

Kalmar Kommunbolag AB

Utdrag ur protokoll fört vid styrelsemöte den 26 april 2022

§ 46

Kalmarsundsverket

Handlingar

- Tjänsteskrivelse
- Protokollsutdrag Kalmar Vattens styrelse 2022-04-14
- Kalmar Vattens beslutsunderlag Kalmarsundsverket
 - bilaga till beslutsunderlag – Visionsdokument
 - bilaga till beslutsunderlag - Jämförelsetabell, miljövillkor
 - bilaga till beslutsunderlag - Förordning om minimikrav för återanvändning av återvunnet vatten
 - bilaga till beslutsunderlag – Visionsskisser
 - bilaga till beslutsunderlag - SVU-rapport

Överläggning

Thomas Bergfeldt, Carolin Svensson, Magnus Franzén samt Ulrika Färm från Kalmar Vatten AB föredrog ärendet.

Nuvarande avloppsreningsverk upprättades under 1960-talet och har byggts ut i flera etapper. De flesta bassäng- och byggnadskonstruktionerna är upp till 50 år gamla och bedöms vara uttjänta. Att fortsätta att renovera och bygga till är inte hållbart.

Kalmar avloppsreningsverk har haft svårt att uppfylla reningskravet gällande totalkväve under 2000-talet. För att kunna säkerställa att såväl skärpta reningskrav med avseende på kväve och fosfor kan uppfyllas, att bättre energi- och kostnadseffektivitet uppnås samt att en ökad belastning från en växande kommun kan mötas, krävs nybyggnation av vattenreningsdelen.

Befintlig slambehandlingsanläggning på avloppsreningsverket omfattar en del begränsningar som under senaste åren påverkat möjligheterna för effektiv vattenrening negativt. Åtgärder krävs för att kunna hantera ökade slammängder som härrör från befolkningstillväxt och nyanslutningar. Denna belastningsökning leder till behov av större rötningsvolym samt behov av ökad kapacitet för alla funktioner inom slambehandlingen.

2016 togs ett inriktningsbeslut i Kalmar kommunfullmäktige där Kalmar Vatten fick i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma med en kalkyl inför ett investeringsbeslut.

Syftet med Kalmarsundsverket är att uppnå en i det långa perspektivet ekonomiskt fördelaktig investering som möjliggör avsevärd förbättrad rening. Anläggningen ska vara energieffektiv och möjliggöra den förväntade belastningsökningen, framtida etableringar, expansion samt möta förväntade klimatförändringar.

Kalmarsundsverket blir ett modernt kretsloppsverk med hög driftsäkerhet och flexibilitet inför framtidens behov. Med ny teknik kommer utsläppen av kväve och fosfor att minska med minst 35 % jämfört med nuvarande nivåer i miljötillståndet.

Produktionsmålet för Kalmarsundsverket är att ligga ytterligare 20 % under de kommande skärpta utsläppskraven i miljötillståndet. Anläggningen kommer att kunna producera upp till 80 % återvunnet vatten som ska användas till Kalmarsundsverkets behov. Det återvunna vattnet kan även användas som bevattningsvatten eller tekniskt vatten till industrin och övriga behov. Kalmarsundsverket skapar därmed ett hållbart kretslopp.

2017 skapades visionen ”Kalmarsundsverket - Sveriges bästa stadsnära reningsverk”. Det finns en hög ambition för Kalmarsundsverket där högsta prioritet är god kvalitet på det renade vattnet. Fokus ligger även på helhetsupplevelsen av närmiljön, ett intressant besöksmål, hög status på teknik, arkitektur och arbetsmiljö. Detta är parametrar som projektet har beaktat i utformningen av ett nytt kretsloppsverk.

Kalmarsundsverket är en av regionens största investeringar med visionen att bygga Sveriges bästa stadsnära reningsverk. Ett kretsloppsverk som kommer rena vatten för återanvändning till olika användningsområden. Med Kalmarsundsverket bygger vi ett driftsäkert och hållbart kretsloppsverk som genom modern teknik säkrar ett friskt Kalmarsund och möjliggör framtidens Kalmar. Kalmarsundsverket är en av Kalmars viktigaste framtidssatsningar.

Med det föreslagna investeringsbeslutet tillsammans med tidigare beslutade belopp uppgår den totala investeringen för Kalmarsundsverket till 2 085 mnkr.

Beslut

Styrelsen för Kalmar Kommunbolag AB föreslår att kommunfullmäktige beslutar att bevilja Kalmar Vatten AB investeringsbeslut om 1 737 mnkr för upprättande av nytt avloppsreningsverk inklusive driftbyggnader och huvudkontor för Kalmar Vatten avseende kostnader från kontrakt till färdigställande.

Bevilja Kalmar Vatten av utökad borgensram för motsvarande omfattning av investeringsbeslutet om 1 737 mnkr från kontrakt till färdigställande.

