

EFTERPOLERING AF VEJVAND FRA KALUNDBORGMOTORVEJEN

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

INDHOLD

1	Rensning af vejvand	2
1.1	Rensekrav til renseløsning	2
1.2	Krav i driftsfasen	4
2	Renseteknologier	4
3	Foreslået vilkår i udledningstilladelse	7
4	References	7

PROJEKTNR.

A236924

DOKUMENTNR.

11930-RAD-AFV-NOTA-3031

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

21-05-26

BESKRIVELSE

Efterpolering af vejvand

UDARBEJDET

MLNY/PRSP

KONTROLLERET

LEOS

GODKENDT

KRY

1 Rensning af vejvand

Rensning i vejvand er traditionelt sket ved rensning i våde rensebassiner med et vådvolumen på 250 m³/red ha, som sikrer sedimentation af de partikelbundne forureningsstoffer. Udledes vejvand til en sårbar recipient, kan det være behov for at etablere rensning, der også vil nedbringe de opløste forurenende stoffer i vejvandet. Løsningen for dette er at installere renseløsninger på udløbet fra bassinerne bestående af en renseinstallation med filtermedie. Fordelen ved at installere disse løsninger på udløbet fra et vådtrensebassin er, at flowet igennem løsningen er meget lavt, hvilket medvirker til at renseløsningen kan fungere optimalt. Derudover er vandet renses ved sedimentation inden tilførsel til filtermaterialet, hvilket betyder at filtermaterialet er i mindre risiko for at stoppe til, og vil fungere bedre i længere tid.

Renseløsningerne vil blive tilpasset og dimensioneret efter de beregninger af forurenende stoffer, der fremgår af ansøgning om udledning og efter de lokale forhold, hvor løsningerne skal implementeres.

Der findes forskellige filterløsninger til fjernelse af opløste stoffer. Filtermaterialet kan have forskelligartet karakter, men har til fælles, at det adsorberer opløste stoffer, samt fungerer som filter for tilbageværende småpartikler i vejvandet.

Der findes mange filterløsninger med dokumenteret effektiv fjernelse af en række forurenende stoffer, herunder tungmetaller, polycykliske aromatiske hydrocarboner (PAH) samt oliestoffer. Suspenderede partikler tilbageholdes primært gennem mekaniske processer såsom filtration og sedimentation, hvor partiklerne fysisk adskilles fra væsken ved hjælp af filtermedier og gravitationsprincipper. Opløste forureningskomponenter fjernes derimod gennem sorptionsmekanismer, hvor de binder sig til filtermediets overflade eller indre porer, hvilket muliggør en effektiv nedsættelse af koncentrationerne i den behandlede strøm. Kombinationen af disse processer sikrer en omfattende rensning, der både reducerer belastningen af frit suspenderede stoffer og opløste kemiske forbindelser, og dermed forbedrer vandkvaliteten markant i det udledte vejvand.

Adsorption er en proces, hvor molekyler fra en gas- eller væskefase binder sig til overfladen af et fast stof, kaldet adsorbenten. Valget af adsorbent afhænger af de specifikke molekyler, der ønskes fjernet fra fasen. Adsorption opdeles generelt i to hovedkategorier, baseret på typen af binding mellem adsorbenten og molekylet:

- › Fysisk adsorption karakteriseres ved svage van der Waals-bindinger. Denne proces er ofte reversibel og påvirkes af temperatur og tryk.
- › Kemisk adsorption indebærer dannelse af stærke kemiske bindinger, hvilket gør processen irreversibel.

Når adsorbenten er mættet, kan den ikke binde flere molekyler, og filtermaterialet skal derfor enten udskiftes eller regenereres.

1.1 Rensekrav til renseløsning

Vejdirektoratet har i samarbejde med Aalborg Universitet undersøgt rensningen af miljøfarlige stoffer i vejvandsbassiner (Vollertsen, 2025). Våde bassiner er vurderet som den bedst tilgængelige teknologi (BAT) til rensning af vejvand. De bassiner,

som Vejdirektoratet har benyttet i målekampagnen, er designet i overensstemmelse med BAT-kravene (250 m³/red ha). Gennem mange år er der udviklet erfaring med rensning for næringssalte og tungmetaller som kobber og zink.

For at opnå øget viden om miljøfarlige stoffer undersøger målekampagnen dels udbredelsen af disse stoffer i vejvand og dels bassinernes og filterbassinernes evne til at tilbageholde miljøfarlige stoffer før udledning til recipient. Målingerne er foretaget på 14 oplande med tilhørende bassiner, samt et videregående filterrensnings-system, hvor prøver er udtaget tidsproportionalt under regnhændelser. Målekampagnen har haft fokus på langvarige og mangeartede målinger for at sikre pålidelig evidens om vejvandets forureningsgrad og renseeffektivitet. Den omfattende monitoring viser at størstedelen af de miljøfarlige forurenende stoffer bliver rensed ned til under miljøkvalitetskrav i et vådt rensbassin.

