Downloaded from orbit.dtu.dk on: May 14, 2024

DTU Library

Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand

Rygaard, Martin; Albrechtsen, Hans-Jørgen

Publication date:
2013

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

Link back to DTU Orbit

Citation (APA):
Rygaard, M., & Albrechtsen, H-J. (2013). *Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand*. DTU Miljø, Institut for Vand og Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.

General rights
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Danmarks Tekniske Universitet

Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand

Martin Rygaard
Hans-Jørgen Albrechtsen

DTU Miljø, 2013

DTU Miljø
Institut for Vand og Miljøteknologi

aarhusvand

HOFOR

Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand

Martin Rygaard

Hans-Jørgen Albrechtsen

2013

DTU Miljø
Institut for Vand og Miljøteknologi

Begrebsafklaring og oplæg til kvalitetskriterier for sekundavand

2013

Af
Martin Rygaard

Hans-Jørgen Albrechtsen

Copyright: Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse
Forsidefoto: Recirkulerings system i Pimpama Coomera, Australien, eget foto.
Udgivet af: Institut for Vand og Miljøteknologi, Miljøvej, Bygning 113, 2800 Kgs. Lyngby
Rekvireres: dtic.dtu.dk

Forord

I 2010 oprettede Aarhus Vand, Københavns Energi (nu HOFOR) og Danmarks Tekniske Universitet et samarbejde om fremtidens vandhåndtering i storbyer. Samarbejdet omfatter blandt andet en sekretariatsgruppe med repræsentanter fra de tre parter. Sekretariatsgruppen arbejder løbende på at definere og beskrive mulige udviklingsprojekter med betydning for håndteringen af alle emner fra vandressourceforvaltning til spildevandsbehandling. Arbejdet løber parallelt i to spor: 1) et der beskæftiger sig med de langsigtede udfordringer og strategi for håndtering af det urbane vandkredsløb og 2) et spor der behandler konkrete problemstillinger, som forsyningerne står med her og nu. Denne rapport tilhører spor 2, og er en udløber af en række workshops afholdt med henblik på at klarlægge forsyningernes forventninger til fremtiden. På workshopperne herskede der en del usikkerhed om definitionen af et sekundært vandforsyningssystem og eventuel håndtering af flere vandkvaliteter. Denne rapport er et første forsøg på at klarlægge forståelsen af sekundavands mulige rolle i Danmark og mulighederne for at operere med flere vandkvaliteter i forsyningssammenhænge.

Projektet er udarbejdet på DTU Institut for Vand og Miljøteknologi i samarbejde med Aarhus Vand og HOFOR.

Aarhus Vand
Mariann Brun
Kurt Brinkmann Kristensen
Lars Gaardbo Sigvardsen

HOFOR
Søren Lind

Institut for Vand og Miljøteknologi
Martin Rygaard, Adjunkt
Hans-Jørgen Albrechtsen, Professor

Lyngby, maj 2013

Indhold

1. Introduktion 7
1.1 Baggrund 7
1.2 Formål 8

2. Elementerne i vandkredsløbet – en terminologiordbog 9
2.1 En udvalgt terminologi 10

3. Vandkvalitetskriterier – erfaringer 15
3.1 Europa 16
3.2 Australien 17
3.3 USA 18
3.4 Opsummering af erfaringer fra Europa, Australien og USA 18

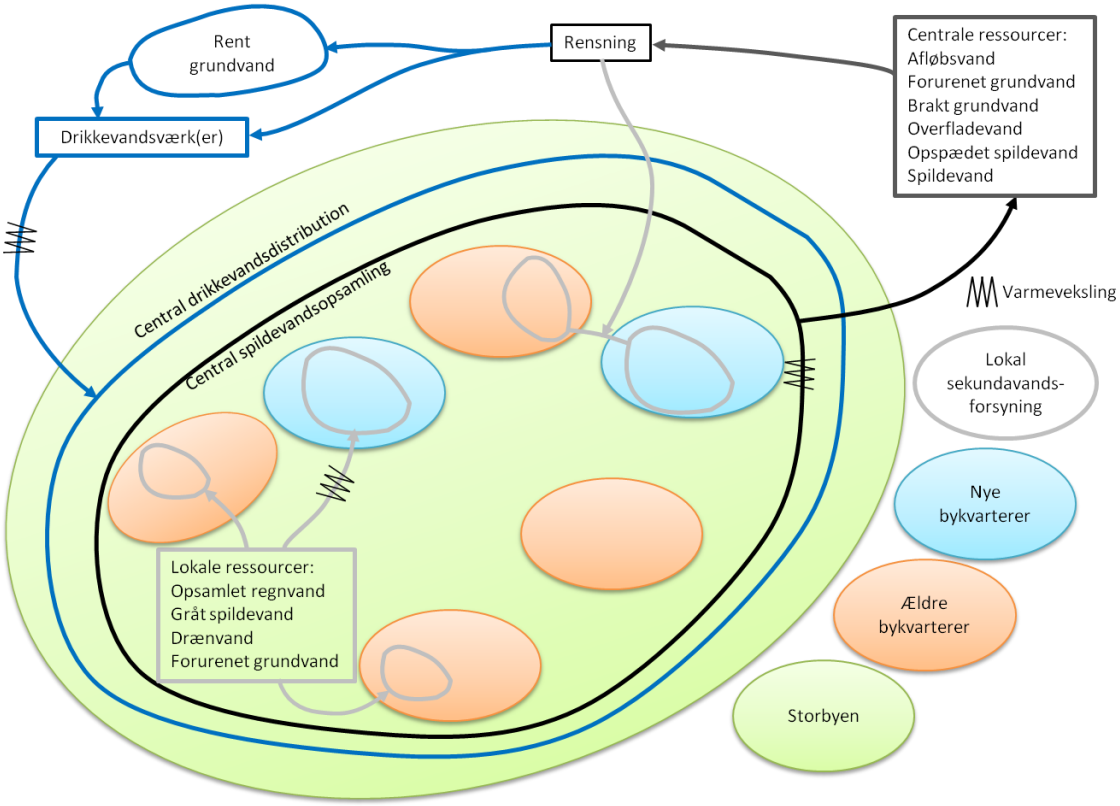
4. Ramme for vandkvalitetskriterier 21
4.1 Klassificeringsparametre og eksisterende vandkvaliteter 21
4.2 Et oplæg til klassificering af sekundavand i Danmark – den generelle klassifikation, baseret på internationale erfaringer 23
4.3 Et oplæg til klassificering af sekundavand i Danmark – en pragmatisk tilgang baseret på godkendte anvendelser 27

5. Konklusioner og anbefalinger til det videre arbejde 29
5.1 Konklusioner 29
5.2 Anbefalinger 29

1. Introduktion

1.1 Baggrund

I disse år arbejder myndigheder, lodsejere og forsyninger intensivt med klimatilpasning og implementering af EU's Vandrammedirektiv. I dette arbejde skeles der ofte til erfaringer fra udlandet og mulighederne for i højere grad at anvende et integreret syn på byernes vandkredsløb (Rygaard et al., 2009b). Dette kan medføre, at der anvendes mere end én vandkvalitet i vandforsyningen, for eksempel recirkulering af renset spildevand eller håndtering af regnvand med henblik på anvendelse efter opbevaring eller rensning. Overvejelserne om alternativ vandforsyning og recirkulering af renset spildevand for eksempel med henblik på restaurering af vandløb er blandt andet sket i samarbejdet Fremtidens Vandhåndtering i Storbyer (Figur 1).



Figur 1. Fremtidens vandkredsløb som det blev skitseret efter workshop 30. november 2010 i samarbejdet Fremtidens Vandhåndtering i Storbyer. Workshoppen blev afholdt hos Københavns Energi med deltagere fra Aarhus Vand, Københavns Energi og DTU Miljø.

I Danmark opereres som udgangspunkt kun med de to vandkvaliteter - badevand og drikkevand - i forhold til brugsformål, hvilket er reflekteret i den gældende lovgivning på området (Miljøministeriet 2012a; Miljøministeriet 2012b; Fødevareministeriet 2003; Miljøministeriet 2011 med efterfølgende ændringer). Dette besværliggør arbejdet med det integrerede vandkredsløb, hvor der er potentiale for anvendelse af vandkvaliteter, der falder udenfor den gældende lovgivning.

Udover den unuancerede lovgivning har det vist sig generelt udfordrende at diskutere emner for alternativ vandforsyning/vandhåndtering på dansk, da der ikke eksisterer en etableret dansk

terminologi for alternativerne til den etablerede praksis indenfor dansk forvaltning af det urbane vandkredsløb.

1.2 Formål

Denne rapport har til formål at

1. Etablere en terminologi for elementer, der tilføjes vandsystemet som følge af den igangværende klimatilpasning og implementering af vandplaner, med henblik på forvaltning af fremtidens urbane vandkredsløb.
2. Redegøre for udvalgte udenlandske erfaringer med klassifikation af kvalitetskrav for vand til andet end drikkevand og badevand, og på den baggrund:
3. Skitsere mulighederne for sekundavandskvalitetskriterier i en dansk kontekst.

