

Spildevandsteknisk beskrivelse for Nyt OUH



PO - Nyt OUH, Region Syddanmark

Rapport

Spildevandsteknisk beskrivelse for Nyt OUH

Udarbejdet for PO - Nyt OUH, Region Syddanmark
Repræsenteret ved Bjarne Brisson, Projektleder



Projektleder	Kristina Buus Kjær, DHI & Finn Oemig, EKJ
Kvalitetsansvarlig	Bjarne Brisson, Nyt OUH, Steve Hansen, Nyt OUH og Maria Gade Thomsen, EKJ

Projektnummer	11822962
Godkendelsesdato	10.02.2021
Revision	1.4.1

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Baggrund	1
2	Generel beskrivelse af Nyt OUH	3
2.1	Matrikler og aktiviteter omfattet af den spildevandstekniske beskrivelse	3
2.1.1	Eksisterende tilladelser for Ny Odense hospitalsmatrikel	3
2.2	Generel beskrivelse af Nyt OUH	4
2.2.1	Byggeriet af Nyt OUH	5
2.2.2	Psykisk Afdeling Odense og Børne- og Ungdomspsykiatri Odense	7
2.3	Planlagte afdelinger på Nyt OUH	8
3	Aktiviteter og afdelinger med særlig betydning for spildevandet	12
3.1	Infektionsmedicinsk Afdeling	12
3.2	Radiologisk Afdeling	12
3.3	Nuklearmedicinsk Afdeling	12
3.4	Nyremedicinsk Afdeling (Dialyse)	13
3.5	Centralkøkken og etagekøkkener	13
3.6	Sterilcentral	14
3.7	Teknik og Logistiktagen	14
3.7.1	Central vandbehandling	14
3.7.2	Vaskefunktioner for senge, hjælpemidler og utensilier samt skopvask	14
3.7.3	Rengøring	14
3.8	Afdelinger med laboratorier	15
3.9	Opbevaring af kemikalieaffald	15
3.9.1	Formalindistribution	15
3.10	Øvrige aktiviteter	16
3.10.1	Kapel	16
3.10.2	Køling	16
3.10.3	Vaskepladser	16
3.10.4	Heliport	16
4	Kloakplan og renseanlæg	17
4.1	Kloakplan	17
4.2	Regnvandsafledning på Nyt OUH	17
4.3	Spildevandsafledning på Nyt OUH	19
4.4	Renseanlæg (redegørelse for anvendelse af BAT)	21
4.4.1	Renseanlæggets placering, areal og udformning	21
4.4.2	Anlægsbeskrivelse	22
4.5	Udledning af rensset spildevand til Killerup Rende	23
4.5.1	Regnvandsbassin I	24
4.5.2	Modelberegning af udledning	26
4.6	Renseeffektivitet og udløbskvalitet	26
4.7	Tidsplan for rensning af den samlede spildevandsstrøm fra Nyt OUH	28
5	Karakteristik af spildevand fra Nyt OUH	29
5.1	Spildevandsmængder og flow	29
5.2	Almindelige spildevandsparametre og fysisk-kemiske parametre	31
5.2.1	Kvalitet af urensset hospitalsspildevand fra Nyt OUH	31
5.2.2	Kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH – almindelige spildevandsparametre og fysisk-kemiske parametre	31
5.3	Metaller	33

5.3.1	Kvalitet af urensset hospitalsspildevand fra Nyt OUH	33
5.3.2	Kvalitet af rensset spildevand - metaller.....	34
5.4	Kemikalier og miljøfremmede stoffer	36
5.4.1	Kvalitet af urensset hospitalsspildevand fra Nyt OUH	36
5.4.2	Kvalitet af rensset spildevand – kemikalier og miljøfremmede stoffer	38
5.5	Lægemiddelstoffer	41
5.5.1	Kvalitet af urensset spildevand - lægemiddelstoffer	41
5.5.2	Kvalitet af rensset spildevand - lægemiddelstoffer	41
5.6	Bakterier og antibiotikaresistens	43
5.6.1	Kvalitet af urensset hospitalsspildevand.....	44
5.6.2	Kvalitet af rensset spildevand – bakterier og antibiotikaresistens	44

6	Egenkontrol.....	45
6.1	Kontrol af udløbskvalitet	45
6.2	Scenarier for nedbrud og afværgeforanstaltninger	48
6.2.1	Service og vedligehold	48
6.2.2	Uheld.....	48

7	Referencer.....	51
----------	------------------------	-----------

BILAG

A	Kortlægning af kemikalieforbrug og -afledning fra Nyt OUH.....	A-1
B	Kortlægning af lægemiddelforbrug og -afledning på Nyt OUH	B-1
C	Referencer i forhold til PNEC for lægemiddelstoffer	C-1
D	Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH.....	D-1
E	Modelberegning af regnvandsbassiner på Nyt OUH (udarbejdet af Jes Vollertsen, AAU)	E-1

1 Baggrund

Nyt Odense Universitetshospital (Nyt OUH) ønsker at etablere et renseanlæg på den nye hospitalsmatrikel til rensning af alt spildevand fra hospitalet til en kvalitet, som svarer til den vandkvalitet, der er opnået på et renseanlæg på Herlev Hospital (betragtes som Bedste Tilgængelige Teknik).

Nyt OUH har i februar 2016 modtaget en midlertidig tilladelse til udledning af alt overfladevand fra matriklen til Killerup Rende:

- Midlertidig tilladelse til udledning af oppumpet terrænnært grundvand og af overfladevand under anlægsarbejderne på Nyt OUH, 17. februar 2016, Journalnr. 06.11.01-P19-3-15 (Odense Kommune)

Nyt OUH har d. 17. februar 2020 ansøgt om at gøre denne tilladelse permanent.

Overfladevandet ledes via en række nyetablerede bassiner til Killerup Rende videre ud i Lindved Å. Det er målet, at Nyt OUH opnår tilladelse til at udlede det rensede spildevand fra Nyt OUH's fremtidige renseanlæg via de samme bassiner til Killerup Rende.

Odense Kommune har på den baggrund bedt Nyt OUH om at udarbejde en spildevandsteknisk beskrivelse af det kommende hospital samt det fremtidige renseanlæg. Idet der bygges en ny psykiatrisk afdeling med voksenpsykiatri og børne- og ungdomspsykiatri (Nyt OUH, Psykiatri) på samme hospitalsmatrikel som Nyt OUH, inkluderes denne i den spildevandstekniske beskrivelse for hospitalsmatriklen.

Den spildevandstekniske beskrivelse har til formål at beskrive de spildevandsgenererende aktiviteter på hospitalet og psykiatrien, som adskiller sig fra almindeligt husspildevand, og samtidig give en karakteristik af spildevandet efter rensning således, at kommunen har mulighed for at foretage en spildevandsteknisk vurdering og give tilladelse til afledningen på et tilstrækkeligt grundlag.

Den spildevandstekniske beskrivelse er bygget op efter Region Hovedstadens skabelon for spildevandstekniske beskrivelser af hospitaler og indeholder helt overordnet følgende:

- Gennemgang af virksomhedens produktionsforløb, inklusive en gennemgang af de spildevandsgenererende aktiviteter og processer
- Gennemgang af virksomhedens forbrug af råvarer og hjælpestoffer (kemikalier og lægemiddelstoffer)
- Karakterisering af spildevandsafledningen
- Redegørelse for anvendelse af Bedste Tilgængelige Teknik (BAT), herunder spildevandsrensning

Med denne spildevandstekniske beskrivelse ønsker Nyt OUH at søge om tilladelse til permanent udledning af rensed spildevand fra Nyt OUH's hospitalsmatrikel til Killerup Rende.

2 Generel beskrivelse af Nyt OUH

2.1 Matrikler og aktiviteter omfattet af den spildevandstekniske beskrivelse

Nyt Odense Universitetshospital er beliggende Glissholmvej 2A, 5260 Odense S og dækker matrikelnumrene 1cu, Hjallesø By, Dalum og 1f, Hollufgård Hgd., Fraugde.

Stamoplysninger for Nyt Odense Universitetshospital er vist i Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Stamoplysninger for Nyt OUH og Nyt OUH, Psykiatri.

Stamoplysninger for Nyt Odense Universitetshospital og Psykiatrisk Afdeling, Odense	
Virksomhedens navn:	Nyt Odense Universitetshospital og Psykiatrisk Afdeling, Odense
Virksomhedens placering:	Glissholmvej 2A, 5260 Odense S Matr. 1cu, Hjallesø By, Dalum og 1f, Hollufgård Hgd., Fraugde
Virksomhedens art:	Nyt OUH er et højt specialiseret hospital med opgaver inden for patientbehandling, forskning, udvikling og uddannelse Psykiatrisk Afdeling Odense er en psykiatrisk døgnfunktion med voksen-, børne- og ungdomspsykiatri
Virksomhedens ejerforhold:	Region Syddanmark Damhaven 12, 7100 Vejle
Virksomhedens CVR-nummer:	29190909
Bygherres P-nummer:	1017212504
Kontaktperson	Projektleder Bjarne Brisson Projektorganisationen for Nyt OUH E-mail: Bjarne.Brisson@rsyd.dk Mobil: 24652924
Den spildevandstekniske beskrivelse omfatter:	Nyt Odense Universitetshospitals somatiske og psykiatriske aktiviteter på: Glissholmvej 2A, 5260 Odense S

2.1.1 Eksisterende tilladelser for Ny Odense hospitalsmatrikel

Der eksisterer følgende tilslutnings-, udlednings- og nedsivningstilladelser for Nyt OUH:

- Midlertidig tilladelse til udledning af oppumpet terrænnært grundvand og af overfladevand til Killerup Rende under anlægsarbejderne på Nyt OUH, meddelt af Odense Kommune d. 17. februar 2016. Gældende fra 1. april 2016 til 31. december 2023.

Der er d. 17. februar 2020 ansøgt om permanent tilladelse til udledning af oppumpet terrænnært grundvand og af overfladevand fra Nyt OUH hospitalsmatrikel til Killerup Rende i en særskilt ansøgning /34/.

2.2 Generel beskrivelse af Nyt OUH

Nyt OUH er Region Syddanmarks nye universitetshospital, som skal erstatte det eksisterende Odense Universitetshospital beliggende i Odense Centrum (J.B. Winsløvs Vej 4, 5000 Odense C).

OUH Odense Universitetshospital - Svendborg Sygehus (OUH) er et af fire danske universitetshospitaler. OUH er det største og mest specialiserede hospital i Region Syddanmark med samlet set ca. 8.700 ansatte i 2018, hvoraf de ca. 7.700 var ansat på OUH, mens de øvrige var ansat i Svendborg, Nyborg og Ærø. OUH har et årligt driftsbudget på ca. 6,7 mia. kr. (2018).

Samtidig med Nyt OUH opføres en ny psykiatrisk afdeling på 25.000 kvadratmeter i det sydøstlige hjørne af matriklen, som skal indeholde voksenpsykiatrien (Psykiatrisk Afdeling, Odense), mens Børne- og Ungdomspsykiatrien indgår som en del af det samlede børneområde i den nordvestlige klynge i Nyt OUH. Nyt OUH, psykiatri kommer til at rumme 131 voksen-, børne- og ungdomspsykiatriske døgnpladser samt ambulante funktioner for børn og unge.

Tabel 2.2 Forventede nøgletal for Nyt OUH. I parentes er angivet, om nøgletallene gælder Nyt OUH, OUH (eksisterende OUH i Odense), OUH + Svendborg (eksisterende OUH i Odense + Svendborg) eller Psykiatrisk Afdeling Odense samt Børne- og ungdomspsykiatri Odense.

Nyt OUH	Antal
Grundareal (Nyt OUH)	780.000 m ²
Bruttoetageareal	250.500 m ²
- Nyt OUH	224.000 m ²
- Børne- og Ungdomspsykiatri, Psykiatri og fællesfunktioner	14.500 m ²
- Voksenpsykiatri	12.000 m ²
Samlet antal somatiske sengepladser (Nyt OUH)	728
- Sengepladser på FAM	71
- Intensiv sengepladser	70
Psykiatriske sengepladser	109
Operationsstuer (Nyt OUH)	52
- Stationære	38
- Dagkirurgiske	14
Ambulante undersøgelses- og behandlingsrum	416
Ansatte (OUH)	7.700
Ansatte (Psykiatrisk Afdeling Odense)	380
Årligt budget (OUH + Svendborg)	6,7 mia. kr.
Sengedage pr. år (OUH + Svendborg)	375.000
Sengedage pr. år (Psykiatrisk Afdeling Odense)	30.600
Udskrivninger pr. år (OUH + Svendborg)	100.000
Ambulante besøg pr. år (OUH + Svendborg)	1.100.000
Ambulante besøg pr. år (Psykiatrisk Afdeling Odense)	44.000

2.2.1 Byggeriet af Nyt OUH

Regionsrådet har i januar 2017 godkendt Nyt OUH's projektforslag. Byggeriet er startet op i 2019 og fortsætter frem til 2023, hvor hospitalet tages i brug.

Byggeriet af Nyt OUH består af flere delelementer (jf. også oversigtstegningen i Figur 2.1, side 9):

- Vidensaksen
- Behandlings- og sengeafsnit
- Klyngerne
- Hospitalsringen
- Servicebyen
- Teknikbyen (herunder renseanlægget) samt
- Steno Diabetes Center Odense
- Ronald McDonald Hus
- Evt. et patientforeningshus
- Psykiatrisk Afdeling

Alle bygninger på matriklen leder spildevand til renseanlægget. Det gælder bygninger inden for Hospitalsringen, Teknikbyen, Servicebyen, Patientforeningshus, Ronald McDonald Hus og Vidensaksen.

Vidensaksen

Vidensaksen kobler Nyt OUH fysisk med Syddansk Universitet. Dette er hospitalets centrale bygningskrop, som også udgør koblingen mellem klynger, behandlings- og sengeafsnit og Det Sundhedsvidenskabelige Fakultet, SUND. Her findes Nyt OUH's hovedindgang i den sydligste ende af Vidensstrøget, der er hovedfærdselsåren i Vidensaksen.

Vidensaksen huser laboratoriefunktioner, intensivafsnittet, dialyseafsnittet, Hudafdeling I og Allergicentret samt Fertilitetsklinik. Af offentlige funktioner i Vidensaksen vil der være apoteksudsalg, kantine, kiosk, refleksions- og bederum, kristent kirkerum og auditorium, der alle har tilknytning til det offentlige Vidensstrøg.

Den centrale kantinefunktion, der er fælles for patienter, pårørende og hospitalets personale, ligger centralt i direkte forbindelse med Vidensstrøget. Kantinen har et spiseområde med plads til 300 personer. Kantinefunktionen omfatter desuden kantinekøkken med tilhørende servicefunktioner.

Vidensaksen kommer til at bestå af fire etager og kælder – i alt ca. 61.000 m². Byggeperioden er startet i 2019, og Vidensaksen skal efter planen være færdig i fjerde kvartal 2022.

Behandlings- og sengeafsnit

De to behandlings- og sengeafsnit er centralt placeret mellem klyngerne og udgør bygningsanlæggets øst-vestgående midterzone på hver sin side af Vidensaksen.

Behandlingsafsnit indeholder alle Nyt OUH's operationsstuer, billeddiagnostiske afsnit, herunder Kardiologisk Lab, Endoskopienhed og dagkirurgiske afdelinger. På Plan 3 og Plan 4 over behandlingsafsnit er sengeafsnit placeret. Indgang til behandlings- og sengeafsnit foregår via Klyngestrøget, hvor receptionerne er placeret /4/.

De to behandlings- og sengeafsnit vil bestå af fem etager – i alt ca. 99.000 m². Byggeperioden er startet i 2019 og skal efter planen være færdig i fjerde kvartal 2022.

Klynger

Nyt OUH's afdelinger er samlet i fire såkaldte klynger. Klyngerne grupperer sig i fire kvadranter omkring Vidensaksen og behandlings- og sengeafsnittene. De fire klynger benævnes i det

følgende Nordvest (V1), Sydvest (V2), Nordøst (Ø1) og Sydøst (Ø2), hvilket henviser til den geografiske placering, jf. Figur 2.1.

I klyngerne er placeret ambulatorier, daghospitaller, kontorer samt forsknings – og uddannelsesfaciliteter. Det er kliniske fællesskaber, der arbejder side om side, så patienten oplever sammenhæng i behandlingen. Derudover indeholder klyngerne også specielle afsnit /4/:

- Nordvest (V1): Børnesenge, Børne- og Ungdomspsykiatri
- Sydvest (V2): Fælles Akutmodtagelse (FAM) med tilkørsel for ambulancer og forbindelse til helikopterlandingsplads
- Nordøst (Ø1): Strålebehandling, nuklearmedicinsk afsnit og sygehusapotek
- Sydøst (Ø2): Højisolations-/infektionsmedicinske senge

Klyngestrøget, som er klyngens centrale fordelingsområde, indeholder centrale receptioner. Her er desuden elevatorer, opholdsområder, ventezoner og café-arealer.

Klyngerne består af ca. 92.000 m². Byggeperioden starter midt i 2020 og klyngerne skal efter planen stå færdig i fjerde kvartal 2022.

Hospitalsringen

Vejnettet omkring Nyt OUH består af Hospitalsringen, som udgør en ringvej omkring hospitalsbygningerne. Alle hovedforsyninger for vand, kloak, varme og køling er etableret under Hospitalsringen. Der er etableret stikledninger for brugsvand, spildevand (trykledning), køling og fjernvarme til hvert byggefelt på matriklen.

Hospitalsringen og hovedforsyninger for vand, kloak, varme og køling er etableret.

Servicebyen

På Nyt OUH placeres Servicebyen syd for hospitalsringvejen og forbindes med hospitalet via en tunnel til Vidensaksen. Der er logistikfunktioner både i Servicebyen og på teknik- og logistiketagen på plan 2 på hospitalet. Teknik- og logistiketagen er placeret over det meste af hospitalsstrukturen, dvs. Vidensaksen, behandlings- og sengeafsnit samt klyngerne /4/.

I Servicebyen placeres følgende logistikfunktioner:

- Centralkøkken
- Sterilcentral
- Varemottagelse
- Affaldsterminal
- Håndtering af klinisk risikoaffald
- Vaskefunktioner for vogne og kasser
- Genbehandlingscentral inkl. vaskefunktion for casecarts (reoler på hjul)
- Postfunktion
- Sorteringsrobot til prøver
- Iltdepot
- AGV (Automated Guided Vehicles) lade stationer
- Kontorer, personalefaciliteter inkl. omklædning for personale i Servicebyen

Teknikbyen (inkl. renseanlæg)

I Teknikbyen i det sydvestlige hjørne af matriklen uden for Hospitalsringen placeres de centrale tekniske anlæg som kølecentral, nødstrøm og renseanlæg. Renseanlægget er nærmere beskrevet i Afsnit 4.4.

Steno Diabetes Center Odense

Steno Diabetes Center Odense (SDCO) placeres langs den sydøstlige klynge (Ø2). Med etableringen af SDCO vil de faglige kompetencer indenfor diabetesbehandling og -forebyggelse blive samlet fysisk på Nyt OUH i 2022. Centeret vil have et ambulatorium på 12.000 brutto m², hvor Svendborg og Odense ambulatorier samles fysisk. Centeret vil omfatte følgende funktioner:

Børnediabetes, gravide med diabetes, øjenundersøgelser og –behandling, fodsårundersøgelser og –behandling, fælles ambulatorier (kardiologi, nefrologi, neurologi, gastroenterologi, reumatologi, kæbekirurgisk etc.), forskning, undervisning og kontorpladser.

Ronald McDonald Hus

Ronald McDonald Huset placeres i det nordvestlige hjørne af matriklen uden for Hospitalsringen og skal rumme familier med alvorligt syge børn, mens børnene er indlagt på Nyt OUH. Ronald McDonald Huset skal stå færdigt samtidigt med Nyt OUH i 2022. Huset bliver på cirka 1.500 m² med mindst 12 familieværelser på mellem 20 og 30 m² med eget badeværelse og entre. Ud over familieværelserne skal huset rumme et stort fælleskøkken samt fælles spisestue, aktivitets- og sociale rum og et vaskerum.

Patientforeningshus

Der er udlagt et areal til et eventuelt Patientforeningshus i den nordøstlige del af hospitalsmatriklen udenfor Hospitalsringen. Et Patientforeningshus har udover at fungere som mødested for patienter også til formål at varetage patienternes interesse i forhold til det politiske system samt at oplyse og bidrage til forskning inden for sygdomme.

2.2.2 Psykiatrisk Afdeling Odense og Børne- og Ungdomspsykiatri Odense

Psykiatrisk Afdeling Odense og Børne- og Ungdomspsykiatri Odense hører organisatorisk under Psykiatrien i Region Syddanmark, men bliver samlet fysisk på Ny Odense hospitalsmatrikel sammen med Nyt OUH. Spildevandet fra de psykiatriske afdelinger planlægges også afledt til det fremtidige renseanlæg.

Psykiatrisk Afdeling Odense

Afdelingen har 6 afsnit med i alt 93 senge samt 3 brugerstyrede senge. Derudover er der en stor ambulant funktion med specialiserede teams. Der er ansat ca. 380 medarbejdere på afdelingen (fordelt på to matrikler¹). Afdelingen er regionens universitetsafdeling og har en stor forskningsenhed, som samarbejder med SDU. Afdelingen har regions- og højtspecialiseret funktion indenfor:

- Affektive lidelser (region)
- Skizofreni og andre psykoser (region)
- Behandling af veteraner (højtspecialiseret)
- Spiseforstyrrelser (region og højtspecialiseret)
- Ældrepsykiatri (region)
- Sexologi (region)
- Angst og OCD (region)
- Oligofreni (region)
- Somatoforme lidelser (region)
- Personlighedsforstyrrelser (region)

Børne- og Ungdomspsykiatri Odense

Børne- og Ungdomspsykiatrien indgår som en del af det samlede børneområde i klynge Nordvest (V1). Børne- og Ungdomspsykiatri Odense modtager børn og unge i alderen 0-19 år. Afdelingen har døgnpladser og dagpladser samt ambulant udredning. Afdelingen har højtspecialiserede funktioner for komplicerede tilstande indenfor:

- Spiseforstyrrelser
- Psykotiske sygdomme
- Gennemgribende udviklingsforstyrrelser

¹ J.B. Winsløvs Vej 18 (Psykiatrisk Akutmodtagelse og sengeafsnit) og Toldbodhusevej 4 (Lokalpsykiatri Odense)

- Neuropsykiatriske lidelser
- Affektive lidelser

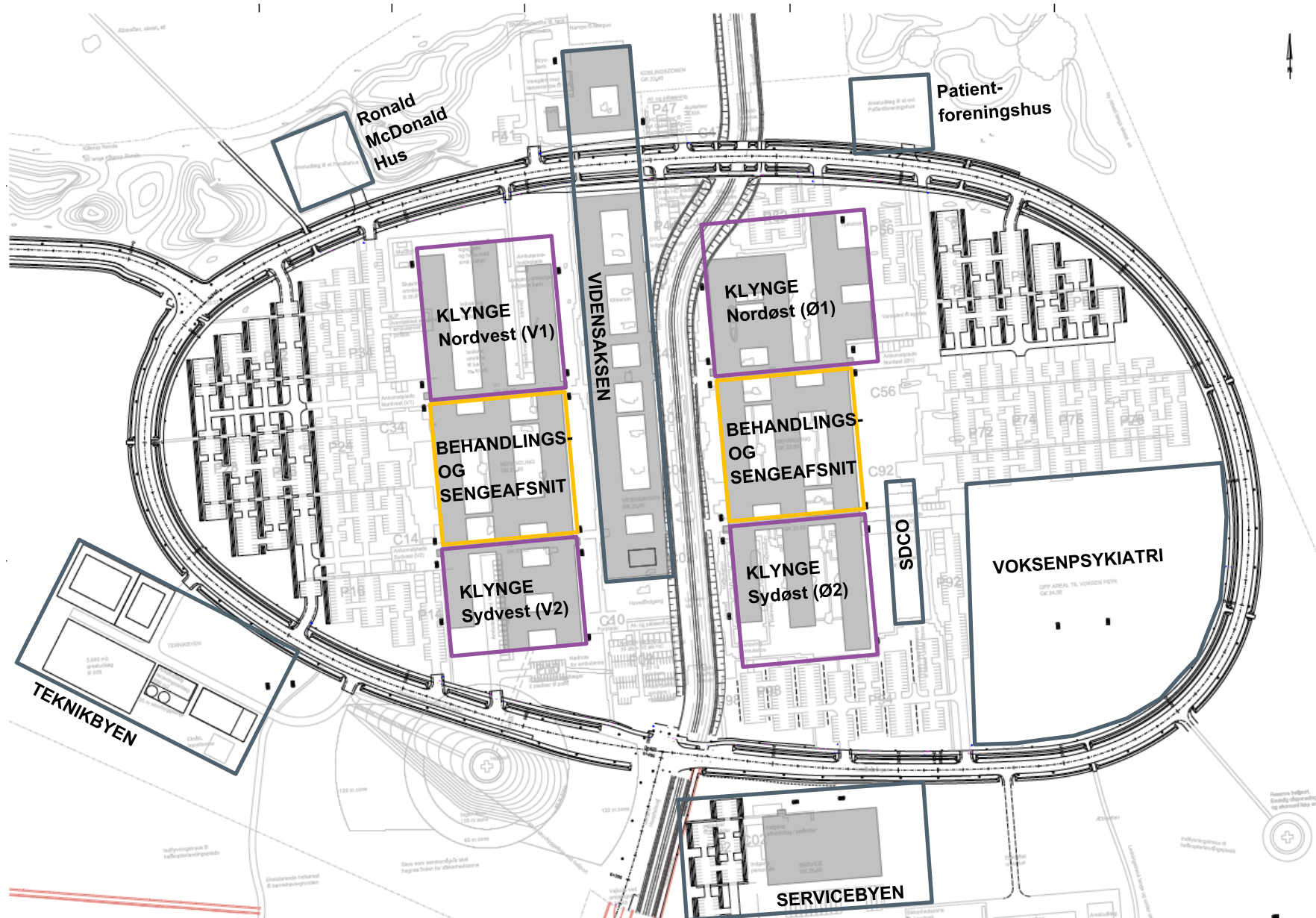
I afdelingen er følgende specialiserede centre placeret:

- Center for ADHD
- Center for selvmordsforebyggelse - kun målrettet fagfolk
- Center for spiseforstyrrelser

Børne- og Ungdomspsykiatri Odense er den eneste børne- og ungdomspsykiatriske afdeling på Fyn. Afdelingen har et tæt samarbejde med OUH samt SDU.

2.3 Planlagte afdelinger på Nyt OUH

De planlagte afdelinger på Nyt OUH er vist i Tabel 2.3.



Figur 2.1 Oversigtstegning over Ny Odense hospitalsmatrikel.

Tabel 2.3 Afdelinger på Nyt OUH. Afdelinger med sengeafsnit er markeret med fed.

Somatiske afdelinger		Voksenpsykiatriske Afsnit	Børne- og ungdomspsykiatriske afsnit	Stabs- og service afdelinger
Kirurgisk Afdeling A Afdeling for Klinisk Biokemi og Farmakologi Afdeling for Klinisk Patologi Arbejds- og Miljømedicinsk Klinik Hjertemedicinsk Afdeling B Reumatologisk Afdeling C Gynækologisk Obstetrisk Afdeling D Demensklínikken Øjenafdelingen Afdeling E Øre-Næse-Hals/Hørelinik Afdeling F Fertilitetsklínikken Fælles Akutmodtagelse (FAM) Geriatrisk Afdeling G H.C. Andersen Børne- og Ungehospital Hørelinikken Hudafdeling I og Allergicentret Lungemedicinsk Afdeling J Kæbekirurgisk Afdeling K Klinisk Genetisk Afdeling Klinisk Immunologisk Afdeling Urinvejskirurgisk Afdeling L Klinisk Mikrobiologisk Afdeling Endokrinologisk Afdeling M Mammograficentret	Neurologisk Afdeling N Nuklearmedicinsk Afdeling Ortopædkirurgisk Afdeling O Palliativ Team Fyn Infektionsmedicinsk Afdeling Q Onkologisk Afdeling R Radiologisk Afdeling Rehabiliteringsafdelingen REHPA - Videntcenter for Rehabilitering og Palliation Afdeling for Medicinske Mavearmsygdomme Afdeling S Steno Diabetes Center Odense Sygehusapotek Fyn Hjerte-, Lunge- og Karkirurgisk Afdeling T Neurokirurgisk Afdeling U Anæstesiologisk - Intensiv Afdeling V Hæmatologisk Afdeling X Nyremedicinsk Afdeling Y Plastikkirurgisk Afdeling Z	Gerontopsykiatrisk Team Akutteam for demente Oligofrenipsykiatrisk Team Team for selvmordsforebyggelse Affektiv Team Mobilteam Odense Efterbehandlingsambulatorium Ældrepsykiatrisk afsnit P201 Affektivt afsnit P202 Psykiatrisk Akutmodtagelse (PAM) P301 Lukket afsnit P302 Integreret afsnit P40 Integreret afsnit P50, skizofreni og spiseforstyrrelsesafsnit	OPUS-team Affektivt team & Center for selvmordsforebyggelse Team for spiseforstyrrelser & Center for spiseforstyrrelser Mobilteamet Neuroteam & Center for ADHD Dagafsnit for børn 6-13 år Døgnafsnit for børn 5-12 år Døgnafsnit for unge 13-19 år Døgnafsnit for patienter med spiseforstyrrelse 13-19 år	<u>Stabsafdelinger:</u> Klinisk IT Klinisk Udvikling Økonomi og Planlægning Direktionssekretariatet HR-afdelingen <u>Serviceafdelinger:</u> Logistikafdelingen (inkl. sterilcentral og centralkøkken) Bygningsdrift og -service Patient- og Pårørendeservice Rengøring og Hospitalsservice

3 Aktiviteter og afdelinger med særlig betydning for spildevandet

De særlige spildevandsgenererende aktiviteter på Nyt Odense hospitalsmatrikel er de aktiviteter, hvor spildevandets karakter adskiller sig fra det øvrige sanitære spildevand fra patientafdelingerne. Nedenfor er de særligt spildevandsgenererende aktiviteter, som er typiske for hospitaler, gennemgået specifikt for Nyt OUH.