Sekreterare Anette Stenlund

Justerat Erik Ciardi Dzenita Abaza
 ordförande

Rätt utdraget intygar
Anette Stenlund

Handläggare
Ulrick Hultman
0480-450 028

TJÄNSTESKRIVELSE

Datum 2022-04-20 Ärendebeteckning .

Styrelsen i Kalmar Kommunbolag

Investeringsbeslut Kalmarsundsverket

Förslag till beslut

Styrelsen för Kalmar Kommunbolag AB föreslår att kommunfullmäktige beslutar att bevilja Kalmar Vatten AB investeringsbeslut om 1 737 Mnkr för upprättande av nytt avloppsreningsverk inklusive driftbyggnader och huvudkontor för Kalmar Vatten avseende kostnader från kontrakt till färdigställande.

Bevilja Kalmar Vatten AB utökad borgensram för motsvarande omfattning av investeringsbeslutet om 1 737 Mnkr från kontrakt till färdigställande.

Bakgrund

Nuvarande avloppsreningsverk upprättades under 1960-talet och har byggts ut i flera etapper. De flesta bassäng- och byggnadskonstruktionerna är upp till 50 år gamla och bedöms vara uttjänta. Att fortsätta att renovera och bygga till är inte hållbart.

Kalmar avloppsreningsverk har haft svårt att uppfylla reningskravet gällande totalkväve under 2000-talet. För att kunna säkerställa att såväl skärpta reningskrav med avseende på kväve och fosfor kan uppfyllas, att bättre energi- och kostnadseffektivitet uppnås samt att en ökad belastning från en växande kommun kan mötas, krävs nybyggnation av vattenreningsdelen.

Befintlig slambehandlingsanläggning på avloppsreningsverket omfattar en del begränsningar som under senaste åren påverkat möjligheterna för effektiv vattenrening negativt. Åtgärder krävs för att kunna hantera ökade slammängder som härrör från befolkningstillväxt och nyanslutningar. Denna belastningsökning leder till behov av större rötningsvolym samt behov av ökad kapacitet för alla funktioner inom slambehandlingen.

2016 togs ett inriktningsbeslut i Kalmar kommunfullmäktige där Kalmar Vatten fick i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma med en kalkyl inför ett investeringsbeslut.



Syftet med Kalmarsundsverket är att uppnå en i det långa perspektivet ekonomiskt fördelaktig investering som möjliggör avsevärd förbättrad rening. Anläggningen ska vara energieffektiv och möjliggöra den förväntade belastningsökningen, framtida etableringar, expansion samt möta förväntade klimatförändringar.

Kalmarsundsverket blir ett modernt kretsloppsverk med hög driftsäkerhet och flexibilitet inför framtidens behov. Med ny teknik kommer utsläppen av kväve och fosfor att minska med minst 35 % jämfört med nuvarande nivåer i miljötillståndet.

Produktionsmålet för Kalmarsundsverket är att ligga ytterligare 20 % under de kommande skärpta utsläppskraven i miljötillståndet. Anläggningen kommer att kunna producera upp till 80 % återvunnet vatten som ska användas till Kalmarsundsverkets behov. Det återvunna vattnet kan även användas som bevattningsvatten eller tekniskt vatten till industrin och övriga behov. Kalmarsundsverket skapar därmed ett hållbart kretslopp.

2017 skapades visionen ”Kalmarsundsverket - Sveriges bästa stadsnära reningsverk”. Det finns en hög ambition för Kalmarsundsverket där högsta prioritet är god kvalitet på det reade vattnet. Fokus ligger även på helhetsupplevelsen av närmiljön, ett intressant besöksmål, hög status på teknik, arkitektur och arbetsmiljö. Detta är parametrar som projektet har beaktat i utformningen av ett nytt kretsloppsverk.

Kalmarsundsverket är en av regionens största investeringar med visionen att bygga Sveriges bästa stadsnära reningsverk. Ett kretsloppsverk som kommer rena vatten för återanvändning till olika användningsområden. Med Kalmarsundsverket bygger vi ett driftsäkert och hållbart kretsloppsverk som genom modern teknik säkrar ett friskt Kalmarsund och möjliggör framtidens Kalmar. Kalmarsundsverket är en av Kalmars viktigaste framtidssatsningar.