2. Elementerne i vandkredsløbet – en terminologiordbog

Terminologien, der præsenteres i denne rapport, tager udgangspunkt i de termer, der blev knyttet til storbyens vandkredsløb i forbindelse med en workshop i 2010. Vandkredsløbets komponenter kan inddeles i fire hovedkategorier (Tabel 1). På wokshoppen blev en længere liste af termer diskuteret (Tabel 2). Listen betragtes ikke som komplet, men som det bedste bud på en samlet dansk terminologi for vandkredsløbet i en storby.

Tabel 1. Hovedinddeling af termer i storbyens vandkredsløb

Ressourcer	Funktioner	Fysiske anlæg	Teknikker
Oprindelsen af vand, der håndteres i vandkredsløbet, fx grundvand og renset spildevand	Brugen af vand i vandkredsløbet, og dermed hvilken funktion eller anvendelse vandet tjener,fx drikkevand og vanding	Infrastruktur og systemer, der er etableret for at håndtere vandkredsløbet,fx rørsystemer eller IT-systemer	Teknikker, der anvendes i vandkredsløbet, fx renseteknologier

Tabel 2. Oversigt over termer diskuteret 30. november 2010 i samarbejdet Fremtidens Vandhåndtering i Storbyer.

Ressoucer	Funktioner	Fysiske anlæg	Teknikker
Grundvand	**Husholdning**	**Vandværk**	Grundvandsdannelse
Rent	Drikkevand	Indvindingsanlæg	Kunstig infiltration
Forurenet	Madlavning	Transportledninger	Beluftning
Brakt	Opvask	Rentvandsbeholder	Sandfiltre
Drænvand	Bad	Pumpestation	Biologiske hurtig-sandfiltre
Salt	Tøjvask	Desinfektion (lokal/central)	Dobbeltfiltre
Fersk	Toilet	Reservoir	Kulfiltre
Spildevand	Rengøring	Vandtårn	Udfældning
Gråt	Havevanding	Højdebeholder	Membraner
Sort	**Erhverv**	**Distribution**	Mikrofiltrering
Kombineret	Vask (erhverv)	Sekundavand	Omvendt osmose
Renset spildevand	Bilvask	Rentvand	Remineralisering
Mekanisk	Rengøring	Regnvand	Oxidation
Biologisk	Vanding	Sensorer	UV
Kemisk	Køling	Moniteringsanlæg	Kloring
Hygiejniseret	Industri (procesbrug)	**Afløb**	Grundvandssænkning
Genindvundet	Varme	Spildevandsanlæg	Afløbsvand
Opspædet	Husdyrhold	Avanceret spildevandsbehandling	Koagulering
Industri	Markvanding	Infiltration	Aktiv slam
Regnvand	Dambrug	Fordampning	N-reduktion
Tag	**Offentlig**	Reservoir/bassin	P-reduktion
Vej	Rekreative formål	Overflade (bassin)	Membran-bioreaktorer
Plads/parkering	Naturgenopretning	Afløbsbassiner	Biogas/rådnetank
Andet	Badning	Kunstig infiltration	Varmevekslere
Overfladevand	Sejlads	Kloaknet	Køling
Ferskt	Fiskeri	Decentral renseanlæg	Dataopsamling
Salt	Synligt/æstetisk/kunst	Overløbsbassin	Radar
Hav	Byklima	Overløbsbygværker	GIS
	Brandbekæmpelse	Bank infiltration	Modellering
	Transportmiddel (affald)	Nedsivningsanlæg	Styring
	Afledning (÷ funktion)	Grønne tage	
		Faskiner	

2.1 En udvalgt terminologi

I det følgende beskrives en række udvalgte termer, der ventes at få fremtrædende rolle i det fremtidige vandkredsløb. Termerne beskrives ud fra deres sproglige oprindelse, aktuelle forståelse og anvendelse i Danmark og internationalt. Beskrivelsen er forsøgt sammenfattet i en enkel kort forklaring af termen i ***kursiv***.

2.1.1 Recirkulering, genanvendelse, genbrug, genindvinding, genvinding

Ordene recirkulering, genanvendelse, genbrug, genindvinding og genvinding anvendes ofte i flæng, men det kan være nyttigt at skelne mellem genanvendelse (fx af forurenet vand) før og efter rensning. Baseret på Miljøstyrelsens definitioner af genanvendelse, genbrug og genvinding (Miljøstyrelsen, 2012a) samt Den Danske Ordbog (Det Danske Sprog- og Litteraturselskab, 2012), foreslår vi følgende forståelse af termerne (Figur 2):

Genanvendelse og recirkulering: *Dækker bredt konceptet, at forurenet vand/spildevand bruges igen, enten direkte uden rensning eller efter rensning.* Genanvendelse og recirkulering er for eksempel, at behandlet husholdningsspildevand oprenses yderligere og anvendes til vanding, eller at gråvand (se nedenfor) fra håndvasken uden rensning benyttes til toiletskyl. På engelsk anvendes termen ”water reuse/recirculation” (Asano et al., 2007; OED Online, 2012).

Genbrug af vand: *At vandet bruges igen uden videre rensning*. Denne definition dækker for eksempel at opsamlet gråt spildevand fra håndvasken bruges til toiletskyl eller vanding i haven.

Genindvinding/genvinding af spildevand: *At der udvindes enten vand, ressourcer eller energi af spildevandet*. Genindvinding og genvinding har samme betydning og er for eksempel situationen, hvor spildevand efter avanceret rensning infiltreres til grundvandsressourcen. På engelsk benyttes termen ”water reclamation” når spildevand renses med henblik på genanvendelse (Asano et al., 2007; OED Online, 2012).

Figur 2. Eksempel på anvendelse af termerne for *genanvendelse og recirkulering*, hvor der skelnes mellem 1) *genbrug* uden oprensning og 2) *genindvinding/genvinding* ved hjælp af renseteknologi.

2.1.2 Regnvand (afstrømmet, tagvand, vejvand)

'Regnvand' er vand, der kommer af nedbør, og der er ikke umiddelbart behov for en nærmere definition af denne term, men medtages alligevel her, fordi der på engelsk også findes termen 'stormwater' som ikke har en tilsvarende term på dansk. 'Stormwater"s' oprindelige betydning er en "unormal stor mængde overfladevand, skabt af nedbør" (oversat fra OED Online 2012). I daglig brug dækker 'stormwater' over vand, der afstrømmer fra veje, haver og andre overflader efter nedbør. På dansk kan der tilsvarende tales om 'afstrømmet regnvand' og yderligere skelnes mellem 'tagvand', 'vejvand' samt 'vand afstrømmet fra pladser og stier uden tung trafik', og dermed indikere oprindelsen af det afstrømmede regnvand. De danske betegnelser er dog ikke så etablerede som den engelske term 'stormwater'.

2.1.3 Sekundavand

Sekundavand: *Vand af anden kvalitet end drikkevand, der kan erstatte brugen af drikkevand eller på anden vis kompensere for anvendelsen af drikkevand.*

'Sekundavand' er beslægtet med "sekundavare", der ifølge Den Danske Ordbog betyder "vare af mindre god kvalitet", eller "andenklasses vare". Når udtrykket bruges i relation til den konventionelle vandforsyning anvendes udtrykket 'vand af anden kvalitet end drikkevandskvalitet". Derfor vil 'sekundavand' af sin oprindelse ofte forstås som vand af dårligere kvalitet end drikkevand, men der kan være anvendelser (fx ultrarent vand i procesindustri eller kedelvand på kraftvarmeværker), hvor 'sekundavand' kan opfattes som værende bedre end drikkevand til den specifikke anvendelse.

I daglig brug anvendes termen 'sekundavand' ofte med betydning af en ganske bestemt type vand, for eksempel forurenet grundvand, der tænkes benyttet i en bestemt sammenhæng. Det er dog væsentligt at fastslå, at 'sekundavand' er en bredere betegnelse, der potentielt dækker over mange forskellige oprindelser, ressourcer og anvendelser. Med den ovenstående definition er følgende anvendelser alle eksempler på sekundavandsbrug:

- Regnvand opsamlet fra tag anvendt til toiletskyl
- Afværgevand, der afmineraliseres og anvendes som kedelvand på kraftvarmeværker
- Genindvundet spildevand (se ovenfor), der udledes til vandløb som kompensation for grundvandsindvinding

På DANVA's Konference om Anvendelse af Sekundavand (Odense 28. januar 2013) blev der af flere oplægsholdere efterlyst et andet ord for 'sekundavand', og flere bud blev meldt ind bl.a. 'teknisk vand', 'cirkelvand', 'genbrugsvand' mv., men der er forfatterne bekendt ikke fulgt op på forslagene.

På engelsk anvendes ofte termen 'non-potable water' om vand, der ikke anvendes til drikkevandsformål (USEPA, 2012). En oversættelse af 'sekundavand' til engelsk kunne også være "secondary quality water" eller "secondary water quality", og en søgning på Google viser også en udbredt brug af "secondary water supply" når der leveres vand af flere kvaliteter. Brugen af "secondary water supply" kan potentielt lede til begrebsforvirring, da den amerikanske miljøstyrelse opererer med "Secondary Drinking Water Regulations, eller "secondary standards", der henviser til en anbefalet, men frivillig skærpelse af de officielle drikkevandskriterier (US EPA, 2012). Der findes således, så vidt vides, ikke en engelsk term, der direkte modsvarer den danske anvendelse af ordet 'sekundavand'. I Australien anvendes termen "dual reticulation", når vandforsyningen leverer flere vandkvaliteter i et dobbeltstrenget rørsystem (Willis et al., 2011).