Afledning af lægemiddelstoffer fra patientbehandlingerne samt kemikalier fra diverse vaske- og rengøringsprocesser er nærmere beskrevet i Kapitel 5.4 og 5.5.

Al spildevand vil blive ledt via spildevandsledningen i Hospitalsringen til renseanlægget, beskrevet i Kapitel 4.

3.1 Infektionsmedicinsk Afdeling

I Klynge Sydøst (Ø2) placeres højisolationssenge i Infektionsmedicinsk Afdeling. Der etableres et dekontamineringsanlæg til behandling af spildevand fra højisolationssstuer. Anlægget modtager kun spildevand fra højisolationssstuerne. Anlægget vil blive baseret på enten autoklavering eller kemisk desinfektion med pereddikesyre (alternativt en stærk base), hvorefter spildevandet neutraliseres, inden det ledes til spildevandskloakken og renseanlægget. Anlægget dimensioneres til at kunne behandle spildevandsflow fra højisolationssenge svarende til, at der er 100% redundans /4/.

3.2 Radiologisk Afdeling

Radiologisk Afdeling beskæftiger sig med røntgenundersøgelser, ultralydsundersøgelser samt MR- og CT-skanninger af indlagte og ambulante patienter.

Til visse undersøgelser anvendes kontrastmidler baseret på enten iod, barium, eller gadolinium. Kontrastmidler i ubrudt emballage returneres til sygehusapoteket, og rester bliver opsamlet og håndteret i henhold til hospitalets affaldshåndteringssystem.

3.3 Nuklearmedicinsk Afdeling

De aktiviteter, hvorfra der kan forekomme afledning af isotoper til afløbet på Nyt OUH, omfatter overvejende nuklearmedicinske undersøgelser og behandlinger af patienter i Nuklearmedicinsk Afdeling.

Nuklearmedicinske undersøgelser foregår ved hjælp af gammakameraer og PET-skannere. Forud for undersøgelserne får patienten en indsprøjtning med et radioaktivt lægemiddel – typisk de kortlivede Tc-99m eller F-18-FDG, som efterfølgende udskilles fra patienterne i forbindelse med toiletbesøg. Disse er ofte så kortlivede, at de fremstilles direkte på hospitalet umiddelbart før brug.

Der anvendes desuden mindre mængder af isotoper i laboratorierne i Nuklearmedicinsk Afdeling, Endokrinologisk Afdeling og Klinisk Immunologisk Afdeling. Isotoperne afledes ikke med spildevandet, men opsamles og stilles til henfald i særligt indrettede henfaldsrum. Procedurer i hospitalets kvalitetsstyringssystem beskriver regler for håndteringen af alt radioaktivt affald således, at de strålehygiejniske risici reduceres, og afledningen af radioaktive isotoper minimeres.

Derudover vil Nyt OUH (ligesom i dag) have egen produktion af isotoper i PET og Cyklotronenheden, som også hører under Nuklearmedicinsk Afdeling. Der forekommer ingen afledning af spildevand indeholdende isotoper fra produktionen.

I forbindelse med nuklearmedicinske behandlinger med I-131 vil patienterne opholde sig op til 4 døgn efter behandlingen på Terapistuer tilknyttet Nuklearmedicinsk Afdeling. Der vil blive etableret en opsamlings- og henfaldsløsning til spildevandet fra toiletter tilknyttet Terapistuerne med redundante tanke af samme størrelse, så halvdelen henfalder, mens den anden halvdel fyldes med spildevand /4/. Spildevandet vil således blive tilbageholdt, indtil det er henfaldet til under grænseværdierne, hvorefter det ledes til renseanlægget. Dette er tilsvarende en løsning på Herlev Hospital.

Der vil på Nyt OUH blive etableret særskilte isotopafløb, hvor det radioaktive spildevand kan være særligt koncentreret bl.a. fra Terapistuerne til behandling med I-131 samt fra laboratorier i Nuklearmedicinsk Afdeling. Aktiviteter, indretning af lokaler og afledningen af isotoper godkendes og kontrolleres af Sundhedsstyrelsen, Strålebeskyttelse (SIS) og reguleres via Bekendtgørelse nr. 670 af 01/07/2019 om brug af radioaktive stoffer samt Bekendtgørelse nr. 669 af 01/07/2019 om ioniserende stråling og strålebeskyttelse.

3.4 Nyremedicinsk Afdeling (Dialyse)

Dialysen i Nyremedicinsk afdeling tager sig af patienter med nyresvigt fra Odense og opland. Fra regionen kommer to gange dagligt patienter i hold af omkring 40 patienter for at få foretaget deres faste dialysebehandling. Dagbehandlingen har i alt 41 behandlerpladser. Til behandlingen fremstilles ultrarent vand via et RO-anlæg. RO-anlægget har et tab af vand til kloak ved returskylning og rengøring, som har et lidt højere indhold af salte end drikkevand.

3.5 Centralkøkken og etagekøkkener

Centralkøkkenet er beliggende i Servicebyen uden for Hospitalsringen. I centralkøkkenet produceres mad til hospitalets patienter og ansatte på både Nyt OUH, sygehuset i Svendborg og psykiatrien. Der genereres spildevand fra madlavning, køkkendrift, rengøring og opvask. Køkkenet bliver på ca. 3.000 kvm og har 60 ansatte. Køkkenet forventes færdigetableret i primo Q1 2022 og skal levere mad fra den nye matrikel til det eksisterende OUH, frem til udflytningen er på plads i 2023.

Der etableres desuden etagekøkkener på hospitalet inden for Hospitalsringen.

Der etableres fedtudskiller på afløb fra køkkenet i Servicebygningen samt fem fedtudskiller på afløb fra etagekøkkener og kantine indenfor Hospitalsringen. Dimensionering af fedtudskiller følger gældende norm og eftersendes til Odense Kommune, når de er blevet endeligt projekteret.

Fedtudskillerne er fuldautomatiske og kobles til hospitalets BMS-anlæg (Building Management System) således, at køkkenets tømningsoperatør (Biotrans) automatisk alarmeres efter behov. Alle spildevandsledninger fra fedtproducerende kilder i varm og kold produktion samt opvaskeområderne føres til fedtudskiller. Fedtudskiller og de dertil hørende prøveudtagnings- og tømningsbrønde installeres så tæt på de fedtproducerende kilder som muligt og med dæksler i koteniveau. Fedtudskilleren udstyres med ultrasonisk niveausensor til registrering af fedtets densitet og temperatur i tanken således, at tømning alene foretages efter behov og fra udendørs installation. Der tilføres varmt og koldt vand til efterskylning af tank ifm. tømning.

3.6 Sterilcentral

I sterilcentralen producerer autoklaver og andet udstyr, der steriliserer instrumenter og udstyr, vand, der er opvarmet til 100°C. Det udledte spildevand vurderes at være mere end 80°C /3/. Det termiske spildevand ledes til centralt placerede kølebrønde, hvor spildevandet køles ned til en temperatur, så det ikke skader PP-ledninger. Til termisk spildevand benyttes stålledninger anlagt med fald som transportmedie i terræn frem til kølebrønd /3/.

3.7 Teknik og Logistiketagen

På teknik- og logistiketagen Plan 2 på Vidensaksen, Behandlings- og sengeafsnit samt Klyngerne placeres følgende spildevandsgenererende funktioner:

- Central vandbehandling (omvendt osmosevand)
- Vaskefunktioner for senge, hjælpemidler og utensilier samt skopvask
- Rengøring

3.7.1 Central vandbehandling

Der produceres koldt omvendt osmosevand (RO-vand) centralt til en tank i teknikrum i Vidensaksen til forsyning af opvaskemaskiner, scopvaskere og laboratoriemaskiner i Behandlingsafsnit og Vidensaksen. Der etableres ikke decentrale, lokale RO-anlæg.

RO-anlægget har et tab af vand til kloak ved returskylning og rengøring, som indeholder et lidt højere indhold af salte end drikkevand.

3.7.2 Vaskefunktioner for senge, hjælpemidler og utensilier samt skopvask

Automatvask til senge og madrasser placeres på plan 2. Hjælpemidler vaskes i samme maskine som sengevasken. Hvis hjælpemidlerne ikke tåler automatvask, vaskes de manuelt. Utensilier og små hjælpemidler modtages og vaskes i gennemstiksinstrumentvaskemaskiner, som placeres sammen med sengevasken.

Endoskopienheden etableres på stueplan i behandlingsafsnittet. Central skopvask placeres på tekniketagen plan 02.

Der etableres et mindre vaskeri til vask af klude og mopper. Dette vil være tilsvarende et almindeligt fællesvaskeri med ca. 4-5 maskiner. Al vask af linned, dyner og puder m.m. udliciteres til ekstern leverandør.

Mængder og indholdsstoffer i de forskellige vaskeprodukter er kortlagt som en del af kemikaliekortlægningen i Kapitel 5.4.

3.7.3 Rengøring

I forbindelse med rengøring af hospitalets områder benyttes typisk præfugtede mikrofiberklude, våde mopper og tørre mopper samt en række øvrige hjælpemidler. Rengøringsmidler og andre kemikalier indkøbes under en central indkøbsaftale, og der er udarbejdet arbejdspladsbrugsanvisninger for alle produkter. Mængder og indholdsstoffer i de forskellige produkter er kortlagt som en del af kemikaliekortlægningen i Kapitel 5.4.

På større gulvarealer rengøres gulve ved hjælp af gulvvaskemaskiner. På teknik- og logistiketagen placeres to rum til gulvvaskemaskiner.

3.8 Afdelinger med laboratorier

Følgende afdelinger har laboratorier placeret i forbindelse med Vidensaksen:

- Afdeling for Klinisk Patologi, AKP
- Afdeling for Klinisk Biokemi og Farmakologi, KBF
- Klinisk Genetisk Afdeling, KGA
- Klinisk Immunologisk Afdeling, KIA
- Klinisk Mikrobiologisk Afdeling, KMA

Derudover har Sygehusapotek Fyn laboratorier placeret i Klynge Ø1. Apoteket ompakker og distribuerer lægemidler. Der forekommer ikke udledning af medicinrester til kloak. Alle rester af cytostatika fra produktionen bliver opsamlet ifølge apotekets instrukser.

Langt de fleste biokemiske analyser udføres i automatiserede analyseinstrumenter med tilsatte kemiske reagenser. Spildevandet fra de automatiserede analyseinstrumenter indeholder meget små mængder cellerester og reagenser fortyndet med store mængder vand. Spildevandet ledes til afløb.

Alle reagenser med farlige stoffer og farvevæsker opsamles og bortskaffes som farligt affald, jf. Afsnit 3.9.

3.9 Opbevaring af kemikalieaffald

Kemikalieaffald fra laboratorier og apotek opsamles i dunke og transporteres til aflåst kemilager i affaldshåndteringsrummet i Servicebyen. Lageret etableres med sug og riste under beholderne, der kan opsamle volumen af beholderen i tilfælde af læk. Fra håndvaske i affaldshåndteringsrummet (lokale DP09.0040) føres afløb til palletank for kemikalieopsamling. I 2012-2013 blev der opsamlet i alt 21.900 kg kemikalieaffald inkl. tom emballage fra laboratorier og apotek, jf. Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gennemsnitlig årlig mængde (kg) kemikalieaffald fra OUH i 2012-2013.

Kemikalieaffaldsgruppe	Kg
Affaldsgruppe A: Mineralolieaffald	80
Affaldsgruppe B: Halogen- eller svovlholdigt organisk-kemisk affald	23,5
Affaldsgruppe C: Energirigt organisk-kemisk affald uden halogen og svovl	6.728,5
Affaldsgruppe H: Organisk-kemisk affald uden halogen og svovl	11.896
Affaldsgruppe K: Kviksølvholdigt affald	52,5
Affaldsgruppe X: Uorganisk-kemisk affald	713,5
Affaldsgruppe Z: Andet affald inkl. tom emballage	2.393,5
Affaldsgruppe O: Reaktivt affald	12,5
Sum	21.900

3.9.1 Formalindistribution

I forbindelse med Afdelingen for Klinisk Patologi (Klynge Nordvest V1) anvendes formalin til bl.a. fiksering af vævsprøver. Tanke med ren og brugt formalin opbevares i et udendørs skur ved afdelingen. Der er ikke afløb fra skuret. Det hele placeres på en stor spildbakke, der kan tage volumen fra en tank, hvis den bliver utæt. Tanke med ren formalin er forbundet til afdelingen i et

lukket system. Afløb fra afdelingen er desuden forbundet med tank til opsamling af brugt formalin. Brugt formalin opsamles i formalintanke, der bliver afhentet direkte fra skuret af en affaldstransportør og bortskaffet som farligt affald.

3.10 Øvrige aktiviteter

3.10.1 Kapel

Der kommer et kapel på Nyt OUH, men der vil ikke foregå kremering, og der vil ingen spildevandsafledning være herfra.

3.10.2 Køling

Køling foregår ved fjernkøling med vand. Der er ikke oplag af kølevæsker på Nyt OUH.

3.10.3 Vaskepladser

Der er ikke planlagt udendørs vaskepladser for køretøjer på Nyt OUH.

3.10.4 Heliport

Ved heliporten etableres tankanlæg i form af en tank til jetfuel (30 m³) og to tanke til diesel (2 x 90 m³) til hospitalets nødgenerator. Der etableres to påfyldningspladser (hvor tankbilen holder under påfyldning af tankene) på hver 16 m², én ved tank til jetfuel og én ved dieseltankene. Herudover vil der oppe på heliporten ske tankning af helikoptere på de to helikopterpladser. De to tankningsområder bliver maks. 20 m² pr. stk.

Afløb fra påfyldningspladserne ved tankanlæggene og tankningsområde på heliporten forventes tilsluttet til renseanlægget. Tankningsområde på heliporten dog via ventilsystem således, at der vil ske afledning til renseanlægget, når der tankes helikopter, mens regnvandet afledes til regnvandssystemet, når der ikke tankes. Der etableres olieudskillere med flydelukke ved alle tre pladser. Indretning mv. er dog ikke endeligt fastlagt/færdigprojekteret pt. Der indsendes oplysninger herom til godkendelse hos kommunen.

4 Kloakplan og renseanlæg

4.1 Kloakplan

Der er etableret et separat tryksat kloaksystem for hospitalet. Kloakforsyningen separeres i regnvand og spildevand. Al spildevand fra matriklen ledes til centralt placerede pumpestationer, der pumper det sanitære spildevand op til en fælles trykledning i Hospitalsringen (ringvejen omkring hospitalsområdet).

Fra den separate ledning i Hospitalsringen ledes spildevandet til et spildevandsrenseanlæg i Teknikbyen. Der er i ringvejen omkring hospitalet desuden etableret en regnvandsledning, der afleder overfladeafstrømning fra de befæstede arealer til regnvandsbassinerne syd for Killerup Rende. Spildevandsrenseanlægget er således ikke belastet af regnvand, hvilket sikrer en jævn belastning og stor driftssikkerhed.

4.2 Regnvandsafledning på Nyt OUH

Regnvandet fra alle tage og vej/sti-arealer føres til bassiner, inden det ledes til recipienten Killerup Rende. Tilslutning af regnvand sker ved ringvejen. Alt regnvand fra Nyt OUH syd for Killerup Rende håndteres i de etablerede regnvandsbassiner, som har til formål at rense og forsinke nedbør, der falder i området, inden udledning til Killerup Rende.

Regnvandsafledningen fra befæstede arealer på Nyt OUH vil foregå via et separat system. Langs med ringvejen og adgangsvejene etableres wadier², der sikrer en hurtig afvanding af vejene. Ved kraftige regnskyl fungerer de som forsinkende render og transporterer regnvandet til en regnvandsledning i ringvejen. Wadierne fremstår som grønne græsklædte lavninger. Ledningsnettet i regnvandssystemet er dimensioneret til en 100-års hændelse.

Regnvandssystemet syd for Killerup Rende består af tre separate bassinsystemer – to vest for letbanen (F og H) og ét system øst for letbanen (I), se Figur 4.1.

De to vestlige systemer (F og H) modtager overfladeafstrømning fra befæstede arealer på den vestlige del af hospitalsmatriklen og består hver især af to mindre for-rensbassiner, der fungerer som sandfang, og ét større forsinkelsesbassin til tilbageholdelse og forsinkelse af regnvandet, før det ledes i Killerup Rende. Der er ét udløb fra hvert af de to systemer med en udledning på op til 8 l/s pr. udløb under normal drift³. De fem afløb i åbrinken er placeret jævnt fordelt over den ca. 500 meter lange strækning på barrieren mellem regnvandsbassinerne og Killerup Rende.

Det østlige system modtager overfladeafstrømning fra befæstede arealer på den østlige del af hospitalsmatriklen og består af to for-rensbassiner (D og E) og ét større forsinkelsesbassin (I), som reelt udgøres af tre sammenkoblede bassiner, der i våde perioder vil blive oversvømmet til ét sammenhængende bassin. Der er ét udløb fra Bassin I på op til 24 l/s under normal drift, som er fordelt på tre udløb i selve Killerup Rende. Dvs. at der i alt er etableret fem udløb i Killerup Rende fra hospitalsmatriklen, hvor vandmængden er op til 8 l/s på hvert udløb under normal drift.

² En wadi er en flad grøft, der almindeligvis kun er vandførende i forbindelse med nedbør. Wadier udføres med et filtermateriale, der har en rensende effekt ved vand- og stoftransport/nedsivning.

³ Op til 2 m vandsøjle (bagved vandbremsere) vil føre til udledning af 8 l/s. Ved højere vandsøjle (dette er ud over en 100-års hændelse) vil flowet øges ganske lidt.

Tabel 4.1 Oversigt over bassiner og for-rensbassiner.

Bassin	For-rensbassiner	Udløb til Killerup Rende	Opland (red. Ha)
F	E, F	1 x 8 l/s	1
H	A, B	1 x 8 l/s	19
I	C, D	3 x 8 l/s	21



Figur 4.1 Regnvandsbassinsystemerne F (med for-rensbassin E og F), H (med for-rensbassin A og B) og I (med for-rensbassin C og D) på Nyt OUH.

I tørre perioder om sommeren vil området visuelt have karakter som kuperet overdrev/eng, hvor flere små enkeltliggende vandhuller rummer en lille vandmængde. I en periode med moderat nedbør eller i perioden efter en voldsom regnhændelse vil der være større vandhuller, og tærsklerne mellem de enkelte vandhuller vil være delvist oversvømmede. I perioder med voldsomme regnhændelser, efter tørtid og i perioder lige efter voldsomme regnhændelser vil der være tale om store sammenhængende vandområder, hvor kantbevoksning oversvømmes /15/.

Bunden af bassinerne er placeret i den ret massive naturlige ler-membran, der er i området.

For-bassinerne vil fungere som sandfang, hvor en stor del af det suspenderede stof der kan indeholde næringssalte og tungmetaller vil bundfældes. I forsinkelsesbassinerne vil yderligere

suspenderet stof bundfældes, og næringssalte optages i vandhullernes kantbevoksning med tagrør. Fra for-bassinene løber vandet via dykkede udløb til forsinkelsesbassinene for at sikre for-bassinernes primære funktion - at tilbageholde partikler og sikre mod eventuel udledning af oliefilm. Under kraftig regn vil hovedbassinene blive fyldt, da der vil ske en opstuvning, når tilledningen af vand overstiger afledningskapaciteten.

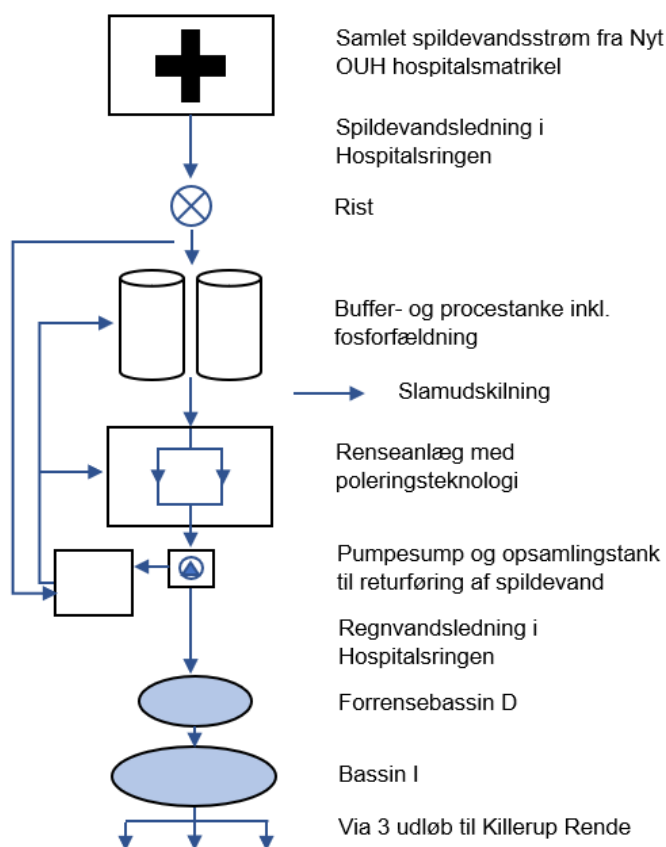
Såfremt ekstreme regnhændelser overstiger regnvandsbassinernes kapacitet, vil der ske overløb fra bassinerne hen over stien til Killerup Rende. Bassinets overkant vil ligge lavere ud mod Killerup Rende således, at der sikres en kontrolleret udledning til renden ved ekstremregn eller skybrud. Der er gennemført en modelberegning i MIKE URBAN til vurdering af den samlede udledning fra Nyt OUH hospitalsmatrikel til Killerup Rende. Modelberegningen er beskrevet i /34/og /35/.

Det er planen, at Bassinsystem I skal modtage regnvand, det rensede spildevand samt eventuelt vand fra en permanent grundvandssænkning omkring en kælders i det nordøstlige hjørne af matriklen.

4.3 Spildevandsafledning på Nyt OUH

Spildevandsafledningen på Nyt OUH vil foregå via et renseanlæg. Renseanlægget skal modtage processpildevand og sanitært spildevand fra hele hospitalsmatriklen inkl. Psykiatrisk Afdeling Odense, Steno Diabetes Center Odense, Ronald McDonald Hus og et eventuelt patientforeningshus.

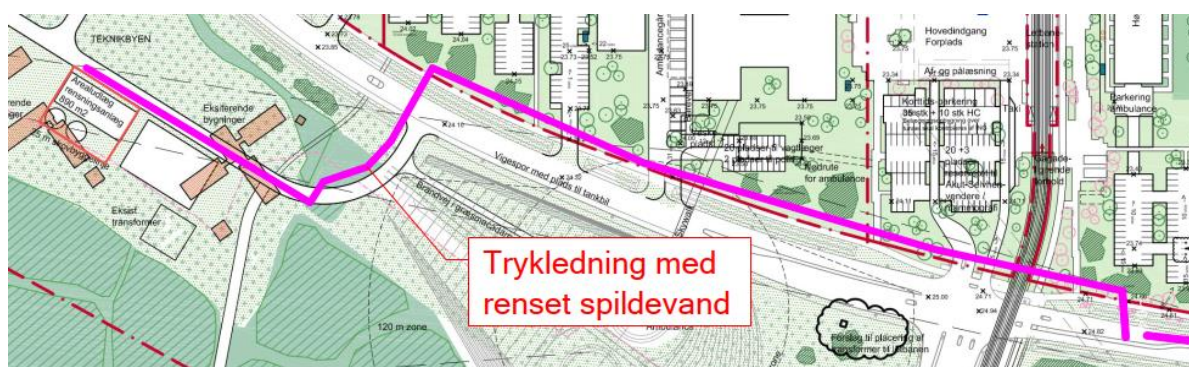
Spildevandsafledningen fra hospitalet til Killerup Rende er vist i Figur 4.2.



Figur 4.2 Principskitse for afledning af spildevand fra Nyt OUH hospitalsmatrikel.



Figur 4.3 Nyt OUH med angivelse af det rensede spildevands vej fra renseanlægget via regnvandsledning til eksisterende regnvandsbassiner (pink ledning). Renseanlæggets placering er markeret med rødt.



Figur 4.4 Udløbsledningen fra renseanlægget til regnvandsledningen i ringvejen. Renseanlægget er markeret med rødt.

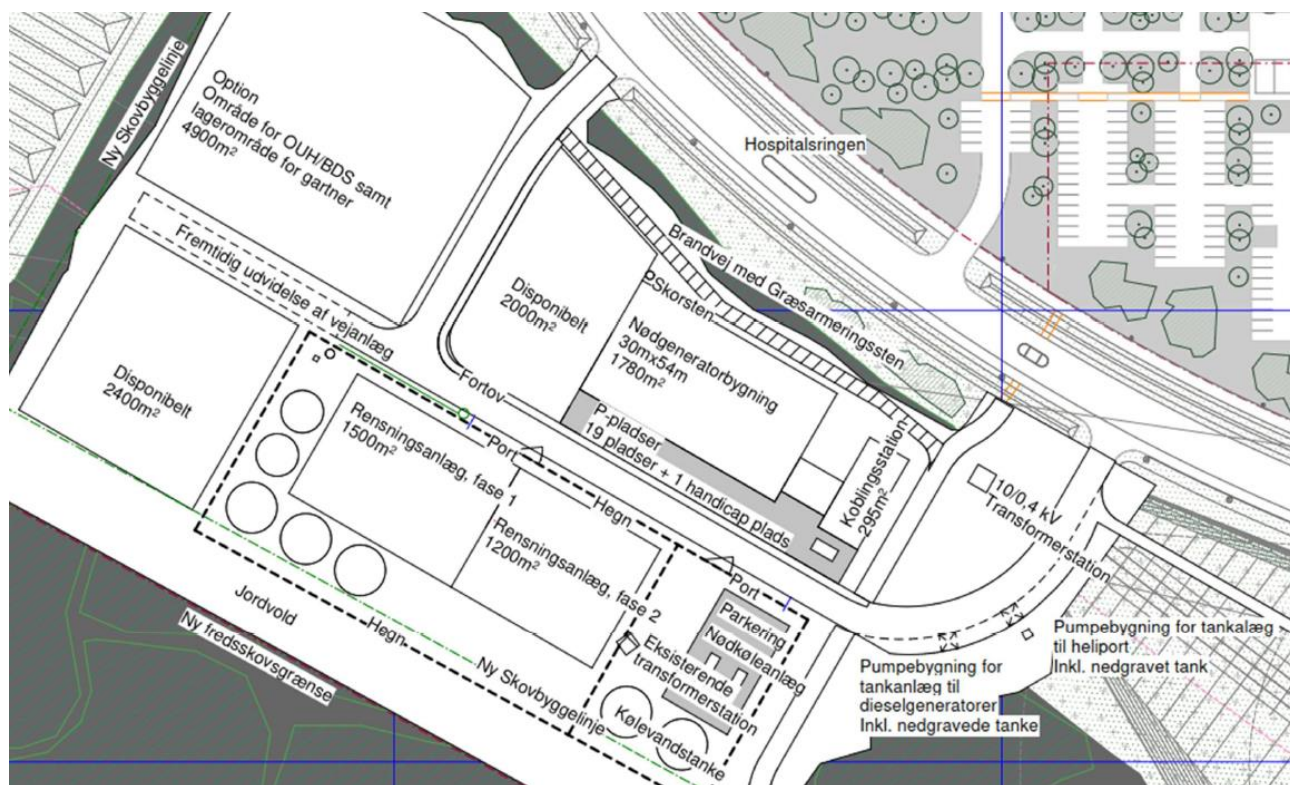
4.4 Renseanlæg (redegørelse for anvendelse af BAT)

Odense Kommune har meddelt Nyt OUH, at det sanitære spildevand og processpildevand fra køkken, vaskeri m.m. skal behandles i et renselanlæg, som fjerner lægemiddelstoffer, miljøfremmede stoffer og bakterier til et niveau, der svarer til Bedste Tilgængelige Teknik (BAT).

BAT er i relation til rensning af hospitalsspildevand tekniker, der kan rense spildevandet til en kvalitet svarende til, hvad der er opnåeligt på Herlev Hospitals renselanlæg. Der foreligger dokumentation for renselanlæggets ydeevne, siden det blev sat i drift 2014 /21/. Dette renselanlæg omfatter biologisk rensning, inklusive slamseparation (ved membranfiltrering) efterfulgt af ozonering, filtrering gennem et GAC-filter (Granulært Aktivt Kul) og UV-behandling. BAT kan bestå af andre tekniker, med hvilke det er muligt at nå en spildevandskvalitet som i udløbet fra Herlev Hospitals renselanlæg.

4.4.1 Renseanlæggets placering, areal og udformning

Renseanlægget placeres i Teknikbyen på Nyt OUH i det sydvestlige hjørne af projektområdet uden for Hospitalsringen, se placeringen på Figur 4.3 og Figur 4.5.



Figur 4.5 Arealudlæg til renselanlægget i Teknikbyen på Nyt OUH.

Arealbehovet til et renselanlæg til håndtering af 200.000 m³/år vil ca. udgøre 3.000 m². Der er i Teknikbyen udlagt samlet 5.000 m² til renselanlægget. Der er således mulighed for at udvide arealet og renselanlægget i fremtiden, hvis der opstår behov.

Renseanlægget forventes at bestå af en industribygning på ca. 500 m² med plads til de tekniske anlæg (fx membranfiltre, slamtørring m.m.), personalefaciliteter, lager og laboratorie samt et udendørs befæstet areal på ca. 1.000 m² med plads til udlignings- og biologiske processtanke, eventuelle tanke med ilt og GAC (Granulated Activated Carbon) samt parkering.

Såfremt der anlægges en bygning, har den en højde på ca. 3-4 meter. Højden på processtankene kan tilpasses i forhold til bredden, men er ca. 8 meter. Tankene kan delvist

nedgraves som på Herlev Hospital, hvor de har en højde på ca. 4 meter over jorden. Bygning samt udlignings-, proces- og opsamlingsstanke udføres som udgangspunkt i beton.



Figur 4.6 Den fremtidige placering af Teknikbyen og et renseanlæg på Nyt OUH.