De målte koncentrationer er opdelt i 50% fraktil (gennemsnittet for alle målinger) og 75% fraktiler. For at være mest konservative anvendes 75% fraktilerne i nedenstående gennemgang af resultaterne.

De stoffer der findes i vejvand der er målt til at overstige det generelle miljøkvalitetskrav for indlandsvand efter rensning i et vådt rensbassin, er de følgende 3 metaller og 2 PAHer

- › Barium
- › Kobber
- › Zink
- › Benz(a)pyren
- › Pyren

Resultaterne af studiet er opsummeret i nedenstående tabel. Derudover er det beregnet hvilken rensegrad der er opnået i hhv. det våde rensbassin og i filterløsningen. 0% rensning af Pyren, skyldes at der kun var målinger under detektionsgrænsen efter rensning i filteret. Den faktiske rensegrad kendes derfor ikke.

Tabel 1: Opsummering af Vejdirektoratets studie om indholdsstoffer i vejvand (Vollertsen, 2025) samt nødvendig rensegrad for at rense ned til generelt miljøkvalitetskrav for indlandsvand jf. BEK 1668

Stof-parameter	Indløbs-koncentration	Udløbs-koncentration, bassin	Udløbs-koncentration, filter	Generelt miljøkvalitetskrav indlandsvand (+ baggrundskoncentration)	Opnået rensegrad	
					bassin (indløb til udløb vådt bassin)	filter (udløb vådt bassin til udløb filter)
Barium	51,50	52,25	47,00	19+17=36	-1%	10%
Kobber	11,76	3,56	3,06	1+0,48=1,48	70%	14%
Zink	90,50	15,25	3,40	7,8+1,6=9,4	83%	78%
Benz(a)pyren	0,03600	0,00208	0,00009	0,00017	94%	96%
Pyren	0,1075	0,0025	Under DG	0,0023	98%	0%

Studiet undersøgte effekten af et filterbassin efter rensning i et vådt rensbassin. Monitoreringen viste at for kobber er det ikke muligt at rense under det maksimale kvalitetskrav. Tidligere forsøg på filterbassinet har dog eftervist en rensning på kobber under maksimale kvalitetskrav. Det bemærkes desuden at for kobber er den biotilgængelige fraktion der er gældende for det generelle miljøkvalitetskrav.

For barium var det muligt at rense ned under maksimalt kvalitetskrav, men ikke under det generelle. Dette skyldes formodentligt et højt baggrundsniveau af barium, der kommer til bassinerne via drænvand. Dette understøttes af at den målte udløbskoncentration er højere end indløbskoncentration til bassinet.

For zink måles en overskridelse af miljøkvalitetskrav ved anvendelse af 75% fraktilen, men ikke ved 50% fraktilen (7,7 µg/l). Efter rensning igennem et filter, opnås der dog en koncentration langt under det generelle miljøkvalitetskrav.

For benz(a)pyren blev det eftervist i studiet at rensning gennem et filtermateriale sikre overholdelse af det generelle miljøkvalitetskrav.

Pyren havde i studiet en detektionsgrænse på 0,005 µg/l, og blev fundet i 4 ud af 28 udløbsprøver fra de våde regnvandsbassiner. Den udledte koncentration er derfor meget usikker. Baseret på den målte indløbskoncentration renses det våde regnvandsbassin meget effektivt for pyren.

Studiet efterviste at gennem rensning i et filter, renses vejvand til under det generelle kvalitetskrav for alle stoffer, på nær kobber og barium.

1.2 Krav i driftsfasen

For at filteret kan fungere effektivt, er det vigtigt at filtermediet altid har ledig kapacitet til at adsorbere de miljøfarlige forurenende stoffer. For at sikre kapaciteten i filtermediet kan der i driftsfasen stilles krav til, at det tilses regelmæssigt og oprenses efter behov. Filterløsningen skal renses efter evt. anvisninger fra producenten, for at oprette rensningseffekten. Ved anvendelse af filterjord, udskiftes filterjorden, hvis filterjorden ved jordprøver viser lettere forurenet jord (klasse 2 jord). Den forurenede filterjord eller filtermedie køres til godkendt modtager.

Der er ikke nærmere bestemmelser for håndtering af lignende filtermateriale, men en sammenlignelig tilgang til håndteringen af materialet må forventes.

2 Renseteknologier

Der findes en lang række renseteknologier på markedet til rensning af regnvand. Teknologisk institut har udarbejdet et renseskatolog, samt samlet og evt. godkendt testresultaterne for løsningen. Ydermere har Teknologisk institut udarbejdet en testprocedure, som producenter kan anvende, til dokumentation af deres løsning.

De fleste løsninger er testet i laboratoriet og enkelt i små pilotprojekter. Der findes ikke mange løsninger som er testet i drift, over en længere årrække. Markedet udvikles fortsat, og der udbydes løbende nye og mere effektive renseløsninger.