Ulrick Hultman
VD Kalmar Kommunbolag AB

Bilagor

- Protokollsutdrag Kalmar Vattens styrelse 2022-04-14
- Kalmar Vattens beslutsunderlag Kalmarsundsverket
 - *bilaga till beslutsunderlag* - Visionsdokument
 - *bilaga till beslutsunderlag* - Jämförelsetabell, miljövillkor
 - *bilaga till beslutsunderlag* - Förordning om minimikrav för återanvändning av återvunnet vatten
 - *bilaga till beslutsunderlag* - Visionsskisser
 - *bilaga till beslutsunderlag* - SVU-rapport

Kalmar Vatten AB

§ 38

Investeringsbeslut Kalmarsundsverket

Handlingar

Beslutsunderlag Kalmarsundsverket

Visionsdokument Kalmarsundsverket

Förordning om minimikrav för återanvändning av återvunnet vatten

Kalmarsundsverket jämförelsetabell

Kalmarsundsverket visionsskisser

SVU rapport

Bakgrund

Kalmar avloppsreningsverk upprättades under 1960-talet och har byggts ut i flera etapper. De flesta bassäng- och byggnadskonstruktionerna är upp till 50 år gamla och bedöms vara uttjänta. Avloppsreningsverket har haft svårt att uppfylla reningskravet gällande totalkväve under 2000-talet. För att kunna säkerställa reningskraven på kväve och fosfor uppfylls, att bättre energi- och kostnadseffektivitet uppnås samt att en ökad belastning från en växande kommun kan mötas, krävs en nybyggnation av vattenreningsdelen. Befintlig slambehandlingsanläggning på avloppsreningsverket omfattar en del begränsningar som under senaste åren påverkat möjligheterna för effektiv vattenrening negativt. Åtgärder krävs för att kunna hantera ökade slammängder som härrör från befolkningstillväxt och nyanslutningar. Denna belastningsdel leder till behov av större rötningsvolym samt behov av ökad kapacitet för alla funktioner inom slambehandlingen.

2016 togs ett inriktningsbeslut i Kalmar kommunfullmäktige där Kalmar Vatten AB fick i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma

med en investeringskalkyl inför ett investeringsbeslut som medför en utökning av Kalmar Vattens borgensram.

Redogörelse

Vd T Bergfeldt inleder ärendet med att 2017 utarbetades gemensamt med olika aktörer i Kalmar, ett visionsdokument för Kalmarsundverket med visionen att Kalmarsundverket ska bli det bästa stadsnära reningsverket i Sverige, med visionsmålen:

- Ett av Sveriges bästa reningsverk
- Ett omtyckt stadsnära reningsverk som tar höjd för framtiden
- Ett centrum för information, lärande och samverkan
- Vattenkvalitet alltid högsta prioritet

Utredningschef M Franzén och projektchef C Svensson redogör för projektets omfattning. Krav att förhålla sig till gällande miljötillstånd, detaljplan och programhandling.

Den tekniska lösningen är framtagen utifrån målbilden:

- Mycket god avloppsvattenrening
- Hög driftsäkerhet
- Mycket god arbetsmiljö
- Flexibilitet för framtiden avseende ökad befolkningsmängd och reningskrav
- Energieffektiv avloppsvattenrening
- Tillförlitlig produktion av jordförbättringsmedel
- Hög status

Ekonomichef U Färm redogör för projektets kostnader totalt samt tillkommande entreprenader och optioner.

Protokollsanteckning

Efter genomgången redogörelse är Kalmar Vatten AB's styrelse enhälliga i sitt beslut.

Beslut

Styrelsen för Kalmar Vatten AB föreslår att Kommunfullmäktige beslutar:

Bevilja Kalmar Vatten AB investeringsbeslut om 1 737 mnkr för upprättande av nytt avloppsreningsverk inklusive driftbyggnader och huvudkontor för Kalmar Vatten AB avseende kostnader från kontrakt till färdigställande.

Bevilja Kalmar Vatten AB utökad borgensram för motsvarande omfattning av investeringsbeslutet om 1 737 mnkr från kontrakt till färdigställande.

Sekreterare

Johanna Högländer

Justeras

Steve Sjögren
Ordförande

Stephan Quist

Rätt utdrag intygas

Johanna Högländer

Sammanfattning beslutsunderlag Kalmarsundsverket

Förslag till beslut

*Styrelsen för Kalmar Vatten AB föreslår att Kommunfullmäktige beslutar att:
Bevilja Kalmar Vatten AB investeringsbeslut om 1 737 Mnkr för upprättande av
nytt avloppsreningsverk inklusive driftbyggnader och huvudkontor för Kalmar
Vatten avseende kostnader från kontrakt till färdigställande.*

*Bevilja Kalmar Vatten AB utökad borgensram för motsvarande omfattning av
investeringsbeslutet om 1 737 Mnkr från kontrakt till färdigställande.*

Nuvarande avloppsreningsverk upprättades under 1960-talet och har byggts ut i flera etapper. De flesta bassäng- och byggnadskonstruktionerna är upp till 50 år gamla och bedöms vara uttjänta. Att fortsätta att renovera och bygga till är inte hållbart.

Kalmar avloppsreningsverk har haft svårt att uppfylla reningskravet gällande totalkväve under 2000-talet. För att kunna säkerställa att såväl skärpta reningskrav med avseende på kväve och fosfor kan uppfyllas, att bättre energi- och kostnadseffektivitet uppnås samt att en ökad belastning från en växande kommun kan mötas, krävs nybyggnation av vattenreningsdelen.