4.4.2 Anlægsbeskrivelse

Renseanlægget på Nyt OUH forventes bygget op af følgende procestrin:

- **Risteanlæg:** Spildevandet pumpes til et risteanlæg, som fjerner større materiale og partikler. Typisk er afstanden mellem ristene ca. 1,5 mm, og partikler større end afstanden mellem ristene vil blive fjernet. Ristestoffet sendes til forbrænding. Spildevandet pumpes herfra til et biologisk rensesrin
- **Udligningstank:** Vil fungere som udligning af det tilløbne spildevand. Tankens kapacitet vil blive fastlagt afhængigt af responstiden på genoprettelse af driften.
- **Biologisk rensning:** Rensning kan foregå i tanke, der både kan fungere som udligning og som processtanke for kvælstoffjernelse, biologisk nedbrydning af organisk stof samt adsorption af miljøfremmede stoffer, herunder lægemiddelstoffer. Fosfor fjernes sammen med overskudsslammet gennem tilsætning af koagulerings- og flokkuleringsmiddel. Det biologiske rensesrin kan udformes på forskellig vis. Der vil være to tanke, så det er muligt at servicere den ene tank, uden at driften forstyrres.

Slamadskillelse og efterpolering af spildevandet vil blive afklaret i forbindelse med et udbud af renseanlægget og vil blive fastlagt på baggrund af udløbskrav for næringssalte, metaller, miljøfremmede stoffer, lægemiddelstoffer og bakterier. I nedenstående er der beskrevet et procesflow svarende til flowet på renseanlægget på Herlev Hospital:

- **Slamadskillelse:** Det biologiske slam adskilles fra det behandlede spildevand eksempelvis ved membranfiltrering. Ved anvendelse af ultra- eller nanofiltreringsmembraner med en porestørrelse under 1 µm vil spildevandet efter filtrering være fri for bakterier, suspenderet stof samt miljøfremmede stoffer bundet til det suspenderede stof. Fra slamadskillelsesprocessen føres spildevandet til en poleringszone med henblik på yderligere at reducere koncentrationen af svært nedbrydelige lægemiddelstoffer. Poleringszonen vil omfatte ozonering, GAC (Granular Activated Carbon) og UV
- **Ozonering:** Ozon fra en ozongenerator injiceres i et delstrømsloop af ozoneret vand, som derefter blandes med permeatet fra membranfiltreringen. Ozon måles online i offgas fra

reaktorerne for at overvåge overskudskoncentrationen af ozon og kontrollere dens dosering. Fra ozonreaktorerne ledes spildevandet til aktive kulfiltre

- **Aktive kulfiltre (GAC):** GAC-filtrene kan eksempelvis opstilles i serie og i flere parallelle serier. Ved konstatering af nedsat gennemstrømning (tilstopning) i GAC-filtrene, udskiftes et eller flere filtre afhængigt af anlæggets konfiguration og drift. Aktive kulfiltre bortskaffes til forbrænding eller til regenerering
- **UV-behandling:** Til slut føres spildevandet igennem en UV-reaktor som en ekstra sikkerhed i forhold til patogener.

Efter poleringstrinene vil spildevandet på Nyt OUH blive ledt via:

- **Pumpesump:** til trykledning og regnvandsbassiner til Killerup Rende.
- **Opsamlingstank:** vis der opstår situationer, hvor kvalitetskravene for spildevandet i udløbet fra renseanlægget ikke er opfyldt, vil spildevandet blive opmagasineret i en opsamlingstank placeret efter udløbet/pumpesump. Kapaciteten af opsamlingstanken vil blive fastsat på baggrund af responstiden på udbedring af driftsfejl på renseanlægget samt responstid på slamsugerne.

Renseanlægget på Nyt OUH vil tillige inkludere systemer til rensning af luft og behandling af slam.

På Nyt OUH vil valget af den nøjagtige opbygning af renseanlægget samt valg af specifik teknologi blive fastlagt i forbindelse med et udbud. Det vil dog være afgørende for valget af leverandør og teknologi, at det kan dokumenteres, at udledningskvaliteten svarer til BAT, og at renseanlæggets udledning kan overholde udledningskravene fastsat i en udledningstilladelse.

4.5 Udledning af rensed spildevand til Killerup Rende

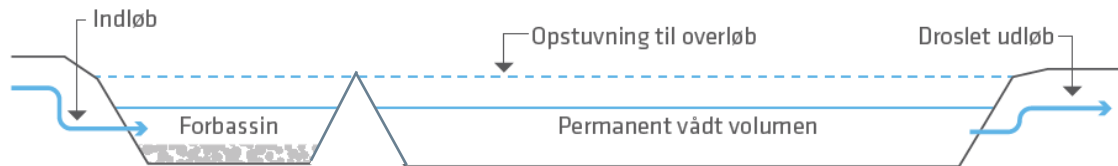
Fra renseanlægget pumpes det rensede spildevand via en ca. 500 meter lang trykledning til den eksisterende separatkloakerede regnvandsledning, som løber i Hospitalsringen på den østlige side af letbane-tracéen. Herfra ledes det rensede spildevand til for-rensbassin D og forsinkelsesbassin I inden udledning til Killerup Rende. Ledningsnettet i regnvandssystemet er dimensioneret til en 100-års hændelse.

Udledning til Killerup Rende via regnvandsbassinerne er valgt, fordi der er en række fordele forbundet med at lede vandet gennem bassinerne:

- Mulighed for at udjævne udledningen til Killerup Rende – både hydraulisk og kvalitetsmæssigt
- Mulighed for i tilfælde af skybrud at tilbageholde regnvand og spildevand i regnvandsbassinerne og dermed reducere risikoen for hydraulisk overbelastning af Killerup Rende, Lindved Å og Odense Å i. Under skybrud vil der blive tilført regnvand fra diffuse kilder langs åerne, som ikke kan reguleres eller tilbageholdes
- Regnvandsbassinerne fungerer som et ekstra rensetrin, hvor der sker optagelse af næringssalte i planter langs bredderne af bassinerne. Derudover sker der fotonedbrydning af næringssalte
- Det rensede spildevand vil bidrage til en udjævning af svingninger i forhold som temperatur, ilt og pH i regnvandsbassinerne
- Regnvandsbassinerne fungerer som en ekstra tredje barriere i forhold til beskyttelse af vandmiljøet i Killerup Rende, idet udløbet fra bassinerne til Killerup Rende i yderste konsekvens kan spærres, hvis der sker en utilsigtet udledning af urensed eller delvist rensed spildevand fra renseanlægget. De to andre barrierer i forhold til udledning af spildevandet fra OUH er selve renseanlægget samt pumpesumpen med tilhørende opsamlingstank placeret efter renseanlægget. Til disse to barrierer er der tilknyttet kontrolforanstaltninger, som skal forhindre udledning af urensed eller delvist rensed spildevand til regnvandsbassinerne

4.5.1 Regnvandsbassin I

Bassin I er designet efter nedenstående principskitse i Figur 4.7. Der er to for-bassiner (C og D).



Figur 4.7 Principskitse for vådt regnvandsbassin med for-bassin /47/.

Figur 4.8 viser en tegning af regnvandsbassin I på Nyt OUH og det rensede spildevands vej gennem regnvandsbassinerne.

I tørre perioder om sommeren vil området visuelt have karakter som kuperet overdrev/eng, hvor flere små enkeltliggende vandhuller rummer en lille vandmængde. I en periode med moderat nedbør eller i perioden efter en voldsom regnhændelse vil der være større vandhuller, og tærsklerne mellem de enkelte vandhuller vil være delvist oversvømmede. I perioder med voldsomme regnhændelser, efter tøjbrud og i perioder lige efter voldsomme regnhændelser vil der være tale om store sammenhængende vandområder, hvor kantbevoksning oversvømmes.

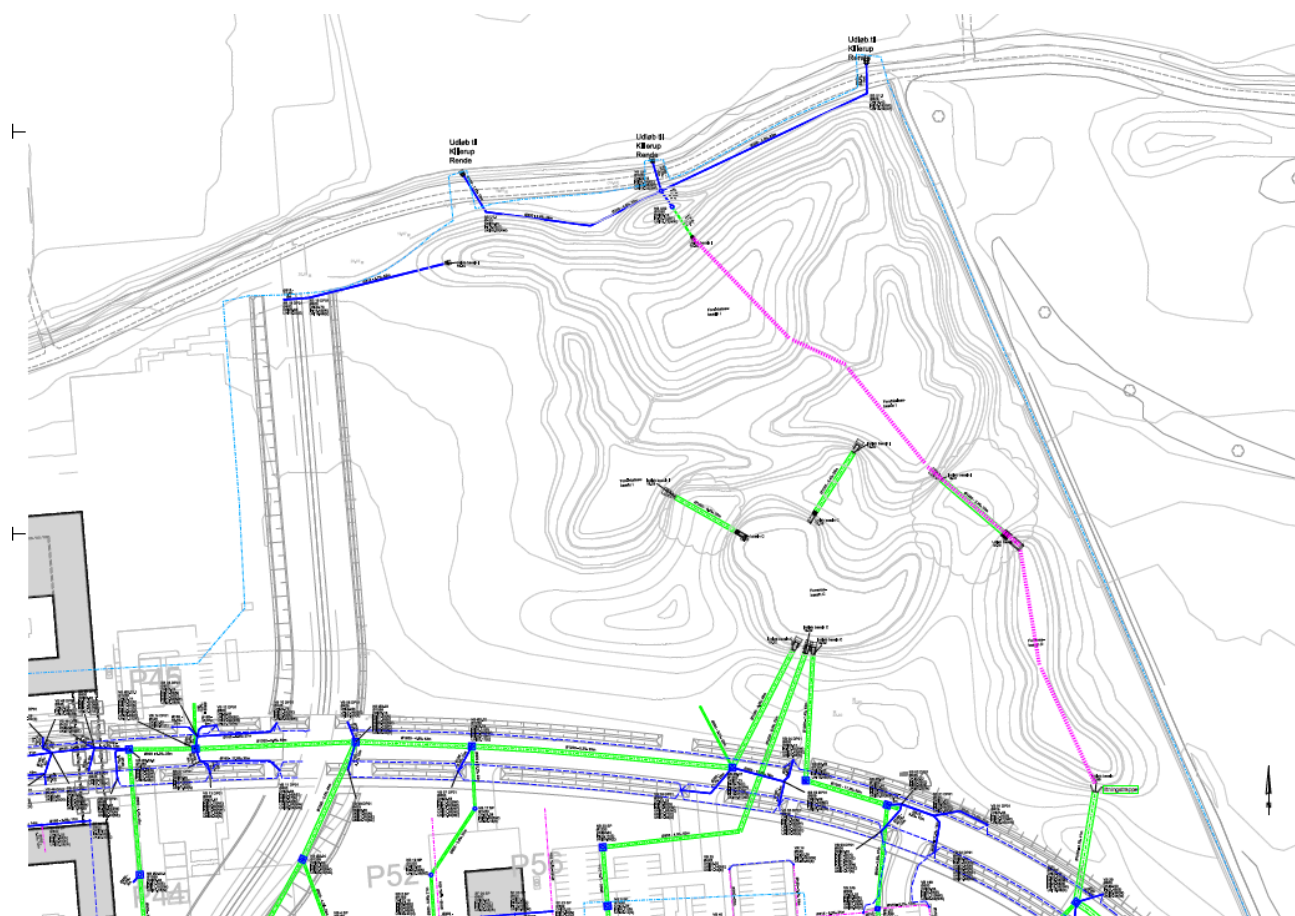
Der er dykket indløb og udløb fra bassinerne. Der er ét udløb fra Bassin I på op til 24 l/s under normal drift, som er fordelt på tre udløb i selve Killerup Rende. Efter det dykkede udløb fra Bassin I, er der placeret en afløbsregulator (vandbremse) dimensioneret til 24 l/s ved vandhøjde 2 m. Efter regulatoren fordeles vandet til tre udløbsbygværker.

For-bassinerne til Bassin I (Bassin C og D) har en permanent vanddybde på minimum 80 cm, mens forsinkelsesbassinet I er delt op i tre zoner, som ved større nedbør oversvømmes til ét stort bassin. De tre zoner har en permanent dybde på minimum 80 cm og op til 2,9 meter i bassinet tættest på udledningen til Killerup Rende.

Bassinet har et meget stort permanent vådvolumen på 600 m³/red. ha, jf. Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Design af Bassin I i forhold til BAT.

Bassinsystem	Bassin I (inkl. for-bassin C og D)	Anbefalinger i forhold til BAT
Permanent vanddybde	Min. 0,8/2,9 meter	1-1,5
Opland	20,9 red Ha	
Forsinkelsesvolumen	20.100 m ³	
Permanent vådvolumen	12.550 m ³	
Permanent vådvolumen	600 m ³ /red. ha	200-300



Figur 4.8 Tegning af Bassinsystem I med for-rensbassiner C og D samt forsinkelsesbassin I, som i tørre perioder udgøres af tre bassiner (I_0 , I_1 og I_3). I våde perioder vil de tre bassiner oversvømmes til ét bassin I. Den orange linje markerer det rensede spildevands vej gennem bassinerne.

I længere perioder uden nedbør, hvor vandstanden i bassinerne svarer til det permanente vandspejl, vil det med en jævn tilførsel af rensat spildevand og vand fra en grundvands-sænkning på samlet 7 l/s tage mindst 23 dage at udskifte hele det permanente våde volumen i Bassin I (inkl. for-bassinerne C og D).

Modelberegninger viser, at fordi det permanente våde volumen ($600 \text{ m}^3/\text{red. ha}$) er så stort i Bassin I i forhold til det tilkoblede opland og vandbremserne samtidig begrænser udledningen og derved øger opholdstiden i bassinerne, så vil tilledningen af det rensede spildevand og vand fra en eventuel grundvandssænkning ikke have betydning for renseeffektiviteten af bassinet og fjernelsen af næringssalte og miljøfremmede stoffer, jf. notat fra AAU vedr. modelberegning af regnvandsbassiner på Nyt OUH i Bilag E.

De op mod $215.000 \text{ m}^3/\text{år}$, som rensat spildevand og en grundvandssænkning vil bidrage med, vil i gennemsnit svare til det samme volumen som ca. 29 red. ha⁴ vil bidrage med. Det svarer til, at det permanente våde volumen i Bassin I er ca. $250 \text{ m}^3/\text{red. ha}$ ($12.500 \text{ m}^3/50 \text{ red. ha}$) og dermed stadig over de minimum $200 \text{ m}^3/\text{red. ha}$, som svarer til BAT.

⁴ En simpel overslagsberegning på baggrund af den årlige vandmængde ($215.000 \text{ m}^3/\text{år}$) delt med den årlige nedbør i Odense 744 mm (DMI referenceværdi for 2006-2015).

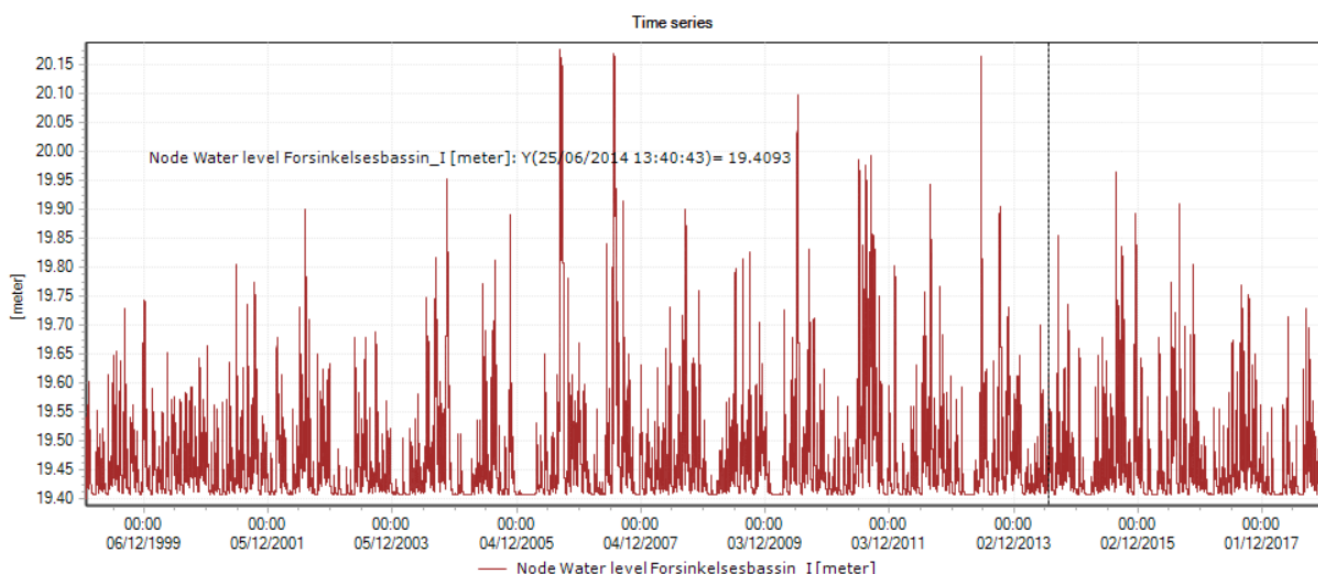
4.5.2 Modelberegning af udledning

I forbindelse med ansøgning om permanent udledning af overfladevand til Killerup Rende fra regnvandsbassiner ved Nyt OUH /34/ er der gennemført en modelberegning af den samlede udledning af regnvand, rensed spildevand og drænvand fra en eventuel grundvandssænkning til Bassin I (samt de øvrige to bassinsystemer F og H på Nyt OUH). Modelberegningen er rapporteret i /34/ og /35/. Modelberegningen er gennemført på en historisk regn over 20 år (1999-2018) fra SVK-regnmåler "Odense Ny Renseanlæg" samt en CDS designregn (T=20 år og T=100 år) med en klimafaktor på 1,4. Der er ikke medregnet forsinkelse og fordampning i modellen, hvorfor den må vurderes at være konservativ.

Modelberegningen har vist, at tilførslen af rensed spildevand og drænvand fra grundvands-sænkningen betyder, at bassin I i tørvejr holder en vandstand på ca. 5-8 cm højere end den designede permanente vandstand i kote 19.40. På grund af den langsomme tømning af bassinet og en konstant tilledning af rensed spildevand og drænvand er en gennemsnitlig vandstand i bassinet i en 20-års periode på 19.57 m (svarende til en dybde på ca. 1 meter), se Figur 4.9.

På grund af bassinets kapacitet er den ugentlige variation (hverdags- og weekendflow, se Afsnit 5.1) af spildevandsbelastningen delvist udjævnet. Minimumsudløb fra Bassin I er lidt under 6 l/s.

Under en kontinuerlig historisk regnbelastning over 20 år når de maksimalt simulerede vandstande ca. 20.45 m. Dette sker efter nogle længere våde perioder. Da dette er 95 cm under vandbremsernes designpunkt, overstiger det maksimale udløb ikke 24 l/s.



Figur 4.9 Vandstand i Bassin I i den historiske 20-års regnbelastning. Kote 19.40 er overfladen på det permanente vandspejl.

Modelberegningen har vist, at trods kontinuerlig tilledning af rensed spildevand og drænvand fra en eventuel grundvandssænkning vil der ikke forekomme overløb fra Bassin I hverken ved en 20-års eller en 100-års designregn.

4.6 Renseeffektivitet og udløbskvalitet

Kombinationen af teknologier, der anvendes til rensning af spildevandet på Herlev Hospital, betragtes på baggrund af indsamlede driftsresultater siden 2014 som Bedst Tilgængelig Teknik (BAT). Fuldskalarensenlægget på Herlev Hospital blev udførligt testet og dokumenteret i

forbindelse med et pilotprojekt i 2012-2016. Testperioden forløb over 1,5 år fra maj 2014 til november 2015 og dækkede analyser for /21/:

- Lægemiddelstoffer (122 forskellige lægemiddelstoffer analyseret i 118 prøver)
- Økotoksikologiske test
- Test af østrogen effekt
- Metaller (Pb, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Zn)
- Miljøskadelige organiske stoffer (EDTA, LAS, DEHP, nonylphenoler, bisphenol A, benzotriazoler, pesticider)
- VOC
- Radioaktivitet
- Oxidationsbiprodukter
- Bakterier og vira

Det er dette analyseprogram og datagrundlag, som danner baggrund for vurderingen af vandkvaliteten af det rensede spildevand fra Nyt OUH. Måleprogrammet og resultaterne er rapporteret i /21/.

Af de 122 forskellige lægemiddelstoffer blev 80 fundet i koncentrationer over detektionsgrænsen i tilløbet til renseanlægget. Heraf blev kun 12 stoffer målt over detektionsgrænsen i udløbet fra renseanlægget (de seks udgøres af ioderede kontraststoffer, som er svært nedbrydelige, men ikke toksiske) /21/.

Der eksisterer ikke analysemetoder til samtlige anvendte lægemiddelstoffer på hospitalerne i dag, hvorfor der også blev gennemført økotoksikologiske screeningstest af det rensede spildevand.

Tabel 4.3 viser, at den samlede belastning af lægemiddelstoffer i spildevandet blev fjernet med 99,9%, og at stoffer, der stadig kunne måles i spildevand, var under effektkoncentrationerne for levende organismer i ferskvand ($PNEC_{fersk}$) uden fortynding. De meget persistente, men ikke giftige, kontrastmidler blev fjernet med 99%. Fækale og antibiotikaresistente bakterier blev fjernet, og vira - repræsenteret af norovirus - kunne ikke detekteres i udløbet. Økotoksicitetsvirkninger på fisk og krebsdyr såvel som østrogen effekt kunne ikke måles i det endelige behandlede spildevand.

Tabel 4.3 Oversigt over kvaliteten af det rensede spildevand fra renseanlægget. Kvaliteten af det rensede spildevand danner grundlag for valg af teknologi til renseanlægget på Nyt OUH /21/.

Parameter	Kvalitet af rensed spildevand
Lægemiddelstoffer (undtagen kontrastmidler)	Koncentrationen under $PNEC_{fersk}$ for alle 120 analyserede lægemiddelstoffer 99,9% fjernelse
Persistente kontrastmidler (fx iomeprol)	Koncentrationen under $PNEC_{fersk}$ 99% fjernelse
Øvrige miljøfremmede stoffer	Koncentrationen under det generelle miljøkvalitetskrav (eller $PNEC_{fersk}$ for stoffer, hvor der ikke er miljøkvalitetskrav)
Metaller	Koncentrationen under det generelle miljøkvalitetskrav for opløste metaller (for zink den biotilgængelige fraktion)
Antibiotikaresistente bakterier	Ingen fækale eller antibiotikaresistente bakterier
Vandbårne vira (norovirus)	Under detektionsgrænsen (< 26 GC/l)
Fiskeyngel (zebra fisk)	0% dødelighed inden for 96 timer
Krebsdyr (daphnier)	Samme overlevelse af afkom som i rent kontrolvand
Østrogen effekt (A-YES)	Ingen østrogen effekt

Seks lægemiddelstoffer samt seks ioderede kontrastmidler blev på baggrund af resultaterne fra det omfattende analyseprogram på Herlev Hospital udvalgt som indikatorstoffer. Indikatorstofferne repræsenterer de mest miljøkritiske stoffer målt i spildevandet fra Herlev Hospital samt de stoffer, som har været de vanskeligste at fjerne i behandlingsprocesserne. Indikatorstofferne er dermed de stoffer, der først bryder igennem rensebarriererne og derfor kan benyttes som kritiske styringsparametre i forhold til, hvornår de aktive kulfiltre skal skiftes /21/.

Efterfølgende er der opnået yderligere erfaringer med driften af anlægget, og i denne rapport er der benyttet de seneste data fra egenkontrolmålinger gennemført i 2018 og 2019 som udgangspunkt for den vandkvalitet, der kan forventes for det rensede spildevand fra Nyt OUH – og som vil blive gennemgået i Kapitel 5.

Det skal desuden bemærkes, at der på renseanlægget på Herlev Hospital er tilkoblet et akvarie med levende fisk (guldbarber og malle) på udløbet, hvor der kontinuerligt tilføres rensset spildevand som indikator på, at vandet er så rent, at der kan leve fisk i det rensede spildevand. Fiskene lever på fjerde år i det rensede spildevand.

4.7 Tidsplan for rensning af den samlede spildevandsstrøm fra Nyt OUH

Regionsrådet godkendte i januar 2017 Nyt OUH's projektforslag. Byggeriet blev påbegyndt i 2019 og fortsætter frem til 2023. Hospitalet forventes ibrugtaget i 3. kvartal 2023.

Det er planen, at renseanlægget skal stå færdigt, så indkøringen af anlægget kan ske i forbindelse med idriftsættelse af hospitalet og den kliniske drift, dvs. forventeligt fra 3. kvartal 2023. Indkøringen kan tage mellem 3 og 12 måneder afhængigt af, hvornår udløbskvaliteten overholder de opstillede kravværdier. I forbindelse med byggeperioden og indkøring af renseanlægget vil den nuværende aftale med VandCenter Syd blive benyttet til afledning af spildevand fra området til offentlig kloak. Først når udløbskvaliteten kan overholde de opstillede kravværdier, vil det rensede spildevand blive udledt via regnvandssystemet til Killerup Rende.

5 Karakteristik af spildevand fra Nyt OUH

Den følgende karakteristik af det rå urensede spildevand fra Nyt OUH er baseret på viden fra andre hospitaler med tilsvarende aktiviteter som på Nyt OUH samt kortlægninger af forbrug af kemikalier og lægemidler på det eksisterende OUH.

Der er ikke foretaget spildevandsmålinger for almindelige spildevandsparametre, metaller, miljøfremmede stoffer og lægemiddelstoffer på det eksisterende OUH.

En kortlægning af kemikalieforbruget på OUH er beskrevet i Bilag A, mens kortlægning af lægemiddelforbruget er vist i Bilag B.

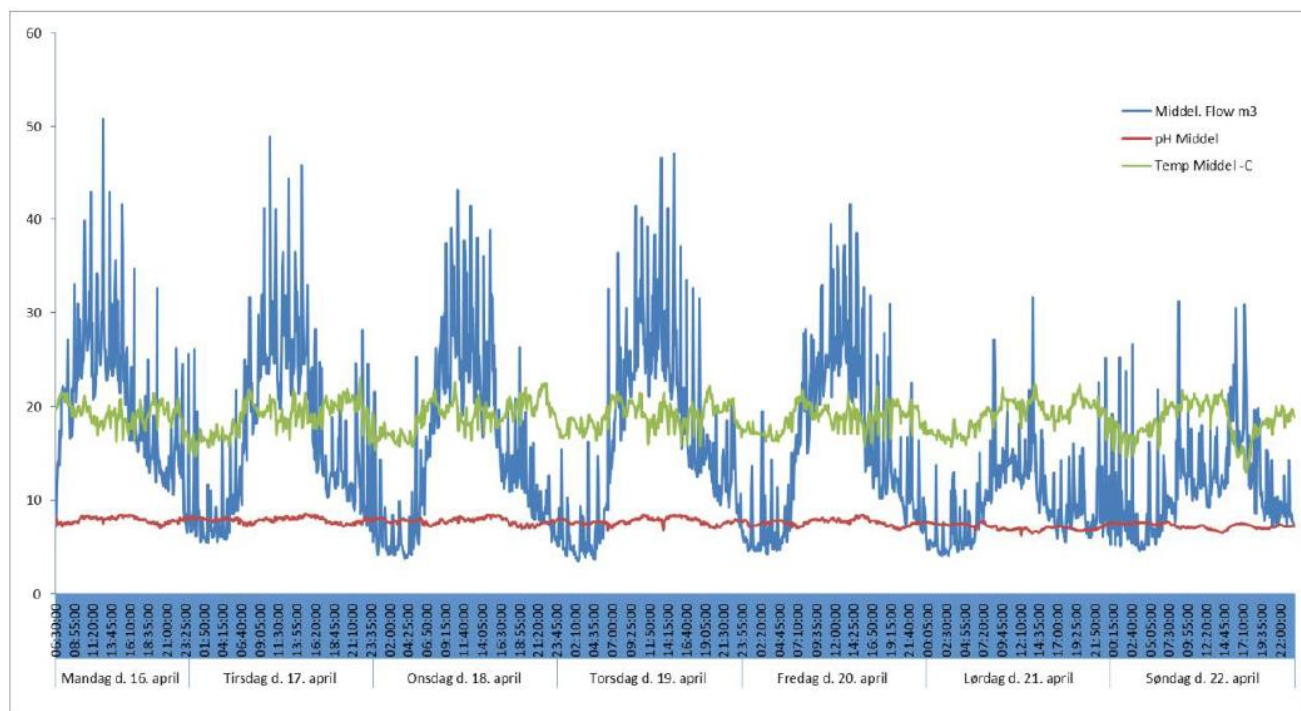
Odense Kommune har meddelt Nyt OUH, at spildevandet fra det nye universitetshospital skal undergå en behandling, som fjerner lægemiddelstoffer, miljøfremmede stoffer og bakterier til et niveau, der svarer til Bedste Tilgængelige Teknik (BAT). BAT bliver i relation til hospitalsspildevand anset som et niveau svarende til, hvad der er opnået på Herlev Hospitals renseanlæg.

Det er dokumentationen fra Herlev Hospitals renseanlæg (jf. Afsnit 4.6), som danner baggrund for vurderingen af vandkvaliteten af det rensede spildevand fra Nyt OUH, og som et nyt renseanlæg skal kunne leve op til. Måleprogrammet og resultaterne er rapporteret i /21/, mens resultaterne af Herlev Hospitals egenkontrol er rapporteret i /22//23//24/. En oversigt over den forventede kvalitet af det rensede spildevand er vist i Bilag 0.

5.1 Spildevandsmængder og flow

Renseanlægget vil være i drift 24 timer i døgnet og alle ugens dage hele året. Der vil være spidsbelastning i dagtimerne på hverdage og lavest belastning i nattetimer og på søn- og helligdage. Renseanlægget vil modtage processpildevand (køkken, sengevask, rengøringsprocesser m.m.) og sanitært spildevand fra hele hospitalsmatriklen, inkl. Psykiatrisk Afdeling Odense, Steno Diabetes Center Odense, Ronald McDonald Hus og et eventuelt patientforeningshus.

I Figur 5.1 er vist flowvariationer i afledningen fra Herlev Hospital over en uge, som repræsenterer et typisk flowmønster fra hospitaler svarende til tilløbet til renseanlægget.