2.1.4 Spildevand

***Spildevand**: Forurenet vand udledt fra husholdninger, industrivirksomheder, landbrug mm. og som ikke har værdi uden yderligere behandling.*

'Spildevand' beskrives i Den Danske Ordbog som "forurenet vand som udledes fra husholdninger, industrivirksomheder, landbrug m.m." (Det Danske Sprog- og Litteraturselskab, 2012). 'Spildevand' kan også kendetegnes ved at være ubehandlet og ikke umiddelbart genanvendeligt (Troeh and Donahue, 2003). Som navnet antyder på dansk og engelsk (wastewater) udtrykker termen, at 'spildevand' er vand, der har udtjent sin funktion (OED Online, 2012) og betragtes som spild eller affald.

'Spildevand' inddeles i farverne grå og sort med følgende definitioner:

- *Gråt spildevand*: Definitionen varierer i litteraturen. Ofte omtalt som spildevand fra husholdningernes køkken, badeværelse uden toiletafløb (Troeh and Donahue 2003; Henze and Ledin 2001) og dertil afløb fra vaskemaskine (Københavns Energi, 2011). Gråvand er i andre sammenhænge defineret som spildevand fra bad og vask, der ikke indeholder toiletvand og madrester. Dette er også kaldet lysegråt spildevand i Danmark (Henze and Ledin 2001). Der er derimod ikke konsensus udenfor Danmark, om hvorvidt afløb fra køkkenvasken er en del af gråvandet (Asano et al., 2007). Køkkenvaskens afløb kan have særligt meget madaffald i områder, som for eksempel USA, hvor der er udbredt brug af køkkenkværne. Installation af køkkenkværne tillades nu i en forsøgsordning i Odense Kommune (Odense Kommune, 2013).

- *Sort spildevand*: Vand der indeholder toiletvand fra husholdninger (Troeh and Donahue, 2003). I tilfælde hvor køkkenafløbet ikke medregnes i gråvand, bidrager køkkenafløbet også til det sorte spildevand (Asano et al., 2007). Det sorte spildevand adskiller sig i en risikosammenhæng, da indholdet af patogener forventes særligt højt på grund af fækalieindholdet.

2.1.5 Renset spildevand

***Renset spildevand**: Vand, der er behandlet, så det anses for at være af en bedre kvalitet, end den oprindelige spildevandsstrøm.*

'Renset spildevand' er ikke en klart defineret term, jf. tilgængelige opslagsværker og fagbøger nævnt ovenfor. Dette skyldes de mange niveauer for rensning af spildevand på spildevandsanlæg verden over, for eksempel primært, sekundært og tertiært behandlet spildevand (Henze et al. 2002; CEC 2004). For at det kan kaldes 'renset spildevand', må det dog være et krav, at der er foretaget en omdannelse eller fraseparering af uønskede/forurenende stoffer, så vandet er af bedre kvalitet, end før rensning.

2.1.6 Vand til teknisk brug

Teknisk vand*: Vand fra drikkevandsinstallationer, der er behandlet i særlige anlæg, hvorefter det ikke længere opfylder kravene til drikkevand i Miljø- og Energiministeriets bestemmelser* (DS, 2009).

Norm for vandinstallationer (DS, 2009) omtaler brug af 'teknisk vand', som det kendes fra fx spildevandsanlæg og produktionsvirksomheder. 'Teknisk vand' er betegnelsen for vand, der har haft drikkevandskvalitet, men som følge af behandling ikke længere overholder kravene til drikkevandskvalitet.

3. Vandkvalitetskriterier – erfaringer

Det er bemærkelsesværdigt, at udlandets vandhåndtering og erfaringer med vandforsyning af sekundær kvalitet er skarpt opdelt i recirkuleringssystemer (Asano et al., 2007; Bixio and Wintgens, 2006), regnvandsopsamling fra tage (fx TWDB 2005) og håndtering af nedbør på veje og andre arealer (fx Wong et al. 2012). En samlende ramme for håndtering og brug af vand af sekundær kvalitet, er endnu ikke opstillet.

Der er mange udenlandske erfaringer med at genanvende spildevand, og netop på dette felt skelnes mellem flere typer vand og mange forskellige anvendelsesmuligheder. Derfor er der taget udgangspunkt i de erfaringer, der er gjort med at klassificere recirkuleret spildevand.

Kvalitetskrav ved genindvinding af spildevand tager normalt udgangspunkt i anvendelse af det genindvundne spildevand eller vandets kvalitet før og efter genindvindingen. Allerede i 2001 blev der foreslået en ramme for en international klassificering af recirkuleret vand (Anderson et al., 2001). Forslaget blev fulgt af en opfordring til at udarbejde en international standard for klassificering af recirkuleret spildevand, men der er ikke international konsensus om klassifikation af ikke-drikkevand, og der er heller ikke ensartede krav til vandkvalitet til specifikke formål. For eksempel er grænseværdien for *E. coli* i vandingsvand 10 cfu/ml i Italien og 200 cfu/100 ml i Portugal. Den tilsvarende grænseværdi for fækale colibakterier er defineret som 10 cfu/100 ml i Israel og 1000 cfu/100 ml i Frankrig og Grækenland (Bixio and Wintgens, 2006).

Forskellige klassifikationer forklares af forskellige tilgange til at håndtere sundhedsrisici ved at anvende recirkuleret vand (Anderson et al., 2001). Der er defineret to tilgange til problemstillingen (Bixio and Wintgens, 2006):

1. Videst mulig beskyttelse mod risici forbundet med recirkulering. Her er omkostninger til behandling af mindre betydning, og der fokuseres på en nul-risiko ved anvendelse af recirkuleret vand. Denne tilgang kræver en god økonomisk opbakning til genanvendelsesprojekter, og ligger til grund for recirkuleringsbestemmelser i for eksempel Australien, Californien, og Israel.

2. En mere pragmatisk tilgang til recirkulering, hvor der fokuseres på at promovere genanvendelse af spildevand, blandt andet ved at holde omkostningerne ved genanvendelse af spildevand nede. Denne tilgang er blandt andet blevet anvendt af WHO.

De nyeste anbefalinger fra WHO for genanvendelse af spildevand til vanding i landbrug er baseret på kvantitativ mikrobiel risikovurdering. Risikoen kvantificeres i enheden DALY (Disability Adjusted Life Years), som kan forstås som antal sunde leveår, der tabes ved en given aktivitet. DALY kvantificeres som summen af tabte leveår og antal år, der leves med handikap. WHO's anbefalinger for genanvendelse af spildevand baseres på et accepteret risikoniveau på $<10^{-6}$ DALY/person/år, men der lægges op til, at der lokalt bør fastsættes egne mål for risiko-niveauet under hensyntagen til sociale og økonomiske forhold og dermed ønsket om at læne sig op af tilgang 2, nævnt ovenfor (WHO, 2006). Til sammenligning vurderedes den typiske dansker at være ramt af 0,001 DALY som følge af diagnosticeret diarre, og 0,05 DALY som følge af cancer i 2010 (The Institute for Health Metrics and Evaluation, 2013). Et risikoniveau på 10^{-6} DALY er således en faktor 1000 eller endnu lavere end risikoniveauet forårsaget af sygdomme som diarré og cancer.

Mens der endnu ikke er international konsensus om krav til vand af sekundær kvalitet, er der væsentlige erfaringer at hente fra Australien og USA, hvor de føderale myndigheder har udarbejdet vejledninger for de lokale staters retningslinjer for genanvendelse af spildevand. Der findes ikke tilsvarende officielle vejledninger i EU, men flere europæiske stater har etableret deres egne retningslinjer, og der findes forslag til fælleseuropæiske vejledninger.

3.1 Europa

Europæiske forskningsprojekter har ført til et forslag til at anvende recirkuleret spildevand, herunder rammer for kvalitetskriterier for genanvendelse af spildevand. Enkelte lande, blandt andre Israel, Italien og Spanien har defineret deres egne kvalitetskriterier for recirkuleret spildevand, afhængigt af anvendelsen af vandet, og baseret på mikrobielle og kemiske parametre. Sådanne retningslinjer er blevet anvendt til at foreslå krav til en række klasser af vand, som en fælleseuropæisk vejledning (Salgot et al., 2006). Salgot et al. foreslår 11 klasser af genindvundet spildevand, fordelt på 7 mikrobielle og 4 kemiske kvalitetsklasser (Tabel 3).

Tabel 3. Opsummering af foreslåede europæiske kategorier for genanvendelse af spildevand og udvalgte eksempler på eksisterende krav til mikrobiel og kemisk vandkvalitet fra Italien, Israel og Spanien (baseret på Salgot et al. 2006).

