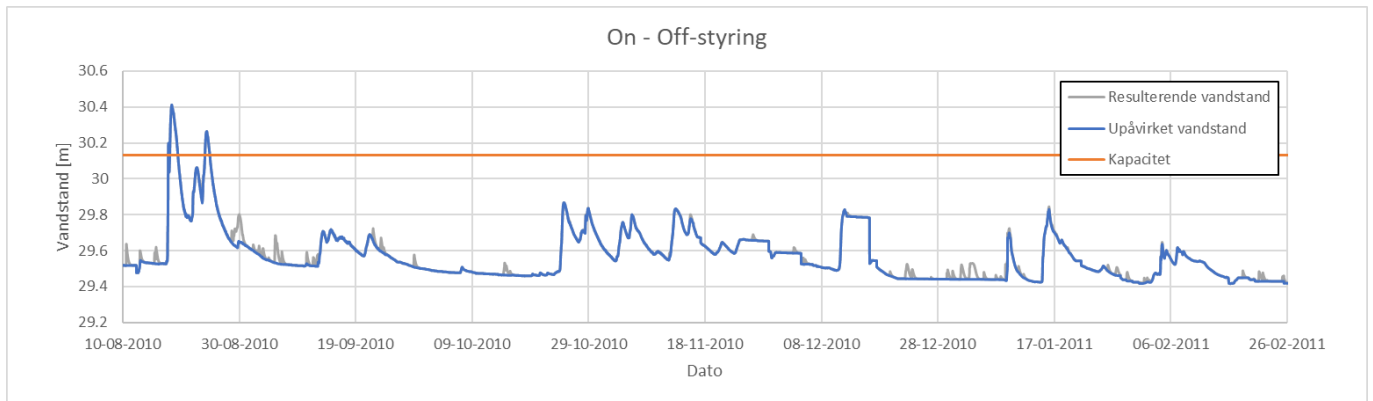
Aktiv styring hvor vandbremsen kan sættes i to positioner svarende til den spændvidde, der er i ReLeVand-bremsen i dag (fra maks. 8 l/s til maks. ca. 40 l/s ved fyldt bassin). Hvornår vandbremsen skifter fra positionen med stor udledning til positionen med lille udledning defineres af vandspejlet i vandløbet. Vandbremsen står som udgangspunkt i en position, der tillader de største udledninger, men når det resulterende vandspejl i vandløbet nærmer sig den kritiske kote, skifter indstillingen, og vandbremsen vender tilbage til den position, der giver en udledning svarende til de eksisterende forhold. På denne måde er det muligt at udlede mere vand i de perioder, hvor der er kapacitet i vandløbet, således der er mere plads i forbindelse med tilbageholdelse af de store regnhændelser – se resulterende bassinvandspejl i Figur 5-14 og karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapacitet i Tabel 5-3



Figur 5-14 Simuleret vandspejl i bassinet som følge af en udledning hvor vandbremsen kan sættes i to positioner svarende til den spændvidde, der er i ReLeVand-bremsen i dag (fra maks. 8 l/s til maks. ca. 40 l/s ved fyldt bassin). Vandspejl ved overløbskanten er 1,2 m.



Figur 5-15 Zoom af Figur 5-14 - bassinvandstanden ved en udledning hvor vandbremsen kan sættes i to positioner. Fokus er på overløbet, som i den eksisterende situation skete den 02/01-2011



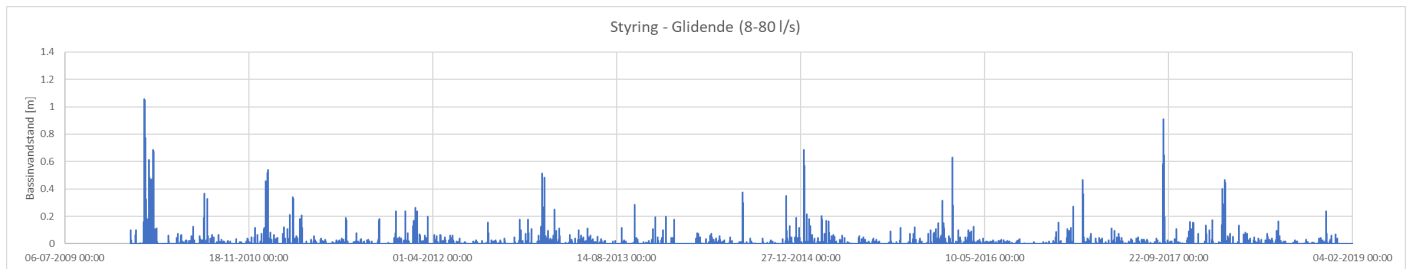
Figur 5-16 Simulerede vandstandskoter i vandløbet nedstrøms udledningen – her ses hhv. den kritiske vandstandskote, den upåvirkede vandstand og den resulterende vandstand ved en styret udledning hvor vandbremsen kan sættes i to positioner.