Figur 5.1 Flowmåling foretaget i uge 16, 2012 på Herlev Hospital før der kom renseanlæg. Dette svarer til flowvariationerne i tilløbet til renseanlægget /19/.

Den årlige spildevandsmængde fra renseanlægget forventes at være omkring 185.000 m³ og maksimalt 200.000 m³/år.

På baggrund af erfaringer fra flowvariationerne på Herlev Hospital vurderes det, at hverdagsflowet vil ligge på mellem 530 og 800 m³/d (middel på ca. 625 m³/d eller ca. 7 l/s), mens weekendflowet vil ligge på mellem 250 og 400 m³/d (middel på ca. 360 m³/d eller ca. 4 l/s), jf. Tabel 5.1. Flowet er erfaringsmæssigt lavest umiddelbart efter weekenden, det vil sige i de tidlige morgentimer mellem kl. 4 og 5.

Tabel 5.1 Forventet tilledning til renseanlægget på Nyt OUH.

	Enhed	Herlev Hospital	Nyt OUH
Årlig vandmængde	m ³ /år	150.000	200.000
Middel flow	m ³ /dag	420	550
Middel flow hverdage	m ³ /dag	400-600	530-800
Middel flow weekender	m ³ /dag	200-300	250-400
Maks. tilløb	m ³ /time	50	70 (≈ 20 l/s)

I udligningstanken samt de 1-2 biologiske tanke på renseanlæg vil der ske udligning i spildevandsflowet, inden vandet ledes videre til de efterfølgende renseprocesser. Flowet, der ledes til regnvandsbassinerne, vil dermed være meget jævnt over døgnet – kun med en mindre forskel i hverdags- og weekend flow.

Det forventes, at den årlige spildevandsbelastning fra hospitalsmatriklen til renseanlægget vil svare til 2.500-3.000 PE. Dette er baseret på et forventet vandforbrug fra hospitalsmatriklen på 200.000 m³/år (inkl. vandmængde fra Centralkøkkenet på ca. 20.000 m³/år) samt indholdet af

organisk stof (BOD), Total-P og Total-N i hospitalsspildevand (data fra Rigshospitalet, Herlev Hospital og Hvidovre Hospital)⁵.

5.2 Almindelige spildevandsparametre og fysisk-kemiske parametre

5.2.1 Kvalitet af urensset hospitalsspildevand fra Nyt OUH

I Tabel 5.2 er vist målinger for almindelige spildevandsparametre (suspenderet stof, BOD, COD, totalt kvælstof og total fosfor) i spildevand fra en række danske hospitaler. Til sammenligning er angivet typisk indhold i moderat og tykt husspildevand /8/ samt Miljøstyrelsens grænseværdi for suspenderet stof /11/.

Typisk kan spildevandssammensætningen variere fra brønd til brønd på et hospital afhængigt af aktiviteterne opstrøms brønden, hvilket ses for spildevandsmålinger, hvor der er udtaget prøve fra mange brønde på et hospital. Den samlede spildevandsstrøm fra hospitalerne er dog relativt ensartet. Det forventes derfor, at tilledningen af det urensede spildevand til renseanlægget vil have en tilsvarende kvalitet som vist i Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Koncentrationer (mg/l) af almindelige spildevandsparametre (suspenderet stof (SS), BOD, COD, Totalt-N og Total-P) i spildevand fra hospitaler på Sjælland (Bispebjerg Hospital /29/, Herlev Hospital /26//24/, Hvidovre Hospital /27/, Slagelse Sygehus og Psykiatrisygehus Slagelse /30/). Værdierne er sammenlignet med nøgletal for moderat og tykt husspildevand /8/.

mg/l	Konc. i hospitalsspildevand ¹⁾	Moderat husspildevand /8/	Tykt husspildevand /8/
SS	220-710	300	450
BOD	270-880	250	350
COD	400-1.500	530	740
Total-N	39-130	50	80
Total-P	10-16	13	23

- 1) I en enkelt brønd på Bispebjerg Hospital blev målt meget lave koncentrationer af de alm. spildevandsparametre (svarende til tyndere end tyndt husspildevand) formentlig pga. vand fra en grundvandssænkning. Denne prøve er ikke medtaget i ovenstående.

Temperatur og pH

pH kan variere i brønde ud for køkkener og vaskerier på hospitaler, men i den samlede spildevandsstrøm viser erfaringer fra Herlev Hospital, at pH er ret konstant omkring 8, jf./21/. Det samme er gældende for temperaturen af spildevandet, som på Herlev Hospital ligger på mellem 15 og 22 °C /21/.

5.2.2 Kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH – almindelige spildevandsparametre og fysisk-kemiske parametre

Almindelige spildevandsparametre

Den fremtidige kvalitet af det rensede spildevand fra Nyt OUH forventes at svare til kvaliteten af vandet udledt fra Herlev Hospital. Koncentrationer af BOD, COD, Total-N og Total-P målt ved

⁵ På baggrund af data fra Herlev Hospital, Hvidovre Hospital og Rigshospitalet:

BOD: 180-440 mg/l med en middelværdi på ca. 300 mg/l: $300 \text{ mg/l} \times 200.000 \text{ m}^3/\text{år} = 60.000 \text{ kg}/\text{år} = 2.740 \text{ PE}$

Total-N: 47-85 mg/l med en middelværdi på 60 mg/l: $60 \text{ mg/l} \times 200.000 \text{ m}^3/\text{år} = 12.000 \text{ kg}/\text{år} = 2.727 \text{ PE}$

Total-P: 7,6-13 mg/l med en middelværdi på 11,7 mg/l: $11,7 \text{ mg/l} \times 200.000 \text{ m}^3/\text{år} = 2.340 \text{ kg}/\text{år} = 2.340 \text{ PE}$

egenkontrol i 2018-19 fremgår af Tabel 5.3. Suspenderet stof bliver ikke målt i udløbet, da spildevandet har passeret et 200 nm filter, og derfor vil resterende stoffer findes på opløst form.

Ammonium (N-NH₄) er målt til under detektionsgrænsen (<0,005 mg/l) /21/.

Tabel 5.3 Forventet kvalitet af rensed spildevand fra Nyt OUH (baseret på resultater fra Herlev Hospital i 2018-19) /22/-/24/.

	Enhed	Min.	Max.	Middel	Relativ analyse-usikkerhed (%)
pH	-	7,7	8,1	7,9	
COD	mg/l	11	16	14	15
BOD	mg/l	<0,5	1,6	0,9	15
Total-N	mg/l	1,2	8	3,9	15
Total-P	mg/l	0,46	1,5	0,86 ¹⁾	15
NH _x -N ved 20°C pH 7,5-8,0	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	-
Fri NH ₃ -N	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	-
Ilt	%	-	-	100	-
Ilt	mg/l	-	-	9,5 (v.18°C)	-
Temperatur	° C	19	21	19,5	-
pH	-	7,7	8,1	7,9	-

1) Ved optimeret fosforfældning.

Temperatur, ilt og pH

Temperaturen af det rensede spildevand vil ligge meget konstant mellem 19 og 21°C i udledningen fra renseanlægget. Online målinger af temperaturen i procestankene (ikke udløbet) på Herlev Hospital har dog vist, at temperaturen i procestankene er delvist afhængige af den omgivende lufttemperatur. Der er således målt maksimale temperaturer op til 24-25°C, når den omgivende lufttemperatur når op omkring de 30°C i længerevarende perioder i juli-august. I vinterhalvåret ligger temperaturen på 18-20°C.

Den gennemsnitlige jordtemperatur i Danmark svinger mellem ca. 3°C i januar-februar og 15°C i juli-september i 1 meters dybde. Ved en samlet rørstrækning på 1.300 meter vil temperaturen i de varmeste sommermåneder falde fra 21°C i udledningen fra renseanlægget til ca. 17,5°C ved indløbet til regnvandsbassinet, mens den i vinterperioder vil falde fra 21°C til ca. 11°C⁶. Ved en udløbstemperatur på maksimalt 25 °C i udledningen fra renseanlægget vil temperaturen i de varmeste sommermåneder falde til ca. 19,1°C ved indløbet til regnvandsbassinet⁸.

Ved udløbet fra renseanlægget vil det rensede spildevand være fuldstændig iltmættet svarende til 9,5 mg/l ved 18 °C og efter trykledningen vil det rensede spildevand blive ledt hen over en iltningstrappe. Dette, vil have en positiv indvirkning på iltniveauet i regnvandsbassinerne og i Killerup Rende.

pH i udløbsvandet vil ligge på mellem 7,7 og 8,1 og vil ikke adskille sig fra pH i Killerup Rende.

⁶ Regnet jf. DS 1102 2. udgave

5.3 Metaller

Spildevandets indhold af metaller stammer hovedsageligt fra afsmitning fra materialer anvendt i bygninger og installationer. Derudover er der et naturligt indhold i sanitært spildevand, ligesom vaske- og rengøringsprocesser kan bidrage til metalbelastningen.

5.3.1 Kvalitet af urensset hospitalsspildevand fra Nyt OUH

I Tabel 5.4 er vist koncentrationsintervaller for relevante metaller i hospitalsspildevand - målt i udløb fra hospitaler på Sjælland /26//27//29//30/. Det er ud fra erfaringer med spildevandsmålinger fra hospitaler og i tilløb til konventionelle renseanlæg de metaller, som kan findes i spildevand i kritiske koncentrationer over de generelle kvalitetskrav.

Dette understøttes af, at der på baggrund af omfattende NOVANA-data i udledningen fra konventionelle offentlige renseanlæg er registreret følgende metaller i koncentrationer (målt som totalt metal), som uden en fortynding kan give anledning til overskridelse af det generelle miljøkvalitetskrav: bly, kobber, kobolt, kviksølv, nikkel og zink⁷ /36/. Dog gælder miljøkvalitetskravet for opløst metal, hvorfor der ikke nødvendigvis er overskridelser for den opløste fraktion af metallerne. Det er de samme metaller, som er identificeret i spildevandsmålinger for hospitalsspildevand /26//27//29//30/.

For kobolt findes der meget få data i hospitalsspildevand. I det samlede udløb fra Herlev Hospital er der målt en total koncentration af kobber i en blandprøve over tre døgn på <0,5 µg/l. Til det generelle miljøkvalitetskrav skal lægges den naturlige baggrundskoncentration. Hvis 50% percentilen af målte koncentrationer i grundvand for Fyn (Vandopland 1.12, 1.13, 1.14, 1.15) anvendes som naturlig baggrundskoncentration, svarer det til et miljøkvalitetskrav på 0,89 µg/l (GKK + 0,61 µg/l).

Koncentrationerne i spildevandsmålingerne er målt som totalt metal og kan dermed ikke direkte sammenlignes med miljøkvalitetskravene i Bekendtgørelse nr. 1625 /20/, som gælder for den opløste fraktion. En væsentlig del af metallerne i ubehandlet spildevand vil forekomme som partikulært bundet, hvorved den opløste fraktion vil være lavere end den totale koncentration. Dertil kommer, at et renseanlæg med poleringstrin som filtrering, ozon og GAC vil tilbageholde en større andel af metallerne end de konventionelle renseanlæg, jf. Afsnit 5.3.2.

Der er ikke data fra spildevandsmålinger på hospitaler, som antyder, at indholdet af metaller er højere i hospitalsspildevand end i indløbet til renseanlæg, jf. Tabel 5.4.

⁷ Når der er taget højde for den naturlige baggrundskoncentration i ferske vandområder for de relevante metaller.

Tabel 5.4 Koncentrationer af metaller (min-max total koncentration) i spildevand fra hospitaler på Sjælland (Bispebjerg Hospital /29/, Herlev Hospital /26//24/, Hvidovre Hospital /27/, Slagelse Sygehus og Psykiatrisygehus Slagelse /30/) sammenlignet med koncentrationer (totalt metal) i indløb og udløb fra konventionelle renseanlæg /37/.

Metal	Hospitalsspildevand totalt metal [$\mu\text{g/l}$]	Indløb til renseanlæg totalt metal [$\mu\text{g/l}$] ¹⁾	Udløb fra renseanlæg totalt metal [$\mu\text{g/l}$] ¹⁾	GKK opløst metal [$\mu\text{g/l}$]
Bly	2,0-7,4	11-20	1,1-3,6	1,2 ⁵⁾
Cadmium	<0,05-0,17	0,32-0,72	0-0,19	0,25
Chrom	0,8-4,6	7,5-17	1,4-4,9	Cr VI: 3,4 Cr III: 4,9
Kobber	18-99	61-130	4,6-20	1 ²⁾⁴⁾ 4,9 ³⁾
Kobolt	<0,5 ⁷⁾	1,8-3,2	1,8-3	0,28 (+0,61) ⁸⁾
Kviksølv	<0,05-0,25 (1,4 ⁶⁾)	0,24-0,75	0-0,26	0,07
Nikkel	1,8-9,4	9,3-19	5,4-11	4 ⁵⁾
Zink	62-220	230-370	62-130	7,8 ²⁾⁴⁾

¹⁾ 90% konfidensinterval for metaller i indløb til danske offentlige renseanlæg på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2012

²⁾ Kvalitetskravet er denne koncentration af stoffet tilføjet den naturlige baggrundskoncentration, jf. dog note 3. Gælder ikke i kombination med note 4.

³⁾ Kvalitetskravet angiver den øvre koncentration af stoffet uanset den naturlige baggrundskoncentration.

⁴⁾ Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration af stoffet. Gælder ikke i kombination med note 5.

⁵⁾ Dette kvalitetskrav gælder for den biotilgængelige koncentration af stoffet.

⁶⁾ I en enkelt prøve fra Slagelse Sygehus er målt 1,4 $\mu\text{g/l}$

⁷⁾ En enkelt prøve fra Herlev Hospital

⁸⁾ Den naturlige baggrundskoncentration er fastsat som 50% percentilen af målte koncentrationer i grundvand for Fyn (Vandopland 1.12, 1.13, 1.14, 1.15) svarende til 0,61 $\mu\text{g/l}$

Ved bygningen af Nyt OUH anvendes materialer, der er mindre miljøbelastende end dem, der er anvendt ved bygning af de ældre hospitaler, som er indgået i måleprogrammerne i Tabel 5.4, og dermed kan der forventes en lavere metalbelastning end indikeret af data i Tabel 5.4.

For kviksølv er det ikke usædvanligt, at der optræder forhøjede koncentrationer (1,4 $\mu\text{g/l}$) i gamle spildevandssystemer, hvor aflejret kviksølv ved pludselige ændringer i flow kan blive ført med strømmen til renseanlægget. For Nyt OUH er denne problematik ikke aktuel, da kviksølv ikke længere anvendes (i bl.a. måleudstyr).

5.3.2 Kvalitet af rensed spildevand - metaller

For de spildevandsrelevante metaller er de målte koncentrationer (min-max) i egenkontrolprøver fra Herlev Hospitals renseanlæg i 2018-2019 vist i Tabel 5.6.

For en række metaller gælder, at miljøkvalitetskravene for ferskvand kan relateres til den biotilgængelige fraktion i tilfælde af, at den opløste fraktion overskrider det generelle miljøkvalitetskrav /25/. Dette gælder blandt andet for kobber, nikkel og zink.

Den biotilgængelige fraktion (og dermed PNEC⁸⁾) for disse metaller er afhængig af hårdheden i vandområdet og koncentrationen af opløst organisk stof (calcium og DOC) og kan beregnes på baggrund af modellerne M-BAT og Bio-Met. Generelt har modellering vist, at ca. 80% af alle danske vandområder vil have højere PNEC end det generelle miljøkvalitetskrav.

⁸⁾ Predicted No Effect Concentration: Den koncentration af stoffet, hvor under der ikke forventes negative effekter.

I Tabel 5.5 er vist resultater af modelberegninger af specifik PNEC for Killerup Rende for kobber, nikkel og zink. For nikkel og bly er den biotilgængelige fraktion mindre relevant, da det rensede spildevand fra Nyt OUH forventes at overholde det generelle kvalitetskrav.

Tabel 5.5 Resultater af modelberegning af specifik PNEC for Killerup Rende på baggrund af målinger af calcium og DOC i vandområdet. Modelberegningen er gennemført af DHI.

Opløst metal	GKK Indlandsvand ¹⁾	Specifik PNEC for Killerup rende	
		M-BAT	Bio-Met
Kobber	1,0	9,3	6,6
Nikkel	4,0	8,2	5,3
Zink	7,8	25,4	24,8

1) Det generelle kvalitetskrav gælder for den biotilgængelige koncentration af stoffet.

I Tabel 5.6 er vist forventede koncentrationer af opløst metal for spildevandsrelevante metaller i rensset spildevand fra Nyt OUH. Koncentrationerne er sammenholdt med miljøkvalitetskrav i Bekendtgørelse nr. 1625 om miljømål /25/ samt de beregnede PNEC for Killerup Rende for kobber, nikkel og zink.

Tabel 5.6 Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH (baseret på resultater fra Herlev Hospital i 2018-19) /22/-/24/. Desuden er vist det generelle miljøkvalitetskrav (GKK) og maksimum-koncentrationen (MK) fra Bekendtgørelse nr. 1625 19/12/2017 /25/ samt den beregnede specifikke MKK (PNEC) for Killerup Rende for kobber, nikkel og zink.

Opløst metal [µg/l]	Renset spildevand	GKK indlandsvand	MK indlandsvand	Specifik PNEC for Killerup Rende
Bly	<0,5	1,2 ³⁾	14	
Cadmium	<0,05	0,25 ⁴⁾	1,5 ⁴⁾	
Chrom (VI+III)	<0,5-4,4 ⁶⁾	3,4 (VI) 4,9 (III)	17(VI) 124 (III)	
Kobber	<1-1,8	1 ^{1,3)} 4,9 ²⁾	2 ¹⁾ 4,9 ²⁾	6,6 ⁵⁾
Kobolt	<0,5 ⁷⁾	0,28 (+0,61) ⁸⁾	18	
Kviksølv	<0,05 (0,065) ⁹⁾	Anvendes ikke	0,07	
Nikkel	<1-2,0	4 ³⁾	34	5,3 ⁵⁾
Zink	9,3-19	7,8 ¹⁾³⁾	8,4 ¹⁾	25 ⁵⁾

- 1) Kvalitetskravet er denne koncentration af stoffet tilføjet den naturlige baggrundskoncentration, jf. dog note 2 (for kobber). Gælder ikke i kombination med note 3
- 2) Kvalitetskravet angiver den øvre koncentration af stoffet uanset den naturlige baggrundskoncentration
- 3) Kvalitetskravet gælder for den biotilgængelige koncentration af stoffet. Gælder ikke i kombination med note 1 (for zink og kobber)
- 4) For cadmium og cadmiumforbindelser afhænger kvalitetskravene af vandets hårdhedsgrad, klasse 5: ≥ 200 mg CaCO₃/l svarende til calciumkoncentration i Killerup Rende
- 5) Modelberegning af specifikt MKK for Killerup Rende udført ved hjælp af M-BAT og Bio-Met, se Tabel 5.5
- 6) Chrom vil helt overvejende findes som Chrom III i hospitalsspildevand
- 7) Total koncentration af kobolt i én prøve fra Herlev Hospitals urensede spildevand
- 8) Den naturlige baggrundskoncentration er fastsat som 50% percentilen af målte koncentrationer i grundvand for Fyn (Vandopland 1.12, 1.13, 1.14, 1.15) svarende til 0,61 µg/l
- 9) En enkelt prøve har vist koncentration af opløst kviksølv i udløbet fra Herlev Hospitals renseanlæg på 0,065 µg/l. I ældre kloaksystemer kan der forekomme forhøjede koncentrationer, hvor gammelt aflejret kviksølv i brønde kan blive ført med spildevandet. Dette vil ikke være relevant for Nyt OUH, hvor kloaksystemet er nyt og der ikke anvendes kviksølv.

Det fremgår af Tabel 5.6, at det rensede spildevand ikke overskrider de generelle miljøkvalitetskrav undtagen for kobber og zink, hvor det derimod overholder den specifikke PNEC for Killerup Rende.

5.4 Kemikalier og miljøfremmede stoffer

Hospitaler anvender en lang række forskellige laboratorie-, desinfektions-, og rengøringskemikalier samt tekniske produkter, som afledes med spildevandet. I forbindelse med ansøgning om tilladelse til udledning af rensed spildevand fra Nyt OUH er forbruget af kemikalier, som kan forventes at blive afledt med spildevandet fra det eksisterende OUH, blevet kortlagt. En beskrivelse af kortlægningen, herunder metode og resultater, er beskrevet i Bilag A.

5.4.1 Kvalitet af urensed hospitalsspildevand fra Nyt OUH

Ud fra forbrugsdata på det eksisterende OUH i 2018 er der foretaget en udvælgelse af 161 spildevandsrelevante kemikalier⁹. For hvert af disse produkter er sammensætningsoplysninger indsamlet ud fra oplysningerne i sikkerhedsdatabladene for produkterne. De enkelte indholdsstoffer i kemikalierne er vurderet i forhold til Tilslutningsvejledningens ABC-principper /11/. For de identificerede A- og B-stoffer er det desuden vurderet, om afledningen overskrider miljøkvalitetskravene i vandområdet via en beregning af risikofaktoren (PEC/PNEC) uden hensyntagen til fjernelse i et renseanlæg. Kemikaliekortlægningen og -vurderingen fremgår af Bilag A.

Af kemikaliekortlægningen fremgår (se Tabel 5.7), at der i 2018 blev afledt mellem 63 og 229 kg A-stoffer fra det eksisterende OUH og mellem 1.059 og 1.984 kg B-stoffer. Når mængden af A- og B-stoffer oplyses som et interval, er det fordi koncentrationen af indholdsstoffer i produkterne er opgivet som et interval i sikkerhedsdatabladene. I alt 19 produkter indeholder 13 A-stoffer, mens 28 produkter indeholder 12 B-stoffer.

Tabel 5.7 Samlede mængder af A- og B-stoffer afledt til spildevand fra OUH i 2018 samt antallet af produkter, som indeholder A- og B-stoffer.

ABC	Samlede mængder (kg/år)	Antal produkter
A	63-229	19
B	1.059-1.984	28

Der er foretaget en simpel risikovurdering af A- og B-stoffer ved beregning af risikokvotienten RCR (Risk Characterisation Ratio)¹⁰ for 13 A-stoffer og 12 B-stoffer identificeret i produkter, som det eksisterende OUH anvendte i 2018. Fem A-stoffer og fire B-stoffer er beregnet med en risikokvotient ≥ 1 ved udledning af urensed spildevand fra Nyt OUH (se Tabel 5.8).

Risikovurderingen er foretaget under en konservativ antagelse om, at al aktivstof i de indkøbte spildevandsrelevante kemikalier ender i Killerup Rende og dermed ikke bortskaffes på anden vis eller omdannes ved brug, i kloak eller i et renseanlæg. Der er regnet uden fortynding.

⁹ De fleste laboratoriekemikalier opsamles og behandles som affald i henhold til deres affaldskode. Det vides på baggrund af erfaringer fra andre hospitaler, at laboratoriekemikalier mængdemæssigt udgøres af en meget lille mængde.

¹⁰ RCR er forholdet mellem PEC og PNEC. PEC er den koncentration, der kan forventes i vandmiljøet ved udledning af urensed spildevand. Der er her regnet med et årligt spildevandsflow på 200.000 m³ og ingen fortynding i recipienten. PNEC er den højeste koncentration i miljøet, hvor der ikke forventes effekter på de vandlevende organismer. Hvis RCR er over 1, kan det ikke udelukkes, at stoffet kan forårsage effekter i vandmiljøet.

På Nyt OUH vil der blive leveret centralt blødgjort ledningsvand fra VandCenter Syd med en hårdhed på <10 °dH. Reduktionen af kalkindholdet i ledningsvandet vil medføre et lavere forbrug af rengøringsmidler, kalkfjerner, vaskepulver, opvaskemiddel, kalkfjerner og sæbe til personlig hygiejne, men det er ikke muligt at opgøre hvor meget, da erfaringerne omkring central blødgøring af vand er sparsomme på nuværende tidspunkt.

Tabel 5.8 Risikoscreening af identificerede A- og B-stoffer med en risikokvotient (RCR) >1. Beregning af risikokvotienten (RCR) er sket ud fra en konservativ antagelse om, at hele den forbrugte mængde af indholdsstofferne i de spildevandsrelevante kemikalier udledes til vandområdet.

CAS-NR	Stofnavn	Indgår i produkter	PNEC (mg/L)	Afledt mængde (kg)	RCR
18472-51-0	Chlorhexidine digluconate	Klorhexidinsprit (huddesinfektion) Medi-skrub (flydende klorhexidinsæbe)	0,002 ¹	0,2-0,9	0,50-2,3
2372-82-9	N-(3-aminopropyl)-Ndodecylpropane-1,3-diamine	Bio Suspend med forstøver (lugtfjerner til overflader og afløb)	0,001 ¹	<2,2	<11
7681-52-9	NaOCl	BD FACS Clean Solution, CA Clean I og DECONEX 11 (rengøring af analyseinstrumenter og laboratorieudstyr) SUMA BLEND L7 (maskinopvask) Suma Café Clean C2.4 (afkalker til kaffemaskiner)	0,146 ²	15,4-72	0,5-2,5
7779-90-0	Tri-zink-bis(orthophosphat)	Neophos Protector, mod glaspest (maskinopvask)	0,007 ³	12-23	8-17
9016-45-9	Nonylphenoethoxylat	Neodisher MediKlar (afspændingsmiddel til instrumentopvaskemaskiner) WAK-AQA-250-50L (termostatiske bade)	0,0003 ⁴	9	150
5995-42-6	[[[(2-hydroxyethyl)imino]bis-(mehydroxyethyl)imino]bis(methylene)]-isphosphonicacid	Bodedex forte (rengøringsmiddel til instrumenter, endoskoper)	0,032	68-69	7,3-7,4
64-02-8	Tetranatrium EDTA	Tolerant VC6L (rengøringsmiddel til CIP)	2,2 ¹	877-1.733	2,2-4,3
68131-39-5	Alkylalkoholethoxylat	Omo Professional Sensitive (vaskepulver)	0,001	2,8	14
68424-85-1	Alkyldimethylbenzyl-ammoniumchlorid	Sæbe Suma Bac D10 (rengørings- og desinfektionsmiddel i køkkener)	0,000415	22-65	265-783

1) PNEC fra REACH reg. dossier

2) PNEC(F)/PNEC(M) er taget fra PNEC(chloroform). Det er i beregningen af PEC antaget, at 25% NaOCL omdannes til chloroform

3) EQS(F) zink: 3,7 µg/L EQS(M) zink: 7,8 µg/L, justeret i forhold til molvægt. PNEC er i REACH reg. dossiereret angivet til højere værdier, så disse er ikke brugt

4) Bekendtgørelse 1625, 2017

Ud over de organiske miljøfremmede stoffer, som er blevet kortlagt i kemikaliekortlægningen, er der en række spildevandsrelevante stoffer, som er fundet i koncentrationer i tilløb til renseanlæg /37/ og i urensset hospitalsspildevand over miljøkvalitetskravene. Dette gælder DEHP og

bisphenol A, som typisk skyldes afsmitning fra materialer fx vask af vinylgulve og tøjvask, nonylphenol, EDTA og LAS, som findes i vaske- og rengøringsmidler samt benzotriazol, som har bred industriel anvendelse i bl.a. opvaskemidler og som korrosionshæmmer i kølesystemer. EDTA og LAS er også observeret i rengørings- og afspændingsmidler på OUH, jf. Tabel 5.8.

I Tabel 5.9 er vist koncentrationsintervaller for relevante miljøfremmede organiske stoffer i hospitalsspildevand - målt i spildevand fra hospitaler på Sjælland /26//27//29//30/. Det er ud fra erfaringer med spildevandsmålinger fra hospitaler og i tilløb til konventionelle renseanlæg de stoffer, som kan findes i spildevand i kritiske koncentrationer over de generelle kvalitetskrav.

Tabel 5.9 Koncentrationsintervaller for miljøfremmede stoffer i spildevand fra hospitaler på Sjælland (Bispebjerg Hospital /29/, Herlev Hospital /26//24/, Hvidovre Hospital /27/, Slagelse Sygehus og Psykiatrisygehus Slagelse /30/) sammenlignet med koncentrationer i indløb og udløb fra konventionelle renseanlæg /37/ og det generelle miljøkvalitetskrav (GKK) /25/.

Parameter	Hospitalsspildevand [µg/l]	Indløb til renseanlæg [µg/l] ¹⁾	Udløb fra renseanlæg [µg/l] ¹⁾	GKK /25/ [µg/l]
DEHP	2,1-33	14-31	0,97-7,5	1,3
Bisphenol A	0,51-3,1	1,1-2,2	0,19-0,79	0,1
Nonylphenoler	0,63-1,1	1,7-3,7	0,16-0,55	0,3
EDTA	110-3.900	i.a.	i.a.	2.200 ²⁾
LAS	220-1.600	1.600-2.900	24-180	54
1H-Benzotriazol	42-300	i.a.	i.a.	19,4 ³⁾

¹⁾ 90% konfidensinterval for miljøfremmede stoffer i indløb til danske offentlige renseanlæg på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2012

²⁾ PNEC fra REACH registreringsdossier for EDTA

³⁾ PNEC fra REACH registreringsdossier for 1H-benzotriazol

Af de miljøfremmede organiske stoffer i Tabel 5.9 ligger koncentrationerne i hospitalsspildevand på samme niveau som i indløb til offentlige renseanlæg. Stofkoncentrationerne reduceres væsentligt i de konventionelle renseanlæg med biologisk fjernelse men for, at de kommer under de generelle miljøkvalitetskrav, skal der yderligere poleringstrin til som fx aktivt kul og/eller ozon.

5.4.2 Kvalitet af rensed spildevand – kemikalier og miljøfremmede stoffer

Af de anvendte kemikalier på OUH blev fem A-stoffer og fire B-stoffer konstateret som havende en mulig miljørisiko i vandområdet under konservativ antagelse om, at al aktivstof i de indkøbte spildevandsrelevante kemikalier ender i Killerup Rende og dermed ikke bortskaffes på anden vis eller omdannes ved brug, i kloak eller i et renseanlæg. Der er herefter foretaget en vurdering af fjernelsen i et renseanlæg. Fjernelsen af de miljøkritiske A- og B-stoffer i et renseanlæg på Nyt OUH er vurderet ud fra stoffernes fysiske og kemiske egenskaber samt ved modellering i SimpleTreat (se Tabel 5.10).