Tabel 2: Nødvendig rensegrad for at rense ned til generelt miljøkvalitetskrav for indlandsvand jf. BEK 1668 og udløbskoncentration fra vådt rensebassin (Vollertsen, 2025)

	Nødvendig rensegrad
Stofparameter	Reduktion til MKK efter udløb fra vådt bassin.
Barium	31%
Kobber	58%
Selen	31%
Zink	38%
Benz(a)pyren	92%
Pyren	8%

Baseret på Teknologisk Instituts rensekatalog er nedenstående tabel udarbejdet.

Tabellen oplister renseløsninger der fjerner opløste stoffer, samt deres specifikationer.

Ved valg af renseløsning til det konkrete projekt, vil det blive forudsat at producenten dimensionerer løsningen korrekt, samt har dokumentation der sandsynliggør at løsningen kan opnå den ønskede rensegrad.

Tabel 3 Kendte teknologier til fjernelse af opløste stoffer

Produkt navn	Target stoffer	Test godkendt af Teknologisk Institut	Overjordisk/underjordisk	Vedligeholdelse
Certaro Substrat	Partikler, mikrop-last, næringsstoffer, PAH, total metaller og opløste metaller	Ja	Underjordisk	Efter behov
Filterbrønd	Partikler, mikrop-last, næringsstoffer, PAH, total metaller og opløste metaller	Ja	Underjordisk	Hver 6. måned
Heavy metal remover	Opløste metaller	Nej	Underjordisk	1-2 gange årligt
Rausikko hydro-maxx pro	Partikler, mikrop-last, næringsstoffer, PAH, total metaller og opløste metaller	Nej	Underjordisk	Hvert 4. år
Rockflow	Partikler, mikrop-last, næringsstoffer, PAH, total metaller og opløste metaller	Ja	Underjordisk	Hvert 2-3 år
Sedisubstrator L	Partikler, mikrop-last, næringsstoffer, total metaller og opløste metaller	Ja	Underjordisk	?
Stormclean	Partikler, mikrop-last,	Ja	Underjordisk	4 gange årligt

	næringsstoffer, PAH, total metaller og opløste metaller			
Stormfilter	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Overjordisk/un-derjordisk	Hvert 2. år
Stormpillow	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Overjordisk/un-derjordisk	1 gang årligt
Up-flo filter	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Underjordisk	Hver 6. måned
Vault	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Underjordisk	1 gang årligt
Viaplus	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Underjordisk	Hver 6. måned
Nanofiltrering	Total metaller og opløste metalle	Nej	Overjordisk	Efter behov
Actiflocarb	Total metaller og opløste metaller	Nej	Ja/nej	1-2 gange år-ligt
MetClean	Total metaller og opløste metaller	Nej	Overjordisk	Efter behov
Dobbelt porøs fil-ter	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, total metaller og opløste metal-ler	Nej	Underjordisk	1-2 gange år-ligt
Innolet/Innolet G	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Underjordisk	Efter behov
Densadeg	Partikler, mikrop-last, næringsstof-fer, PAH, total metaller og oplø-ste metaller	Nej	Overjordisk	Efter behov

I forbindelse med dette projekt, er de renseløsninger der er på markedet indgå-ende undersøgt. Der har været dialog med 6 producenter for at finde denne opti-male renseløsning der lever op til de stillede krav til rensning. Der er fundet flere mulige renseløsninger der opnår den ønskede rensning af metallerne Zink og

Kobber. 2 renseløsninger har også eftervist rensningen for PAH'er, men forventeligt er flere testresultater på vej.

Overordnet set vil renseløsninger rense meget effektivt for PAH grundet PAH's fysiske kemiske egenskaber der er stoffer der nemt binder sig til sediment. Renseløsninger der har eftervist en meget effektiv rensning af TSS vil derfor også rense meget effektivt for PAH.

3 Foreslået vilkår i udledningstilladelse

Den endelige renseløsning er ikke valgt på projektet. Det forventes derfor at der bliver stillet vilkår som renseløsningen skal leve op til. Vilkårene for rensegraden vil bero på at renseløsning efter vejvandet er blevet rensset i det våde bassin skal sandsynliggøre en rensegrad svarende til procenterne i tabel 2.

Foreslået vilkår i tilladelsen kunne være

- › Datablad for den valgte renseløsning skal fremsendes til kommunen
- › Der skal fremsendes dokumentation der redegøre for rensegraderne
- › Der skal fremsendes dokumentation for dimensionering af renseløsningen
- › Der skal fremsendes driftsmanual der følger producentens anvisninger

4 References

Vollertsen, J., et al. (2025). *Monitering af vejvandsbassiner for miljøfarlige stoffer - Udført af Aalborg Universitet i 2024-2025 for vejdirektoratet.*