



VUDP PROJEKTRAPPORT

BUNDFÆLDNING OG UDLEDNING AF RETURSKYLLEVAND



Bundfældning og Udledning af Returskyllevand

DATO: 16. december 2024

Projekt ID: 2023.48

Udgiver:

VIA University College, DMR, Vestforsyning Vand, Aarhus Vand

Udarbejdet af:

Loren Ramsay, Søren Bastholm Olesen, Lars Dueholm, Rasmus Bærentzen

Finansiering:

Vejledningen er finansieret af

VUDP-Foreningen, Vandsektorens forening til forbedring af vandsektorens effektivitet og kvalitet

Samarbejdspartnere:

VIA University College, DMR, Vestforsyning Vand, Aarhus Vand





Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	3
Introduktion	7
Projektets betydning for vandbranchen	8
Marked og/eller anvendelsesmuligheder	8
Næste skridt	8
Formidlingsplan	9
Projektet	10
Formål	10
Output	10
Projektresultater	10
Konceptuelle forhold og driftsforhold	10
Resultater af laboratorieundersøgelser	12
Udledningstilladelser	15
Fuldskalaforsøg	15
Konklusion	18
Litteraturliste	19

Sammenfatning

Der er et stigende fokus på udledning af skyllevand fra vandværker, og der fornys mange tilladelser til skyllevand i disse år. Denne rapport omhandler rammeforholdene omkring skyllevand, hvordan skyllevand håndteres i dansk vandforsyning og på muligheder for optimering af kvaliteten af det udledte skyllevand.

Størstedelen af skyllevandsanlæggene udgøres af bassiner/tanke, hvor skyllevandet udledes til, og hvor der sker en bundfældning. Der er her betydelig forskel i design og drift af disse skyllevandsanlæg.

Projektet har indeholdt følgende aktiviteter:

- Udvikling af udstyr til måling og optimering (udvikling af udstyr og laboratoriemålinger af bundfældningshastigheder)
- Dataindsamling til belysning af danske skyllevandshåndteringer (fra 20 vandværker), samt oplysninger om udledningstilladelser (fra 11 kommuner og 20 vandværker)
- Fuldskala optimeringsforsøg på henholdsvis Nibsbjerg Vandcenter (Holstebro) og Stautrupværket (Aarhus)

Projektet har vist, at bundfældningen ikke kan sammenlignes med den bundfældning, som ses på spildevand med et slamspejl, som bevæger sig nedad. I stedet ses der en gradvis bundfældning i hele beholderdybden på samme tid. Det har betydning for, hvordan bundfældningen foregår, når der ledes vand til bassiner.

Laboratorieforsøg har vist, at der for en del af de 20 testlokaliteter er ret ens fysiske forhold, men der ses en stor divergens i bundfældningshastigheder. Der er også identificeret en række vigtige forhold for udledningskvaliteten gennem de udførte forsøg. Pumpningen, under tømningen af skyllevandsbassinerne, er vigtig, da genmobilisering af bundfældet okker er en betydelig risiko. Bundfældningstiden af skyllevandet i bassiner er vigtig, og det kan forbedre den udledte kvalitet, men praktiske forhold, som hvornår skyllevandsbassinet skal være klar til nye skyl, er vigtige elementer i en optimering. Bassindybden er også en vigtig parameter, især da den har indflydelse på risikoen for genmobilisering af bundfældet okkerslam. I flere tilfælde ses der en relativt dårlig udnyttelse af skyllevandsbassinets volumen. Det kan skyldes en dårlig udnyttelse af beholderne, men også at vandværkets fulde produktionskapacitet ikke anvendes i normal drift. Så der er mange faktorer at tage i betragtning, når optimalt design og drift af skyllevandsbassiner skal afdækkes. Derfor er det også svært at komme med entydige guidelines til god og optimal drift, men projektet har forsøgt at komme med udpegning af fokusområder, som skal vurderes samlet i en optimering.

Tilsætning af flokkuleringsmidler er undersøgt, og der er anvendt polyaluminium chloride (PAC), som har en effekt på jern og arsen, men ikke særlig stor påvirkning på mangan. Man skal dog være opmærksom på, at det medfører en øget udledning af aluminium i det afledte skyllevand. I praksis bør man vurdere, om det er mere gavnligt end en udledning af en højere koncentration af jern og arsen.

Måling af turbiditet er en god indikator for indholdet af jern, og ved en turbiditet under 20 NTU kan de fleste udledningskrav til jern overholdes. Derfor kunne kontrolvandprøver for jern godt erstattes af onlinemålinger af turbiditet.

Fuldskalaforsøg har vist, at der findes optimeringsmuligheder, men at nogle tiltag ikke har særlig stor effekt, og i enkelte tilfælde er effekten slet ikke målbar.

Online turbiditetsmålinger kan erstatte punktmålinger for jern, mens krav til mangan kan desværre ikke dækkes af en online måling af turbiditet.

Der er tydeligvis ikke ensartede retningslinjer for fastsættelsen af de udledningskrav, som de enkelte vandværker får i deres udledningstilladelser. Ofte ses der ikke på udledningsrecipientens vandkvalitet, og de kommunale myndigheder kunne måske have behov for et mere ensartet grundlag at fastsætte udledningskravene efter. Der er store perspektiver i at bruge den nyerhvervede viden gennem dette projekt og anvende det i både design og drift af fremtidens skyllevandsbassiner.

Et forslag til trin-for-trin fokusområder, som kan anvendes til inspiration til optimering, fx hvor der er udfordringer i eksisterende skyllebassiner med at overholde udledningskrav, findes i den tekniske rapport. Det skal dog understreges, at hver situation er unik, og relevansen af de enkelte punkter skal nøje overvejes og ses i sammenhæng med resten af vandværkets drift og kapaciteter.

English summary

In recent years, there has been an increasing focus on the discharge of backwash water from waterworks, and many backwash water permits have been renewed. This report deals with the framework conditions for handling of backwash water and looks at opportunities for optimizing the quality of the discharged backwash water.