Tabel 5.10 Fjernelse af identificerede A- og B-stoffer med en risikokvotient >1 i renseanlæg på Nyt OUH. Graden af stoffernes fjernelse baseres primært på stoffernes adsorptionskoefficienter og beregninger i SimpelTreat. Beregning af risikokvotienten (RCR) er sket ud fra en konservativ antagelse om, at hele den forbrugte mængde af indholdsstofferne i kemikalierne udledes til vandområdet.

CAS-NR	Stofnavn	Fjernelse i renseanlæg	RCR efter rensning
18472-51-0	Chlorhexidine digluconate	Stoffet anvendes i hånd- og hudsprit samt klorhexidinsæbe. Det er konservativt antaget, at al aktivstof skylles af til spildevand. Den primære fjernelse foregår ved, at stoffet for ca. 80% vedkommende bindes til slam og/eller GAC. Ved ozonering er det sandsynligt, at der sker en yderligere nedbrydning.	<1
2372-82-9	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropane-1,3-diamine	Stoffet anvendes i lugtfjerner til overflader og afløb. Mængden af aktivstof i produktet er ikke angivet mere præcist og er derfor behæftet med usikkerhed. Der er regnet med det maksimale indhold i produktet. Op til 74% af stoffet vil bindes til slam og/eller GAC. Ved ozonering er det sandsynligt, at der sker en yderligere nedbrydning.	<1
7681-52-9	NaOCl	Hypochlorit omdannes til chloroform, som har en relativt høj Henrys konstant på ca. 370 Pa·m ³ /mol og derfor vil afdampe i stort omfang i renseanlægget. AOX vil adsorbere til slam i større omfang. Chloroform er ikke målt over detektionsgrænsen i udløbet fra Herlev Hospitals renseanlæg trods, at NaOCl anvendes til returskyllning af membranfiltre.	<1
7779-90-0	Tri-zink-bis(orthophosphat)	RCR er vurderet ud fra zink i stoffet. Zink fældes i renseanlægget. Op til 93% kan forventes fjernet. Zink er målt under den specifikke PNEC for Killerup Rende i udløbet fra Herlev Renseanlæg, jf. Tabel 5.6.	<1
9016-45-9	Nonylphenol-ethoxylat	Nonylphenol + mono- og di-ethoxylater er ikke målt over detektionsgrænsen (<0,05 µg/l) eller PNEC i udløb fra Herlev Hospitals renseanlæg, jf. Tabel 5.11. Stoffet er desuden på EU's liste over godkendelsespligtige stoffer med "sunset date" 4. januar 2021 ¹¹ . Udfasning af nonylphenolethoxylat i produkter, der bruges på Nyt OUH, vil være en naturlig konsekvens af produktreguleringen.	<1
5995-42-6	[[[2-hydroxyethyl) imino]bis-(mehydroxyethyl) imino]bis (methylene)]-isphosphonicacid	Stoffet adsorberes kun i mindre grad til slammet. Op til 36% af stoffet kan forventes fjernet med slammet i renseanlægget. Denne type af stoffer har vist sig at blive oxideret selv ved relativt lave doser af ozon, samt at effektiviteten vokser proportionalt med ozon-dosis.	<1
64-02-8	Tetranatrium EDTA	EDTA er et almindeligt anvendt stof i hospitalsprodukter. Koncentrationen af EDTA blev i Herlev Hospitals renseanlæg målt til under 0,1 mg/L, hvilket er under PNEC-værdien, jf. Tabel 5.11.	<1

¹¹ Dato, hvorfra markedsføring og anvendelse af stoffet er forbudt - medmindre anvendelsen er undtaget, eller der er givet en tilladelse, eller der er indgivet en godkendelsesansøgning inden ansøgningsdatoen.

CAS-NR	Stofnavn	Fjernelse i renseanlæg	RCR efter rensning
68131-39-5	Alkylalkohol-ethoxylat	Stoffet vurderes at blive fjernet i renseprocesserne i mindst samme omfang som nonylphenoethoxylat, som blev målt under detektionsgrænsen (0,05 µg/l) og PNEC i udløb fra Herlev renseanlæg, jf. Tabel 5.11. Laboratorieundersøgelser har vist tæt på 100% nedbrydning efter ca. 4 timers ozonering.	<1
68424-85-1	Alkyldimethylbenzyl ammoniumchlorid	Mængden af aktivstof i produktet er ikke angivet mere præcist og er derfor behæftet med usikkerhed. Stoffet er kationisk og vil binde sig hårdt til slammet og vil derfor blive fjernet i stort omfang allerede inden ozonering. En samlet fjernelse med slam beregnes til at være på 90%. Yderligere omdannelse/nedbrydning vil ske ved ozonering.	<1

Generelt er fjernelsesgraderne præsenteret i tabellen ovenfor set ud fra konservative antagelser og det vurderes derfor, at stofferne fjernes i renseanlægget. Dette understøttes af, at der på Herlev Hospitals renseanlæg ikke kunne måles økotoksicitetsvirkninger på fisk og krebsdyr såvel som østrogen effekt i det endelige behandlede spildevand.

Som en del af Bedste Tilgængelige Teknik vil Nyt OUH ligeledes arbejde på at finde alternativer til de pågældende kemikalier med miljøkritiske A- og B-stoffer.

I Tabel 5.11 er vist forventede koncentrationer af spildevandsrelevante miljøfremmede stoffer i rensset spildevand fra Nyt OUH. Koncentrationerne er sammenholdt med miljøkvalitetskrav i Bekendtgørelse nr. 1625 om miljømål /25/. Analyser af miljøfremmede stoffer i udløbet fra Herlev Hospitals renseanlæg viser, at stofferne reduceres til koncentrationer under miljøkvalitetskravene (se Tabel 5.11).

For LAS er detektionsgrænsen højere (100 µg/l) end det generelle miljøkvalitetskrav (54 µg/l), men da LAS er let nedbrydeligt og binder sig til slam, vil det blive fjernet i den biologiske proces samt i poleringstrinene på renseanlægget på Nyt OUH.

Tabel 5.11 Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH (baseret på resultater fra Herlev Hospital /21/). Desuden er vist det generelle miljøkvalitetskrav (GKK) og maksimumkoncentrationen (MK) fra Bekendtgørelse nr. 1625 19/12/2017 /25/.

Parameter [µg/l]	Renset spildevand	GKK indlandsvand	MK indlandsvand
DEHP	<0,1	1,3	Anvendes ikke
Bisphenol A	0,01	0,1	10
Nonylphenoler	<0,05	0,3	2,0
EDTA	<100	2.200 ¹⁾	-
LAS	<100 ³⁾	54	160
1H-benzotriazol	0,015-0,17	19,4 ²⁾	-

¹⁾ PNEC fra REACH registreringsdossier for EDTA

²⁾ PNEC fra REACH registreringsdossier for 1H-benzotriazol

³⁾ Detektionsgrænsen er højere end det generelle miljøkvalitetskrav, men LAS er let nedbrydeligt og adsorberes til slam

Ovenstående miljøfremmede stoffer medtages ud fra et forsigtighedsprincip i et indledende kontrolprogram på Nyt OUH's renseanlæg. Forventningen er dog, at stofferne ikke vil blive målt over detektionsgrænserne.

5.5 Lægemiddelstoffer

Afledningen af lægemiddelstoffer fra Nyt OUH vil helt overvejende stamme fra udskillelse via patienternes urin og fæces i forbindelse med patienternes indlæggelse på sengeafdelinger. I 2019 var der på Herlev Hospital 957 somatiske sengepladser, mens der på Nyt OUH efter planen kommer 728 somatiske sengepladser og 109 psykiatriske sengepladser. I forhold til OUH i dag vil en større andel af behandlingerne foregå ambulant på Nyt OUH, hvor patienterne sendes hjem umiddelbart efter behandling. Der er enkelte specialer på Nyt OUH, som ikke er repræsenteret på Herlev Hospital. Den væsentligste forskel på de to hospitaler er, at Nyt OUH omfatter psykiatriske afdelinger, hvilket Herlev Hospital ikke gør.

Som led i at beskrive kvaliteten af det afledte spildevand fra Nyt OUH hospitalsmatrikel er der foretaget en kortlægning og vurdering af forventet lægemiddelforbrug og -udledning fra den fremtidige hospitalsmatrikel.

5.5.1 Kvalitet af urensset spildevand - lægemiddelstoffer

Lægemiddelkortlægningen er udført på baggrund af lægemiddelforbrugsdata for 2017 fra Sundhedsdatastyrelsen for det eksisterende OUH samt Psykiatrisk Afdeling Odense og Børne- og Ungdomspsykiatri Odense i 2017. Forbrug på ambulatorier er ikke medregnet, da det antages, at den primære afledning af disse lægemiddelstoffer foregår udenfor hospitalet. Metoden til beregning af mængder og spildevandskoncentrationer er nærmere beskrevet i Bilag B.

Der blev identificeret 613 miljørelevante lægemiddelstoffer fra OUH og de psykiatriske afdelinger i 2017. 102 af disse lægemiddelstoffer har en miljörisikokvotient (PEC/PNEC) >1 for ufortyndet, urensset spildevand.

Det er særligt lægemiddelstoffer med en miljörisiko (PEC/PNEC) >1 og med en stabil PNEC-værdi, som spildevandsindsatsen bør fokusere på. Af de 102 lægemiddelstoffer med en PEC/PNEC >1 har 39 stoffer en datastabilitet på 2 eller bedre. Tabel 7.6 i Bilag B viser de 39 miljøkritiske lægemiddelstoffer på Nyt OUH.

I Tabel 5.12 er angivet mængden af A-, B- og C-stoffer, som forventes brugt på Nyt OUH baseret på forbruget på OUH (inkl. psykiatri) i 2017. Baseret på forbruget af A-stoffer (362 kg/år) og B-stoffer (955 kg/år) kan Nyt OUH kategoriseres som en større punktkilde, da hospitalet og psykiatrien har en forventet afledning af A-stoffer på > 100 kg/år og en forventet afledning af B-stoffer på > 500 kg/år, jf. Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Forbruget af A-, B- og C-lægemiddelstoffer på Nyt OUH sammenholdt med KL's kategorisering af hospitalskilder i mindre, mellem og større punktkilder /18/.

[kg/år]	Nyt OUH	Mindre kilde /18/	Mellem kilde /18/	Større kilde /18/
A-stoffer	362	<50	50 - 100	> 100
B-stoffer	955	<300	300 - 500	> 500
C-stoffer	6.767	-	-	-

5.5.2 Kvalitet af rensset spildevand - lægemiddelstoffer

På Herlev Hospital blev 122 forskellige lægemiddelstoffer analyseret i 118 prøver. Af de 122 forskellige lægemiddelstoffer blev kun 12 stoffer målt over detektionsgrænsen i udløbet fra renseanlægget (de seks udgøres af ioderede kontraststoffer, som er svært nedbrydelige, men ikke toksiske) /21/.

Der eksisterer ikke analysemetoder til samtlige anvendte lægemiddelstoffer på hospitalerne i dag, hvorfor der også blev gennemført økotoksikologiske screeningstest af det rensede spildevand.

Den samlede belastning af lægemiddelstoffer i spildevandet blev fjernet med 99,9%. Stoffer, der stadig kunne måles i spildevand, var under effektkoncentrationerne for levende organismer i ferskvand ($PNEC_{\text{Fersk}}$) uden fortynding. De meget persistente, men ikke giftige, kontrastmidler blev fjernet med 99%. Økotoksicitetsvirkninger på fisk og krebsdyr såvel som østrogen effekt kunne ikke måles i det endelige behandlede spildevand /21/.

På Herlev Hospitals renseanlæg er udvalgt syv lægemiddelstoffer/-grupper som indikatorstoffer, der analyseres i udløbet fra renseanlægget: Azithromycin, ciprofloxacin, clarithromycin, diclofenac, erythromycin, sulfamethoxazol og summen af ioderede kontrastmidler. Disse lægemiddelstoffer er udvalgt på baggrund af forbrug, fordi de er vanskelige at nedbryde og/eller svære at fjerne/reducere i en spildevandstrøm, samt fordi de er miljøskadelige. Som det fremgår af Tabel 5.13, er det muligt med renseanlægsprocesser svarende til Herlev Hospitals renseanlæg at reducere indikatorlægemiddelstofferne til koncentrationsniveauer under detektionsgrænsen.

Tabel 5.13 Koncentrationer af lægemiddelstoffer i udløbet fra Herlev Hospitals renseanlæg (2018-19)

[ng/l]	Min.	Max.	Middel	PNEC for ferskvand
Azithromycin	<10	<20	<20	19
Ciprofloxacin	<10	43	22	89
Clarithromycin	<10	<50	<50	120
Diclofenac	<10	<30	<30	50
Erythromycin	<10	<20	<20	200
Sulfamethoxazol	<10	30	11	590
Sum af ioderede kontrastmidler	31.750	74.375	48.870	1.000.000 ¹⁾

¹⁾ PNEC for Iomeprol

Ioderede kontrastmidler er meget persistente, men ikke toksiske stoffer. Erfaringer fra Herlev Hospitals renseanlæg /23/ viser, at kontrastmidler reduceres med op til 98%, og koncentrationen af summen af seks kontrastmidler (amidotrizoic acid, iohexol, iomeprol, iopamidol, iopromide og ioversol) i middel blev målt til ca. 49 µg/l i udløbet. Denne værdi skal sammenlignes med PNEC for Iomeprol på 1.000 µg/l (laveste PNEC for de ioderede kontrastmidler).

Det vurderes, at når samtlige de 122 analyserede lægemiddelstoffer med forskellige stofegenskaber reduceres til under PNEC og for 110 af stofferne ligeledes under detektionsgrænsen, vil fjernelsen af de øvrige miljøkritiske lægemiddelstoffer være tilsvarende høj.

Fem af de miljøkritiske lægemidler, der er identificeret på OUH forbruges i 10 gange større mængder på OUH sammenlignet med Herlev Hospital. Data for de fem miljøkritiske stoffer er vist i Tabel 5.14. Sertralin, clozapin, quetipan, olanzapin og buprenorphin anvendes til behandling af sygdomme i centralnervesystemet – primært på psykiatriske afdelinger. Årsagen til det øgede forbrug af disse stoffer på OUH i forhold til Herlev Hospital skal findes i, at der på Nyt OUH er inkluderet lægemiddelforbrug på Voksenpsykiatrien samt Børne- og Ungepsykiatrien. Naproxen er et smertestillende lægemiddel.

Tabel 5.14 Forbrug og beregnet koncentration i spildevandet af fem lægemiddelstoffer på OUH og Herlev Hospital.

ATC kode	Lægemiddelstof	OUH forbrug (g/år)	HH forbrug (g/år)	Antal gange større forbrug på OUH sammenlignet med HH	Analysemetode ja/nej	Log Kow
N06AB06	Sertralin	1.435	411	3,5	ja	2,18
N05AH02	Clozapin	1.128	80	14	ja	2,7
N05AH04	Quetiapin	6.820	340	20	nej	2,8
N05AH03	Olanzapin	472	35,3	13	ja	2
N07BC51	Buprenorphin	5.040	504	10	nej	3,8
M01AE02	Naproxen	7.530	245	31	ja	2,8

Log k_{ow} værdierne for de fem miljökritiske stoffer i Tabel 5.14 indikerer, at de bliver adsorberet i en aktiv kulkolonne svarende til de kolonner, der er en del af renseprocesserne på Herlev Hospital. Forsøg med fuldskalarensning af spildevand fra udløbet på Slagelse renseanlæg /41/ viser, at indløbskoncentrationer af sertralin på 0,014 µg/l og naproxen på 0,2 µg/l reduceres i et kulfilter, hvilket resulterer i, at stofkoncentrationerne efter rensning ikke er målbare (<0,5 ng/l) og under PNEC. På samme måde forventes de øvrige fire lægemiddelstoffer med tilsvarende Log k_{ow} værdier at blive reduceret ved adsorption til kulfilter. Dertil kommer en yderligere fjernelse ved ozonering.

Analyser fra Herlev Hospitals renseanlæg har samtidig vist en reduktion af sertralin, clozapin og naproxen til under detektionsgrænsen i udløbet /21/:

- Sertralin: Fra 46 ng/l (40-52 ng/l) til <10 ng/l i udløbet
- Clozapin: Fra 200 ng/l (130-260 ng/l) i tilløbet til <10 ng/l i udløbet
- Naproxen: Fra 2.700 ng/l (2.200-3.400 µg/l) i tilløbet til <10 ng/l i udløbet

De fire ovennævnte lægemiddelsstoffer, hvor der findes analysemetoder, inkluderes i måleprogrammet, som påbegyndes ved opstart af renseanlægget på Nyt OUH. Måleprogrammet, der er beskrevet i Afsnit 6.1, igangsættes med henblik på at kontrollere renseanlæggets renseeffekt over for udvalgte indikatorstoffer. På nuværende tidspunkt findes der ikke analysemetoder for quetiapin og buprenorphin.

Renseanlægget på Nyt OUH vil blive dimensioneret til at modtage den ekstra belastning fra de psykiatriske afdelinger. Det forventes således, at et renseanlæg på Nyt OUH vil fjerne stofferne til samme niveau som på Herlev Hospital.

5.6 Bakterier og antibiotikaresistens

Antibiotikaresistens er anerkendt som en af de største globale udfordringer, idet det fjerner grundstenen i behandling af infektionssygdomme /42/.

Antibiotikaresistente sygdomsfremkaldende bakterier og resistente egenskaber (i form af genetisk materiale) spredes fra person til person, fx på hospitaler, og via fødevarer, vand og miljø. Spredning via spildevandet medvirker til at opretholde en pool af resistens i miljøet og bidrager dermed til eksponering af både dyr og mennesker /43/.

De vigtigste er resistens imod carbapenemer og vancomycin, der anvendes som "sidste udvej" /44/. Carbapenemer og vancomycin anvendes hovedsageligt på hospitaler.

5.6.1 Kvalitet af urensset hospitalsspildevand

Hospitaler kan være hotspots for udledning af resistente bakterier, der stammer fra patienterne. En sammenlignende undersøgelse viser, at nogle hospitaler har høje koncentrationer af vancomycin-resistente enterokokker (VRE) og af carbapenemase-producerende enterobakterier (CPE) i spildevandet, mens andre hospitaler har lave koncentrationer. Det er typisk de store hospitaler i hovedstadsområdet (herunder Herlev Hospital), som behandler mange af de mest følsomme patienter, der er de største kilder til antibiotikaresistens /45/. Spildevandet fra Nyt OUH vil derfor også indeholde antibiotikaresistente bakterier.

5.6.2 Kvalitet af rensset spildevand – bakterier og antibiotikaresistens

Der er i modsætning til udledning fra offentlige renseanlæg ingen bakterier eller vira i det rensede spildevand fra Herlev Hospitals renseanlæg, hvor spildevandet filtreres gennem en 0,2 µm membran, og herefter behandles med ozon, aktivt kul og UV. DTU Fødevareinstituttet har fra februar til december 2017 analyseret månedlige prøver fra indløb og udløb på Herlev Hospitals renseanlæg for følgende vira og bakterier:

- Norovirus (NoV) genogruppe (G)I og GII
- Human adenovirus (HAdV)
- JC polyomavirus (JCPyV) og
- Bakterierne Salmonella og Campylobacter ved qPCR (quantitative polymerase chain reaction)

Alle de identificerede mikrober blev fundet i indløbet til renseanlægget i koncentrationer fra 1×10^1 til 1×10^5 gc/l for vira og 1×10^2 til 1×10^3 gc/l for bakterier. Ingen mikrobielle genomer blev fundet i udløbet fra renseanlægget /21/. Med elimineringen af bakterier og reduktionen af antibiotika i renseanlægget er risikoen for spredning af antibiotikaresistente bakterier i miljøet via spildevandet elimineret. I Herlev Hospitals renseanlæg kan der ikke måles fækal forurening (*E. coli* < 1 cfu/100 ml) allerede efter membranfiltreringen. Dvs. at filtreringen fungerer som bakterietæt barriere. De fækale antibiotikaresistente bakterier, som fx VRE og CPE, kan derfor heller måles i spildevandet.

6 Egenkontrol

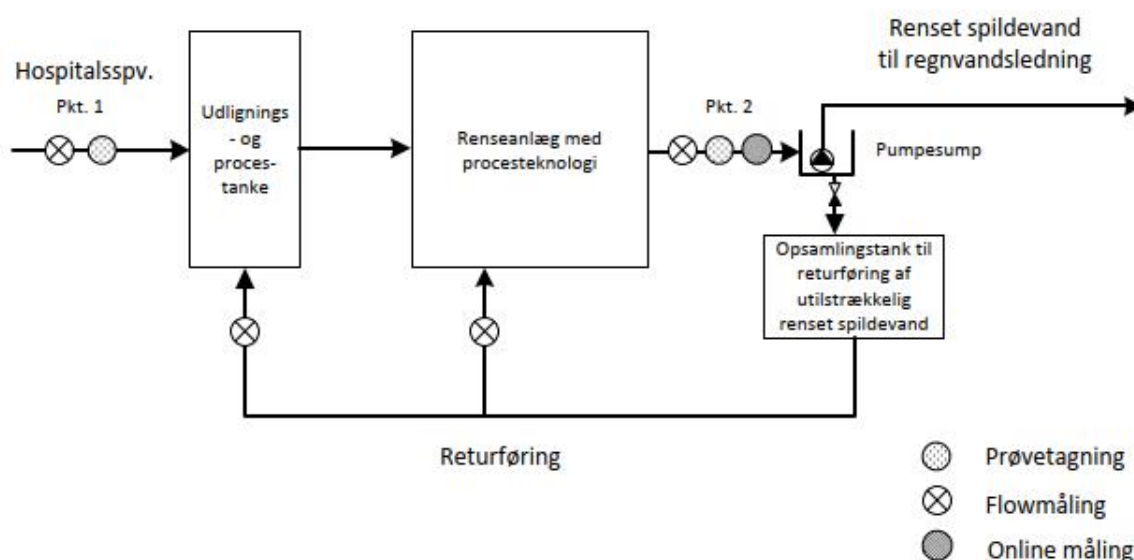
Et egenkontrolprogram til sikring af en stabil høj udløbskvalitet fra renseanlægget kan opdeles i:

- Driftskontrol: Kontrol og sikring af driften fx ved interne onlinemålinger af flow, pH, turbiditet, ozondosis på renseanlægget samt CTS-styringer af pumper mv. til at sikre en stabil drift
- Udløbskontrol: Kontrol og sikring af udløbskvaliteten ved målinger af kvalitetsparametre i udløbet

Driftskontrollen vil blive fastlagt, når renseanlægget er projekteret og den endelige anlægsopbygning er kendt. Herefter er det muligt at fastlægge de kritiske driftsparametre internt på renseanlægget samt styringer og aktionsgrænser i samarbejde med leverandøren. Derfor omfatter egenkontrolprogrammet nedenfor alene analyseprogrammet, der er knyttet til udledning af det rensede spildevand.

6.1 Kontrol af udløbskvalitet

Figur 6.1 viser en principskitse af renseanlægget samt placering af prøvetagningspunkterne, punkter for flowmåling samt online målinger. Det er disse kontrolpunkter, som er beskrevet her.



Figur 6.1 Principskitse for rensning af spildevand samt placering af punkter, der vedrører egenkontrol, herunder prøvetagning, flowmåling og online måling.

Analyseprogrammet vist i Tabel 6.1 gælder for udløbet fra renseanlægget (Pkt. 2), umiddelbart før spildevandet ledes til pumpesumpen og videre til regnvandsledningen. Hvis målingerne før pumpesumpen eller online målinger internt på renseanlægget indikerer at det rensede spildevand ikke opfylder kravene til udledningen, kan spildevandet fra pumpesumpen ledes til en opsamlingskank. Afhængig af spildevandskvaliteten kan vandet returføres til forskellige punkter i renseprocessen med henblik på at vandet opnår en kvalitet der tillader udledning til regnvandsledningen.

Online målinger (bl.a. turbiditet, temperatur, pH og *E. coli* samt registreringer af tekniske driftsstop) på renseanlægget og i udløbet benyttes til i første omgang at afgøre, om vandet skal overføres til opsamlingsstanken og returneres. Ved udløbet måles ved hjælp af online instrumenter pH, iltkoncentrationen og temperatur i det rensede spildevand.

I udløbet udtages flowproportionale døgnprøver, der analyseres for almindelige spildevandsparametre, tungmetaller, miljøfremmede stoffer, lægemidler, kontraststoffer og *E. coli*. De første to år udtages jævnt over året seks prøver. Derefter vurderes resultaterne med henblik på at reducere antallet af analyseparametre, hvis kravværdierne er overholdt. Som et led i driftskontrollen analyseres én gang om ugen de almindelige spildevandsparametre ved hjælp af hurtigmetoder, hvor der f.eks. anvendes testkits og absorptionsmålinger.

De almindelige spildevandsparametre viser sammen med flowmålinger den samlede belastning med organisk stof og næringssalte efter rensning.

Tabel 6.1 Oversigt over parametre, der indgår i et indledende analyseprogram, samt begrundelse for udvælgelse af parameter.

Analyseparametre for udløb	Begrundelse for udvælgelse af parameter
Spildevandsparametre	
pH Temperatur Iltmætning	Måles online og indgår i den almindelige driftskontrol for renseanlæg
BOD COD Total-N Total-P Nitrat	Indgår i den almindelige driftskontrol for renseanlæg. Relevant i forhold til udledning til Killerup Rende. Analyseres ugentligt
Ammonium-N	Som dokumentation af, at ammonium fjernes i nitrifikationsprocessen i renseanlægget. Relevant i forhold til udledning til Killerup Rende. Analyseres ugentligt
Metaller filtrerede prøver	
Cadmium Chrom (Cr VI og Cr III) Cobolt Kobber Kviksølv Nikkel Bly Zink	Metaller, som er relevante i forhold til hospitalsspildevand, og hvor der er miljøkvalitetskrav /25/. Cobolt er medtaget ud fra et forsigtighedsprincip, da der findes få data fra Herlev Hospitals renseanlæg
Miljøfremmede stoffer	
DEHP Bisphenol A EDTA NP+ethoxylater LAS Benzotriazol	Miljøfremmede stoffer, som er relevante i forhold til hospitalsspildevand og hvor der er miljøkvalitetskrav /25/. Medtaget ud fra et forsigtighedsprincip for at dokumentere renseeffektiviteten og udløbskvaliteten. Ud fra erfaringen forventes stofferne reduceret til under detektionsgrænsen i udløb

Lægemiddelstoffer Azithromycin Ciprofloxacin Clarithromycin Diclofenac Erythromycin Sulfamethoxazole	Indikatorstoffer, der er vanskelige at fjerne med BAT. Benyttes til at dokumentere effektiviteten af renseprocesser
Clozapin Naproxen Olanzapin	Forsigtighedsprincip – mere end 10 gange større forbrug på OUH end på Herlev Hospital
Sertralin	Forsigtighedsprincip - højt PEC/PNEC-forhold på Nyt OUH
Kontraststoffer Amidotrizoic Acid Iohexol Iomeprol Iopamidol Iopromide Ioversol Sum kontraststoffer	Persistente - ud fra enkeltstoffer beregnes sum af kontraststoffer Benyttes som indikatorparameter for fjernelsen
Mikrobiologiske parametre <i>E.coli</i>	Som indikator for at sikre mod spredning af antibiotikaresistente bakterier Kvalitetsparameter i forhold til drikkevand. Foretages online

Indledningsvist er inkluderet seks hospitalsrelevante miljøfremmede stoffer i egenkontrolprogrammet: DEHP, bisphenol A, EDTA, nonylphenol og -ethoxylater, LAS og benzotriazol. Analyse af alle disse stoffer forventes dog reduceret i det fremtidige renseanlæg.

Alle lægemiddelstofferne vist i Tabel 6.1 er inkluderet på listen over miljøkritiske stoffer identificeret på baggrund af lægemiddelkortlægningen for det eksisterende OUH, jf. Bilag B. Til forskel fra Herlev Hospital er der på Nyt OUH tilknyttet et psykiatrisk hospital, hvor der er et større forbrug end på Herlev Hospital af lægemiddelstoffer tilhørende gruppen af stoffer anvendt til behandling af sygdomme i centralnervesystemet. Der er udpeget fire lægemiddelstoffer: sertralin, olanzapin, closapin og naproxen, som inkluderes i det indledende analyseprogram, hvorefter resultaterne vurderes i forhold til PNEC, ligesom det vurderes, om der fortsat er behov for at føre kontrol med udledningen af disse stoffer. Det er beregnet, at forbruget af tre af de fire stoffer (olanzapin, closapin og naproxen) er 10 gange større på OUH end på Herlev Hospital. Det sidste stof, sertralin, er medtaget ud fra et forsigtighedsprincip, fordi PNEC er meget lav.

De øvrige lægemiddelstoffer er på baggrund af grundig dokumentation af BAT udvalgt som indikatorstoffer på Herlev Hospital, fordi disse har vist sig vanskeligst at fjerne. Baggrunden for at medtage kontraststofferne i analyseprogrammet er, at de er persistente uden dog at være toksiske.

Som en indikator af, at kvaliteten af det rensede vand både med hensyn til patogener og resistente mikroorganismer er tilstrækkelig god forud for udledning til regnvandsbassinerne, analyseres der for *E.coli*. For hurtigt at kunne registrere eventuelle svigt af renseanlægsprocesserne vil der i renseanlæggets online overvågning indgå måling af *E.coli* koncentrationer.

Hvis grænseværdierne ikke er overholdt, identificeres mulige årsager til overskridelserne, og der iværksættes afhjælpende foranstaltninger. Afhjælpende foranstaltninger kan f.eks. bestå i skift af kulkolonner på poleringslinjerne eller justering af ozondosering for derved at forbedre

fjernelsen af lægemidler. En vigtig del af driften består i rettidige skift af kulkolonner og korrekt dosering af ozon.