Anvendelse (forkortet beskrivelse)	Kvalitetsklasse		Fækale coliforme	Entero-cocci	Total kvælstof	Total fosfor	Klorid	Ilt opløst
	Mikrobiel	Kemisk[a]	(cfu/100mL)	(cfu/100mL)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)
Sekundavandsforsyning i husholdning (ikke-drikkevand i private hjem)	I	1	<1	<1	15-20	2-5	250	>0.5
Injektion til grundvand, der er drikkevandsressource	I	([b])	<1	<1	15-20	-	-	-
Badevand (sø/hav)	II	1	<20-<1.000	<1.000	15-20	2-5	250	>0.5
Vanding på offentlige arealer, brandslukning, springvand. Vanding af afgrøder, der spises rå	III	1	<1-<1.000	<20	15-20	2-5	250	>0.5
Vanding af afgrøder, der ikke spises rå	IV	1	<1-<10.000	<1.000	15-20	2-5	250	>0.5
Naturgenoprettelse, men hvor der ikke bades	IV	2	<1-<10.000	<1.000	10-20	0,2	250-400	>3
Vanding af skovområder og områder uden offentlig adgang	V	1	<1-<10.000	<10.000	15-20	2-5	250	>0.5
Aquakultur	V	2	<10.000	<10.000	10-20	0,2	250-400	>3
Infiltration til grundvandsressource	V	3	<10.000	<10.000	-		100	>8
Naturgenoprettelse uden offentlig kontakt med vandet	VI	2	<200-<10.000	<20	10-20	0,2	250-400	>3
Industriel køling, undtaget fødevareindustri	VII	4	<1-<10.000	<1.000	10	0,2	400	>3

[(a)] De kemiske klasser er af Salgot et al (2006) defineret som: 1) Privat og bynær anvendelse samt vanding, 2) naturgenoprettelse og akvakultur, 3) infiltration til drikkevandsressource og 4) industriel køling. ([b]) Skal overholde drikkevandskrav.

De mikrobielle og kemiske kvalitetsklasser eksisterer parallelt, så for eksempel mikrobiel klasse IV kan anvendes til både vanding af afgrøder, der ikke spises rå, og til naturgenoprettelse af

søer og vandløb, hvor vandet ikke benyttes som badevand. Kravene til den kemiske vandkvalitet for de to anvendelser er dog forskellige, og vanding af afgrøder kræver kemisk klasse 1, mens naturgenoprettelse kræver kemisk klasse 2.

Opdelingen i mikrobielle og kemiske klasser, sikrer fleksibilitet, så man kan ”designe” det genindvundne vand specifikt til en given anvendelse. Derved minimeres risikoen for at vand behandles mere end nødvendigt for at matche kvalitetskrav, der er skrappere end nødvendigt med en konkret risikovurdering.

3.2 Australien

I staten South East Queensland benyttes klasserne A-D baseret på Australske retningslinjer for vand, der efter genindvinding anvendes på offentlige arealer, landbrug og i industrien. Dertil har staten tilføjet klasse A+, der omfatter vand anvendt i husholdningerne (Tabel 4).

Tabel 4. Australske anbefalede kriterier for klasse A-D og A+ recirkuleret vand (QEPA, 2005). For de fleste anvendelser herunder er der et krav om risikomanagement, dvs. en konkret vurdering af risikoen forbundet med anvendelsen af en given vandkvalitet til et bestemt formål.

Class	*E.coli* (median) cfu/100mL	Eksempler på anvendelse	Noter
A+	< 1	Sekundavandsforsyning i husholdning. Brandslukning Vanding af grøntsager, der spises rå. Bilvask	Hvis distribueret som sekundavandsforsyning til husholdninger, kræves der klorresidual 0,2-0,5 mg/L.
A	< 10	Vanding på offentlige arealer Fontæner Vandkunst uden badning Vanding af grøntsager, der skal koges	
B	< 100	Vask af overflader i landbruget	
C	< 1000	Vanding af områder uden offentlig adgang. Vanding under jordoverfladen.	
D	< 10,000	Vanding af non-food afgrøder, for eksempel bomuld, i områder hvor der er begrænset adgang for mennesker.	

Queenslands klasser A-D reflekterer brugen af vand, så at jo mindre borgerne udsættes for eksponering, desto højere niveau af *E. coli* kan accepteres. Der er tale om en ”guideline” og der opfordres til at lave konkrete vurderinger af risikoen i de enkelte anvendelsestilfælde. Det er således tilladt i Queensland at bruge alternative vandklasser end A-D, hvis en risikoanalyse viser, at vandet kan bruges til et givent formål med en håndterbar (”*manageable*”) risiko for folks sundhed (QEPA, 2005). En sådan fleksibel regulering af krav til sekundavandskvalitet sikrer, at der kan tages hensyn til lokale forhold, men samtidig at der er en fælles retningslinje for kvaliteten af sekundavand.

Udover de mikrobielle krav til genindvundet vand (Tabel 4) er der i Australien foreslået et udvidet sæt kemiske kvalitetskrav for drikkevand, der er baseret på recirkuleret spildevand, fx via infiltration til grundvand eller opblanding i øvrige drikkevandsressourcer. Kvalitetskravene til drikkevand baseret på recirkuleret spildevand er baseret på en liste af kemiske stoffer, der findes i spildevand. Grænseværdier er baseret på de eksisterende krav til drikkevandskvalitet i Australien samt grænseværdier for drikkevand etableret andre steder (WHO, EU, USA og

Canada). Dertil er der beregnet grænseværdier for yderligere >50 kemiske parametre, der ikke eksisterede drikkevandskvalitetskrav for (Middleton et al., 2008).

Hvis ikke sundhedsrisiko for borgerne er den primære bekymring, for eksempel ved vanding af foderafgrøder, kræves der en konkret vurdering af nødvendige vandkvalitetskriterier inklusiv kemiske parametre (QEPA, 2005).

3.3 USA

USA's Miljøstyrelse (US EPA) har udformet en generel retningslinje for genanvendelse af spildevand, men lader de enkelte stater fastsætte egentlige krav til vandkvaliteten (Asano et al., 2007; USEPA, 2012). Retningslinjen er omtalt som en international standard for genanvendelse af sekundavand (WaterReuse, 2013). US EPA's anbefalede klassificering af genindvundet spildevand er baseret på 4 komponenter (Tabel 5): 1) en given anvendelse af det genindvundne spildevand, 2) krav til behandling, 3) krav til vandkvalitet og 4) krav til monitering (ikke vist her). Kravene til behandling, vandkvalitet og monitering er således bundet til vandets anvendelse og det resulterer i mere end 12 grupper af genindvundet spildevand (heraf 7 vist i Tabel 5).

3.4 Opsummering af erfaringer fra Europa, Australien og USA

Vandkvalitetskriterier er forskellige fra sted til sted, og der er langt fra konsensus om rammen for kvalitetskriterierne eller enighed om kvalitetskrav til specifikke anvendelser. Derudover er de kvalitetskrav, der er præsenteret ovenfor, rettet mod genanvendelse af spildevand men ikke øvrige vandressourcer.

En række væsentlige pointer er dog, at:

- Der er flere erfaringer med at operere med "klasser" af genindvundet spildevand, hvor klasserne er bundet op på anvendelsen af vandet.
- Retningslinjerne for genbrug af spildevand er relevante for anvendelse af sekundavand i Danmark. Det skyldes, at retningslinjerne udstikker en ramme for vandkvaliteten afhængigt af brugsformål, der varierer fra anvendelser, hvor folk sjældent eksponeres for vandet for eksempel til toiletskyl, til injektion direkte i drikkevandsressourcen i grundvandet.
- Klasser af vandkvaliteter kan baseres på en fællesklassificering, for både mikrobielle og kemiske krav for den enkelte klasse. Eller der kan klassificeres for mikrobielle og kemiske parametre hver især, hvilket øger kompleksiteten af klassificeringen.
- Hvis der opereres med mange klasser af vand, vil det reducere antallet af tilfælde, hvor vand må renses unødigt grundigt, men med øgede omkostninger og administration til følge. Færre klasser vil derimod være nemmere at administrere og fremme gennemskueligheden af de opstillede kvalitetskrav.

På længere sigt er en international standardisering muligvis på vej, da ISO har etableret en arbejdsgruppe, der frem til udgangen af 2014 skal skitsere en ramme for hvordan ISO kan etablere en standard for genanvendelse af spildevand. Oplægget til arbejdsgruppen nævner specifikt at ISO standarden ikke skal opstille specifikke krav for vandkvaliteten ved anvendelsen af vandet (ISO Central Secretariat, 2013).

Tabel 5. En udvalgt samling af USA's miljøstyrelses forslag til kvalitetskriterier for genindvinding af spildevand(USEPA, 2012). Detaljer om de enkelte kvalitetsparametre for eksempel målemetoder er udeladt her. * = Kun udvalgte bemærkninger fra originalteksten er gengivet her.