The studies in connection with this VUDP project have shown that there is a great variation in the permits for the discharge of backwash water, which vary from virtually no requirements to quite strict requirements.

Activities in this project have included the following:

- development of new equipment, measurement of sedimentation rates in a laboratory column,
- collection of plant and operational data from 20 waterworks, and collection of 20 discharge permits from 11 municipalities
- full-scale studies at two Trial Cases, namely at Nibsbjerg Vandcenter, Holstebro and Stautrupværket near Aarhus.

Most waterworks have basins installed where backwash water is discharged to and where sedimentation of particles occurs. There is considerable difference in the design and operation of these backwash water installations.

The project has shown that the sedimentation cannot be compared to the sedimentation seen in wastewater with a sludge layer that moves slowly downwards. Instead, simultaneous gradual sedimentation is seen throughout the depth of the water column. This has an impact on how the sedimentation occurs when water is directed to the basins.

Laboratory tests have shown that for some of the 20 test locations, physical conditions are quite similar, but there is also a fairly large divergence in sedimentation rates. Several important conditions for the discharge quality were also identified. The pumping during the discharge of clear water from the basins is quite important, as remobilization of settled sludge is a significant risk. The settling time of the backwash water in the basins is important and can improve the discharged quality. However, practical conditions such as when the basin is ready for loading of a new backwash are important elements in an optimization. Basin depth is also an important parameter, especially as it influences the risk of remobilization of settled sludge. In several cases, a relatively poor utilization of the basin volume was observed. This may be due to poor utilization, or it may be due to a normal operation in which the waterworks' full production capacity is not required. Clearly, many factors must be taken into account when determining the optimal design and operation of backwash water basins.

The addition of flocculants was investigated. Polyaluminum chloride (PAC) was used and showed a positive effect on iron and arsenic, but not a particularly large effect on manganese. It should be noted that use of PAC may lead to an increased discharge of aluminum in the basin discharge. In practice, it should be assessed whether this is more beneficial than a discharge of a higher concentration of iron and arsenic.

Measuring turbidity is a good indicator of the iron content. At a turbidity below 20 NTU, most discharge requirements for iron were met. Therefore, monitoring samples for iron could well be replaced by online measurements of turbidity.

Full-scale trials showed that there are optimization opportunities. However, some measures did not have a very large effect and in some cases the effect was not measurable at all. Online turbidity measurements can replace grab samples for iron, but turbidity is unfortunately not a very good indicator of manganese in backwash water.

There are apparently no uniform guidelines for setting the discharge requirements that individual waterworks receive in their discharge permits. The discharge recipient's water quality is not necessarily the decisive factor. Municipal authorities may benefit from a more uniform basis for determining discharge requirements.

There are significant prospects in using the new knowledge acquired through this project and applying it in both the design and operation of future backwash water basins.

A suggestion step-by-step focus areas that can be used for inspiration for optimizing – for example in cases where compliance with discharge criteria for existing basins is challenging – is found in the technical report. However, it should be emphasized that each situation is unique, and the relevance of each area should be carefully considered.

Introduktion

I de senere år er der kommet mere fokus på udledning til recipient fra vandværkernes skyllebassiner. Projektets formål har været at skabe det nødvendige vidensgrundlag for implementering af effektive og økonomiske løsninger til forbedring af udløbsvandets kvalitet.

I projektet har der været fokus på vidensopbygning og at opbygge en forståelse af de styrende mekanismer i håndteringen af skyllevand fra vandværker ved at:

1. Udvikle og anvende måleudstyr til måling af returskyllevandets bundfældningshastighed.
2. Undersøge nye forbedringstiltag i fuldskala på to case-vandværker.
3. Opnå en bredere forståelse af variationen i løsningerne i Danmark via kortlægning og indsamling af basisdata om den eksisterende håndtering af returskyllevand hos 20 vandværker.
4. Indsamle kommunale udledningskrav for bundfældet skyllevand.

Motivationsfaktorerne for at tage hånd om bundfældning og udledning af returskyllevand har været:

1. Sikring af overholdelse af krav til bundfældet skyllevand, da de nye krav kan være svære for forsyninger at overholde.
2. Undersøgelse af hvor store forskelle der er i variation i udledningskravene mellem danske kommuner.
3. Arbejdsmiljøforhold ved tømning af bassiner for slam.
4. Bortskaffelse af slam, der oftest er økonomisk tungt og ofte en miljøbelastning.

En af rammebetingelserne for dette projekt har været, at vi i dag på mange vandværker arbejder med et forældet bassindesign fra en tid med lempelige eller slet ingen udledningskrav. En anden rammebetingelse er, at visuel inspektion og prøvetagning kan være udfordrende som følge af vanskelige adgangsforhold. Undersøgelserne skal gerne bidrage til en bedre forståelse af de styrende mekanismer og derved sikre viden til, at der fremover kan sikres et godt fremtidigt design af skyllevandsbassiner, som tager hånd om nogle af problematikkerne i eksisterende skyllevandsløsninger.

Projektet er udført i samarbejde mellem fire projektpartnere, hvor Vestforsyning Vand og Aarhus Vand har haft ansvar for fuldskalaforsøg, DMR har haft ansvar for målinger og udvikling af måleudstyr og VIA har haft ansvar for indsamling af data fra vandværker og kommuner.

Denne slutrapport giver en oversigt over VUDP-projektet "Bundfældning og Udledning af Returskyllevand". Mange flere detaljer findes i en længere teknisk rapport, se litteraturlisten.



Projektets betydning for vandbranchen

Alle større vandværker har en håndtering af skyllevand, da langt de fleste vandværker behandler grundvand med indhold af jern, mangan og andre stoffer, som udgør et restprodukt i vandproduktionen. De stigende udledningskrav medfører, at mange eksisterende fældebeholdere skal optimeres. Da der også bygges og renoveres mange vandværker i disse år, er det nærliggende, at der opbygges mere viden om de styrende mekanismer i håndteringen af skyllevand. Det forsøger dette projekt at tilvejebringe.