6.2 Scenarier for nedbrud og afværgeforanstaltninger

I forbindelse med udledning af det rensede spildevand skal der være online-måling af ledningsevne, pH, temperatur, turbiditet og E. Coli. Såfremt målingerne ikke viser "normal" renseseffekt, skal det være muligt at om dirigere vandet, som det fremgår af nedenstående.

Det rensede spildevand ledes til en pumpesump, hvorfra vandet pumpes til en af flere mulige steder:

- Til trykledningen mod regnvandsledningen og videre ud i regnvandsbassinerne (normal løsning). Iltningstrappen placeres inden tilledning til regnvandsbassin.
- Tilbage til indløbet, via opsamlingstanken, før den biologiske rensning i udlignings- og procestanke (sker hvis spildevandet ikke er blevet filtreret i første omgang eller der er målt bakteriologisk aktivitet i udløbet).
- Tilbage til før poleringen, via opsamlingstanken, dvs. før membranfiltrering, ozonering og GAC (sker hvis der er målt forkerte værdier af ledningsevne (salte, metaller), turbiditet, pH eller temperatur i udløbet).
- Til opsamlingstankdøgtank, hvorfra vandet kan tømmes via slamsugning (sker hvis renseanlægget er under vedligehold eller reparation). Der kan ikke ske tilbageløb fra tanken til pumpesump eller regnvandsbassiner.

Styring af pumpen i pumpesumpen vil foregå automatisk. Pumpesumpen vil blive dimensioneret på baggrund af reaktionstid på alarmer og driftsforstyrrelser i forbindelse med leverandørens projektering af anlægget.

Udløbskontrollen på det rensede spildevand vil foregå i udløbet fra renseanlægget inden pumpesumpen. Der vil være dublering af online målinger således, at fejl eller svigt i målinger samt udskiftning af måleudstyr kan ske uden stop af rensning.

6.2.1 Service og vedligehold

Almindelig service og vedligehold af de forskellige komponenter og trin i renseanlægget skal være muligt uden, at der sker udledning af helt eller delvist urensset spildevand til regnvandsledningen. Nyt OUH og leverandøren vil inden udledning dokumentere, at der kan foregå service og vedligehold på anlæggets komponenter uden forstyrrelser i renseanlæggets drift. Dette vil bl.a. indebære følgende:

- Renseanlægget konstrueres med minimum én udlignings- og to procestanke således, at der kan foregå service på bundbeluftningen på én procestank, uden at det betyder forstyrrelser i driften på de øvrige tanke
- Alle filtre (membranfiltre, aktivkul-filtre og UV-filtre) og ozondosering konstrueres med flere linjer parallelt således, at udskiftning og service kan foregå uden driftsforstyrrelser
- Opsamlingstanken kan i yderste tilfælde anvendes som buffertank til helt eller delvist urensset spildevand i tilfælde af vedligehold på anlægget

6.2.2 Uheld

Opmagasinerings af urensset eller delvist urensset spildevand vil typisk være relateret til hændelser følgende steder:

- Opstrøms renseanlægget
- Efter ristebygværket inden indløbet til den biologiske rensning

- Efter filtrering (slamseparation)
- Efter renseanlæggets poleringstrin inden det rensede vand føres til regnvandsledningen

I det følgende er beskrevet mulige hændelser/scenarier, der kan udløse bypass af spildevand til opsamlingstanken, samt hvilke afværgeforanstaltninger der skal sættes i værk, og hvilken indgriben der skal til for at bringe driften tilbage til en normal situation, hvor det rensede spildevand igen kan ledes til regnvandsledningen. Det er en forudsætning, at der foreligger en aftale med en slamsuger samt et centralt renseanlæg angående modtagelse af helt eller delvist urensset spildevand fra opsamlingstanken.

Strømsvigt og afværgeforanstaltning

Svigt i strømforsyningen vil føre til, at indløbspumper stopper, og der sker opstuvning af spildevand i kloakledningen, som fører spildevandet til renseanlægget.

Nyt OUH bliver udstyret med en DRUPS (Diesel Rotating Uninterrupted Power Supply). DRUPS består af en tung masse, som roterer (i normal drift), og hvis el-nettet falder ud, vil massens kinetiske energi kunne opretholde spændingen via generatorer, indtil diesel nødgeneratorer tager over. Hospitalets strømforsyning er således forsynet med et særdeles sikkert nødstrømsanlæg bestående af både en DRUPS og nødgeneratorer.

I tilfælde af lokalt strømsvigt på renseanlægget, f.eks. hvis et kabel bliver gravet over, vil spildevand føres direkte til opsamlingstanken, indtil renseanlægget er i normal drift igen.

Pumpesvigt og afværgeforanstaltning

I pumpebrønden ved indløb til renseanlægget vil der af sikkerhedsmæssige hensyn typisk være placeret to pumper, som hver især kan klare den fulde belastning fra hospitalet. Hvis den ene pumpe stopper, tager den anden over, og driften af renseanlægget kan fortsætte normalt, mens pumpen, der er stoppet, bliver klargjort/repareret eller udskiftet. Hvis begge pumper stopper, vil der ske opstuvning bagud, og når tilløbsledningen er fyldt, skal spildevandet kunne bypasses til opsamlingstanken til midlertidig opmagasinering.

Hydraulisk overbelastning af renseanlæg og afværgeforanstaltning

I tilfælde, hvor mængden af spildevand, der pumpes ind på renseanlægget, overstiger anlæggets kapacitet (f.eks. hvis procestankene er overfyldte), skal spildevandet, der har passeret riste-anlægget, kunne bypasses til opsamlingstanken sammen med eventuelt overløb fra de biologiske procestanke.

Forhøjede koncentrationer af lægemiddelstoffer, metaller m.m. og afværgeforanstaltninger

Hvis analyser for lægemiddelstoffer, metaller eller alm. parametre viser, at grænseværdierne for afledning til regnvandsledningen ikke er overholdt, vil der være behov at opmagasinere spildevandet, indtil årsagen til forhøjelserne er identificeret, og den normale drift er genoprettet.

Dette vil dog som udgangspunkt ikke forekomme, når de øvrige foranstaltninger for overvågning af driften er implementeret.

7 Referencer

- /1/ Region Syddanmark, Nyt OUH: *Nyt OUH projekthjemmeside*: www.nytouh.dk, 2019
- /2/ Region Syddanmark, Nyt OUH: *Bilag 3 – Projektbeskrivelse*, Dato 25-01-2018
- /3/ Region Syddanmark, Nyt OUH: *Bilag 5.2.5.1 - Designmanual for kloak og Spildevand*, Dato 10-05-2017
- /4/ Region Syddanmark, Nyt OUH: *Bilag 5.4.3 - Designmanual Afløb*, Dato 10-05-2017
- /5/ Lynettefællesskabet I/S: *Måleprogram på Rigshospitalet - målinger for udvalgte spildevandsparametre og lægemidler samt undersøgelse af antibiotikaresistens i spildevand og kloakrotter*, Rapport udarbejdet af DHI, 2008
- /6/ COHIBA: *WP3 INNOVATIVE APPROACHES TO CHEMICAL CONTROLS OF HAZARDOUS SUBSTANCES - Results from chemical analysis, acute and chronic toxicity tests in Case Studies, Danish National Report*, Report written by DHI, 2010
- /7/ Lynettefællesskabet I/S: *Måleprogram- antibiotikaresistens i spildevand fra et sygehus og et boligområde*, 2004
- /8/ Henze et al: *Spildevandsrensning: Biologisk og Kemisk rensning*, Polyteknisk Forlag, 1992
- /9/ Glostrup Hospital: *Egenkontrolmålinger 2015-2018*
- /10/ Rigshospitalet: *Handlingsplan for BAT for spildevand på Rigshospitalet*, 2017
- /11/ Miljøstyrelsen: *Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg*, Vejledning fra Miljøstyrelsen nr. 2, 2006
- /12/ Bornholms Hospital: *Bornholms Hospital spildevandsmålinger 2018 - Måling for udvalgte metaller og miljøfremmede stoffer samt miljøkritiske lægemiddelstoffer i 2018*, Rapport udarbejdet af DHI, 2019
- /13/ European Medical Agency (EMA): *Guideline on the environmental risk assessment of medical products for human use*. S.I.: EMEA/CHMP/SWP/4447/00 corr.2. 2006
- /14/ Esbjerg, Hvidovre, Hjørring, Københavns, Køge, Odense, Slagelse og Aalborg Kommuner samt Lynettefællesskabet I/S og Aarhus Vand A/S: *Forslag til administrationsgrundlag for lægemiddelstoffer i hospitalsspildevand – Anbefalede maksimale koncentrationer ved tilslutning til kloak - Input til KL's Arbejdsgruppe omkring hospitalsspildevand*. Rapport, juni 2013
- /15/ Naturstyrelsen: *Miljøvurdering indeholdende VVM-redegørelse og miljørapport For Nyt Odense Universitetshospital og Nyt Sundhedsvidenskabeligt Fakultet for Syddansk Universitet (Nyt OUH/Nyt SUND)*, Februar 2014
- /16/ Naturstyrelsen: *Bilag til Miljøvurdering indeholdende VVM-redegørelse og miljørapport For Nyt Odense Universitetshospital og Nyt Sundhedsvidenskabeligt Fakultet for Syddansk Universitet (Nyt OUH/Nyt SUND)*, Februar 2014
- /17/ ECHA's kemikaliedatabase: <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals>

- /18/ Arbejdsgruppen om kommunal regulering af lægemiddelstoffer i tilslutningstilladelser under Kommunernes Landsforening (KL): *Hospitalsspildevand – værktøj til tilslutningstilladelser*, december 2013
- /19/ Niras: *Måleprogram for spildevand på Herlev Hospital* 15. april-22. april 2012
- /20/ Miljø- og Fødevareministeriet: *Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4*, nr. 1469 af 12/12/2017
- /21/ Grundfos BioBooster A/S: *Full scale advanced wastewater treatment at Herlev Hospital – Treatment performance and evaluation*. May 2016
- /22/ Herlev Hospital: *Egenkontrol 2018 for Herlev Hospitals renseanlæg*. Februar 2019
- /23/ Herlev Hospital: *Egenkontrol for Herlev Hospitals renseanlæg*. April 2019
- /24/ Herlev Hospital: *Egenkontrol for Herlev Hospitals renseanlæg*. September 2019
- /25/ Miljø- og Fødevareministeriet: *Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand* Bek. Nr. 1625 af 19/12/2017
- /26/ Region Hovedstaden og Herlev Kommune: *Måleprogram på Herlev Hospital*, juli 2013
- /27/ Region Hovedstaden og Hvidovre Kommune: *Måleprogram på Hvidovre Hospital*, juli 2013
- /28/ Region Hovedstaden, Center for Ejendomme: *Bornholms Hospital spildevandsmålinger 2018*, januar 2019
- /29/ Bispebjerg Hospital, Region Hovedstaden: *Bispebjerg Hospital – Input til Spildevandsteknisk beskrivelse*, marts 2016
- /30/ Slagelse Sygehus og Psykiatrisygehus Slagelse: *Spildevandsmåling på Slagelse Sygehus og Psykiatrisygehus Slagelse*, marts 2017
- /31/ Københavns Kommune: *Vurderinger af nikkel og barium i udledninger til Harrestrup Å*. Rapport udarbejdet af DHI januar 2015
- /32/ Naturstyrelsen: *Bioavailability modelling of three metals in Danish freshwater systems*. Written in cooperation with WCA Environment Ltd. December 2014.
- /33/ DHI: Database med tungmetaldata og fysisk-kemiske data for danske vandområder inklusive Harrestrup Å. 2011.
- /34/ Nyt OUH: *Ansøgning om permanent tilladelse til udledning af overfladevand til Killerup Rende fra regnvandsbassiner ved Nyt OUH*. Februar 2020
- /35/ Nyt OUH: *Udledning af spildevand fra renseanlæg på Nyt OUH – Miljøkonsekvensrapport, Udkast*. Februar 2020 (endelig rapport forventes i juni 2020)
- /36/ DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi: *Miljøfremmede stoffer og metaller i vandmiljøet - NOVANA. Tilstand og udvikling 2004-2012*, nr. 142. 2015
- /37/ Miljøministeriet Naturstyrelsen: *Opdatering af nøgletal for miljøfarlige forurenende stoffer i spildevand fra renseanlæg – på baggrund af data fra det nationale overvågningsprogram for punktkilder 1998-2012*, 2014
- /38/ DHI: PNEC freshwater values derived by DHI after the principles described by ECHA in /39/. Values are based on international references with experimental or QSAR ecotoxdata. QSAR-calculations are only used when no experimental data have been

accessible. The PNEC freshwater values can, from an administrative point of view, also be seen as AA-EQS for inland waters (terminology used in the EU Water Framework Directive)

- /39/ ECHA: *Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.10: Characterisation of dose [concentration]-response for environment*. 2008
- /40/ Herlev Hospital: *Herlev Hospitals renseanlæg – Årsrapport 2018*. April 2019
- /41/ Slagelse Forsyning: *Præsentation af resultater fra projektet "Kosteffektiv fjernelse af lægemiddelstoffer ved efterpolering af rensed spildevand"* Temadag d. 17. januar 2020
- /42/ IAGC: *No Time to Wait: Securing the future from drug-resistant infections. Report to the Secretary-General of the United Nations*, 2019. <https://www.who.int/antimicrobial-resistance/interagency-coordination-group/final-report/en/>
- /43/ Bengtsson-Palme, J., Kristiansson, E., Larsson, D. G. J. 2018: *Environmental factors influencing the development and spread of antibiotic resistance*. FEMS Microbiology Reviews. 42,1,68-80. DOI: 10.1093/femsre/fux053
- /44/ WHO: *Global priority list of antibiotic-resistant bacteria to guide research, discovery, and development of new antibiotics*, 2017. <http://www.who.int/medicines/publications/global-priority-list-antibiotic-resistant-bacteria/en/>.
- /45/ DHI: *Varslingsværktøj til forebyggelse af spredning af antibiotikaresistens på hospitaler*. Udkast til MUDP projekt sendt til Miljøstyrelsen februar 2020.
- /46/ Naturstyrelsen: *Central blødgøring af drikkevand*, 2011
- /47/ Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk Institut og Orbicon A/S: *Baggrundsrapport - Våde bassiner til rensning af separat regnvand*, 2012
- /48/ Miljøstyrelsen: *Vandeffektive hospitaler for vandbesparende teknologi og brug af sekundærvand*. Miljøprojekt nr. 1902, september 2016

A Kortlægning af kemikalieforbrug og -afledning fra Nyt OUH

Nyt OUH planlægger at rense spildevandet via et avanceret renseanlæg inden udledning til vandområdet. De kritiske kemikalier vil derfor blive fjernet fra spildevandet af renseanlægget, som gennemgås i Afsnit 5.4.2.

Som grundlag for vurderingen af miljøkritiske kemikalier og miljøfremmede stoffer er gennemført en kortlægning af forbruget af indkøbte varer og kemikalier på OUH i 2018.

A.1 Metodebeskrivelse

I den aktuelle kortlægning er der taget udgangspunkt i forbrugsdata modtaget fra Odense Universitetshospital (OUH), som indeholder alle indkøbte varer og kemikalier til OUH (inkl. centralkøkkenet), Børne- og Ungdomspsykiatrisk afdeling og Odense Psykiatri i 2018 (totalt ca. 326.400 poster) indkøbt via Region Syddanmarks centrale indkøbsaftaler.

Der anvendes en lang række forskellige laboratorie-, desinfektions-, og rengøringskemikalier samt tekniske produkter på OUH. Til denne ansøgning er der udført en kortlægning, som kun er fokuseret på de kemikalier, der afledes til spildevand, og som indeholder A- eller B-stoffer. A- og B-stoffer er svært nedbrydelige og/eller meget giftige stoffer, mens C-stoffer er let-nedbrydelige og/eller ikke-toksiske stoffer, som vil blive fjernet i renseanlægget.

Der er foretaget en udvælgelse af 161 spildevandsrelevante kemikalier. For hvert af disse produkter er sammensætningsoplysninger indsamlet ud fra oplysningerne i sikkerhedsdatabladene for produkterne. De enkelte indholdsstoffer i kemikalierne er vurderet i forhold til spildevandsvejledningens ABC-principper /11/. For A- og B-stoffer er det desuden vurderet, om afledningen overskrider miljøkvalitetskravene i vandområdet via en beregning af risikofaktoren (PEC/PNEC).

Kortlægningen af kemikalieforbruget er foregået på følgende måde:

- DHI har modtaget et udtræk fra OUH over alle produkter/varer, der er indkøbt via regionens Indkøbscentral OUH, Børne- og Ungdomspsykiatrisk afdeling og Odense Psykiatri i 2018 (i alt ca. 326.400 poster)
- I udtrækket indgår bl.a. oplysninger om navnet på produktet/varen, leverandør, eventuelt varenummer, indkøbte mængder (angivet som fakturerede antal), hvilken artsgruppe produktet/varen tilhører (ca. 66 forskellige artsgrupper)
- Der blev foretaget en sortering af de ca. 326.400 poster, hvor produkter/varer tilhørende de artsgrupper, som enten ikke kan betragtes som et kemikalie (fx tøjvarer, møbler, instrumenter), eller som realistisk set ikke vil blive afledt til spildevandet, blev fjernet fra listen. Videre blev produkterne grupperet således, at i alt lidt over 192 forskellige produkter skulle vurderes. Denne liste kunne i det videre arbejde reduceres til i alt 161 spildevandsrelevante kemikalier, idet en række af produkterne har samme sammensætning, men leveres i forskellig størrelse. Desuden blev produkter med et meget lille forbrug frasorteret (typisk laboratoriereagenser), da koncentrationen af disse selv uden rensning vil være så lav, at det ikke udgør en risiko for vandområdet
- For hvert af disse produkter blev sammensætningsoplysninger indsamlet ud fra sikkerhedsdatabladsoplysningerne for produkterne. For enkelte af produkterne (23) var det ikke muligt at finde sikkerhedsdatablade – enten som følge af, at der ikke er krav til dette for produktet, eller fordi der simpelthen ikke var oplysninger tilgængelige fra internettet (ca. 13). Mængdemæssigt udgør disse tilsammen under 0,1% af den samlede opgjorte mængde af forbrugte spildevandsrelevante kemiske produkter, hvorfor de ikke vurderes at udgøre en risiko for vandområdet
- De indkøbte mængder blev omregnet til kg. Der blev antaget en densitet på 1 kg/L ved omregning fra volumen til vægt

- Stofferne i kemikalierne er vurderet i forhold til spildevandsvejledningens ABC-principper for vurdering af organiske stoffers miljøfarlighed ved tilladning til offentlige spildevandsanlæg, se Afsnit A.2
- På basis af indkøbte mængder samt koncentration af A- og B-stoffer i produkterne, jf. oplysningerne i sikkerhedsdatabladene, er afledningen til spildevand beregnet

A.2 ABC-metoden

Den danske Miljøstyrelse har udviklet en screeningsmetode til vurdering og kategorisering af organiske stoffer i spildevand, der ledes til offentlige renseanlæg¹². Stofferne kategoriseres i A, B eller C afhængigt af stoffernes irreversible effekter på mennesker, bionedbrydelighed, giftighed overfor vandlevende organismer og potentiale for bioakkumulering:

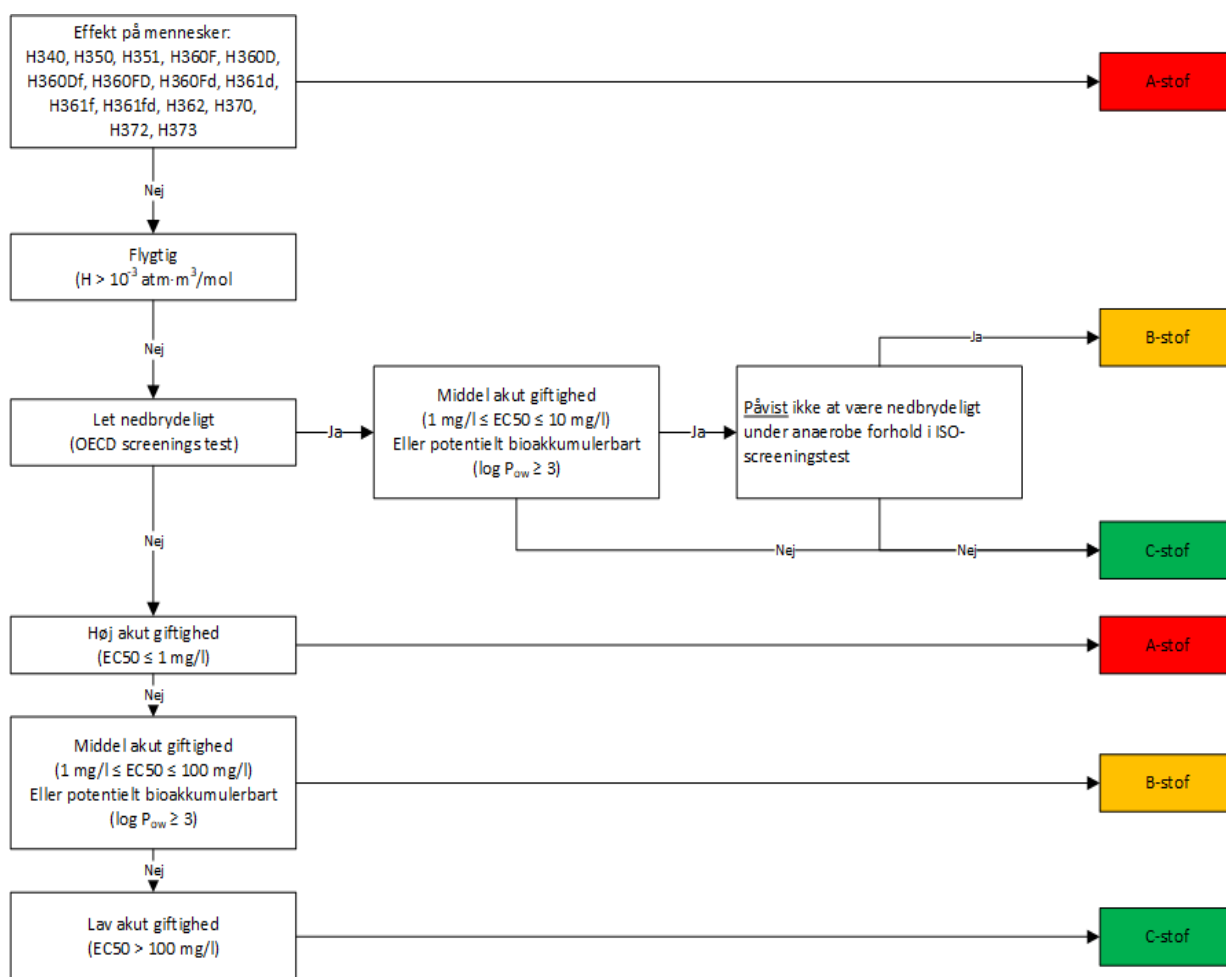
- A Stoffer, hvis egenskaber bevirker, at de er uønskede i afløbssystemet. Stofferne bør erstattes eller reduceres til et minimum
- B Stoffer, der ikke bør forekomme i så store mængder i det tilladte spildevand, at miljømæssige kvalitetskrav/kriterier overskrides. For udvalgte stoffer er der fastsat grænseværdier. Stofferne skal tillige reguleres efter princippet om anvendelse af den bedste tilgængelige teknik
- C Stoffer, der i kraft af deres egenskaber ikke giver anledning til fastsættelse af grænseværdier i tilladt spildevand. Disse stoffer reguleres efter princippet om anvendelse af bedste tilgængelige teknik med lokalt fastsatte kravværdier svarende hertil

ABC-metoden er vist i Figur 7.1.

ABC-metoden er anvendt til at frasortere de stoffer, som er let nedbrydelige, og som uden videre vil blive fjernet i de biologiske processer samt poleringstrinene i Nyt OUH's renseanlæg.

Herefter er de kortlagte A- og B-stoffer vurderet i forhold til koncentrationsniveauerne og fjernelse i renseanlæggets biologiske processer og poleringstrin.

¹² Metoden er beskrevet i Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2 2006: Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg



Figur 7.1 Miljøstyrelsens screeningsmetode til vurdering af organiske stoffer i spildevand til offentlige renseanlæg. Revideret tegning fra /11/.

A.3 Afledning af kemikalier med A- og B-stoffer til spildevand

Mængden af de enkelte stoffer er fundet ved at aflæse koncentrationsintervallet i sikkerhedsdatabladet for de enkelte kemikalier og multiplicere med den anvendte mængde. De samlede mængder af afledte A- og B-stoffer fra OUH fremgår af Tabel 7.1.

Tabel 7.1 Beregning af mængden af A- og B-stoffer afledt til spildevand fra OUH i 2018.

ABC	Samlede mængder (kg/år)	Antal produkter
A	63-229	19
B	1.059-1.984	28

Kemikaliekortlægningen er foretaget ud fra OUH's Indkøbsregister uden direkte kendskab til de enkelte afdelingers anvendelse af kemikalierne og procedurer for bortskaffelse. Det er derfor muligt, at en del af kemikalierne opsamles og bortskaffes på anden vis end via spildevandet.

A.4 Risikovurdering af A- og B-stoffer

Der er endvidere foretaget en simpel risikovurdering af de A- og B-stoffer, der er identificeret i de produkter, som Nyt OUH anvender, ved beregning af risikokvotienten RCR (Risk Characterisation Ratio). RCR er forholdet mellem PEC og PNEC. PEC er den koncentration, der kan forventes i vandmiljøet uden rensning.

Risikovurderingen er foretaget under en konservativ antagelse om, at al aktivstof i de indkøbte spildevandsrelevante kemikalier ender i Killerup Rende og dermed ikke bortskaffes på anden vis eller omdannes ved brug, i kloak eller i et renseanlæg. Der er regnet uden fortynding trods, at der i gennemsnit over året vil være en fortynding i Killerup Rende på en faktor 3-4. Der er regnet med et årligt spildevandsflow på 200.000 m³. Der er desuden regnet meget konservativt med, at intet stof fjernes i renseanlægget (dvs. direkte udledning af ubehandlet spildevand til vandområdet).

Tabel 7.2 Risikoscreening af identificerede A-stoffer. De "røde" stoffer er vurderet som A-stoffer som følge af deres sundhedsmæssige farlighed (og dermed ikke deres miljøfarlighed).

CAS-RN	Stofnavn	PNEC (mg/L)	Afledt mængde (kg)	RCR
101-84-8	Phenylether	0,000455 ¹	<0,01	0,022-0,055
140-01-2	Diethylenetriamine-pentaacetic acid pentasodium salt solution	6,4 ¹	<0,0001	<0,001
18472-51-0	Chlorhexidine digluconate	0,002 ¹	0,2-0,9	0,50-2,3
2372-82-9	N-(3-aminopropyl)-Ndodecylpropane-1,3-diamine	0,001 ¹	<2,2	<11
2634-33-5	1,2-benzisothiazol-3(2H)-on	0,011 ¹	<0,0001	<0,001
26628-22-8	Aatriumazid	0,0042 ¹	<0,00001	<0,001
5064-31-3	Trisodium nitrilo triacetate	0,93 ¹	24-122	0,13-0,66
55965-84-9	Kathon	0,00339 ¹	<0,001	0,0005-0,0009
61-73-4	Methylene blue	0,0078 ¹	<0,01	<0,016
69227-21-0	Alcohols, C12-18, ethoxylated propoxylated	0,0006 ²	<0,001	<0,001
7681-52-9	NaOCl	0,146 ³	15,4-72	0,5-2,5
7779-90-0	Tri-zink-bis(orthophosphat)	0,007 ⁴	12-23	8-17
9016-45-9	Nonylphenoethoxylat	0,0003 ⁵	9	150

- 1) PNEC fra REACH reg. dossier
- 2) Afledt af DHI (AF(F)=1000; AF(M)=10.000)
- 3) PNEC(F)/PNEC(M) er taget fra PNEC(chloroform). Det er i beregningen af PEC antaget, at 25% NaOCL omdannes til chloroform
- 4) EQS(F) zink: 3,7 µg/L/ EQS(M) zink: 7,8 µg/L, justeret i forhold til molvægt. PNEC er i REACH reg. dossiereret angivet til højere værdier, så disse er ikke brugt
- 5) Bekendtgørelse 1625, 2017

PNEC er den højeste koncentration i miljøet, hvor der ikke forventes effekter på de vandlevende organismer. PNEC for ferskvand er anvendt i beregningen. Hvis RCR er over 1, kan det ikke udelukkes, at stoffet kan forårsage effekter i vandmiljøet, og der er dermed foretaget en yderligere vurdering i forhold til fjernelsen af disse stoffer i et renseanlæg.

Tabel 7.3 Risikoscreening af identificerede B-stoffer.

CAS-RN	Stofnavn	PNEC (mg/L)	Afledt mængde (kg)	RCR
1064-48-8	Natrium-4-amino-5-hydroxy-3-(4-nitrophenylazo)-6-(phenylazo)naphthalen-2,7-disulfonat	0,026 ¹	<0,001	<0,0010
1335-72-4	Natriumlaurylsulfat	0,176 ¹	0,3-0,5	0,0071-0,014
25155-30-0	Natriumdodecylbenzensulfonat	0,693 ¹	0,1-0,1	0,0004-0,0007
5329-14-6	Sulfaminsyre (amidossulfuric acid)	1,8 ¹	21-36	0,06-0,1
5995-42-6	[[[2-hydroxyethyl]imino]-bis(mehydroxyethyl)imino]bis(methylene)-]bisphosphonicacid	0,032 ¹	68-69	11
64-02-8	Tetranatrium EDTA	2,2 ¹	905-1.762	2,1-4,0
68131-39-5	Alkylalkoholethoxylat	0,001 ²	2,8	14
68411-30-3	Benzenesulfonic acid, C10-13-alkyl derivs., sodium salts	0,268 ¹	2,5-3,7	0,047-0,070
68424-85-1	Alkyldimethylbenzylammoniumchlorid	0,000415 ²	22-65	265-783
68551-19-9	Alkaner, C12-14-iso	0,0217 ¹	2,1-4,2	0,48-0,97
78491-02-8	Diazolidinyl Urea	0,00578 ¹	0,0-0,1	0,017-0,043
8042-47-5	Mineral oil	0,66 ¹	35-41	0,26-0,31

1) PNEC fra REACH reg. dossier

2) Afledt af DHI (AF(F)=1000; AF(M)=10.000)

3) Konservativt gæt på indhold af stoffet i produktet

A.5 Vurdering af fjernelse

Af de anvendte kemikalier på OUH blev fem A-stoffer og fire B-stoffer konstateret som havende en mulig miljørisiko i vandområdet under konservativ antagelse om, at al aktivstof i de indkøbte spildevandsrelevante kemikalier ender i Killerup Rende og dermed ikke bortskaffes på anden vis eller omdannes ved brug, i kloak eller i et renseanlæg. Der er herefter foretaget en vurdering af fjernelsen i et renseanlæg. Fjernelsen af de miljøkritiske A- og B-stoffer i et renseanlæg på Nyt OUH er vurderet ud fra stoffernes fysiske og kemiske egenskaber samt ved modellering i SimpleTreat.