Anvendelse	Behandling	Kvalitetskrav	Noter*
Vanding Bilvask Toiletskyl Brandbekæmpelse og andre anvendelser hvor folk har adgang til eller eksponeres til vandet	Konventionel spildevandsbehandling Filtrering (fx sand eller mikrofiltrering) Desinfektion	pH = 6-9 ≤10 mg/L BOD_5 ≤ 2 NTU eller suspenderet stof ≤ 5 mg/L inden desinfektion Ikke målelige fækale coli/100 ml ≥ 1 mg/L Cl_2-residual	≥15 m til drikkevandsboring
Rekreativt brug for eksempel lystfiskeri, sejlads, badning	Som ovenfor	Som ovenfor	≥150 m til drikkevandsboring Reduktion af næringssalt kan være nødvendigt af hensyn til algeopblomstring.
Byggearbejde, fx støvbekæmpelse, betonblanding	Konventionel spildevandsbehandling Desinfektion	pH = 6-9 ≤30 mg/L BOD_5 ≤ 30 mg/L suspenderet stof ≤ 200 fækale coli/100 ml ≥ 1 mg/L Cl_2-residual	Ansattes kontakt med vandet skal minimeres
Industrielt brug	Afhænger af specifik anvendelse	Afhænger af specifik anvendelse	
Miljøgenopretning for eksempel vådområder, vandløb	Varierer Konventionel spildevandsbehandling Desinfektion	Kan variere, men bør være mindre end: 30 mg/L BOD_5 30 mg/L suspenderet stof ≤ 200 fækale coli/100 ml ≥ 1 mg/L Cl_2-residual	Kræver evt. deklorinering
Infiltration (via spredning på overflade) til grundvand, der er drikkevandsressource	Konventionel spildevandsbehandling Desinfektion Evt. sandfilter, mikrofiltrering, avanceret spildevandsbehandling, el. lignende.	Skal overholde drikkevandskravene efter perkolering gennem den umættede zone.	Min. 2 meter umættet zone. Min. 2 mdr. opholdstid i akvifer inden indvinding til drikkevandsformål. Påvirkningen af grundvandsforhold skal moniteres
Injektion til grundvand, der er drikkevandsressource	Konventionel spildevandsbehandling Sandfilter, membranfiltrering el. lign. Desinfektion Avanceret spildevandsbehandling (fx kemisk fældning, kulfiltrering, omvendt osmose, ultrafiltrering mv.)	Som minimum (ved injektionen): pH = 6,5 - 8,5 ≤ 2 NTU (turbiditet) Ingen total Coli/100 mL ≥ 1 mg/L Cl_2-residual ≤ 3 mg/L TOC Overholde drikkevandskravene	Min. 2 mdr. opholdstid i akvifer inden indvinding til drikkevandsformål. Påvirkningen af grundvandsforhold skal moniteres

4. Ramme for vandkvalitetskriterier

Med udgangspunkt i erfaringerne fra udlandet og mulige anvendelser af sekundavand (Tabel 2) er her to bud på en ramme for klassificering af sekundavand i en dansk kontekst. Rammerne er ikke tænkt som endelige bud på sekundavandskvalitetskriterier, men som et oplæg til den videre diskussion af mulighederne for regulering af brugen af sekundavand.

4.1 Klassificeringsparametre og eksisterende vandkvaliteter

Der er tre kategorier af kvalitetsparametre, der skal tages hensyn til i en eventuel klassificering af sekundavand: 1) mikrobielle, 2) kemiske og 3) fysiske (Tabel 6).

Tabel 6. Parametre med betydning for klassifikation af vandkvalitet (Baseret på Asano et al. 2007; Salgot et al. 2006)**.**

Mikrobielle parametre	Kemiske parametre	Fysiske parametre
Vira	Nedbrydeligt organisk stof	Suspenderet stof
Bakterier	Organisk carbon, N og P	Turbiditet
Protozoer	Tungmetaller	Temperatur
Parasitiske orme	pH	
	Sporstoffer og organiske mikroforureningsstoffer	
	Disinfektions-biprodukter	
	Opløst stof	

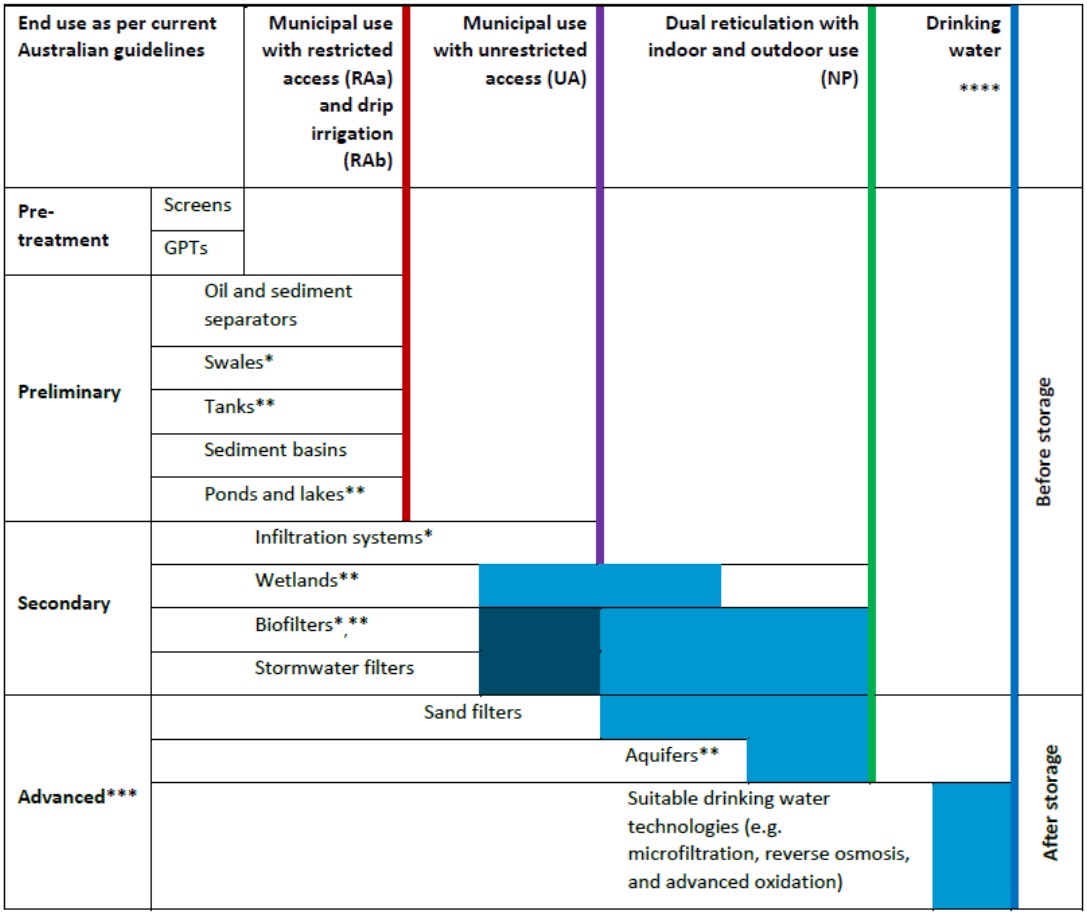
En klassificering baseret på kvalitetsparametre vil minde om forslaget til de europæiske retningslinjer for kvalitetskriterier for genindvundet spildevand (afsnit 3.1). En væsentlig ulempe ved at operere med to parallelle klassificeringer for henholdsvis mikrobiologiske og kemiske parametre er det relativt store antal klasser af vand, det resulterer i.

De vandressourcer, der nævnes som mulige sekundavandsressourcer, spænder over store intervaller af vandkvaliteter (Tabel 7). Som eksempel kan nævnes opsamlet regnvand fra tage, hvor *E. coli* målinger spænder fra ingen detekteret til $5 * 10^4$ cfu/100 mL. En sådan varians dækker alle fem vandkategorier i South East Queensland's retningslinjer for genanvendelse, hvilket svarer til så forskellige anvendelser som sekundavandsforsyning i husholdninger til vanding af non-food afgrøder. Ressourcernes potentiale kræver yderligere en kortlægning af sammenhængen mellem de enkelte ressourcers vandkvalitet og den fornødne renseteknologi for en given anvendelse. Sekundavandsressourcen dækker for eksempel regnvand opsamlet fra vej, hvor saltindhold (TDS) kan variere fra næsten afsaltet (13 mg/L) til et saltindhold, der ligger højere (>80.000 mg/L) end andre salte vandressourcer som for eksempel brakt grund- og havvand (1.500-30.000 mg/L) (Tabel 7). En generel klassifikation baseret på vandkvalitet og anvendelse har været udgangspunktet for det første forslag til en ramme for klassifikation af sekundavand (afsnit 4.2).

Specifikke vandkvalitetsparametre som for eksempel korrosionsindikatorer er ikke inkluderet i Tabel 7, men generelt kan indholdet af salte (TDS) forstås som en indikation af korrosionspotentialet, da de høje værdier dækker over især klorid, sulfat og tilsvarende salte fra vejsaltning, forurening og indtrængende havvand. Klorid og sulfat vil have stor betydning for korrosionspotentialet af sekundavandet.