Befintlig slambehandlingsanläggning på avloppsreningsverket omfattar en del begränsningar som under senaste åren påverkat möjligheterna för effektiv vattenrening negativt. Åtgärder krävs för att kunna hantera ökade slammängder som härrör från befolkningstillväxt och nyanslutningar. Denna belastningsökning leder till behov av större rötningsvolym samt behov av ökad kapacitet för alla funktioner inom slambehandlingen.

2016 togs ett inriktningsbeslut i Kalmar kommunfullmäktige där Kalmar Vatten fick i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma med en kalkyl inför ett investeringsbeslut.

Syftet med Kalmarsundsverket är att uppnå en i det långa perspektivet ekonomiskt fördelaktig investering som möjliggör avsevärd förbättrad rening. Anläggningen ska vara energieffektiv och möjliggöra den förväntade belastningsökningen, framtida etableringar, expansion samt möta förväntade klimatförändringar.

Kalmarsundsverket blir ett modernt kretsloppsverk med hög driftsäkerhet och flexibilitet inför framtidens behov. Med ny teknik kommer utsläppen av kväve och fosfor att minska med minst 35 % jämfört med nuvarande nivåer i miljötillståndet.

Produktionsmålet för Kalmarsundsverket är att ligga ytterligare 20 % under de kommande skärpta utsläppskraven i miljötillståndet. Anläggningen kommer att kunna producera upp till 80 % återvunnet vatten som ska användas till Kalmarsundsverkets behov. Det återvunna vattnet kan även användas som bevattningsvatten eller tekniskt vatten till industrin och övriga behov. Kalmarsundsverket skapar därmed ett hållbart kretslopp.

2017 skapades visionen "Kalmarsundsverket - Sveriges bästa stadsnära reningsverk". Det finns en hög ambition för Kalmarsundsverket där högsta prioritet är god kvalitet på det renade vattnet. Fokus ligger även på helhetsupplevelsen av närmiljön, ett intressant besöksmål, hög status på teknik, arkitektur och arbetsmiljö. Detta är parametrar som projektet har beaktat i utformningen av ett nytt kretsloppsverk.

Kalmarsundsverket är en av regionens största investeringar med visionen att bygga Sveriges bästa stadsnära reningsverk. Ett kretsloppsverk som kommer rena vatten för återanvändning till olika användningsområden. Med Kalmarsundsverket bygger vi ett driftsäkert och hållbart kretsloppsverk som genom modern teknik säkrar ett friskt Kalmarsund och möjliggör framtidens Kalmar. Kalmarsundsverket är en av Kalmars viktigaste framtidssatsningar.

Innehåll

BILAGOR.....	3
FÖRSLAG TILL BESLUT	4
TIDIGARE BESLUT	4
BAKGRUND.....	5
PROJEKTBEKRIVNING	6
VISIONSDOKUMENT.....	8
PROJEKTMÅL	8
AVGRÄNSNINGAR	9
SÄRSKILDA FÖRUTSÄTTNINGAR.....	9
GEOGRAFI	9
PRODUKTBEKRIVNING	10
NYTT HUVUDKONTOR FÖR KALMAR VATTEN.....	14
KOMPLETTERANDE UTREDNINGAR	15
PROJEKTKOSTNAD.....	16
MARKNADSSITUATION.....	17
VA-TAXA.....	17
AVTAL.....	18
UTRANGERING BEFINTLIGT AVLOPPSRENINGSVRERK	18
TIDPLAN FÖR BESLUT	18
TIDPLAN FÖR KALMARSUNDSVERKET.....	19

Bilagor

Visionsdokument	sidan 8
Jämförelsetabell, miljövillkor	sidan 10
Förordning om minimikrav för återanvändning av återvunnet vatten	sidan 10
Visionskisser	sidan 13
SVU-rapport	sidan 15

Förslag till beslut

Förslag till beslut

*Styrelsen för Kalmar Vatten AB föreslår att Kommunfullmäktige beslutar att:
Bevilja Kalmar Vatten AB investeringsbeslut om 1 737 Mnrk för upprättande av nytt
avloppsreningsverk inklusive driftbyggnader och huvudkontor för Kalmar Vatten avseende
kostnader från kontrakt till färdigställande.*

*Bevilja Kalmar Vatten AB utökad borgensram för motsvarande omfattning av
investeringsbeslutet om 1 737 Mnrk från kontrakt till färdigställande.*

Tidigare beslut

Beslut Lokalisering 2014-01-27, Kommunfullmäktige

Kommunfullmäktig beslutar att inte flytta Kalmar avloppsreningsverk utan istället utveckla ett stadsnära reningsverk på befintlig plats i Tegelviken.

Inriktningsbeslut 2016-03-21, Kommunfullmäktige

Kalmar Vatten får i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma med en investeringskalkyl inför ett investeringsbeslut som medför en utökning av Kalmar Vattens borgensram.