Tabel 5-3 Karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapaciteten ved en udledning hvor vandbremsen kan sættes i to positioner svarende til den spændvidde, der er i ReLeVand-bremsen i dag (fra maks. 8 l/s til maks. ca. 40 l/s ved fyldt bassin). Her angives data for den samlede 10 års simuleringsperiode. Første række med nødvendigt bassinvolumen beskriver, hvor stort et bassinvolumen, der ville være nødvendigt for at sikre, at der ikke opstod overløb i løbet af den simulerede periode.

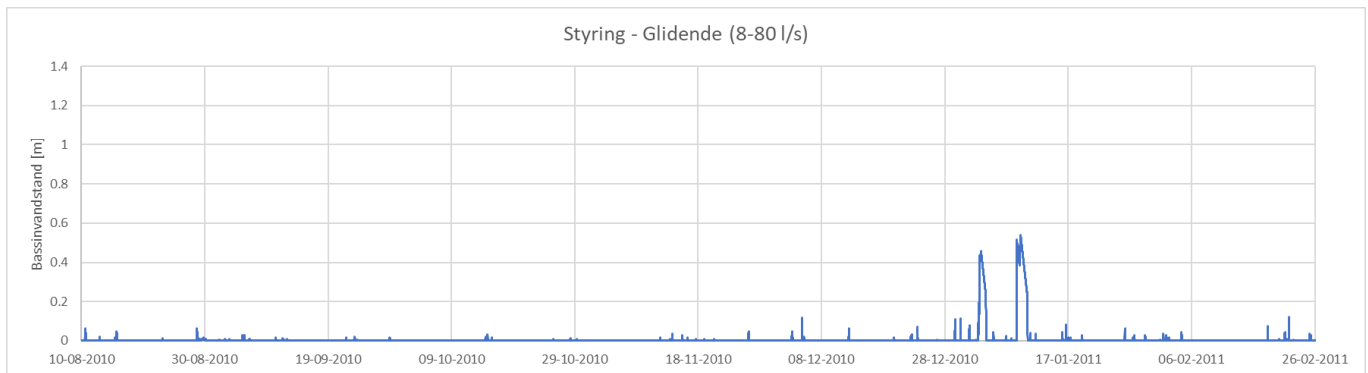
Nødvendigt bassinvolumen [m³]	2144
Tid med overløb [timer]	0
Antal overløb [stk.]	0
Maks. overløbsvandføring [l/s]	0
Overløbsmængde [m³]	0
Overløbstid [timer]	0
Middel overløbsvandføring [l/s]	0
Tid over kritisk vst. i vandløb [timer]	107

Adaptiv glidende styring

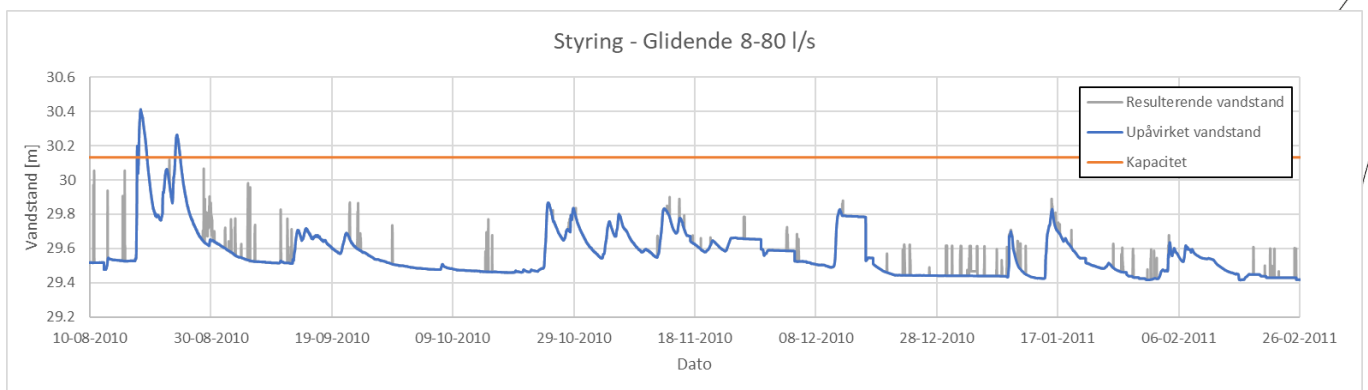
Aktiv styring hvor vandbremsen kan ændre maxsvandføringen ti gange, som det forventes at en lidt optimeret version af ReLeVand-bremsen kan. I denne udlederstrategi forudsættes det, at ReLeVand-bremsen kontinuerligt kan ændre indstilling, således man kan "bestille" en vandføring (den fysiske styringsmekanisme er designet til at kunne håndtere dette). De vandføringer, der styres efter, er den eksisterende kapacitet i vandløbet, som kontinuerligt beregnes ud fra kendskabet til et kritisk vandspejl i vandløbet og viden om det eksisterende vandspejl. Ud fra disse oplysninger beregnes en restkapacitet, som bassinet må udnytte ved sin udledning. Denne strategi har således til formål både at optimere bassinet og at beskytte vandløbet – se resulterende bassinvandspejl i Figur 5-17 og karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapacitet i Tabel 5-4