Bedre viden sikrer bedre løsninger, som forhåbentligt er billigere og mere miljørigtige, hvis de tilpasses til de optimale forhold. Løsninger i dag bygger i høj grad på empiri og gode ideer fra leverandører, som forsøger at gøre deres bedste for at skabe gode løsninger, men desværre ofte uden de helt store forundersøgelser. Derfor skal dette projekt danne en fælles basisviden, som branchen kan bygge ovenpå, både når der skal designes nyt, og når der skal optimeres på eksisterende anlæg og imødekomme nye udledningskrav.

Marked og/eller anvendelsesmuligheder

Der er behov for en mere dybdegående forståelse af, hvordan skyllevandet udvikler sig under henstanden i bassiner, og det har dette projekt tilvejebragt. Optimeringsmuligheder er blevet testet i fuld skala med måling af effekt på det udledte skyllevand.

Der er identificeret en række forhold, som kan bidrage til forbedringer for branchen helt generelt:

- Der er stor forskel på hvilke krav og kravværdier de enkelte kommuner stiller til vandværkernes udledning. Det kunne godt tyde på, at der ikke er et ensartet grundlag at læne sig op ad som myndighed, og det udmøntes meget forskelligt i landet.
- Det er i projektet identificeret, at en onlinemåling af turbiditet i høj grad repræsenterer en del af de kravværdier, som stilles fra kommunal side. Med disse onlinemålinger kan forskellige optimeringstiltag langt lettere og billigere vurderes mht. effekt på udledningsparametrene end når der udtages vandprøver, som reelt kun er punktmålinger forbundet med relativt stor måleusikkerhed. Herved bliver optimeringsmulighederne langt bedre.
- Det er også identificeret, at klaringen af skyllevand ikke forekommer som en proces, hvor der er et slamspejl, som gradvist klares fra toppen mod bunden. I stedet viser undersøgelserne fra mere end 25 vandværker, at det klarer op i hele vandprofilets højde samtidig. Det betyder derfor, at der ikke nødvendigvis skal pumpes fra vandoverfladen og ned, når bassinerne skal tømmes.
- Det er også identificeret, at udledning og pumpning kan påvirke udledningskvaliteten en del, primært som følge af genmobilisering af tidligere sedimenteret okkerslam. Udledningsflow og tømmetid er lige så vigtigt som henstandstiden, hvor de fleste har mest fokus på henstandstiden.

Alle ovennævnte forhold kan hjælpe branchen til bedre løsninger, hvad enten man er vandselskab og skal optimere sin udledning, eller om man er leverandør og skal bygge fremtidens vandværker. I den tekniske rapport er der også yderligere observationer, som kan bidrage til bedre løsninger. Der henvises til den tekniske rapport for flere oplysninger.

Næste skridt

Der er indsamlet en række data til Merkurdatabasen, som på længere sigt kan bidrage til en benchmarking og derved identificere de bedste og mest effektive designløsninger. Disse data kan

udbygges yderligere med flere danske vandværker for at kunne gøre resultaterne endnu mere konsistente og sikre endnu bedre vidensgrundlag for fremtidens design.

Vestforsyning og Aarhus Vand vil fortsat se på optimering af håndteringen af skyllevand i deres anlæg for at imødekomme udledningskravene. Den optimering vil i højere grad blive bygget på måling af turbiditet fremfor vandprøver. Herved er der forventning om, at der hurtigere kan identificeres de korrekte tiltag til forbedringer.

Formidlingsplan

Der har været en præsentation af indledende resultater fra projektet på MerkurForum den 29. maj 2024.

Det forventes, at projektresultater skrives i en artikel til tidsskriftet Vand og Jord i januar 2025 og kan præsenteres på Dansk Vandkonference i november 2025.

Projektet

Formål

Stigende krav til udledning af skyllevand fra vandværker er en udfordring for mange vandværker, som har anlæg til håndtering af skyllevand, der hører en anden tid til. Der er ikke lavet mange undersøgelser af håndtering af skyllevand, og basis for at optimere og designe nye anlæg er mangelfuld. Det har dette projekt haft til formål at prøve at lave om på.

Projektets formål er, at:

- Indsamle oplysninger om eksisterende skyllevandsanlæg og afdække betydende forhold for bundfældningsprocessen.
- Afdække de styrende parametre for god håndtering af skyllevand.
- Indsamle oplysninger omkring krav i udledningstilladelser og vurdere variationen i kravene.
- Udvikle udstyr til support ved optimering af skyllevandshåndteringen.
- Vurdere konkrete tiltags effektivitet på reduktion af udledningernes stofindhold i fuldskalaforsøg.

Output

Projektet har flere centrale output:

- At kortlægge forskelle i skyllevandsanlæggenes design og at konceptualisere disse således at forskellige løsningsmodeller kan differentieres. Indsamlingen har bestået af data fra 20 vandværker.
- Udbygning af Merkurdatabasen til også at indeholde oplysninger om skyllevandsanlæg.
- At udføre laboratorietest på skyllevand, som kan bidrage til en forståelse af om skyllevand bare er skyllevand, eller om der er forskelle.
- At udvikle og teste udstyr, som kan understøtte en evaluering af om forbedringstiltag virker eller ej på en omkostningseffektiv måde.
- At indsamle oplysninger om variationer i myndighedernes udledningstilladelser.
- At udføre fuldskalatest hvor testudstyr anvendes til evaluering af forbedringstiltag.
- At identificere de styrende forhold for en optimal håndtering af skyllevand.

Projektresultater

Gennem projektets gennemførelse er der fremkommet en del projektresultater, og de mest centrale præsenteres kortfattet her. For yderligere detaljer henvises der til den tekniske rapport, som redegør langt mere fyldestgørende for de indbyrdes sammenhænge i projektresultaterne.