Inriktningsbeslutet innebär en övergång från förstudiefas till planeringsfas.

Kommunfullmäktige uttalar följande (inriktningsbeslut 2016-03-21):

- Ambitionsnivån vad avser utsläpp av kväve och fosfor för det nya reningsverket är, jämfört med dagens gällande utsläppsvillkor, att sänka koncentrationen i det renade avloppsvattnet med minst 35 % för kväve (N) och 35 % för fosfor (P).
- Vad avser toxiska substanser och läkemedel, så finns resurser avsatta för bevakning av resultat från forskning och utveckling inom detta branschområde. Planeringen för det framtida verket omfattar tanken på ett ytterligare reningssteg för reduktion av toxiska substanser och läkemedelsrester. Byggyta avsätts för detta, och utredningsarbete pågår om vilka olika alternativa tekniska lösningar som passar bäst till planerad ny anläggning baserat på dagens kunskapsnivå.
- I planeringsprocessen ska hänsyn tas till en växande stad och bostadsförtätning nära reningsverket. Krav på skyddsavstånd ska beaktas.

- Kalmar Vatten får i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma om förslag på investeringskalkyl, som även innehåller att utreda förslag om användning av bassäng för forskningsändamål i samverkan och samråd med Linnéuniversitetet, inför ett investeringsbeslut som medför en utökning av Kalmar Vattens borgensram.
- Kalmar ska bygga bland de bästa reningsverken i Sverige avseende rening av näring, syretärande och skadliga ämnen.

Investeringsbeslut markberedning 2020-06-15, Kommunfullmäktige

Kommunfullmäktig godkänner Kalmar Vattens investering om maximalt 100 miljoner kronor för sanering av markområde inom projektet Kalmarsundsverket.

Kommunfullmäktige beviljar en utökning av Kalmar Vattens borgensram med 100 miljoner kronor till 900 miljoner kronor.

Inriktningsbeslut läkemedelsrestrening 2021-02-04, styrelsen Kalmar Vatten

Beslut om investering i ett reningssteg för läkemedelsrestrening och andra lösta organiska mikroföroreningar tas efter att Kalmarsundsverket är färdigbyggt, drifttaget och intrimmat.

Begäran om nya investeringsramar för Kalmar Vatten 2021-12-20

Enskilt beslut om investeringsram för nedlagda kostnader samt kostnader för perioden kvarstående till start av genomförandet i Kalmarsundsverket. Detta formella beslut krävdes då genomförandebeslutet är förskjutet i tid. Total investeringsram: 90 miljoner kronor.

Enskilt beslut om investeringsram för kommande årskostnad i Kalmarsundsverket, år 2022, genomförandefasens första år. Total investeringsram: 158 miljoner kronor.

Bakgrund

Kalmar avloppsreningsverk har haft svårt att uppfylla reningskravet gällande totalkväve under 2000-talet. För att kunna säkerställa att såväl skärpta reningskrav med avseende på kväve och fosfor kan uppfyllas, att bättre energi- och kostnadseffektivitet uppnås samt att en ökad belastning från en växande kommun kan mötas, krävs nybyggnation av vattenreningsdelen. Framtida klimatförändringar kräver att Kalmar Vatten investerar i ett nytt kretsloppsverk, bland annat för att möta kraven i Agenda 2030.

Befintlig slambehandlingsanläggning på avloppsreningsverket omfattar en del begränsningar för aktuella driftförhållanden. Dessa begränsningar har under senaste åren påverkat möjligheterna för effektiv vattenrening negativt. Åtgärder krävs för att kunna hantera ökade slammängder som härrör från befolkningstillväxt och nyanslutningar. Belastningsökningen leder till behov av större rötningsvolym samt behov av ökad kapacitet för alla funktioner inom slambehandlingen.

Nuvarande avloppsreningsverk upprättades under 1960-talet och har byggts ut i flera etapper. De flesta byggkonstruktionerna är upp till 50 år gamla och bedöms vara uttjänta. Vissa existerande skador på byggkonstruktionerna bedöms kunna leda till säkerhetsrisker inom en 5–10 års period. Att fortsätta att renovera och bygga till är ekonomiskt ohållbart.

Projektbeskrivning

Kalmar Vatten har under förstudieperioden, 2010–2015, arbetat med förslag till ett nytt avloppsreningsverk. Efter en lång period av ökad belastning samt risk för skärpning av utsläppsvillkor, togs ett inriktningsbeslut 2016 i Kalmar kommunfullmäktige gällande Kalmarsundsverket. Enligt inriktningsbeslut på kommunfullmäktige möte 2016-03-21, fick Kalmar Vatten i uppdrag att genomföra planeringsfasen för projektet Kalmarsundsverket och återkomma med en kalkyl inför ett investeringsbeslut.