I stedet for at tage udgangspunkt i vandkvalitet og anvendelsen af vandet, kan der arbejdes med mulige kombinationer af ressourcer, vandbehandling og anvendelser. Dette spiller fint sammen med, at skal flere vandressourcer i spil i en dansk sekundavandsforsyning, er der behov for et katalog over potentialerne for udvikling og/eller implementering af renseteknologier, der kan rense vandet til den fornødne vandkvalitet. Klassifikation kan således være en retningslinje for hvilke renseteknologier, der kan bringe en vandressource fra en kvalitetsklasse til en anden (Figur 3). En sådan tilgang ligger til grund for det andet forslag til klassifikation (afsnit 4.3).

Table 5. Stormwater treatment technologies achieving specific end-use water quality requirements - this should only be used as a broad recommendation, while a detailed site specific risk assessment should be carried out and appropriate treatment train selected. The different end uses refer to the options specified by NRMMC et al. (2009a[13]). The conservative uses of stormwater treated with WSUD technologies reflect those imposed by current guidelines (***blueprint2011***).



* Could also be used for collection

** Could also be used for storage

*** Alternative/ additional drinking water technologies should be adopted where specific issues are present (e.g. colour, metals, odour, etc.)

**** Stormwater should be currently only be used for indirect potable use, as far more research is needed prior to direct potable use

Water quality level achieved when disinfection is employed (e.g. chlorination)

Currently requires disinfection but this requirement may be removed in the near future with the advancement of WSUD technologies.

Figur 3. Eksempel på matrice, der viser hvordan vandbehandlingsteknologier kan rense opsamlet regnvand til en række anvendelser i henhold til australske retningslinjer (fra Wong et al., 2012).

Tabel 7. Typiske vandkvalitetsparametre for vandressourcer med relevans for sekundavandsanvendelse.

	E. coli (No/100mL)	Coliforme (No/100mL)	Turbiditet (NTU)	TN (mg/L)	TP (mg/L)	Sulfid-S^{2-} (mg/L)	SS (mg/L)	TDS (mg/L)	BOD_5 (mg/L)	TOC (mg/L)
Regnvand (tag)	<1-5,4×10[4c]	1-1,9×10[4c]								
Regnvand (vej)	10-1,2×10[5 c]	10-2×10[5 c]	1,5-400[c]	2-40[c]	0,005-13[c]	0,0-15[c]	0,5-5700[c]	13-81700[c]	0,9-324[c]	<0,7-390[c]
Regnvand (parkeringsplads)					0,04-0,28[e]		6,1-270		2,1-20[e]	
Spildevand	10[7a]	10[6]-10[9 b]		20-70 [b]	4-12 [b]	0,1[a]	120-450[a]	270-860[b]	100-350 [a,b]	70-260 [a,b]
Gråt spildevand (tøjvask)	8,3×10[6 h]	56-8.9×10^5 [h]	14-296 [h]	6-21 [h]	0,062-57 [h]		79-280 [h]		48-380 [h]	100-280 [h]
Gråt spildevand (bad)	3,2×10[7 h]	70-2,8×10[7 h]	20-370 [h]	0,6-7,3 [h]	0,11-2,2 [h]		48-120 [h]	126-175 [h]	76-200 [h]	15-225 [h]
Konventionel spildevands-behandling	10[4 a]	10[4]-10[5 b]	2-8[b]	3-8[b]	1-2[b]		5-20[b]	500-700[b]	5-15 [b]	8-20[b]
Avanceret/ membranbaseret spildevands-behandling		<1-100[b]	<1[b]	<1-10[b]	<0,3-5[b]		<2	<5-700[b]	<1-5 [b]	0,1-5 [b]
Let forurenet grundvand (København)	<1-24[d]	<1-1.046[d]			0,03-0,07[d]	<0,02[d]		930-1.750[d]		(3,2-13,8)* [d]
Brakt grundvand (Region hovedstaden)				5,8-219	0,01-1,2	0,02-0,22[f]		1.500-29.000[f]		(05-29)* [f]
Havvand Køge bugt								6.000-20.000[g]		

[(a)] DK (Henze et al. 2002, ch. 1.2) Typiske referenceværdier, [(b)] USA (Asano et al. 2007, ch. 3.6 & 7.3) Typiske referenceværdier, [(c)] DK (Anna Ledin et al., 2004) Sammenstilling af målekampagner fra flere lande., [(d)] DK (Corfitzen and Albrechtsen, 2011) Målt i tre "vandkiosker" i København, [(e)] DK (Pedersen and Nielsen, 2011) Målt ved to københavnske parkeringspladser, [(f)] DK (GEUS, 2013) Boringer i Jupiter databasen for Region Hovedstaden med minimum inddampningsrest >1500 mg/L, [(g)] DK (Rygaard et al., 2009a) Typiske værdier Køge Bugt, [(h)] (Ledin et al., 2001) Sammenstilling af målekampagner fra flere lande, * = NVOC

4.2 Et oplæg til klassificering af sekundavand i Danmark – den generelle klassifikation, baseret på internationale erfaringer

Som inspiration for en dansk klassificering af sekundavand tages der udgangspunkt i det simple Australske system, med få inddelinger af vandkvaliteter. Klassificeringen foreslås uafhængig af vandets oprindelse, således at vandet dømmes på dets kvalitet og ikke dets historie. Det

foreslås endvidere at definere klare mikrobielle og kemiske parameterkrav for vandklasserne, så det er meget specifikt, hvilken vandkvalitet, der er tale om i de enkelte klasser. Klassifikation efter anvendelse, er i tråd med australske og USA's retningslinjer for recirkulering af spildevand.

Som eksempel for en samlende ramme for sekundavandskriterier foreslås her en inddeling i tre primære kategorier (Tabel 8). De tre primære grupper er defineret ud fra deres anvendelsesområde:

A. Sekundært husholdningsvand, der må anvendes i private husholdninger
B. Sekundavand til offentlig-/virksomhedsbrug. Installeres og bruges af professionelle.
U. Ultrarent: Vand af særlig høj kemisk renhed, der anvendes i industrien

De tre primære kategorier kan underinddeles i mere specialiserede anvendelser, hvor der kan tænkes lempeligere krav til udvalgte parametre (fx saltindholdet, hvor vandet alene bruges i opvaskemaskiner/toiletskyl) (Tabel 8).

Tabel 8. Forslag til klassificering af sekundavand i 3 primære kategorier. Tabellen er et konceptuelt eksempel på hvordan der kunne udformes konkrete klassifikationer af sekundavand.

Kategori	Beskrivelse og anvendelse	Kvalitetsmål
A. Sekundær husholdningsbrug	*Overholder ikke nødvendigvis drikkevandsbekendtgørelsen, men anses for sikkert at anvende i husholdningen til andre formål end drikke og madlavning. Der kan være menneskelig kontakt med vandet, for eksempel som badevand og tøjvaskevand.*	*Defineres af grænseværdier baseret på risikovurdering i forhold til akut toksicitet, så det anses for ufarligt i tilfælde af, at vandet drikkes utilsigtet. Dvs. at fx patogener er uacceptable, mens niveauer af mikroforurenings-stoffer, der kun udgør en risiko ved daglig eksponering over lang tid kan være acceptabelt.*
A1. Vand til badning	Anvendes til alle andre formål end drikke og madlavning. Vandet kan for eksempel anvendes i bruser og vask generelt udover opvaske-/vaskemaskiner og toiletskyl.	
A2. Teknisk husholdningsbrug	Fx anvendt til opvaske-/vaskemaskiner, toiletskyl og med begrænset menneskelig kontakt.	
B. Sekundær erhvervsbrug	*Overholder ikke drikkevandsbekendtgørelsen. Kan anvendes, hvor folk har adgang til vandet, men under normale omstændigheder ikke er i direkte kontakt med vandet. Må ikke anvendes privat.*	*Defineres af grænseværdier for den hygiejniske kvalitet under hensyntagen til, at folk kan have kortvarig kontakt med vandet inden eventuel fortynding (fx i sø) samt grænseværdier for udledning i naturen.*
B1. Rekreative formål	Genopretning af vådområder, hvor der bades.	
B2. Vanding	Vanding af træer og afgrøder, der ikke spises rå.	
B3. Restaurering	Genopretning af vådområder, hvor der ikke bades.	
B4. Procesvand	Vand, der anvendes i processer, fx rengøring i industrien eller teknisk vand på renseanlæg.	
B5. Uden kontakt - ingen adgang	Anvendes, hvor der ikke er adgang for folk og hvor der ikke er menneskelig kontakt med vandet. Må ikke anvendes privat. Vanding af planter, der ikke spises, spuling af kloaker mv. hvor vandet kun anvendes af professionelle og uden offentlig adgang.	Defineres af grænseværdier for udledning i naturen/til kloak. Det forudsættes at operatører bærer værnemidler i forbindelse med anvendelsen af vandet.
U. Ultrarent	*Overholder ikke drikkevandskravene på grund af få eller ingen mineraler. Anses alene relevant for industrielle formål.*	*Defineres af en grænseværdi for ledningsevne/ionstyrke.*

Inddelingen tager primært udgangspunkt i sundhedsrisici for mennesker, men for sekundavand, der anvendes udendørs, bør der ved klassificeringen også tages hensyn til miljøpåvirkninger. De konkrete kvalitetskrav til de enkelte vandklasser må baseres på en risiko- og miljøvurdering i forhold til den forventede anvendelse af vandet.