[Konceptuelle forhold og driftsforhold](#)

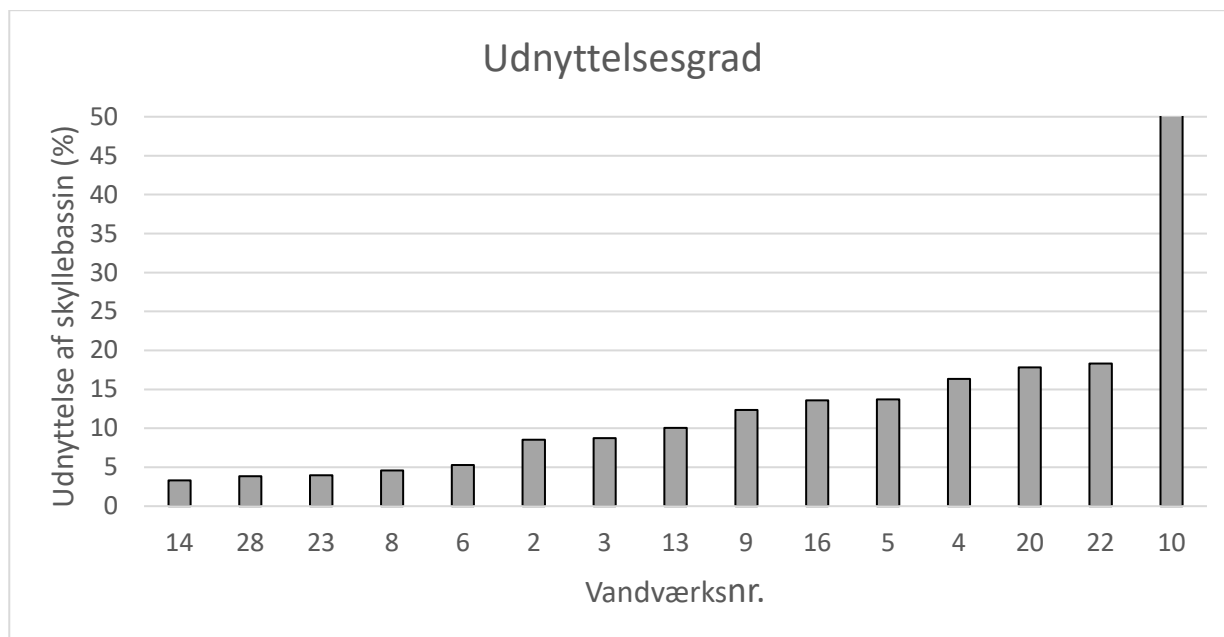
Der er identificeret følgende væsentlige konceptuelle forhold i de forskellige designs:

- Dedikerede bassiner versus multi-skyl bassiner.
- Antal kamre i bassinerne ses som centrale for reduktion af jern, mangan og arsen i det udledte skyllevand. Bassinopdelingerne kan fx være overløb.
- Batch versus kontinuerlig behandling: Forskellen er at ved batch udledes et eller flere skyl til et bassin, hvor det henstår og udledes til fx recipient. Kontinuerlig behandling på anlæg



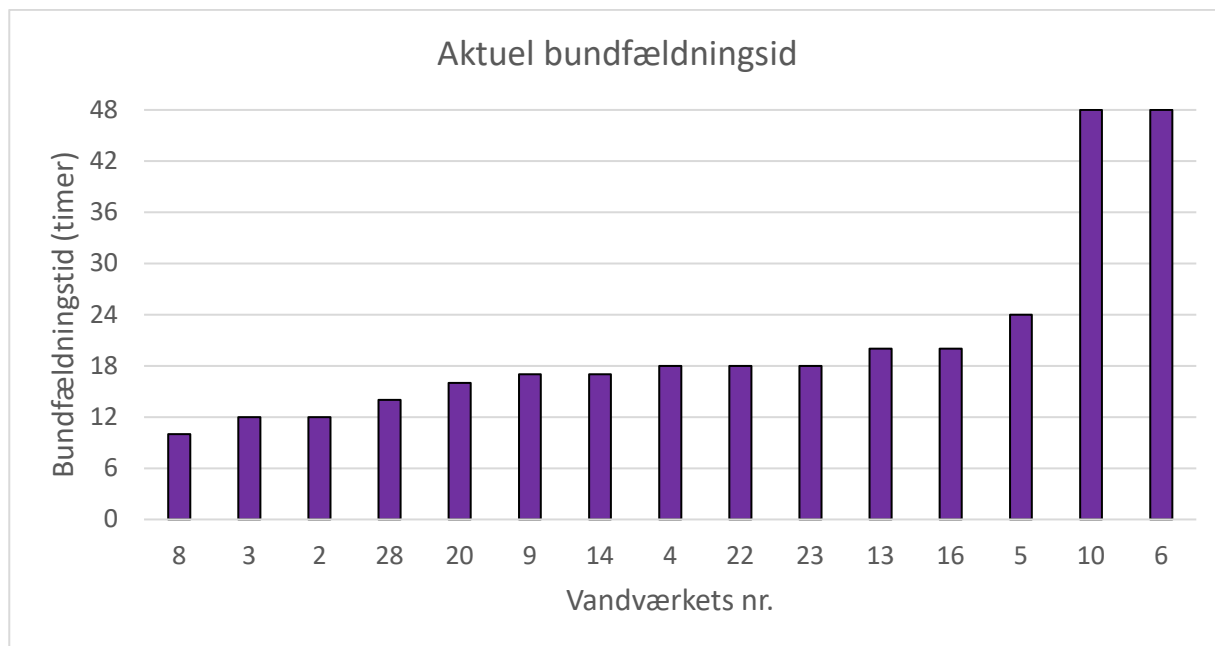
defineres ved at skyllevandet udledes til et bassin, hvor der i større eller mindre grad er konstant bevægelse fra indløb mod udløb til recipient.