2016 beslutades att projektet skulle genomföras som totalentreprenad i samverkan. Programhandling upprättades och upphandlingsförfrågan skickades ut 2018. December 2019 skrevs kontrakt med entreprenör och fas 1 av projektet kunde påbörjas i samverkan för att med gemensamma krafter arbeta fram en väl fungerade lösning med tillhörande kostnader för projektet.

Uppdraget i fas 1 har varit att ta fram en teknisk lösning med tillhörande systemhandlingar, samt ett riktpreis för Kalmarsundsverket i Kalmar. I fas 2, genomförandefasen, sker produktion av ett nytt kretsloppsverk.

2017 skapades visionen "Kalmarsundsverket - Sveriges bästa stadsnära reningsverk". Det finns en hög ambition för Kalmarsundsverket. Förutom att åstadkomma mycket god avloppsvattenrening är det stort fokus på helhetsupplevelsen av närmiljön, att skapa ett populärt besöksmål, hög status på teknik, arkitektur och arbetsmiljö. Detta är parametrar som projektet har beaktat i utformningen av ett nytt reningsverk.

Kalmarsundsverket benämns som ett kretsloppsverk och inte bara som ett avloppsreningsverk. Med det nya kretsloppsverket ska spillvatten renas men även producera ett högkvalitativt slam, producera gas som ska användas för produktion av el och värme. Kretsloppsverket ska även producera ett återvunnet vatten som ska användas

till Kalmarsundsverkets behov. Men kan även användas som bevattningsvatten eller tekniskt vatten till industrin. Därav benämningen kretsloppsverk.

Syftet med Kalmarsundsverket är att uppnå i det långa perspektivet en ekonomisk fördelaktig investering som säkerställer avsevärd förbättrad rening. Anläggningen ska vara energieffektiv och kunna möta den förväntade belastningsökningen, framtida etableringar, expansion samt möta förväntade klimatförändringar.

Projektet omfattar i huvudsak:

- Nybyggnation av vattenreningsdel
- Nybyggnation av rötningsanläggning
- Nybyggnation av slambehandlingsanläggning
- Nybyggnation/anpassning av övriga lokaler nödvändiga för Kalmarsundsverkets drift
- Nybyggnation av huvudkontor inklusive utbildningslokal
- Rivning av befintligt verk och återställning
- Markberedning av område
- Gestaltning av anläggningen för statushöjning av verksamheten
- Främjande av användning av återvunnet vatten

Befintlig infrastruktur gällande inkommande spillvattenledningar i anslutning till befintligt avloppsreningsverk ska bibehållas i stort. Om- och tillbyggnation ska ske i anslutning till befintlig lokalisering.

Efter att inriktningsbeslutet togs 2016, har nya direktiv gällande omfattningen tillkommit. Kraven på kapacitet har ökat från 88 000 till 99 500 personekvivalenter (pe), nya röt-kammare har tillkommit samt nytt huvudkontor där Kalmar Vattens verksamhet samlas.

Under 2019 togs beslut i kommunfullmäktige om att påbörja markberedningen för att sanera gamla miljöskulder och möjliggöra byggnation enligt lokaliseringsbeslut i kommunfullmäktige 2014. Delprojekt markberedning påbörjades våren 2021 och är planerat att färdigställas sommaren 2022. Syftet var att kunna påskynda tidplanen och möjliggöra en snabb produktionsstart kort efter att ett investeringsbeslut för Kalmarsundsverket fattats av kommunfullmäktige.

Visionsdokument

2017 utarbetades gemensamt med olika aktörer i Kalmar, ett visionsdokument för Kalmarsundsverket, med visionen att Kalmarsundsverket ska bli det bästa stadsnära reningsverket i Sverige, med följande gemensamma visionsmål;

- Ett av Sveriges bästa reningsverk
- Ett omtyckt stadsnära reningsverk som tar höjd för framtiden
- Ett centrum för information, lärande och samverkan
- Vattenkvalitet alltid högsta prioritet

Bilaga: Visionsdokument

Projektmål

Kalmarsundsverket ska levereras i enlighet med uppställda krav i godkänd programhandling samt tillkomna beslutade krav, med fokus på kvalitet, tid, kostnad och arbetsmiljö med följande projektmål;

Kvalitet

- Mycket god avloppsvattenrening
- Energieffektiv avloppsvattenrening
- Flexibilitet för framtiden
- Tillförlitlig produktion av jordförbättringsmedel
- Hög status

Tid

- Efterlevnad tidplan

Kostnad

- Efterlevnad budget

Arbetsmiljö

- Mycket god arbetsmiljö

Avgränsningar

Projektet omfattar avloppsreningsanläggningen Kalmarsundsverket med ingående anläggningsdelar, slambehandling, skalskydd och påverkad ledningsdragning.

Kalmar Biogas och KLS ska kunna avgränsas som egna verksamheter.