Figur 5-17 Simuleret vandspejl i bassinet som følge af en udledning hvor vandbremsen kontinuerligt ændrer indstilling, således den løbende kan udlede en vandføring svarende til den til enhver tid acceptable i vandløbet. I denne strategi arbejdes med for maksudledningen på mellem 8 og 80 l/s (en spændvidde, hvor den som Projektgruppen fortsat arbejder på at kunne opnå). Vandspejl ved overløbskanten er 1,2 m.



Figur 5-18 Zoom af Figur 5-17 - bassinvandstanden ved en udledning hvor vandbremsen kontinuerligt ændrer indstilling til en udledning på mellem 8 og 80 l/s. Fokus er på overløbet, som i den eksisterende situation skete den 02/01-2011



Figur 5-19 Simulerede vandstandskoter i vandløbet nedstrøms udledningen – her ses hhv. den kritiske vandstandskote, den upåvirkede vandstand og den resulterende vandstand ved en styret udledning hvor vandbremsen kontinuerligt ændrer indstilling til en udledning på mellem 8 og 80 l/s.

Tabel 5-4 Karakteristiske data for overløb og overskridelse af vandløbskapaciteten ved en udledning, hvor vandbremsen kontinuerligt ændrer indstilling, således den løbende kan udlede en vandføring svarende til den til enhver tid acceptable i vandløbet. I denne strategi arbejdes med for maksudledningen på mellem 8 og 80 l/s. Her angives data for den samlede 10 års simuleringsperiode. Første række med nødvendigt

bassinvolumen beskriver, hvor stort et bassinvolumen, der ville være nødvendigt for at sikre, at der ikke opstod overløb i løbet af den simulerede periode.

Nødvendigt bassinvolumen [m³]	2600
Tid med overløb [timer]	0
Antal overløb [stk.]	0
Maks. overløbsvandføring [l/s]	0
Overløbsmængde [m³]	0
Overløbstid [timer]	0
Middel overløbsvandføring [l/s]	0
Tid over kritisk vst. i vandløb [timer]	81

Resultaterne for det nødvendige bassinvolumen og den samlede tid med overskridelse af vandløbskapaciteten er sammenfattet i Tabel 5-5. Det fremgår her, at des større udledning der accepteres, i de perioder hvor der er kapacitet i vandløbet, des kortere tid vil der ske en overskridelse af vandløbets kapacitet. Dette skyldes, at når vandet udledes hurtigere, er der større kapacitet i bassinet, når det er nødvendigt at holde tilbage. Der er arbejdet med to styringsstrategier, hvor vandløbets aktuelle kapacitet er inddraget i styringen – den ene er on – off-styringen, som arbejder med to indstillinger på vandbremsen (stor og lille udledning) og den anden er en glidende styring, hvor man rimelig præcist kan "bestille" en vandføring svarende til den aktuelle restkapacitet i vandløbet. Sidstnævnte er den mest komplekse styring, og som det fremgår, er det også den, der beskytter vandløbet mest. Den simpleste styring (on – Off-styringen) er mere optimale i forhold til strøm, mens den i mindre grad har mulighed for at beskytte vandløbet, på samme vis som den glidende styring. Den mest effektive i forhold til bassinbesparelser er derfor i dette tilfælde on-off styringen, som kan reducere bassinstørrelsen med ca. 32 %. Hvilken styringsstrategi, der er den optimale vil altid afhænge af de lokale forhold.