- Faldhøjder har betydning i bassiner på den måde at store faldhøjder medfører plask af vand, som i større eller mindre grad kan mobilisere bundfældet slam.
- Udformning af indløbs- og udløbsbygværker har stor betydning, da det fordeler vandmængder i bassinet. Der skelnes mellem punkt- og strengform. Førstnævnte skaber oftest de største strømningshastigheder, men sidstnævnte fordeler vandmængderne over en større længde, og derved reducerer risikoen for at mobilisere bundfældet slam via de reducerede strømningshastigheder.
- Udledning via gravitation eller pumpning har betydning for strømningshastighederne. Der vil være en tendens til, at ved gravitation reduceres strømmingen naturligt i den sidste fase af tømningen, hvor risikoen for mobilisering af bundfældet slam er størst. Ved pumpning fastsættes der oftest et ensartet flow, hvilket kan mobilisere bundfældet slam især i slutfasen af tømningen.
- Beholderdesignet har betydning for arbejdsmiljøet og ved ny-design af beholdere bør man tilstræbe, at det undgås at folk skal ned i beholderne. Adgangsforhold og værnemidler er vigtige, når beholderne skal tømmes for okkerslam.
- Beholderudnyttelsen er et vigtigt forhold, men beholdere kan ofte ikke udnyttes fuldt ud, da risikoen for mobilisering af okkerslam er stor. Beholderne til håndtering af okkerslam skal dimensioneres efter vandværkets designede behandlingskapacitet. Derved kan der i perioder med lavere produktion vises en mindre udnyttelse. En beholderudnyttelse på omkring 50 % er vurderet passende. De aktuelle udnyttelser kan ses af figur 1, hvor den generelle udnyttelsesgrad er betydeligt under 50 %.



Figur 1 Udnyttelsesgrad for de 20 undersøgte vandværker.

Bundfældningstid er en ret central parameter for resultatet af bundfældningen, og der ses ofte bedre resultater ved at have så lang bundfældningstid som muligt. Det skal dog også ses i forhold til hvilke gangtider filtrene kører med og beholderkapaciteten sammenholdt med skyllevandsmængden. Aktuelle målinger fra 20 vandværker er vist på nedenstående figur.

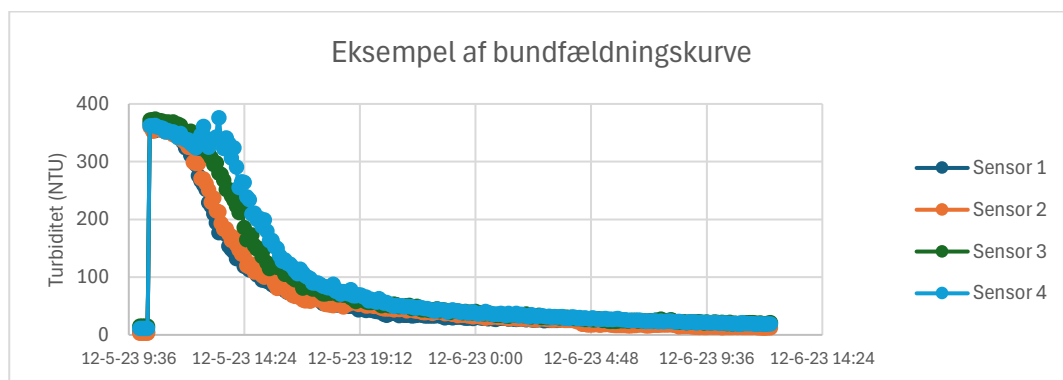


Figur 2 Aktuelle bundfældningstider for 20 undersøgte vandværker.

Resultater af laboratorieundersøgelser

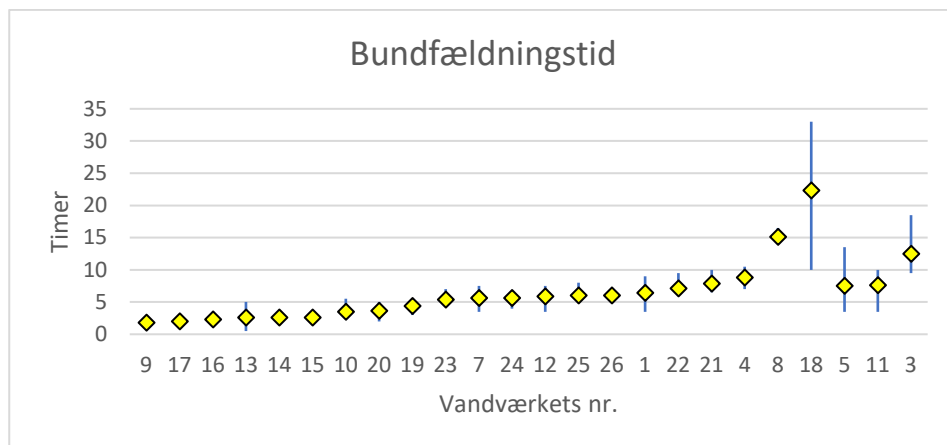
I projektet er der udviklet og udvalgt udstyr til at måle og optimere på skyllevandshåndteringen:

Der er udviklet Bundfældningskolonner, hvor skyllevandets bundfældningshastigheder kan måles. Et eksempel på målt bundfældning i bundfældningskolonnen kan ses på figur 3.



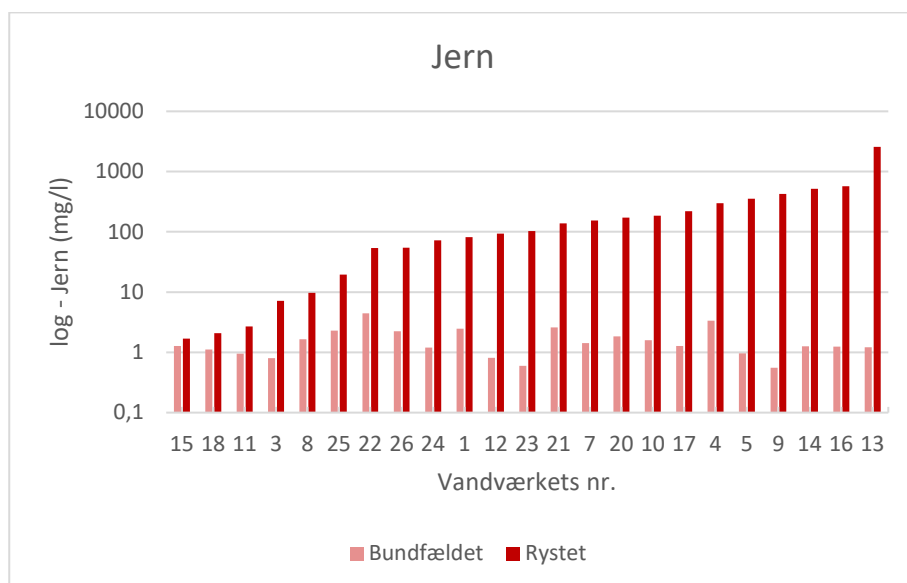
Figur 3 Eksempel på bundfældningskurver undersøgt via en udviklet bundfældningskolonne.