Särskilda förutsättningar

Miljötilstånd och detaljplan är erhållet och har vunnit laga kraft. Bygglov för vattenreningsanläggningen förväntas att kunna erhållas sommaren 2022. Bygglov för slambehandlingsanläggningen sker i ett senare skede då utformningen är klarlagd.

Geografi

Kalmarsundsverket kommer att byggas intill det befintliga reningsverket på Tegelviken / Södra Utmarken i Kalmar i linje med beslut taget 2014. Nedan bild visar befintligt verk, beslutad position på var det nya kretsloppsverket ska byggas och förslag på placering av nytt huvudkontor.



Produktbeskrivning

Kalmarsundsverket ska levereras i enlighet med uppställda krav i godkänd programhandling samt tillkomna beslutade krav.

Den tekniska lösningen är framtagen utifrån följande målbild:

- Mycket god avloppsvattenrening
- Hög driftsäkerhet
- Mycket god arbetsmiljö
- Flexibilitet för framtiden
- Energieffektiv avloppsvattenrening
- Tillförlitlig produktion av jordförbättringsmedel
- Hög status

Mycket god avloppsvattenrening

”Kalmar ska bygga bland de bästa reningsverken i Sverige avseende rening av näring, syretärande och skadliga ämnen”. (Medskick beslut KF 2016).

Utsläpp av kväve och fosfor kommer minska med minst 35 % jämfört med dagens gällande utsläppsvillkor. Produktionsmålet är dock att sänka utsläppen ytterligare med 20 % jämfört med erhållna villkor i miljötillståndet.

Jämfört med liknande anläggningar i Sverige så ligger Kalmarsundsverket ”bland de bästa avseende rening av näring och syretärande ämnen”. (Medskick beslut KF 2016).

Bilaga: Jämförelsetabell, miljövillkor

Kalmarsundsverket innefattar ny teknik för ökad reningseffekt och produktion av återvunnet vatten. Kalmarsundsverket kommer att kunna producera upp till 80 % återvunnet vatten som kan användas som bevattningsvatten eller tekniskt vatten till industrin och övriga behov, som exempelvis spolning av Kalmarsundsverkets egna bassänger. Detta vatten har högsta kvalitetsklass, klass A, för bevattningsvatten för grödor, enligt EU:s nya förordning.

Bilaga Förordning om minimikrav för återanvändning av återvunnet vatten.

Hög driftsäkerhet

Den tekniska lösningen har stort fokus på driftsäkerhet och robusthet.

Vattenreningsdelen ger hög driftsäkerhet då vattnet går med självfall genom de kritiska anläggningsdelarna efter grovreningen. Självfall genom anläggningens kritiska delar

innebär att reservkraft för grundläggande funktion under vanligt förekommande strömavbrott kan begränsas till inloppspumpstation och grovrening.

Anläggningen är modern och har en mycket flexibel biologisk reningsprocess som är hjärtat i anläggningen. Som exempel är bassängerna utformade så att underhåll kan genomföras effektivt under pågående drift.

Anläggningen har redundans på kritiska komponenter så som pumpar och blåsmaskiner.

Anläggningens livslängd

Bassängkonstruktionernas livslängd bedöms vara 100 år. Denna dimensioneringsförutsättning resulterar i ökad tjocklek av täcksiktet på armeringen.

Övriga byggnadsdelar är konstruerade byggt tekniskt för att hålla minst 50 år. För att hindra att deponigas tränger in i byggnaderna utförs byggnadsdelar och rör genomföringar under mark i gastätt utförande.

Fastighetsinstallationer, maskin- och processutrustning har inte samma livslängd som byggnader och bassängkonstruktionerna. Anläggningen är utformad för att fastighetsinstallationer, maskin- och processutrustning kan bytas ut eller renoveras efter hand som behov uppstår.

Samhällsviktig verksamhet

I nya NIS-direktivet kommer även avloppsreningsverk att klassas som samhällsviktiga funktioner. Det betyder att IT-säkerheten för Kalmarsundsverket kommer att behöva ha samma nivå som den för dricksvattensidan.

- I övrigt är VA-branschen överens om att avloppsreningen är en samhällsviktig verksamhet, varför Kalmarsundsverket omfattar följande lösningar:
- Höjdläge och utformning av nya anläggningsdelar är klimatanpassade
- Hela anläggningen kan i framtiden försörjas med reservkraft för att tillgodose el-behovet för fullgod rening, även under långa strömavbrott som bedöms kunna förekomma under kristider.
- Det fysiska skalskyddet utformas på ett sätt som motsvarar krav på en samhällsviktig verksamhet.

Krav på skyddsavstånd

”Hänsyn ska tas till en växande stad och bostadsförtätning nära reningsverket. Krav på skyddsavstånd ska beaktas” (Medskick beslut KF 2016).