Tabel 5-5 Oversigt over det nødvendige bassinvolumen for at undgå overløb i en ti års periode ved de fire udleder strategier, samt den procentvise pladsbesparelse i forhold til den eksisterende løsning – besparelsen er ligeledes angivet som en økonomisk besparelse, hvor det konservativt forudsættes, at der pr. m³ sparet bassin er en besparelse på 500 DKK.

Udlederstrategi	Periode med overskridelse af kritisk vand-spejl [timer]	Nødvendigt bassinvo-lumen [m³]	Besparelse ift. eksis-terende
Eksisterende vandbremse	108	3137	0 % - 0 DKK
Konstant 8 l/s	107	2760	12% - ca. 189.000 DKK
On – off-styring	107	2144	32 % - ca. 497.000 DKK
Glidende styring – 8-80 l/s	81	2600	17 % - ca. 268.000 DKK

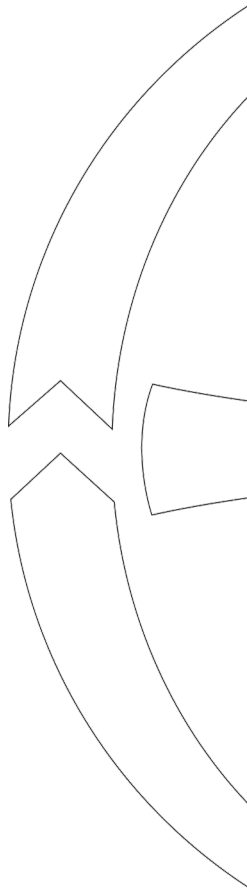
Af tabellen fremgår det også, at det (med forudsætning af en kubikmeterpris på 500 DKK) er muligt at spare mellem ca. 200.000 og 500.000 DKK ved implementering af styringen. Dette lyder måske ikke af meget, men i dette tilfælde håndteres også blot regn fra et

kloakopland på ca. 25 ha totalopland – ca. 9 ha reduceret opland. Hvis styringen blev implementeret i en større by, ville besparelsen være markant.

Ud over den økonomiske besparelse giver styringen og monitoringen også en række andre sidegevinster. Bl.a. giver den en viden omkring eventuelle koblinger af dræn eller andre, der resulterer i en større indstrømning end forventet, mekaniske problemer i bassinet, således er det let og simpelt kun at sende driftspersonale til bassinet, når noget er galt. Yderligere giver det et kendskab til påvirkningen af vandløbet, således, at det i forbindelse med problematiske oversvømmelser eller lignende i vandløbet altid er muligt at vide, om problemet skyldes et overløb, store vandløbsvandføringer eller andre problemer. Dette giver en langt mere faktabaseret dialog med vandløbsmyndighederne og mellem vandløbsmyndigheder og påvirkede lodsejere.

Metoden med at definere en kritisk vandstand og eventuelt en kritisk vandføring åbner også for en langt bedre faglig dialog med de kommunale myndigheder, hvor det er muligt at drøfte, hvad der er kritisk for det pågældende vandløb og reagere på det, i de perioder hvor det er nødvendigt, frem for altid at regulere bassinet med udgangspunkt i hydrauliske påvirkninger, som kun i sjældne tilfælde er problematiske. Denne metode stiller dog også højere krav til kendskabet til recipienten samt hvad der er kritisk og hvornår.

Styringsstrategierne kan kombineres på en sådan måde, at både driften af regnvandsbassinene bliver mere effektiv, men også så vandløbet ikke bliver overbelastet af eventuelle nødoverløb. Det skal bemærkes at nødoverløb i størst muligt omfang skal undgås, da de ikke kan reguleres og risikere at påføre vandløbet betragtelige skader. En styret vandbremse har derfor potentialet til at gøre effektiviteten større og miljøeffekterne mindre.



5.5 Konklusion

Der er udviklet en patenteret Regulerbar Lavenergi Vandbremse (under udstedelse der er givet tilsagn af PVS feb.2022). Anvendelsen af denne vandbremse til at styre udledningen fra bassinet har den effekt, at netop styringen flytter situationen fra, at der er ét overløb i løbet af ti år, til at der intet overløb fremkommer i den samme periode.