Med denne undersøgelse kan vandværkers skyllevands bundfældningsegenskaber afdækkes og potentialet for bundfældning vurderes. Resultater for 20 vandværkers bundfældningstid kan ses på figur 4, og figuren illustrerer meget godt, at der er forskel på skyllevand.

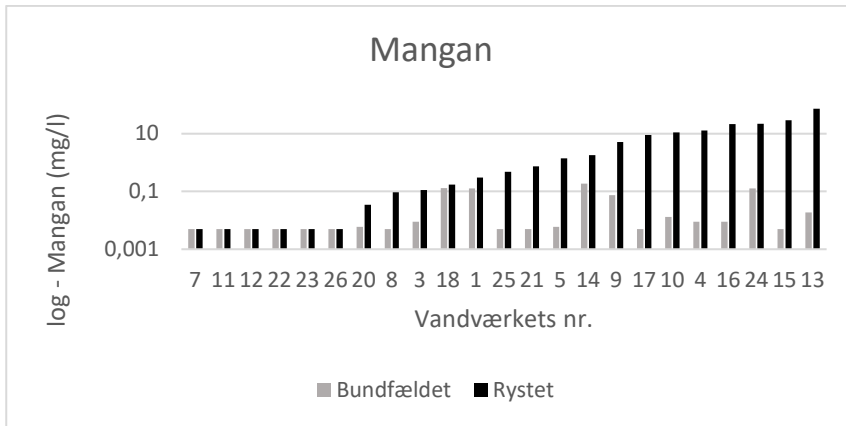


Figur 4 Bundfældningstider fra forsøgskolonne for de 20 undersøgte vandværker.

Bundfældningstiden på grafen viser kun den tid, der kræves for en nedgang i turbiditet fra 80 – 40 NTU. Hertil skal lægges tiden til at gå fra startturbiditet til 80 NTU samt fra 40 NTU til udledningskriterier overholdes. Med kolonnen kan potentialet for reduktion af skyllevandets turbiditet, jern og mangan vurderes, og som det ses af de 20 undersøgte vandværker, er der også her forskelle. Konklusionen er således, at skyllevand ikke er ens, men der ses dog også mange ligheder. Der er et forholdsvis stort potentiale for at fælde jern, hvor mangan er langt sværere at fælde.



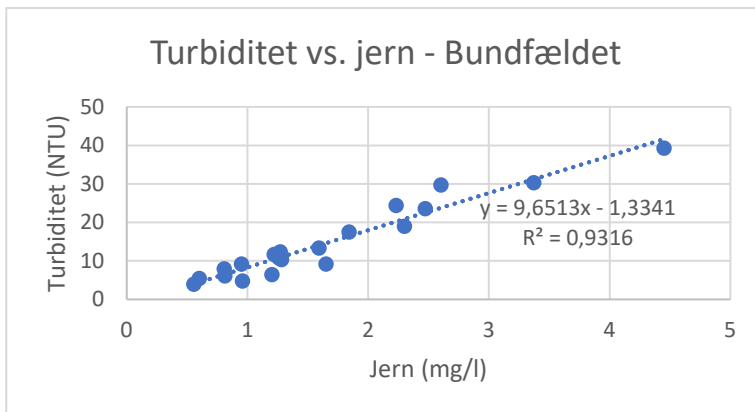
Figur 5 Målt potentiale for reduktion af jern for skyllevand fra de 20 undersøgte vandværker.

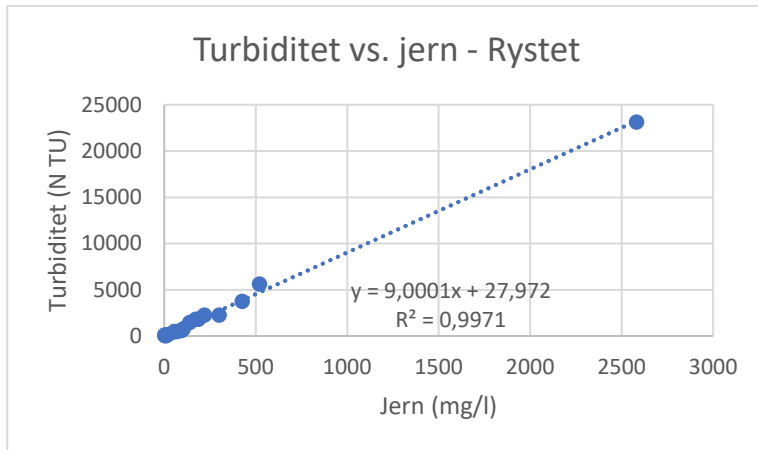


Figur 6 Målt potentiale for reduktion af mangan for skyllevand fra de 20 undersøgte vandværker.

De samme kolonner er også anvendt til at undersøge forbedringerne ved at anvende fældningskemikalier (polyaluminiumchlorid - PAC), og der ses en tydelig effekt på især jern og arsen.

Ved at sammenholde målinger af turbiditet og indholdet af jern er der identificeret en stærk korrelation mellem de to parametre, og da der findes instrumenter til onlinemåling af turbiditet, er der gode muligheder i at anvende turbiditetsmålinger til dels at monitorere skyllevandsudledningen og dels til optimeringen af skyllevandshåndteringen. Ved at placere måleinstrumenter gennem processen kan det afdækkes, hvad de enkelte delelementer gør. Den stærke korrelation mellem turbiditet og jern ses af nedenstående figur. Figuren viser en meget høj R^2 værdi, som indikerer en meget høj korrelation. Det ses, at korrelationen både er stærk ved koncentreret skyllevand og ved det skyllevand, som har gennemgået bundfældning. Dette gør, at løsningen kan anvendes gennem hele procesanlægget uden ændret unøjagtighed i udstyret. Dvs. at onlinemålinger kan sagtens erstatte vandprøvetagning og analyse af jern.