Et renseanlæg med avanceret rensning i form af membranfiltrering, aktiv kul og ozon er bygget til at fjerne organiske mikroforureninger og derfor vurderes det, at de organiske stoffer vil blive fjernet dels i de biologiske processer og dels i efterpoleringstrinene.

Tabel 7.4 Fjernelse af identificerede A- og B-stoffer med en risikokvotient >1 i renseanlæg på Nyt OUH. Graden af stoffernes fjernelse baseres primært på stoffernes adsorptionskoefficienter og beregninger i SimpelTreat. Beregning af risikokvotienten (RCR) er sket ud fra en konservativ antagelse om, at hele den forbrugte mængde af indholdsstofferne i kemikalierne udledes til vandområdet.

CAS-NR	Stofnavn	Fjernelse i renseanlæg	RCR efter rensning
18472-51-0	Chlorhexidine digluconate	Stoffet anvendes i hånd- og hudsprit samt klorhexidinsæbe. Det er konservativt antaget, at al aktivstof skylles af til spildevand. Den primære fjernelse foregår ved, at stoffet for ca. 80% vedkommende bindes til slam og/eller GAC. Ved ozonering er det sandsynligt, at der sker en yderligere nedbrydning.	<1
2372-82-9	N-(3-aminopropyl)-N-dodecylpropane-1,3-diamine	Stoffet anvendes i lugtfjerner til overflader og afløb. Mængden af aktivstof i produktet er ikke angivet mere præcist og er derfor behæftet med usikkerhed. Der er regnet med det maksimale indhold i produktet. Op til 74% af stoffet vil bindes til slam og/eller GAC. Ved ozonering er det sandsynligt, at der sker en yderligere nedbrydning.	<1
7681-52-9	NaOCl	Hypochlorit omdannes til chloroform, som har en relativt høj Henrys konstant på ca. 370 Pa·m ³ /mol og derfor vil afdampe i stort omfang i renseanlægget. AOX vil adsorbere til slam i større omfang. Chloroform er ikke målt over detektionsgrænsen i udløbet fra Herlev Hospitals renseanlæg trods, at NaOCl anvendes til returskyllning af membranfiltre.	<1
7779-90-0	Tri-zink-bis(orthophosphat)	RCR er vurderet ud fra zink i stoffet. Zink fældes i renseanlægget. Op til 93% kan forventes fjernet. Zink er målt under den specifikke PNEC for Killerup Rende i udløbet fra Herlev Renseanlæg, jf. Tabel 5.6.	<1
9016-45-9	Nonylphenol-ethoxylat	Nonylphenol + mono- og di-ethoxylater er ikke målt over detektionsgrænsen (<0,05 µg/l) eller PNEC i udløb fra Herlev Hospitals renseanlæg, jf. Tabel 5.11. Stoffet er desuden på EU's liste over godkendelsespligtige stoffer med "sunset date" 4. januar 2021 ¹³ . Udfasning af nonylphenolethoxylat i produkter, der bruges på Nyt OUH, vil være en naturlig konsekvens af produktreguleringen.	<1
5995-42-6	[[2-(2-hydroxyethyl)imino]bis-(mehydroxyethyl)imino]bis(methylene)]-isphosphonicacid	Stoffet adsorberes kun i mindre grad til slammet. Op til 36% af stoffet kan forventes fjernet med slammet i renseanlægget. Denne type af stoffer har vist sig at blive oxideret selv ved relativt lave doser af ozon, samt at effektiviteten vokser proportionalt med ozon-dosis.	<1
64-02-8	Tetranatrium EDTA	EDTA er et almindeligt anvendt stof i hospitalsprodukter. Koncentrationen af EDTA blev i Herlev Hospitals renseanlæg målt til under 0,1 mg/L, hvilket er under PNEC-værdien, jf. Tabel 5.11.	<1
68131-39-5	Alkylalkohol-ethoxylat	Stoffet vurderes at blive fjernet i renseprocesserne i mindst samme omfang som nonylphenolethoxylat, som blev målt under detektionsgrænsen (0,05 µg/l) og PNEC i udløb fra	<1

¹³ Dato, hvorfra markedsføring og anvendelse af stoffet er forbudt - medmindre anvendelsen er undtaget, eller der er givet en tilladelse, eller der er indgivet en godkendelsesansøgning inden ansøgningsdatoen.

CAS-NR	Stofnavn	Fjernelse i renseanlæg	RCR efter rensning
		Herlev renseanlæg, jf. Tabel 5.11. Laboratorieundersøgelser har vist tæt på 100% nedbrydning efter ca. 4 timers ozonering.	
68424-85-1	Alkyldimethylbenzyl ammoniumchlorid	Mængden af aktivstof i produktet er ikke angivet mere præcist og er derfor behæftet med usikkerhed. Stoffet er kationisk og vil binde sig hårdt til slammet og vil derfor blive fjernet i stort omfang allerede inden ozonering. En samlet fjernelse med slam beregnes til at være på 90%. Yderligere omdannelse/nedbrydning vil ske ved ozonering.	<1

B Kortlægning af lægemiddelforbrug og -afledning på Nyt OUH

Som led i at beskrive kvaliteten af det udledte spildevand fra Nyt OUH's renseanlæg er der foretaget en kortlægning og vurdering af det forventet lægemiddelforbrug og udledning fra det avancerede renseanlæg.

B.1.1 Metodebeskrivelse

Lægemiddelkortlægningen er udført på baggrund af lægemiddelforbrugsdata for 2017 (senest tilgængelige) fra Sundhedsdatastyrelsen for OUH i Odense.

Lægemiddelforbrug på det somatiske og det psykiatriske hospital er registreret på afdelingsniveau. Til hver enkelt afdeling er knyttet en SKS-kode. I opgørelsen af det forventede lægemiddelforbrug på Nyt OUH er anvendt det registrerede forbrug knyttet til alle SKS-koder på det eksisterende OUH samt Psykiatrisk Afdeling Odense og Børne- og Ungdomspsykiatri, Odense. Lægemiddelforbruget i ambulatorier er ikke medregnet, da det forventes, at forbruget af lægemiddelstoffer fra ambulante patienter primært foregår uden for hospitalet.

Metoden til beregning af mængder og spildevandskoncentrationer er nærmere beskrevet i /14/. Alle beregninger er foretaget via DHI-databasen "*Pharmaceuticals*". Det samlede forbrug målt i gram beregnes ud fra oplysninger om antal pakninger, antal piller/væskeenheder pr. pakning og mængde aktivstof pr. pille/væskeenhed. Der regnes med 100% udskillelse fra patienterne, hvilket følger anbefalingerne i European Medical Agency's (EMA) vejledninger om miljørisikovurdering af lægemiddelstoffer /13/.

Der anvendes i Danmark ca. 1.100 forskellige aktive lægemiddelstoffer. Det er imidlertid ikke alle lægemiddelstoffer, som er relevante i forhold til miljøet. Stoffer som fx proteiner og vitaminer frasorteres, da disse jf. EMA's Guideline /13/ ikke miljøvurderes.

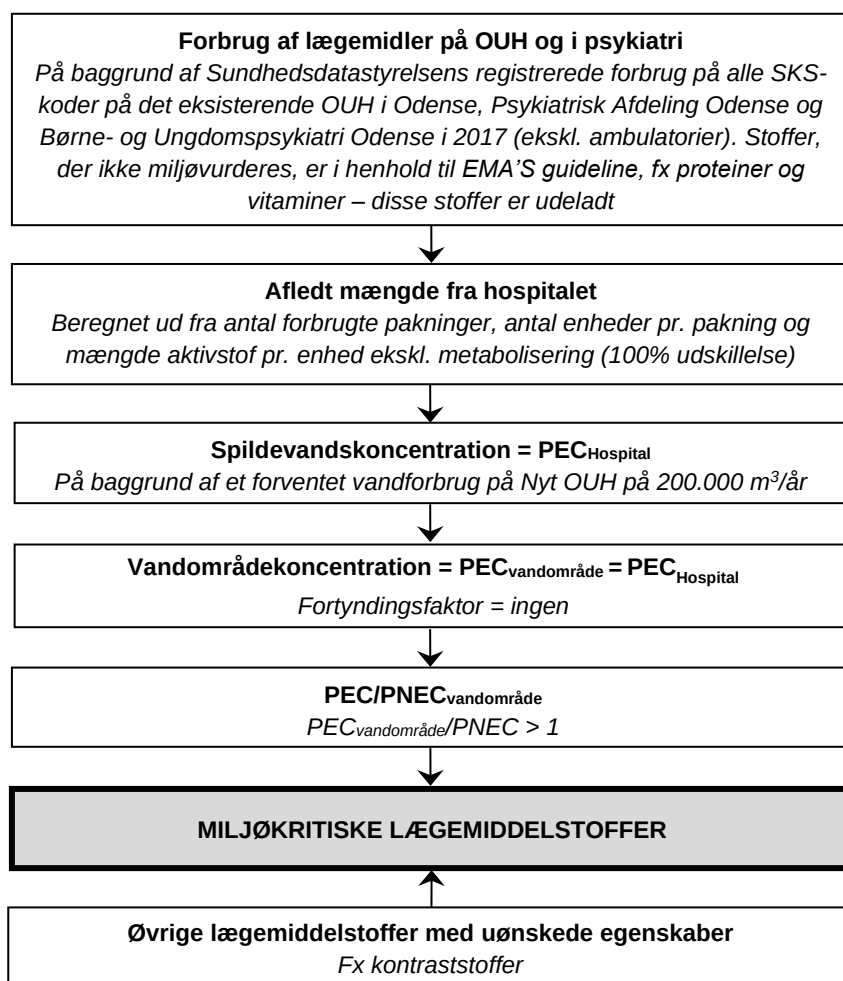
Til beregning af spildevandskoncentrationer i urensset spildevand fra Nyt OUH hospitalsmatrikel anvendes oplysninger om den årlige forventede spildevandsmængde på 200.000 m³.

Miljøvurderingen beskrevet nedenfor relateres udelukkende til miljøeffekten **uden** rensning. Spildevandet vil efter en rensning have en sammensætning, som beskrevet i Afsnit 5.5.

Risikoen i vandområdet er beregnet som forholdet mellem den forventede koncentration i vandområdet, PEC_{vandområde} (Predicted Environmental Concentration) og PNEC (Predicted No-Effect Concentration). Denne risiko betegnes risikokvotienten og er central for vurderingen af, hvilke lægemidler der er miljøkritiske. Input til PNEC-værdier for vandlevende organismer er indhentet fra FASS (den svenske lægemiddelindustri), den internationale videnskabelige litteratur samt fra EU og dansk lovgivning og PNEC-værdierne er fastsat efter metoden beskrevet i /38//39/.

Et PEC/PNEC-forhold større end 1 vurderes ifølge EMA-guidelinen /13/ som kritisk, idet et forhold >1 indikerer, at lægemiddelstofkoncentrationen i vandmiljøet kan påvirke vandlevende organismer.

Flowdiagrammet i Figur 7.2 viser beregningsforløbet, som er anvendt til udvælgelse af lægemiddelstoffer, der betragtes som miljøkritiske.



Figur 7.2 Metode til beregning og vurdering af udledninger af lægemiddelstoffer til vandmiljøet. Der er ikke regnet med fortynding af det urensede spildevand

B.1.1.1 Datagrundlag og stabilitetsscore

PNEC-værdier, som anvendes til beregning af miljørisikokvotienten, er beregnet på baggrund af data om stoffets giftighed over for udvalgte vandlevende organismer. Dette datagrundlag kan være mere eller mindre robust afhængigt af mængden af data, der er til rådighed, og derfor er der angivet en stabilitetsscore for hver PNEC-værdi for hvert stof i Tabel 7.6. Anvendte referencer på PNEC-værdierne er angivet i Bilag C.

Beregning af stabilitetsscoren er beskrevet i rapporten "Forslag til administrationsgrundlag for lægemiddelstoffer i hospitalsspildevand - anbefalede maksimale koncentrationer ved tilslutning til kloak - Input til KL's Arbejdsgruppe omkring hospitalsspildevand" [14]. En lav stabilitetsscore (0, 1 eller 2) betyder, at der er et solidt datagrundlag for stoffet, og at der kun er en ringe sandsynlighed for, at PNEC ændres, selvom der publiceres nye studier. En høj stabilitetsscore (3 eller 3,3) indikerer et mindre robust datagrundlag og en større sandsynlighed for en ændring af PNEC-værdien, når nye miljødata for stoffet bliver tilgængelige.

B.1.1.2 ABC-vurdering af lægemiddelstoffer

DHI har igennem de seneste år foretaget miljøvurderinger af flertallet af danske hospitaler og de tilknyttede spildevandsoplande. Som led i dette arbejde er omkring 500 lægemiddelstoffer blevet ABC-vurderet efter principperne beskrevet i Tilslutningsvejledningen, og disse ABC-vurderinger

er anvendt til at identificere det forventede forbrug af A-, B- og C-stoffer på Nyt OUH. Størstedelen af disse vurderinger er udført på baggrund af lægemiddelstoffernes CLP-klassificering, der er opgivet i ECHA's kemikaliedatabase /17/. Lægemiddelstofferne ABC-vurderes efter metoden beskrevet i Afsnit A.2.

B.1.1.3 Rangering af hospitaler som punktkilder

Forbruget af A- og B-stoffer indgår i klassificeringen/rangeringen af et hospital som punktkilde /14/. I Tabel 7.5 er vist en vejledende rangering af hospitaler som større, mellem eller mindre punktkilder. Rangeringen af hospitaler som punktkilder er udarbejdet på baggrund af erfaringer fra kortlægninger af danske hospitaler og er baseret på hospitalets forbrug af A- og B-stoffer, målte koncentrationer af lægemiddelstoffer i spildevand i forhold til anbefalede maksimale koncentrationer samt antibiotikabidrag til det kommunale renseanlæg. Hvis der også er udført en miljørisikovurdering med beregning af vandområdekonzentrationer ud for det kommunale renseanlæg, skal dette desuden indgå i det samlede billede af belastningen ud fra, hvor meget sundhedsinstitutionen bidrager til eventuelle overskridelser af lægemiddelstoffernes miljøeffektgrænser i vandområdet. I kortlægningen af Nyt OUH foretages også miljørisikovurdering (PEC/PNEC_{vandområde}) jf. ovenstående metodebeskrivelse.

Tabel 7.5 Vejledende rangering af større og mindre udledninger/bidrag fra sundhedsinstitutioner baseret på forbrug af A- og B-stoffer, sum af målte overskridelser af de anbefalede maksimale koncentrationer (AMK) og antibiotikabidrag /18/.

	A-stoffer	B-stoffer	Antal overskridelser af AMK i spildevand (Målt konc./AMK)	Antibiotikabidrag (minus penicilliner) til kommunalt renseanlæg
Mindre kilde	<50 kg/år	<300 kg/år	<5	<5 %
Mellem kilde	50 - 100 kg/år	300 - 500 kg/år	5 - 20	5 % - 20 %
Større kilde	>100 kg/år	>500 kg/år	>20	>20 %

På Nyt OUH er det kun forbruget af A- og B-stoffer, som er relevant i forhold til rangering af hospitalet som punktkilde, idet spildevandet ikke vil blive udledt til det kommunale renseanlæg Ejby Mølle. Der har ikke været foretaget spildevandsmålinger for lægemiddelstoffer på det eksisterende OUH.

B.1.2 Miljøkritiske lægemiddelstoffer på Nyt OUH

Der er fundet 613 miljørelevante lægemiddelstoffer på det eksisterende OUH (inkl. psykiatri) i 2017. Af disse lægemiddelstoffer er der 102 med en miljørisikokvotient (PEC/PNEC) >1 i ufortyndet, urensset spildevand.

Det er særligt lægemiddelstoffer med en miljørisiko (PEC/PNEC) >1 og med en stabil PNEC-værdi, som spildevandsindsatsen bør fokusere på. Af de 102 lægemiddelstoffer med en PEC/PNEC >1 har 39 stoffer en datastabilitet på 2 eller mere.

Tabel 7.6 viser de 39 miljøkritiske lægemiddelstoffer på Nyt OUH. Hele gruppen af ioderede kontrastmidler er persistente i miljøet men ikke toksiske.

En stor andel af de miljøkritiske lægemiddelstoffer fra Nyt OUH udgøres af lægemidler til behandling af sygdomme i centralnervesystemet - i alt 13 miljøkritiske lægemiddelstoffer, bl.a. bedøvelsesmidler (N01), smertestillende midler (N02), antiepileptiske midler (N03), antipsykotiske midler (N05) og antidepressive midler (N06). Forbruget af de miljøkritiske lægemiddelstoffer inden for ATC-gruppen "N" udgør ca. 81% af mængden af de miljøkritiske

lægemiddelstoffer i Tabel 7.6. Dette skyldes til dels, at psykiatriens forbrug af lægemiddelstoffer er inkluderet.

En anden stor andel af de miljøkritiske lægemiddelstoffer udgøres af systemiske midler til behandling af infektionssygdomme - i alt ni miljøkritiske lægemiddelstoffer, herunder midler til behandling af bakterielle infektioner (J01) og svampeinfektioner (J02). Forbruget af de miljøkritiske stoffer inden for ATC-gruppen "J" udgør ca. 5% af den samlede mængde af de miljøkritiske lægemiddelstoffer i Tabel 7.6.

De ioderede kontrastmidler (V088AB), som anvendes ved radiologiske undersøgelser, er ikke akut toksiske, men de er persistente. Ud fra et forsigtighedsprincip er kontraststofferne medtaget på listen over miljøkritiske stoffer, der er til stede i hospitalsspildevandet før rensning. Fra Herlev Hospital er der erfaring for, at kontrastmidlerne reduceres med >98% ved rensning af spildevandet /40/. Der anvendes omkring 1.255 kg ioderede kontrastmidler om året på OUH, hvoraf hovedparten vil være udskilt ca. 12 timer efter indtagelse.

Megestrol og bicalutamid er to endokrine terapeutiske lægemiddelstoffer (L02), som udgør en miljørisiko i urensset hospitalsspildevand. Megestrol anvendes til behandling af brystkræft, mens bicalutamid anvendes til behandling af prostatakræft (L01). Der anvendes små mængder af de to lægemiddelstoffer på Nyt OUH (henholdsvis 9,6 og 57 g/år).

Tabel 7.6 Miljøkritiske lægemiddelstoffer for ubehandlet spildevand fra Nyt OUH. I tabellen er vist lægemiddelforbrug fra Nyt OUH (g/år) og koncentration beregnet i ubehandlet spildevand fra Nyt OUH. Miljøriskoen er beregnet ved at dividere koncentrationen i ubehandlet spildevand (PEC) med nuleffektgrænsen (PNEC). Datastabiliteten indikerer sikkerheden, hvormed PNEC er bestemt – en lav værdi (fx 1,0) indikerer stor sikkerhed, og en høj værdi (fx 3,3) indikerer lav sikkerhed. Referencerne anvendt ved opstilling af PNEC fremgår af Bilag C.

ATC gruppe	ATC kode	Lægemiddelstof	Nyt OUH forbrug (g/år)	Herlev Hospital forbrug (g/år)	Antal gange større forbrug på OUH sammenlignet med HH	Koncentration [µg/l] i urensset spildevand fra Nyt OUH (PEC)	PECHospital /PNEC	Data-stabilitet	ABC
Centralnervesystemet	N06AB06	Sertraline	1.435	411	3,5	7,2	14.917	1	A
	N02BE01	Paracetamol	715.116	580.014	1,2	3.575	420	1,7	B
	N02AX02	Tramadol	7.550	8.366	0,9	38	408	2	B
	N01AX10	Propofol	26.783	18.930	1,4	134	63	2	A
	N06AX16	Venlafaxin	1.125	234	4,8	5,6	61	1	B
	N05AH02	Clozapin	1.128	80	14,1	5,6	34	2	A
	N03AF01	Carbamazepin	1.200	260	4,6	6,0	13	1,7	A
	N06AX21	Duloxetine	513	88	5,8	2,6	6,5	1	A
	N07BB01	Disulfiram	440	460	1,0	2,2	5,2	1,7	A
	N05AH04	Quetiapine	6.820	340	20,1	34	3,7	1	B
	N05AH03	Olanzapin	472	35	13,4	2,4	2,3	1	B
	N06AB03	Fluoxetine	42	11	3,8	0,21	2,1	1	A
	N07BC51	Buprenorphine	5.040	504	10,0	25	2	1	A
Infektionssygdomme, systemiske midler	J01MA02	Ciprofloxacin	13.931	9.794	1,4	69	837	1	A
	J01FA09	Clarithromycin	3.524	5.364	0,7	18	159	1,7	A
	J01FA10	Azithromycin	464	465	1,0	2,3	132	1,7	A
	J01DD02	Ceftazidim	2.020	690	2,9	10	84	2	A
	J01EB02	Sulfamethizole	1.192	2.100	0,6	5,9	55	1,9	B
	J01EE01	Sulfamethoxazole og trimethoprim	4.400	15.200	0,3	22	40	1	A
	J01FA01	Erythromycin	1.251	410	3,1	6,3	34	1	A
	J02AC04	Posaconazol	834	221	3,8	4,2	5,5	1,7	A

ATC gruppe	ATC kode	Lægemiddelstof	Nyt OUH forbrug (g/år)	Herlev Hospital forbrug (g/år)	Antal gange større forbrug på OUH sammenlignet med HH	Koncentration [µg/l] i urensset spildevand fra Nyt OUH (PEC)	PECHospital /PNEC	Data-stabilitet	ABC
	J01DD04	Ceftriaxon	18.550	5.510	3,4	93	1	2	A
Antineoplastiske og immunmodulerende midler	L04AA06	Mycophenolsyre	7.555	1.968	3,8	38	408	2	A
	L02AB01	Megestrol	9,6	221	0,04	0,05	16	1,7	A
	L02BB03	Bicalutamid	57	244	0,2	0,3	3,1	2	A
Urogenitalsystem og kønshormoner	G03CA03	Estradiol	3,68	0,76	4,8	0,02	199	0	A
	G03FB05	Norethisterone og østrogen (Estradiol)	0,85			0,005	46	0	A
Muskler, led og knogler	M01AE01	Ibuprofen	56.726	84.154	0,7	284	77	1,7	B
	M01AB05, M02AA15, M01AB55	Diclofenac	418	1617	0,3	2,1	45	1	A
	M01AE02	Naproxen	7.530	245	31	38	6,4	1,7	A
Fordøjelsesorganer og stofskifte	A10BA02, A10BD07, A10BD08	Metformin	26.511	16.195	1,6	132	36	1	B
Hjerte og kredsløb	C10AB04	Gemfibrozil	682	265	2,6	3,4	25	1	A
	C07AA05	Propranolol	254	163	1,6	1,3	14	1,7	A
	C01BD01	Amiodaron	5.396	2.578	2,1	27	4,7	2,2	A
	C03CA01	Furosemid	9.588	6.297	1,5	48	1,7	2	A
	C09CA06, C09DA06	Candesartan	34	9,41	3,6	0,17	1,5	2	A
	C08CA01	Amlodipin	278	174	1,6	1,4	1,5	2	A
Dermatologiske midler m.m.	D01AC02, A01AB09, G01AF04	Miconazol	467	516	0,9	2,31	13	1,7	A
Varia	V03AE03	Lanthanum	19.620	23.445	0,8	98	11	1	B
	V08AB	Ioderede kontrastmidler	1.254.763	1.397.555	0,9	6.274	<1 (for de enkelte stoffer)	3	C

Af Tabel 7.6 fremgår, at fem af de miljøkritiske lægemidler, der er identificeret på OUH forbruges i 10 gange større mængder på OUH sammenlignet med Herlev Hospital. Det er derfor relevant at vurdere fjernelsen af disse stoffer yderligere i forhold til fjernelsen på et renseanlæg med avancerede poleringstrin.

Erfaringer fra Herlev Hospital har vist, at udløbskoncentrationen af lægemiddelstofferne ikke har været afhængig af variationer i indløbskoncentrationen over året. Derimod er udløbskoncentrationen i større grad afhængig af en optimal drift af anlægget og dets poleringsteknologier som ozondosering og udskiftning af aktivt kul /21/. Det forventes dermed ikke at påvirke udløbskoncentrationen, at indløbskoncentrationen af lægemiddelstofferne til renseanlægget på Nyt OUH er en faktor 10 større end på Herlev Hospital. Tilsvarende vil renseanlægget på Nyt OUH blive dimensioneret til at modtage den ekstra belastning i forhold til på Herlev Hospital. Den større belastning kan medvirke til, at fx ozondoseringen skal øges eller at aktive kulfiltre skal udskiftes hyppigere.

Data for de fem miljøkritiske stoffer er vist i Tabel 7.7. Der er tillige vist data for sertralin, som ligesom fire af de øvrige lægemiddelstoffer anvendes til behandling af sygdomme i centralnervesystemet og som pga. en lav PNEC har en meget høj miljørisiko. Naproxen er et smertestillende lægemiddel.

Tabel 7.7 Forbrug og beregnet koncentration i spildevandet af fem lægemiddelstoffer på OUH og Herlev Hospital. Desuden er vis målte koncentrationer i urenset spildevand fra Herlev Hospital.

ATC kode	Lægemiddelstof	OUH forbrug (g/år)	HH forbrug (g/år)	Antal gange større forbrug på OUH sammenlignet med HH	Analysemetode ja/nej	Log Kow
N06AB06	Sertralin	1.435	411	3,5	ja	2,18
N05AH02	Clozapin	1.128	80	14	ja	2,7
N05AH04	Quetiapin	6.820	340	20	nej	2,8
N05AH03	Olanzapin	472	35,3	13	ja	2
N07BC51	Buprenorphin	5.040	504	10	nej	3,8
M01AE02	Naproxen	7.530	245	31	ja	2,8

Log k_{ow} værdierne for de seks miljøkritiske stoffer i Tabel 7.7 indikerer, at de bliver adsorberet i en aktiv kulkolonne svarende til kolonnerne, der er en del af renseprocesserne på Herlev Hospital. Forsøg med fuldskalarensning af spildevand fra udløbet på Slagelse renseanlæg /41/ viser, at indløbskoncentrationer af sertralin på 0,014 µg/l og naproxen på 0,2 µg/l reduceres i et kulfilter til under detektionsgrænsen (<0,5 ng/l) og PNEC. På samme måde forventes de øvrige fire lægemiddelstoffer med tilsvarende Log k_{ow} værdier at blive reduceret ved adsorption til kulfilter. Dertil kommer en eventuel yderligere fjernelse ved ozonering.

Analyser fra Herlev Hospitals renseanlæg har samtidig vist en reduktion af sertralin, clozapin og naproxen til under detektionsgrænsen i udløbet /21/:

- Sertralin: Fra 46 ng/l (40-52 ng/l) til <10 ng/l i udløbet
- Clozapin: Fra 200 ng/l (130-260 ng/l) i tilløbet til <10 ng/l i udløbet
- Naproxen: Fra 2.700 ng/l (2.200-3.400 µg/l) i tilløbet til <10 ng/l i udløbet

B.1.3 ABC-stoffer på Nyt OUH og rangering som punktkilde

I Tabel 7.8 er angivet mængden af A-, B- og C-stoffer, som forventes brugt på Nyt OUH baseret på forbruget på OUH i Odense i 2017.

Tabel 7.8 Mængden af A-, B- og C-lægemiddelstoffer på Nyt OUH.