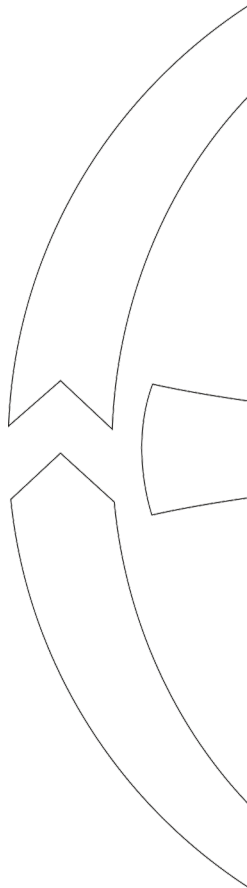
Både målinger og modelberegninger viser, at der er et ubrugt potentiale i at installere lavenergi vandbremsere på regnvandsbassiner. Metoden kan bruges som alternativ til at bygge flere regnvandsbassiner eller til at forøge kapaciteten på eksisterende bassiner.

Der er gennem projektperioden opstillet og testet en prototype på en aktiv vandbremse, der kan indstilles til at implementere forskellige styrestrategier. Designet af systemet er fejlræsistent idet en strømafbrydelse ikke vil forstyrre driften – vandbremsen vil blot falde tilbage til en traditionel passiv styringsstrategi.

Som supplerende fordele giver Relevand systemet både forsyningen og kommunen bedre muligheder for at vurdere samspillet mellem regnvandsbassiner og vandløb. Systemet leverer online data omkring bassinets funktion samt vandløbets hydrauliske tilstand, Forsyningen kan derfor dokumentere at man overholder udledningstilladelsen. Kommunen får også mulighed for bedre lokalt at kunne vurdere størrelsen på udledningstilladelsen i forhold til median maksimum flow i vandløbet. Samlet giver det både forsyningen og myndigheden mulighed for at efterprøve de eksisterende tilladelser på et fælles datagrundlag. Efterfølgende kan man derfor vurdere om en mere dynamisk udledningstilladelse er gavnlig for regnvandssystemet og vandløbet.

Tilknyttede civilingeniør afgangsprojekter fra Aalborg Universitet i samarbejde med WSP (Fink & Hørup, 2020) viser at de vandkvalitetsmæssige konsekvenser ved øget udledning på nogle tidspunkter ikke vil påvirke vandløbet. Tværtimod er vandkvaliteten i regnvandsbassinet i Voldum ofte bedre end vandkvaliteten i Revens Møllebæk nedstrøms renseanlægget.

På trods af de absolut positive resultater i forhold til såvel mulighed for optimering af udledningen – samtidig med forbedrede forhold i vandløbet, har det dog vist sig, at der ligger en væsentlig større udfordring i at ansøge (og tildele) udledningstilladelser til denne type anlæg. Der er i projektet modtaget en sådan tilladelse, men de eksisterende retningslinjer lægger ikke op til tilladelser givet med udgangspunkt i en varieret udledning samt vandløbets kapacitet. En konklusion er således også, at der bør arbejdes videre med at inddrage myndighederne for at forbedre mulighederne for at kunne optimere udledninger fra regnvandsbassiner gennem installationen af en ReLeVand-bremse.



6 Litteraturliste

1. **Thomsen, Anja T. H.** (2019): "Quantification of the hydraulic effects of discharge from stormwater detention ponds into streams", AAU – PhD-projekt
2. **DANVA og KL**(2018): ADMINISTRATIONS PRAKSIS for regnvandsbassiner og udledningstilladelser - DANVA Vejledning nr. 104, DANVA
3. **Miljø og Fødevarerstyrelsen** (2018): "Spildevandsvejledningen til bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4", Miljøministeriet
4. **Thomsen, Anja T. H., Jensen, Ditte M. R., Egemose, Sara, Larsen, Torben** (2020): "Byernes regnbetingede udløb til vandløb: hvad tillader vi?", EVA : Erfaringsudveksling i vandmiljøteknikken
5. **Thomsen, Anja T. H.** (2018): "Hvad stiller vi op med udledningstilladelser i fremtiden?", Eva-bladet
6. **Nørregaard, Line B., Jensen, Anne G.** (2019) " Styring af udledning fra regnvandsbassiner", AAU – specialeprojekt
7. **Fink, Marianne S., Hørup, Louise K.** (2020): " Recipienteffekter som konsekvens af udledning fra våde regnvandsbassiner: Monitorering af vandkvalitetsparametrene temperatur, opløst ilt, pH og ledningsevne", AAU - specialeprojekt
8. **Jacobsen, Andreas** (2022): "Sedimenttransport i vandløb", AAU – Speciale (endnu ikke offentligt)