Figur 7 Korrelationer mellem jern og turbiditet for henholdsvis bundfældet skyllevand og koncentreret skyllevand.

Udledningstilladelser

Udledningstilladelserne sætter rammerne for de krav, som vandværksudledningerne skal overholde. Oplysninger fra en del kommuner viser, at tilladelserne er baseret på forskellige lovgrundlag og det kunne indikere, at der ikke er helt klare regler, som de kommunale myndigheder kan læne sig op ad, når udledningskravene skal udarbejdes. Det betyder selvsagt også, at der så ses meget forskellige kravværdier for de danske vandværker.

Kravværdierne omfatter:

- Bundfældningstid: Varierer fra ingen krav til et krav på 24 timer.
- Udledningssted: Varierer fra recipienter som bæk, å eller sø. En mindre andel udledes til kloak.
- Totaljern: Varierer fra ingen krav til mellem 1 – 4 mg/l.
- Ferrojern: Varierer fra ingen krav til mellem 0,2 til 0,5 mg/l.
- Mangan: Varierer fra ingen krav til mellem 0,15 til 1mg/l.
- Suspenderede stoffer: En betydelig andel er uden krav, og der ses også kravværdier mellem 10 og 100 mg/l.

Fuldskalaforsøg

Projektet har indeholdt 2 fuldskalaforsøg med formål at optimere håndteringen af skyllevand på to udvalgte vandværker.

Case 1 er på Nibsbjerg Vandcenter hos Vestforsyning, hvor der er arbejdet med en løsning med en vandspreder. Løsningen har til hensigt at undgå, at udledningen af skyllevand til skyllevandsbeholderen medfører, at tidligere bundfældet slam mobiliseres. Med vandsprederen, som den nye tekniske løsning kaldes, tages en stor del af kraften ud af det tilledte skyllevand, og processen med bundfældning fungerer herved bedre. Vandsprederen ses på figur 8.



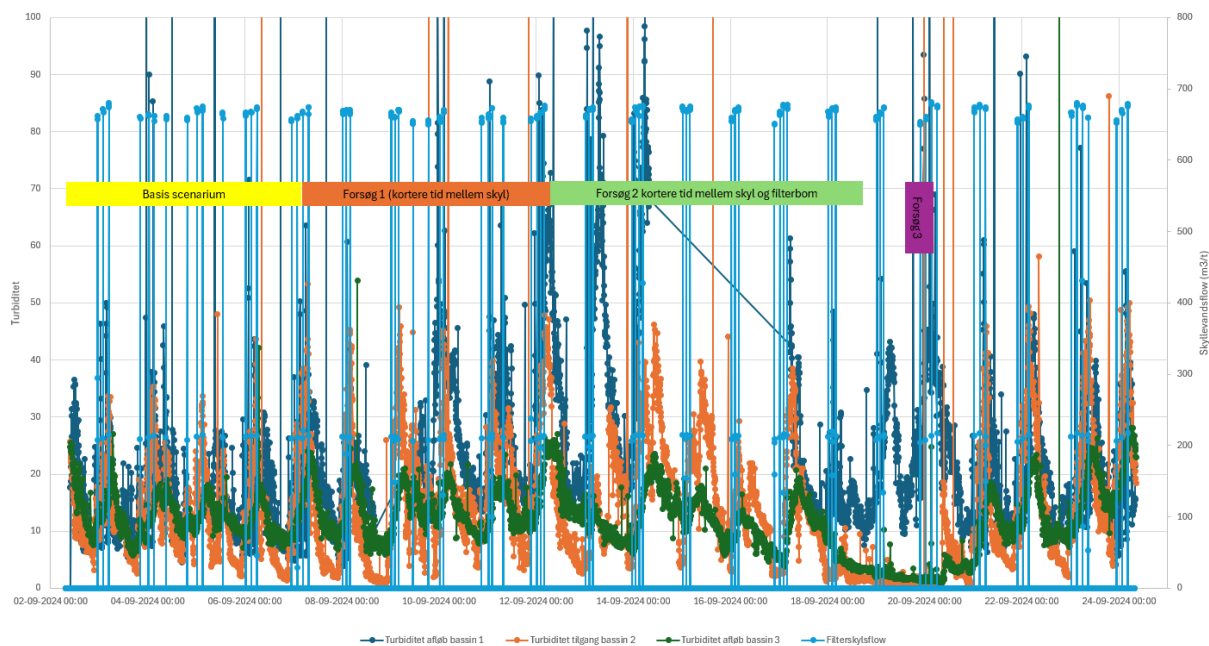
Figur 8 Den installerede vandspreder på Nibsbjerg Vandcenter.

Case 2 er på Stautrupværket hos Aarhus Vand, hvor øgede krav til udledningen af skyllevand har medført et behov for optimering af skyllevandshåndteringen. Anlægget er lidt specielt, da det er et ældre anlæg, som er konstrueret med et kontinuert flow i de 3 skyllevandsbassiner, som anlægget består af.

For at undersøge optimeringsmulighederne nærmere, er der opstillet følgende forsøgsprogram:

- Forsøg 0 Referencescenarie med måling af driften med den normale driftsform.
- Forsøg 1 med reduceret tid mellem skyl (reduceret fra 2 timer til 1 time mellem skyl, hvilket giver kortere tid før vandets næste sæt skyl påbegynder).
- Forsøg 2 med reduceret tid mellem skyl og opsætning af en filterbom i enden af bassin 1.
- Forsøg 3 med reduceret tid mellem skyl og at bassin 1 drives som en batchbehandling (3 skyl, 18 timer henstand og 5 timer pumpning til recipient med to sugekurve lige under vandoverfladen placeret centralt i Bassin 1 i midten og ved bassinkanten).
- Forsøg 4 er basisscenarie og brug af fældemidler som efterpolering ved en dosering af PAC ved tilgang til bassin 3.