[kg/år]	Nyt OUH
A-stoffer	362
B-stoffer	955
C-stoffer	6.767

C Referencer i forhold til PNEC for lægemiddelstoffer

ATC gruppe	ATC kode	Lægemiddelstof	ABC	PNEC Referencer	PNEC Extra Reference
Centralnervesystemet	N06AB06	Sertraline	A	Fass 2011	US EPA ECOTOX
	N02BE01	Paracetamol	B	SFT 2006	SFT (2006); MST QSAR; IUCLID; ECOTOX
	N02AX02	Tramadol	B	DHI (2012):PNEC	Pavla Sehonova, Lucie Plhalova, Jana Blahova, Petra Berankova, Veronika Doubkova, Miroslav Prokes, Frantisek Tichy, Vladimir Vecerek, Zdenka Svobodova (2016): The effect of tramadol hydrochloride on early life stages of fish. Environmental Toxicology and Pharmaco
	N01AX10	Propofol	A	Fass 2011	Fass.se
	N06AX16	Venlafaxin	B	SFT 2009	US EPA ECOTOX
	N05AH02	Clozapin	A	Special-Im, 2011	Overturf, M.D., C.L. Overturf, D. Baxter, D.N. Hala, L. Constantine, B. Venables & D.B. Huggett (2012): Early life-stage toxicity of eight pharmaceuticals to the Fathead Minnow. Phimephalses promelas, F3, G3, 455-464
	N03AF01	Carbamazepin	A	EQS Oekotoxzentrum. Datablad. 2012	EQS Oekotoxzentrum. 2012
	N06AX21	Duloxetine	A	Fass 2011	Fass.se
	N07BB01	Disulfiram	A	ECHA: REACH registreringsdatabase	ECHA
	N05AH04	Quetiapine	B	Fass 2011	Fass.se
	N05AH03	Olanzapin	B	Fass 2011	Fass.se
	N06AB03	Fluoxetine	A	Fass 2008	Fass.se
	N07BC51	Buprenorphine, combinations	A	Fass 2011	Fass.se
Infektionssygdomme, systemiske midler	J01MA02	Ciprofloxacin	A		JRC Watch, Ebert et al. 2011

	J01FA09	Clarithromycin	A	JRC Watch list	EQS Oekotoxzentrum. 2012
	J01FA10	Azithromycin	A	EQS Oekotoxzentrum. Datablad. 2012	EQS Oekotoxzentrum. 2012
	J01DD02	Ceftazidim	A	Fass 2007	Fass.se
	J01EB02	Sulfamethizole	B	DHI (2009): PNEC	Read-across til 723-46-6
	J01EE01	Sulfamethoxazole and trimethoprim	A	DHI (2010): PNEC	B. Ferrari et al. (2004)(2004): Environmental risk assessment of six human pharmaceuticals: Are the current environmental risk assessment procedures sufficient for the protection of the aquatic environment?. Environmental Toxicology and Chemistry 23 (5) 1
	J01FA01	Erythromycin	A	JRC Watch list	EQS Oekotoxzentrum. 2012
	J02AC04	Posaconazol	A	Roos, V., Gunnarson, L., Fick, J., Larsson, P. G. J. & Rudén, C., 2012: Prioritising pharmaceuticals for environmental risk assessment: towards adequate first-tier selection. Science of The Total Environment, Volumes 421-422, p. 102-110	Fass.se
	J01DD04	Ceftriaxon	A	Fass 2007	Fass.se
Antineoplastiske og immunmodulerende midler	L04AA06	Mycophenolsyre	A	Fass 2011	Fass.se
	L02AB01	Megestrol	A	DHI (2012): PNEC	Han et al. 2014
	L02BB03	Bicalutamid	A	DHI (2012): PNEC	Fass.se
Urogenitalsystem og kønshormoner	G03CA03	Estradiol	A	Bek 1022	ECHA
	G03FB05	Norethisterone and estrogen (Estradiol)	A	Bek 1022	ECOTOX; ECHA

Muskler, led og knogler	M01AE01	Ibuprofen	B	DHI (2011):PNEC	Overturf M.D., C.L. Overturf, D. Baxter, D.N. Hala, L. Constantine, B. Venables & D.B. Huggett (2012): Early life-stage toxicity of eight pharmaceuticals to the Fathead Minnow. Phimephalses promelas, F3, G3,455-464
	M01AB05, M02AA15, M01AB55	Diclofenac	A	EU. EQS dossier	EQS dossier
	M01AE02	Naproxen	A	Fass 2009	Oekozentrum (2012): Stoffdatenblattentwurf für Naproxen (Stand 21/06/2010, Aktualisierung 22/07/2010, Einarbeitung des Gutachtens am 17/01/2012)
Fordøjelsesorganer og stofskifte	A10BA02, A10BD07, A10BD08	Metformin	B		O. Niemuth N.J. & R.D. Klaper (2015): Emergin waste water contaminant metformin causes intersex and reduced fecundity in fish. Chemosphere 135, 38-45
Hjerte og kredsløb	C10AB04	Gemfibrozil	A	DHI (2012): PNEC	Isidori et al. 2007
	C07AA05	Propranolol	A	Fass 2007	Fass.se
	C01BD01	Amiodaron	A	DHI (2012): PNEC	Overturf M.D., C.L. Overturf, D. Baxter, D.N. Hala, L. Constantine, B. Venables & D.B. Huggett (2012): Early life-stage toxicity of eight pharmaceuticals to the Fathead Minnow. Phimephalses promelas, F3, G3,455-464
	C03CA01	Furosemid	A	Fass 2012	Fass.se
	C09CA06, C09DA06	Candesartan	A	Fass 2009	Fass.se
	C08CA01	Amlodipin	A	Fass 2009	Fass.se
Dermatologiske midler mm.	D01AC02, A01AB09, G01AF04	Miconazol	A	DHI (2012):PNEC	Bätscher R.: Miconazole nitrate (R014889): Toxicity to Scenedesmus subspicatus in a 72-hour algal growth inhibition test. RCC Study No. A351777; Janssen Study No. RMD709; January 11, 2006

Varia	V03AE03 V08AB	Lanthanum Ioderede kontrastmidler	B C	Special-Im, 2011	ECHA registreringsdata Fass
-------	------------------	---	--------	------------------	--------------------------------

D Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH

Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH baseret på data fra Herlev Hospitals rensesanlæg.

Tabel 7.9 Forventet kvalitet af rensset spildevand fra Nyt OUH (baseret på resultater fra Herlev Hospital).

	Enhed	Min.	Max.	Middel	Relativ analyse usikkerhed (%)	Reference
pH	-	7,7	8,1	7,9	-	/22/-/24/
Temperatur	°C	19	21 ¹⁾	19,5	-	/21/
Iltmætning	%	-	-	100	-	/21/
Ilt (v.18°C)	mg/l	-	-	9,5	-	/21/
COD	mg/l	11	16	14	15	/22/-/24/
BOD	mg/l	<0,5	1,6	0,9	15	/22/-/24/
Total-P	mg/l	0,46	1,5	0,86 ²⁾	15	/22/-/24/
Total-N	mg/l	1,2	8	3,9	15	/22/-/24/
NH _x -N	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	-	/21/
Fri NH ₃ -N	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	-	/21/
Opløst jern	mg/l	<0,01	<0,01	<0,01	-	/48/
Kviksølv (filtreret)	µg/l	<0,05	0,065	<0,05	20	/22/-/24/
Bly (filtreret)	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	20	/22/-/24/
Cadmium (filtreret)	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	30	/22/-/24/
Kobber (filtreret)	µg/l	<1	1,8	0,8	20	/22/-/24/
Nikkel (filtreret)	µg/l	<1	2,0	1,8	20	/22/-/24/
Zink (filtreret)	µg/l	9,3	19	14,6	20	/22/-/24/
Krom (filtreret)	µg/l	<0,5	4,4	1,8	20	/22/-/24/
DEHP	µg/l	<0,1	<0,1	<0,1	24	/21/
Bisphenol A	µg/l	0,01	0,01	0,01	30	/21/
Nonylphenoler	µg/l	<0,05	<0,05	<0,05	30	/21/
EDTA	µg/l	<100	<100	<100	-	/21/
LAS	µg/l	<100	<100	<100	-	/21/
1H-benzotriazol	µg/l	0,015	0,17	0,043	-	/21/
Azithromycin	ng/l	<10	<20	<20	20	/22/-/24/
Ciprofloxacin	ng/l	<10	43	22	20	/22/-/24/
Clarithromycin	ng/l	< 10	<50	<50	21	/22/-/24/
Diclofenac	ng/l	< 10	<30	<30	20	/22/-/24/
Erythromycin	ng/l	< 10	<20	<20	23	/22/-/24/
Sulfamethoxazol	ng/l	<10	30	11	20	/22/-/24/
Clozapin	ng/l	-	-	<10	20	/21/
Naproxen	ng/l	-	-	<10	20	/21//41/
Olanzapin	ng/l	-	-	i.a.	20	
Sertralin	ng/l	-	-	<0,5	20	/21//41/

Sum af ioderede kontrastmidler	ng/l	31.750	74.375	48.870	23	/22/-/24/
E.coli	MPN/10 0ml	<1	<1	<1	-	/22/-/24/

- 1) Temperaturen i procestankene kan dog nå op til 24-25 grader, når den omgivende lufttemperatur når op omkring de 30 grader i længerevarende perioder på 1-2 uger i juli-august
- 2) Ved optimeret fosforfældning kan opnås en gennemsnitlig fosforkoncentration på 0,2 mg/l /21/

E Modelberegning af regnvandsbassiner på Nyt OUH
(udarbejdet af Jes Vollertsen, AAU)



Indhold

1	Beregningsværktøjet	3
2	Systemet der beregnes	4
3	Metodik til vurdering af påvirkning	6
3.1	Nul-scenarie for belastningsvurdering	6
4	Vurdering af påvirkning	7
4.1	Beregningstilgange	7
4.2	Beregningsresultater	8
4.3	Øvre forhold ved udledning gennem bassinerne	9

Beregning og notat er udført af Jes Vollertsen, PhD, Professor i Miljøteknologi

For DHI, Urban Water og Nyt Odense Universitetshospital

Maj 2020

Jes Vollertsen
HV-Consult ApS
jv@hvcon.com

1 Beregningsværktøjet

Beregningerne er udført med simuleringsprogrammet WDP, der er designet til at beregne stof og hydraulik for tørre og våde regnvandsbassiner, infiltrationsbassiner og filtersystemer af alle størrelser – det vil sige også den type løsninger, der ofte kaldes LAR.

WDP står for Wet Detention Pond og blev oprindeligt udviklet i forbindelse med projektet "Renere teknologi til håndtering og rensning af separat regnvand" finansieret af Miljøstyrelsen og med samarbejdspartnerne Aalborg Universitet, Orbicon, Rørcentret ved Teknologisk Institut og Danmarks Tekniske Universitet. Programmet, den bagvedliggende dokumentation samt brugervejledningen kan frit hentes på hjemmesiden www.separatvand.dk. Siden den første udgave i 2012, er WDP blevet udvidet til også at kunne håndtere nedsivningsløsninger, filtersystemer, tørre bassiner og koblede bassiner. WDP kan håndtere alle størrelser af bassiner og oplande, og dermed også den type løsninger der går under betegnelsen LAR.

WDP beregner en vand- og stofbalance for de forskellige bassintyper ud fra historiske regnserier. Afstrømning fra befæstede arealer beregnes ved en tid-areal metode. Udledning af vand beregnes ved at opstille en massebalance, der tager hensyn til den varierende vandføring såvel ind som ud af bassinet. Det er muligt at introducere en maksimal udløbsvandføring svarende til et bestemt afløbstal, eller sætte mere komplekse udløbsforhold så som en Q-H relation. WDP kan medtage basisvandføring, udsivning gennem en utæt bund og fordampning. Stofkoncentrationen i tilløbet kan sættes til at være konstant over tid, eller til at være genereret ved en opbygning-afvaskning model. Basisvandføringen kan variere over året og tildeles en konstant stofkoncentration.

Udledte stofmængder beregnes ved at koble vandbalancen til henfaldsprocesser for de enkelte forureningskomponenter i bassinet. Beregningen heraf sker ved, at modellen opstiller et antal differentialligninger, der løses numerisk med et minuts tidsskridt. Modelberegningen udføres for hele den valgte regnseries varighed og kræver typisk et par minutters beregningstid for et enkelt bassin med en 30-40 års regnserie. Koblede bassiner og komplicerede udløbsforhold tager noget længere at beregne, typisk 10-30 minutter per gennemregning.

I modsætning til hjælpeværktøjet til Skrift 30, hvor resultatet er et volumen svarende til en valgt gentagelsesperiode og oplandsbeskrivelse, så er resultatet af WDP beregningen de udledte vand- og stofmængder for et givet bassin (eller system af bassiner) og en given regnserie. WDP beregner samtidigt forskellige hydrauliske parametre så som antal overløb, overløbsvolumener og lignende.

Anvendelse af WDP til dimensionering kræver således flere gennemregninger, hvor eksempelvis bassindimensioner eller udløbsvandføring ændres indtil dimensioneringskriteriet er opfyldt (fx koncentrationen af et givet stof i udløbet). For at lette denne proces kan WDP automatisk iterere bassinstørrelsen så en given udløbskoncentration opnås. Idet Skrift 30 ikke direkte medtager koblede regn og samtidig er baseret på en syntetisk nedbør, vil de to beregningsmetoder ikke give præcist det samme resultat for ens oplande.

WDP kan regne på koblede bassiner, som sammenstilles i et projekt. Beregningerne sker sekventielt, det vil sige, først beregnes de opstrøms bassiner, hvis udløbsvandmængder og koncentrationer derpå benyttes til at beregne de nedstrøms bassiner.

WDP er et gratis program, et såkaldt freeware program, kodet af Jes Vollertsen, professor ved Aalborg Universitet.

2 Systemet der beregnes

Overfladevand fra Nyt Odense Universitetshospital (OUH) skal renses i et system af koblede regnvandsbassiner. Afvandingssystemet for Nyt OUH er hydraulisk delt i et østligt og vestligt område, med den kommende letbane som skillelinje (Figur 1). I nærværende analyse betragtes alene den østlige del og dennes rensbassiner. I nærværende analyse modtager rensbassinerne overfladevand fra hospitalsområdet, afledning fra en grundvandssænkning, og rensset spildevand fra Nyt OUH. Bassinerne, deres navngivning, og hvordan de er forbundne ses i Figur 2. Nøgletal for bassinernes udformning og belastning ses i Tabel 1. Vandføringen for det rensede vand fra Nyt OUH forudsættes at være konstant over året, idet der er døgnudligning på Nyt OUH's rensesanlæg. Denne vandstrøm forudsættes at udgøre 200.000 m³/år og tilledes bassin D. Drænvandet forudsættes ligeledes at være jævnt fordelt over året, og at udgøre 15.000 m³/år og tilledes bassin C (Tabel 3).



Figur 1. Oversigt over afvanding og rensning på Nyt Odense Universitetshospital (OUH). Den optrukne lilla linje er en trykledning fra OUH rensesanlæg til en afskærende regnvandsledning langs med ringvejen illustreret ved den stiplede lilla linje

Beregningerne i denne rapport fokuserer på stofferne: Total kvælstof, total fosfor og total zink.

Sammensætningen af det afstrømede regnvand forudsættes at svare til, hvad der er standard for almindelige byoverflader, som diskuteret i baggrundsmaterialet for WDP. Der bruges endvidere koncentrationer, der er konstante over tid, da modeller for opbygning og afvaskning af stof på byoverflader er notorisk usikre, og anvendelse heraf derfor ikke fører til bedre simuleringer. De forudsatte koncentrationer i det afstrømede regnvand, samt de forudsatte koncentrationer i det rensede spildevand fra Nyt OUH og drænvandet, ses i Tabel 2. Koncentrationerne i drænvandet kendes ikke, og vil afhænge af en lang række ukendte forhold. Kvælstof-, fosfor- og zinkindholdet sættes derfor til de gennemsnitlige

indhold i danske vandløb, henholdsvis 4 mg-N/L, 0,08 mg-P/L og 0,018 mg-Zn/L.^{1,2} Den samlede vand- og stofudledning fra det rensede hospitalsspildevand og drænvand ses i Tabel 3.



Figur 2. Vandets vej gennem bassinerne. De blå pile indikerer overfladevand, den stiplede lilla linje indikerer rensede hospitalsspildevand

Da afløbstallet for bassinerne er relativt lille, medregnes fordampling fra bassinerne, svarende til default værdier i WDP. Bassinerne forudsættes tætte, det vil sige der hverken sker indsivning af uvedkommende vand til systemet eller udsivning gennem bassinernes bund.

Tabel 1. Nøgletal for bassinernes udformning og belastning.

	Vådvolumen	Forsinkelses- volumen	Opland, reduceret areal	Renset hospitals- spildevand, middel- vandføring	Drænvand, middel- vandføring	Maks udløbs- vandføring
	[m³]	[m³]	[ha]	[L/s]	[L/s]	[L/s]
Bassin C	1251	2.764	8,64	-	0,48	-
Bassin D	982	2.670	12,28	6,34	-	-
Bassin I	10299	14.673	-	-	-	24*
fordelt på:						
Bassin I_D	25%	25%	-	-	-	-
Bassin I_C	20%	20%	-	-	-	-
Bassin I_CD	55%	55%	-	-	-	-

* Der benyttes en Q-H relation svarende til data for den anvendte vandbremse

Tabel 2. Forudsat stofindhold i de forskellige typer vand

	Total-N [mg/L]	Total-P [mg/L]	Total-Zn [mg/L]
Afstrømmet regnvand	3,0	0,3	0,150
Renset spildevand fra Nyt OUH	3,9	0,2	0,015
Drænvand	4,0	0,08	0,018

¹ Vandløb 2016, Kemisk vandkvalitet og stoftransport, NOVANA, Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 270, udgivet 2018

² Zink og kobber i vandmiljøet, Kilder, forekomst og den miljømæssige betydning, Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, nr. 263, udgivet 2018

Tabel 3. Årlig udledning af vand og stof fra hospitalsspildevand og drænvand, stofkoncentrationer ses i Tabel 2

	Vandmængder [m ³]	Total-N [kg]	Total-P [kg]	Total-Zn [kg]
Renset hospitalsspildevand	200.000	780	40,0	3,00
Drænvand	15.000	60	1,2	0,27

3 Metodik til vurdering af påvirkning

Beregning af hvordan udledningen af det rensede hospitalsspildevand påvirker rensningen af regnvandet følger paradigmet opstillet i 'Vejledning til beregning af udledte stofmængde fra koblede bassiner og LAR løsninger', udgivet af Aarhus kommune og udviklet af Aalborg Universitet i samarbejde med Aarhus kommune.³ Kort fortalt går metoden ud på, at benytte BAT dimensionering for regnvandsbassiner som referencescenarie, når et alternativt design ønskes anvendt. Alternative design kunne være koblede bassiner, integrering af LAR løsninger i oplandet, tilledning af andre vandtyper end regnvand til bassiner, og så videre. Referencescenariet er et design, hvor det samlede oplandsareal er tilkoblet ét centralt bassin dimensioneret efter BAT kriterier. Dokumentationen sker konkret ved at dokumentere, at den samlede stofudledning fra det ønskede design ikke overskrider udledningen for referencescenariet. Til beregning af stofudledning benyttes en numerisk computermodel for stoffjernelse (dvs. WDP).

For Nyt OUH udledningen benyttes dog ikke et BAT scenarie som udgangspunkt for belastningsvurderingen, men et nul-scenarie, der svarer til, hvad bassinerne oprindeligt er designet efter.

3.1 Nul-scenarie for belastningsvurdering

Som nul-scenarie for vurderingen af rensningen af regnvandet benyttes et scenarie med et system af koblede bassiner svarende til det anlagte (Tabel 1, Figur 2), men med et samlet vådvolumen (V_v) på 200 m³/(red.ha) og en gentagelsesperiode (T) for overløb på 20 år. Volumener af de enkelte bassiner (Tabel 1) er reduceret proportionalt med forholdet mellem nul-scenariets volumen og det anlagte volumen, det vil sige med en faktor $200/599 = 0,3339$.

Til sammenligning beregnes et BAT referencescenarie, det vil sige et enkelt bassin med et vådt volumen (V_v) på 200 m³/(red.ha) og en gentagelsesperiode (T) for overløb på 5 år. Idet nul-scenariet består af koblede bassiner, vil nul-scenariet føre til øget rensning af regnvandet i forhold til BAT referencescenariet. Øgningen af gentagelsesperioden fra 5 til 20 år har en minimal betydning for rensningen, idet de akkumulerede overløbsvolumener er små, og vandet passerer bassinet før overløb.

Udløbsvandføringen sættes i begge tilfælde til 24 L/s og konstant og uafhængig af vandstand i bassinet. Bassinet er tæt og der sker ingen fordampning. Skråningsanlægget er 1:5 og bassinerne er ovale med et længde-bredde forhold på 3.

Til beregningerne anvendes en historisk regnserie fra Odense Nordvest renseanlæg af varighed 38 år og 140 dage efter korrektion for udfald af regnmåler. Initialtabet sættes til 0,8 mm, der er ingen yderligere hydrologisk reduktion. Nøgleparametre for bassinerne i nul-scenariet og BAT referencescenariet ses i Tabel 4. Hertil kommer udledningen fra Nyt OUH rensed spildevand samt drænvand, som i referencescenarie forudsættes at blive udledt direkte til recipient uden passage af regnvandsbassiner.

³ Asbjørn Haaning Nielsen, Jes Vollertsen, Nikolaj Kruse Christensen (2017). Vejledning til beregning af udledte stofmængde fra koblede bassiner og LAR løsninger. Vejledning fra Aarhus kommune, pp. 32. Downloades fx fra <http://regnvandskvalitet-abc.teknologisk.dk/media/1072/veiledning-til-beregning-af-stofmaengder-fra-bassiner-og-lar-loesninger.pdf>

Tabel 4. Nøgletal for bassinernes udformning og belastning i nul-scenariet og i BAT referencescenariet. For nul-scenariet er vådvolumenet fordelt på 6 bassiner svarende til Figur 2 men med reduceret volumen. BAT referencescenariet består af ét bassin

	Vådvolumen [m ³]	Forsinkelses- volumen [m ³]	Opland, reduceret areal [ha]	Udløbs- vandføring [L/s]	Gentagelses- periode for overløb (T) [år]
Nul-scenarie	2092	7500	20,92	24	20
BAT referencescenarie	2092	7500	20,92	24	5

Beregning af nul-scenariet og BAT referencescenarie for regnvandsrensningen giver de i Tabel 5 viste stofmængder i tilløb og udløb fra bassinet. Det ses som forventet, at nul-scenariet opnår yderligere rensning i forhold til BAT referencescenariet.

Tabel 5. Årlige stofmængder fra nul-scenarie og BAT referencescenarie

	Total-N [kg/år]	Total-P [kg/år]	Total-Zn [kg/år]
Tilløb med regnvand til nul-scenarie bassin	239,5	23,95	11,98
Udledning fra BAT referencescenarie bassin, rensset regnvand	145,2	6,32	2,70
Udledning fra nul-scenarie koblede bassiner, rensset regnvand	125,2	2,74	0,94

Den samlede stofudledning fra området består af stof i regnvand, stof i rensset hospitalsspildevand, og stof i drænvand. De to sidstnævnte forudsættes i referencescenarie at blive udledt direkte til recipient uden passage af regnvandsbassiner eller anden behandling. Summen af udledninger i nul-scenariet ses i Tabel 6.

Tabel 6. Årlige stofmængder fra nul-scenarie inklusive udledning fra rensset hospitalsspildevand og drænvand

	Total-N [kg/år]	Total-P [kg/år]	Total-Zn [kg/år]
Udledning fra nul-scenarie, rensset regnvand	125,2	2,74	0,94
Udledning fra rensset hospitalsspildevand ved direkte udledning udenom bassiner	780,0	40,00	3,0
Udledning fra drænvand ved direkte udledning udenom bassiner	60,0	1,20	0,27
Samlet stofudledning ved nul-scenarie	965,2	43,94	4,21

I den efterfølgende beregning af konsekvensen ved at lede det rensede spildevand gennem det planlagte system af koblede bassiner, sammenlignes de beregnede udledninger for det planlagte system med den beregnede totale udledning i nul-scenariet (Tabel 6, 'Samlet stofudledning ved nul-scenarie'). Endvidere sammenlignes påvirkningen af rensningen af regnvandet alene, altså den første linje i Tabel 6, 'Udledning fra nul-scenarie, rensset regnvand'.

4 Vurdering af påvirkning

Nøgleparametre for det planlagte system fremgår af Tabel 1, mens de samlede tilløb til bassinsystemet fremgår af Tabel 5 og Tabel 6. Her ud fra kan den samlede påvirkning af det kombinerede system beregnes som beskrevet i afsnit 3.

4.1 Beregningstilgange

Beregningerne gennemføres under tre forskellige beregningstilgange, der kan betragtes som en øvre og nedre grænse for bassinernes effektivitet overfor de tilløbte vandtyper. Den sidste beregningstilgang er et udtryk for det mest realistiske scenarie, lavet ud fra et bedste fagligt skøn for bassinernes virkelige effektivitet overfor det rensede hospitalsspildevand og drænvand.

- A. Øvre beregning for renseeffektivitet. Kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet omsættes med samme rate som kvælstof, fosfor og zink i regnvand. For zink og til en vis grad også fosfor, er dette en overvurdering af renseeffekten, da disse stoffer i regnvand i vid udstrækning er knyttet til partikler, der alt andet lige fjernes mere effektivt i et vådt regnvandsbassin end opløst stof. Opløst fosfor er dog et næringssalt, og vil derfor i vækstsæsonen blive tilbageholdt effektivt gennem plante- og algeoptag. Kvælstoffet i hospitalsspildevandet forekommer primært som nitrat og vil dermed kunne denitrificeres på linje med nitrat i regnvand, såvel sommer som vinter, og kvælstoffjernelsen i de to typer vand er derfor formentlig tæt på at være identisk.
- B. Nedre beregning for renseeffektivitet. Kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet omsættes ikke i bassinerne, og det er alene kvælstof, fosfor og zink i regnvand, der omsættes. Ræsonnementet bag denne antagelse er, at bassiner er ringere til at fjerne opløst stof end partikulært stof. For alle stoffer er dette en klar undervurdering af renseeffekten, da disse stoffer også forekommer i opløst form i regnvand.
- C. Bedste estimat for renseeffektivitet. Kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet omsættes, men med en lavere rate⁴ end kvælstof, fosfor og zink i regnvand. For fosfor sættes raten til 70% af raten for regnvandet, for zink til 50%, mens den for kvælstof sættes til 80%. Årsagen er, at fosfor og zink i regnvand i vid udstrækning er knyttet til partikler, mens de primært er opløste for hospitalsspildevandet og drænvandet. Opløst fosfor fjernes dog alt andet lige mere effektivt end opløst zink. Kvælstof er i vid udstrækning på samme form i de to slags vand, men lidt af kvælstoffet er dog på partikulær form i regnvand.

4.2 Beregningsresultater

Resultaterne af de tre beregninger ses i Tabel 7, Tabel 8 og Tabel 9. For alle tre beregningsmetoder sker der en samlede reduktion af miljøbelastning med kvælstof, fosfor og zink i forhold til nul-scenariet. Selv hvis man ganske urealistisk antager, at stof i det rensede hospitalsspildevand og drænvand er uomsætteligt, vil rensningen af regnvandsdelen ikke bliver ringere, end hvad der ville være sket i nul-scenariet.⁵ Årsagen er, at det planlagte system har cirka 3 gange så stort et vådvolumen som nul-scenariet, og at der derfor er rigeligt overskydende kapacitet til også at håndtere såvel det rensede hospitalsspildevand som drænvandet. En yderlige grund er, at bassinerne vil udlede vand hele året, idet de installerede vandbremsere aldrig vil tillade fuld udnyttelse af den tilladte udløbsvandføring, og udløbsvandføringen aldrig når under hvad der løber til i form af rensed hospitalsspildevand samt drænvand, minus fordampning fra bassinerne. Vandbremsen i kombination med de konstante tilløb betyder endvidere, at vandstanden aldrig når ned til udløbskoten og det gennemsnitlige vandvolumen bassinerne i beregningsperioden bliver knap 18400 m³, svarende til cirka 47% mere volumen end hvad systemet er dimensioneret til.

Tabel 7. Øvre beregning for renseeffektivitet (A). Årlige udledte stofmængder for det planlagte system under antagelse af, at kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet omsættes med samme rate som kvælstof, fosfor og zink i regnvand

	Total-N [kg/år]	Total-P [kg/år]	Total-Zn [kg/år]
Total udledning ved nul-scenarie	965.2	43.94	4.21
Udledning fra regnvandsdelen alene	69.0	0.26	0.06
Udledning fra hospitalsspildevand- og drænvand delen	393.9	0.74	0.03
Total udledning fra det planlagte system, inklusive overløb	462.9	1.00	0.09
Reduktion i samlet belastning ift. nul-scenarie	502.3	42.94	4.12

⁴ WDP benytter 1. ordens procesudtryk til at beregne fjernelse af stof, og med 'rate' menes 1. ordens procesraten for det pågældende stof

⁵ Dette ses ved at sammenligne Tabel 5 linje 'Udledning fra nul-scenarie...' med Tabel 7 - Tabel 9 'Udledning fra regnvandsdelen alene'

Såvel det rensede hospitalsspildevand som drænvandet vil altså kunne ledes gennem bassinerne uden at rensningen af regnvandet reduceres til under nul-scenariet.

Beregningen af regnvandsandelen alene er sket under hensyntagen til, at regnvandsdelen vil have forskellig opholdstid i forhold til de to andre vandtyper, og er dermed ikke blot proportional med de rensede vandmængder.⁶

Tabel 8. Nedre beregning for renseseffektivitet (B). Årlige udledte stofmængder for det planlagte system under antagelse af, at kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet ikke kan omsættes

	Total-N [kg/år]	Total-P [kg/år]	Total-Zn [kg/år]
Total udledning ved nul-scenarie	965,2	43,94	4,21
Udledning fra regnvandsdelen alene	69,0	0,26	0,06
Udledning fra hospitalsspildevand- og drænvand delen	840,0	41,2	3,27
Total udledning fra det planlagte system, inklusive overløb	909,0	41,46	3,33
Reduktion i samlet belastning ift. nul-scenarie	56,2	2,48	0,88

Tabel 9. Middel beregning for renseseffektivitet (C). Årlige udledte stofmængder for det planlagte system under antagelse af, at kvælstof, fosfor og zink i hospitalsspildevandet og drænvandet omsættes med en lavere rate end i regnvand

	Total-N [kg/år]	Total-P [kg/år]	Total-Zn [kg/år]
Total udledning ved nul-scenarie	965,2	43,94	4,21
Udledning fra regnvandsdelen alene	69,0	0,26	0,06
Udledning fra hospitalsspildevand- og drænvand delen	503,7	1,30	0,06
Total udledning fra det planlagte system, inklusive overløb	572,7	1,56	0,12
Reduktion i samlet belastning ift. nul-scenarie	392,5	42,38	4,09

4.3 Øvre forhold ved udledning gennem bassinerne

Det skal endvidere pointeres, at en afledning af hospitalsspildevandet og drænvandet igennem bassinerne vil have en positiv samlet effekt på de udledte stofmængder, idet bassinerne vil efterpolere hospitalsspildevandet og drænvandet før udledning til recipient. Den samlede reduktion i udledning af total-N, total-P og total-Zn i det to typer vand vil mest sandsynlig svare til middel beregningsmetoden C, og dermed til en reduktion på cirka 392 kg N/år, 42 kg P/år og 4,1 kg Zn/år. Endvidere giver en udledning gennem bassinerne en ekstra beskyttelse mod driftsuheld på Nyt OUH. Dels fordi bassinerne giver en forsinkelse af udledningerne, og man derfor vil kunne isolere udledt vand før det når recipienten, og dels fordi bassinerne vil virke som renseforanstaltning for udledt vand under driftsuheld.

⁶ Rent beregningsteknisk er dette gjort ved at antage at stof i hospitalsspildevandet drænvandet er uomsætteligt og alene se på hvor meget af regnvandets stofindhold der fjernes.