Kvalitetsklassificeringen er som hovedregel progressiv, dvs. at en vandfraktion altid kan erstatte en klasse vand af ringere kvalitet. Således kan klasse A (sekundær husholdningsbrug) anvendes til alle funktioner, hvor klasse B (sekundær erhvervsbrug) er godkendt. Ultrarent vand (klasse U) kan ikke nødvendigvis anvendes andre steder end den specifikke industrielle proces, det er fremstillet til at indgå i, da fraværet af mineraler kan være problematisk i nogle sammenhænge, for eksempel af hensyn til korrosion. Dette vil næppe være et problem i praksis, da ultrarent vand forudses at blive produceret med henblik på enkeltstående og meget specifikke anvendelser.

Ovenstående klassificeringsforslag bygger i grove træk på erfaringerne fra Australien og USA, med følgende afvigelser:

- Klassificeringen dækker alle typer sekundavand inklusiv tagvand, vejvand, recirkuleret spildevand og drikkevandsressourcer. Det har den fordel, at kriterier for hele vandkredsløbets vandkvaliteter kan samles i en og samme kvalitetsramme.
- Klassificeringen baseres på færre kategorier, hvilket forenkler klassifikationssystemet og den følgende tolkning af det.

De få vandkvalitetsklasser vil have den ulempe, at der i enkelte tilfælde vil være lagt op til en overbehandling af vandet. Det kan for eksempel være i tilfælde af vask af udendørs installationer på offentlig vej, hvor der af hensyn til risiko for indånding af aerosoler anbefales at bruge klasse B1 vand, men hvor indholdet af organiske forbindelser i den påtænkte vandressourcer kun overholder klasse B4 (fx opsamlet vejvand), og derfor må renses for at kunne betegnes som klasse B1. For at undgå en sådan uhensigtsmæssig overbehandling af vandet, kan det inkluderes i implementeringen af rammen, at i fald en konkret risikovurdering på den pågældende anvendelse viser, at det er sikkert for miljø og sundhed at anvende en given vandkvalitet, kan der dispenseres fra de generelle retningslinjer. Et eksempel på en sådan dispensation er opsamlet regnvand anvendt til toiletskyld og vaskemaskiner. Anvendelsen af risikovurderinger ved specifikke anvendelser er i tråd med recirkuleringssystemerne i Australien.

Det bemærkes, at den skitserede ramme for sekundavandskriterier tager udgangspunkt i at sekundavand håndteres separat fra det normale vandforsyningssystem. Der skal derfor etableres et sekundært vanddistributionssystem. For vandklasse A (sekundært husholdningsvand) kunne det tænkes forgrenet ud i hele eller dele af byen, mens klasse B (sekundær vand til virksomhedsbrug) og U formentlig i højere grad vil være etableret som enkeltvise rørføringer eller i forbindelse med lokale vandbehandlingsanlæg. Det sekundære distributionssystem vil medføre en øget omkostning til investering, vedligehold og drift, men kan også medføre nye drifts- og stabilitetsbetingelser. For eksempel kan brandbekæmpelse tilsluttes et sekundært vanddistributionssystem, hvor der vil kunne slækkes på kravene til vandhastigheder og opholdstider. Er der tale om nyanlæg, kan rørdiametre reduceres og dermed opretholde den nuværende opholdstid i det primære drikkevandssystem.

Tabel 9. Eksempel på mulige funktioner af vand for de foreslåede 3 vandklasser A, B og U. * = Afhænger af konkret anvendelse.

Funktion		Kvalitet							
		Husholdning		Erhverv					Industri
		A1	A2	B1	B2	B3	B4	B5	U
Husholdning	Drikkevand								
	Madlavning								
	Bad	x							
	Tøjvask	x	x						
	Toilet	x	x						
	Rengøring	x							
	Havevanding	x	x						
Erhverv	Rengøring (grov)	x	x	x			x		
	Rengøring (hygiejnisering)								
	Bilvask	x	x	x			x		
	Vanding - grøntsager, der spises rå								
	Vanding - grøntsager, der opvarmes	x	x	x	x				
	Vanding – afgrøder, der ikke spises	x	x	x	x		x	x	
	Køling*						x		x
	Industri (procesbrug)*						x		x
	Varme*						x		x
	Husdyrhold	x	x	x					
	Markvanding	x	x	x	x				
	Dambrug	x	x	x					
	Støvbekæmpelse	x	x	x	x		x		x
	Byggearbejde - betonblanding	x	x	x	x		x		x
Offentlig	Rekreative formål	x	x	x					
	Naturgenopretning	x	x	x	x	x			
	Badning	x	x	x					
	Sejlads	x	x	x					
	Fiskeri	x	x	x	x				
	Synligt/æstetisk/kunst	x	x	x					
	Byklima	x	x	x					
	Kloakspuling	x	x	x	x	x	x	x	
	Brandbekæmpelse	x	x	x		x	x		
	Transportmiddel (affald)	x	x	x	x	x	x	x	
	Ingen funktion (afledning)	x	x	x	x	x	x	x	
Drikkevands-ressource	Infiltration til drikkevandsressource	Bør have drikkevandskvalitet							
	Injektion til drikkevandsressource								
	Udledning til (overflade) drikkevandsressource								

4.3 Et oplæg til klassificering af sekundavand i Danmark – en pragmatisk tilgang baseret på godkendte anvendelser

Som alternativ til en bredt favnende klassificering af sekundavand, kan der som en pragmatisk tilgang etableres en klassifikation baseret på en række specifikke kombinationer af ressourcer, vandbehandling og anvendelser. Der kan tages udgangspunkt i de anvendelser, der allerede er i brug, og så kan listen udbygges efterhånden som flere ressourcer ønskes i brug. Kombinationerne kan illustreres i en matrice, hvor vi her har medtaget eksempler på allerede foreslåede og etablerede anvendelser af sekundavand (Tabel 10).

Tabel 10. Eksempler på kombinationer af sekundavandsressourcer, deres anvendelser og den nødvendige behandlingsteknologi. * = anvendes pt. ikke i Danmark.

	Teknologi ↘	Ressource				
		Regnvand fra tag	Let forurenet grundvand	Fersk overfladevand	Havvand	Spildevand
Anvendelse	Toiletskyl	Afledning af "first flush" (Rørcentret, 2002)			Simpel filtrering* (Leung et al., 2012)	
	Vaskemaskiner	Afledning af "first flush" (Rørcentret, 2002)				
	Restaurering af vandløb					Konventionel tertiær rensning, evt udvidet rensning med filtre/membraner* (Albertsen et al., 2008)[a]
	Kloakspuling/ på renseanlæg		Ingen* (Corfitzen & Albrechtsen, 2011)			Konventionel tertiær rensning (Spildevands-center Avedøre, 2012)
	Procesvand i industri				Omvendt osmose (Miljøstyrelsen, 2012b)	
	Kunstig infiltration til drikkevands-ressource			Infiltration af søvand* (Arresø)		Konventionel tertiær rensning, evt. udvidet rensning med filtre/membraner* (USEPA, 2004)

[a] Dog sker udledning af renset spildevand til vandløb og opretholder minimumsvandføring.

Efterhånden som matricen udbygges, vil der opstå et katalog over mulige sekundavandsanvendelser, der kan tjene som inspiration for etablering af sekundavandssystemer.

5. Konklusioner og anbefalinger til det videre arbejde

Rapportens formål har været at øge forståelsen af nogle termer relateret til sekundavandsanvendelse, redegøre for udvalgte udenlandske erfaringer med sekundavandskriterier og endeligt skitsere en ramme for kriterier i en dansk kontekst. Da der er tale om et oplæg til videre arbejde med forvaltning af sekundvand i en dansk kontekst, præsenteres der nedenfor en række anbefalinger til det videre arbejde.

5.1 Konklusioner

I denne rapport er der foreslået definitioner af termer til fremtidens vandkredsløb i byer. Væsentligst fastlægges definitionen af ”sekundavand” som ”*vand af anden kvalitet end drikkevand, der kan erstatte brugen af drikkevand eller på anden vis kompensere for anvendelsen af drikkevand*”.

Dernæst er der givet eksempler på kvalitetskriterier for genanvendt spildevand i Europa, Australien og USA. Der findes forfatterne bekendt, ikke en samlende ramme, der definerer vandkvalitet ud fra en sekundavandsbetragtning.

Ideerne fra Europa, Australien og USA er her brugt til at skitsere to forslag til en ramme for sekundavandskriterier. Den ene skitserede ramme baserer sig på en generel klassificering i 2 hovedklasser A sekundær husholdningsbrug og B sekundær erhvervsbrug, der begge er gradueret med henblik på deres forskellige anvendelser. En alternativ ramme tager en mere pragmatisk tilgang hvor klassifikationen baseres på godkendte anvendelser og udbygges efterhånden, som der etableres eller foreslås kombinationer af ressourcer, vandbehandling og anvendelser af sekundavand. I dette andet tilfælde, er der ikke tale om en generel definition af sekundavandskvaliteter og mulige anvendelser, men derimod en liste over udvalgte og specifikke anvendelser.