Under forsøget er der opsat turbiditetsmålinger og udtaget vandprøver til vurdering af effektiviteten af de forskellige forbedringstiltag. Resultaterne af de målte online turbiditeter fremgår af figur 9.



Figur 9 Måleresultater for turbiditet i de 3 bassiner på Stautrupværket for 3 af forsøgene.

Ved at sammenholde forsøgsresultaterne for case 2 på Stautrupværket kan det konkluderes at:

- Der sker en tydelig stigning i turbiditet i alle 3 bassiner indenfor de første ca. 8 timer efter et sæt returskyl ledes til bassin 1. Denne viden er ikke tidligere erkendt ud fra almindelige visuelle observationer af bassinernes klarhed.
- Stigningerne i turbiditet dæmpes hen gennem de 3 bassiner.
- Turbiditeten ved indløb til bassin 2 nåede ofte til et lavere niveau end turbiditeten ved udløb af bassin 3. Det vides ikke, om dette evt. kan skyldes måleøjagtigheder i forhold til apparatets placering. Muligvis kan pumpningen mellem bassin 2 og 3 have indflydelse på mobilisering af slam.
- Turbiditeten reduceres væsentligt når skyllevandet får meget lang henstandstid (ca. 30 timer). Dette viser, at meget langt tids bundfældning har betydning for vandkvaliteten. Produktionen på Stautrupværket er dog så høj, at så lang tids henstand i de eksisterende bassiner ikke er realistisk. Men i et nyt design af fældebeholdere vil det være noget som kan tænkes ind i løsningen.
- Etableringen af en filterbom (forsøg 2) giver ikke de store forbedringer på jern og arsen, men dog en lille forbedring på totalmanganindholdet, men man kan dog diskutere, om ændringen er signifikant.
- Ændringen af driften fra kontinuerlig til batch (forsøg 3) havde inden forsøget den største forventning til forbedringer. Men der ses faktisk en ringere udledningskvalitet på den løsning. Bassinet hjælper med en reduktion, men ikke til samme niveau, som ved den kontinuerlige drift af de 3 bassiner.
- Resultaterne viser samlet set at pumpning og mellempumpning bør have et fokus, da det generelt forværrer den udledte vandkvalitet.
- Resultaterne kunne godt indikere at bassindesign (bassindybde, bredde og længde) kunne være forhold, som har væsentlig betydning for hvor effektivt et bassin fungerer.
- Tilsætning af PAC forbedrer bundfældning af jern og arsen, men har ringe effekt på mangan. Man skal være opmærksom på at brugen af PAC medfører stigning i udledningen af aluminium, og man kan diskutere om det giver en væsentlig miljøforbedring at forbedre udledningen af jern/arsen og samtidig øge belastningen med aluminium.

Konklusion

Projektet har identificeret en række hovedkonklusioner gennem undersøgelser og forsøg. Disse konklusioner er:

- Vand i skyllebassiner klarer ikke op fra toppen, men klares samtidig i hele profilet.
- Tømning af skyllevandsbassiner bør designes sådan at tømningen mindsker risikoen genmobilisering af bundfældet okkerslam. Tømning fra toppen med fx flyder er i sig selv ikke nødvendigvis den bedste løsning, da målinger viser en samtidig klaring i hele højdeprofilet samtidig. Ved tømning med pumpning bør der være fokus på at undgå genmobilisering af bundfældet okkerslam især ved pumpning nær bassinbunden.
- Ved multi-skyl bør de enkelte skyl samles tæt på hinanden for at sikre længst mulig bundfældning.
- Vandværker opnår ofte en dårlig udnyttelsesprocent af deres skyllevandsbassiner. Det kan være som følge af forkert design eller som følge af en lav udnyttelse af vandværkets fulde behandlingskapacitet.
- Der er en ikke-uvæsentlig variation i bundfældningshastighed mellem forskellige vandværker. Det betyder, at man ikke kan ensrette udledningskrav og forvente kravoverholdelse alle steder.
- Længere bundfældningstid vil alt andet end lige forbedre kvaliteten af det udledte vand. Muligheden for dette skal ses i sammenhæng med vandværkets drift og skylleparametre (fx gangtider/behandlet vandmængde).
- Tilledning og udledning af skyllevandet bør spredes mest muligt for at mindske strømningshastighederne i bassinerne. Dette reducerer risikoen for genmobilisering af tidligere bundfældet okkerslam.
- Turbiditet er en god indikatorparameter for stoffer som jern.
- Online målinger af turbiditet giver mange driftsfordele i forhold til optimering.
- Der er behov for at genoverveje krav i kommunernes udledningstilladelser. Recipientens naturlige vandkvalitet kan jo godt have en vis relevans for hvilket udledningskrav, der bør stilles.
- Ved nybyggeri bør det overvejes at bygge bassiner med en større dybde, da risikoen for genmobilisering af okkerslam under tømning reduceres.
- Tilsætning af PAC (polyaluminiumchlorid) har en positiv effekt på bundfældningen af jern og arsen, men medfører også en øget belastning med aluminium i det udledte skyllevand. Man kan diskutere om det reducerede jern og arsen i udledningen miljømæssigt står mål med stigningen i udledt aluminium.

Et forslag til trin-for-trin fokusområder, som kan anvendes til inspiration til optimering, fx hvor der er udfordringer i eksisterende skyllebassiner med at overholde udledningskrav, findes i den tekniske rapport. Det skal dog understreges, at hver situation er unik, og relevansen af de enkelte punkter skal nøje overvejes.

Litteraturliste

Miljø- og Ligestillingsministeriet, 2024. LBK nr. 928 af 28/06/2024. Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse.

Miljø- og Fødevareministeriet, 2017. BEK nr. 1433 af 21/11/2017. Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder.

Miljøministeriet, 2023. BEK nr. 796 af 13/06/2023. Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand.

VUDP, 2024. Bundfældning og Udledning af Returskyllevand: Teknisk rapport.