5.2 Anbefalinger

Arbejdet med denne rapport har identificeret en række udfordringer i forhold til en endelig etablering af vandklasser for sekundavand. På den baggrund anbefales, at det videre arbejde fokuserer på, at:

- Lave en opfølgning på de internationale initiativer for en samlet ramme for recirkulering af spildevand. Herunder bør det overvejes om USA’s miljøstyrelses retningslinjer for genanvendelse af spildevand er ved at etablere sig som en *de facto* international standard på området.
- Overveje, om det er nyttigt at etablere en samlende ramme for sekundavand (afsnit 4.2), der bredt omfatter genanvendelse af spildevand, opsamlet regnvand og øvrige vandressourcer, eller hellere fokusere på evalueringer af konkrete forslag og initiativer til at kombinere specifikke ressourcer, renseteknologier og anvendelser til sekundavandsformål.
- Hvis det vælges at definere vandklasser, bør det på nationalt niveau defineres for hver enkelt vandklasse, hvilke funktioner vandet kan have. Der skal derefter opstilles krav til mikrobielle, kemiske og fysiske kvalitetsparametre for hver vandklasse baseret på en konkret risikovurdering i forhold til sundhed og miljø. En national ramme vil spare

ressourcer, der ellers anvendes til individuelle løsninger i den enkelte myndighed/kommune.

- Det foreslås alternativt, at der koordineres en opsamling af godkendte kombinationer af ressourcer, vandbehandling og anvendelse (den pragmatiske tilgang, afsnit 4.3), så der ikke skal foretage nye risiko- og miljøvurderinger for hver individuel etablering af sekundavandsanvendelse.
- Både en generel klassificering og en liste med godkendte anvendelser, kan fungere som et inspirationskatalog over mulige anvendelser og dermed understøtte en relevant udbygning af sekundavandsanvendelse i Danmark.

Referencer

Albertsen, A., Fenger-Cordes, M., Krog, M., Jørgensen, P.B., Ingerslev, J.N., Møller, C., Petersen, H.A., 2008. Rent vand i Mølleå-systemet. Projektforslag.

Anderson, J., Adin, A., Crook, J., Davis, C., Hultquist, R., Jimenez-Cisneros, B., Kennedy, W., Sheikh, B., Van der Merwe, B., 2001. Climbing the ladder: a step by step approach to international guidelines for water recycling. Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research 43, 1–8.

Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R., Tchobanoglous, G., 2007. Water Reuse, 1st ed. McGraw-Hill, New York, USA.

Bixio, D., Wintgens, T., 2006. Water reuse system management manual - AQUAREC. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

CEC, 2004. Implementation of council directive 91/271/eec of may 1991 concerning urban waste water treatment. Brussels, Belgium.

Corfitzen, C.B., Albrechtsen, H.-J., 2011. Vurdering af risici ved anvendelser af sekundavand generelt samt konkret vurdering af sekundavandet fra de nye vandkiosker. DTU Miljø, Kgs. Lyngby.

Det Danske Sprog- og Litteraturselskab, 2012. Den Danske Ordbog. www.ordnet.dk/ddo (accessed 25.9.12).

DS, 2009. Norm for vandinstallationer DS439:2009 (Code of Practice for domestic water supply).

Fødevareministeriet, 2003. Bekendtgørelse om naturligt mineralvand, kildevand og emballeret drikkevand. Fødevareministeriet.

GEUS, 2013. Jupiter [WWW Document]. Danmarks geologiske og hydrologiske database. URL http://www.geus.dk/jupiter/index-dk.htm (accessed 17.2.13).

Henze, M, Harremoes, P., Jansen, J. l. C., Arvin, E, 2002. Wastewater treatment. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Henze, M., Ledin, A., 2001. Types, characteristics and quantities of classic, combined domestic wastewaters, in: Lens, P., Zeeman, G., Lettinga, G. (Eds.), Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation. IWA Publishing: London, United Kingdom, London, United Kingdom.

ISO Central Secretariat, 2013. Establishment of Technical Committee ISO/TC 282 - Water re-use. Letter to the ISO members. Date 18.6.13.

Københavns Energi, 2011. KE begrebsafklaring. Internt dokument.

Ledin, A, Eriksson, E, Henze, M, 2001. Aspects of groundwater recharge using grey wastewater, in: Lens, P., Zeeman, G., Lettinga, G. (Eds.), Decentralised Sanitation and Reuse: Concepts, Systems and Implementation2. IWA Publishing, London, United Kingdom, pp. 355–370.

Ledin, A., Auffarth, K.P.S., Boe-Hansen, R., Eriksson, E., Albrechtsen, H.-J., Baun, A., Mikkelsen, P.S., 2004. Brug af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer. København, Danmark.

Leung, R.W.K., Li, D.C.H., Yu, W.K., Chui, H.K., Lee, T.O., Van Loosdrecht, M.C.M., Chen, G.H., 2012. Integration of seawater and grey water reuse to maximize alternative water resource for coastal areas: the case of the Hong Kong International Airport. Water science and technology : a journal of the International Association on Water Pollution Research 65, 410–7.

Middleton, H., Moore, M.R., Chapman, H., Leusch, F., Tan, B., Drew, R., Frangos, J., Khan, S., Leslie, G., Shaw, G., 2008. Recycled wayer quality. A guide to determining, monitoring and achieving safe concentrations of chemicals in recycled water. Adelaide, SA, Australia.

Miljøministeriet, 2011. Bekendtgørelse om vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg. Miljøministeriet.

Miljøministeriet, 2012a. Bekendtgørelse om svømmebade m.v. og disses vandkvalitet. Miljøministeriet.

Miljøministeriet, 2012b. Bekendtgørelse om badevand og badeområder. Miljøministeriet.

Miljøstyrelsen, 2012a. Miljøvejledninger - Ordbog. http://www.miljoevejledninger.dk/ordbog (accessed 9.25.12).

Miljøstyrelsen, 2012b. Afgørelse om ingen godkendelsespligt for udskiftning af afsaltningsanlæg på Amagerværket.

Odense Kommune, 2013. Nu kan der søges om tilladelse til at installere en køkkenkværn . URL http://www.odense.dk/topmenu/borger/bymiljoe/natur miljoe baeredygtighed/miljo/emneindgang/affald/affaldskvaerne (accessed 21.5.13).

OED Online, 2012. Oxford English Dictionary. http://www.oed.com.globalproxy.cvt.dk/view/Entry/226028?redirectedFrom=wastewater (accessed 30.4.12).

Pedersen, B.M., Nielsen, U., 2011. Måleprogram for regnvand fra parkeringsarealer. Lynettefællesskabet I/S

QEPA, 2005. Queensland Water Recycling Guidelines. Brisbane, Queensland, Australia.

Rørcentret, 2002. Brug af regnvand til WC-skyl og vaskemaskiner i boliger. Rørcenter-anvisning 003.

Rygaard, M., Albrechtsen, H.-J., Arvin, E., Binning, P.J., 2009a. Integreret håndtering af vand og spildevand i København : Projekt A5 - A5 Opstilling af tjekliste og evaluering af afsaltningsscenarie for København. Danmarks Tekniske Universitet.

Rygaard, M., Albrechtsen, H.-J., Binning, P.J., 2009b. Alternative Water Management and Self-Sufficient Water Supplies. IWA Publishing, London, United Kingdom.

Salgot, M., Huertas, E., Weber, S., Dott, W., Hollender, J., 2006. Wastewater reuse and risk: definition of key objectives. Desalination 187, 29–40.

The Institute for Health Metrics and Evaluation, 2013. GBD Cause Patterns. http://www.healthmetricsandevaluation.org/gbd/visualizations/gbd-cause-patterns#/publications-presentations/reports (accessed 25.4.13).

Troeh, F.R., Donahue, R.L., 2003. Dictionary of Agricultural and Environmental Science. Blackwell Publishing.

TWDB, 2005. The Texas Manual on Rainwater Harvesting. Austin, Texas.

US EPA, 2012. Secondary Drinking Water Regulations: Guidance for Nuisance Chemicals http://water.epa.gov/drink/contaminants/secondarystandards.cfm (accessed 27.4.12).

USEPA, 2004. Guidelines for Water Reuse, Washington, D.C., USA.

USEPA, 2012. Guidelines for Water Reuse. Washington, D.C., USA.

WaterReuse, 2013. USEPA Guidelines for Water Reuse. http://www.watereuse.org/government-affairs/usepa-guidelines (accessed 13.8.13).

WHO, 2006. Safe use of wastewater, excreta and greywater. Geneva, Switzerland.

Willis, R.M., Stewart, R. a., Williams, P.R., Hacker, C.H., Emmonds, S.C., Capati, G., 2011. Residential potable and recycled water end uses in a dual reticulated supply system. Desalination 272, 201–211.

Wong, T.H.F., Allen, R., Beringer, J., Brown, R.R., Deletić, A., Fletcher, T.D., Gangadharan, L., Gernjak, W., Jakob, C., O'Loan, T., Reeder, M., Tapper, N., Walsh, C., 2012. Stormwater Management in a Water Sensitive City. Clayton, VIC, Australia.