Under samrådet för ny detaljplan har frågan kommit upp huruvida aerosoler eller andra luftburna föroreningar från Kalmarsundsverket kan innebära risker i närområdet. Frågan har utretts av Kalmar Vatten och beaktats vid utformningen av den nya anläggningen. Vidtagna åtgärder är bland annat täckta anläggningsdelar, behandling av ventilationsluft och därmed reduktion av aerosoler. Anläggningsdelar med vatten av den kvalitet som innebär störst risk för aerosolbildning, placeras med längst avstånd från närliggande idrottsplats.

Mycket god arbetsmiljö

God arbetsmiljö är en förutsättning för att kunna driva denna industriella process på ett säkert sätt, så att varken personal eller utrustning skadas och att det är en attraktiv arbetsplats för rekrytering av kompetenta medarbetare.

Kalmarsundsverket omfattar följande tekniska lösningar för att säkerställa god arbetsmiljö:

- Gångbara kulvertar för uppställning av utrustning, rördragningar och kabelförläggning
- Storskaliga lyftanordningar i maskinbyggnader
- Möjlighet att arbeta i anläggningen utan att behöva korsa transportvägar
- Ytskikt anpassade till miljön för enkel rengöring/skötsel
- Luktreduktion i inomhusmiljö

Flexibilitet för framtiden

I Kalmar Vattens kriterier för val av lösning ingick även aspekten ”flexibilitet för framtiden”, flexibilitet avseende ökad befolkningsmängd och flexibilitet avseende ökade reningskrav.

Kortfattat kan nämnas att flexibilitet för framtiden är inbyggd i lösningen genom:

- Möjlighet till tillbyggnation av en försedimenteringslinje
- Möjlighet till tillbyggnation av nya reningssteg
- Möjlighet till kapacitetsökning genom ombyggnation till mer volymeffektiva processer
- Överdimensionering gällande hydraulisk kapacitet av bassänger, kanaler och ledningar

Enligt projektdirektivet ska det finnas en avsedd yta för testbädd. Detta går i linje med kommunfullmäktiges medskick om att ”utreda förslag om användning av bassäng för forskningsändamål”. Ytan har reserverats för ett framtida reningssteg för reduktion av toxiska substanser och läkemedelsrester, och kan även nyttjas för en testbädd.

Energieffektiv avloppsvattenrening

Utformning av anläggningen med avseende på energiförsörjningen baserades på en tidig energiutredning. Den utgick från visionen ”så långt som möjligt självförsörjande på energi” och baserades på kraft-värme-produktion från den i anläggningen producerade biogasen.

Lösningen blev följande kombination av el- och värmeproduktionsenheter:

- Gasmotorer för kraftvärmeproduktion
- Solceller för elproduktion
- Värmepump för värmeåtervinning från återvunnet avloppsvatten
- Gaspanna för värmeproduktion vid tillfälliga behov

Anläggningen kommer bli självförsörjande på värme.

Övriga energieffektiviseringsåtgärder är bland annat att anläggningen är designad så att vattnet går med självfall. Med modern styr- och reglerutrustning optimeras drift av energikrävande utrustning som omrörare, pumpar och blåsmaskiner.

Tillförlitlig produktion av jordförbättringsmedel

Utformning av slambehandlingen baserades på Kalmar Vattens mål att fortsättningsvis kunna återföra certifierat jordförbättringsmedel till åkermark samt visionen ”nästintill luktfri miljö”.

Lösningen blev en ny slambehandlingsanläggning med:

- Rötning i två rötchammare, som ska säkerställa bästa kvalitet för jordförbättringsmedlet gällande smittskyddsfrågan.
- Sluten hantering av avvattnat slam i två slamsilon för minimering av luktpåverkan.

Hög status

Önskemål om statushöjning av verksamheten, uppfylls genom följande:

- Omgivningsanpassad exteriör gestaltning, förbättrat skalskydd, återställd yta efter rivning av befintligt verk, genomtänkt ljussättning
- Mycket god arbetsmiljö (se stycket ”Arbetsmiljö” ovan)
- Produktion av återvunnet vatten med hjälp av ny teknik
- Återvinning och användning av energi på ett effektivt sätt

Bilaga Visionsskisser

Visionen ”nästintill luktfri” miljö har lett till en lösning med mycket god luktreduktion. Hade Kalmarsundsverket varit ensam om luktemission i Tegelviken, bedöms luktbelastningen vid närmaste bostad ligga lägre än det danska gränsvärdet (Sverige saknar sådant regelverk, därav hänvisas till det danska gränsvärdet).

Nytt huvudkontor för Kalmar Vatten

Bakgrund

I samband med att Kalmarsundsverket byggs behöver även nya kontorsytor och ny driftcentral för avdelning Avlopp inkluderas. I Kalmar Vattens stora satsning på modern och hållbar vattenrening finns även behovet av att stärka samarbetet inom bolaget genom att bygga ett nytt gemensamt huvudkontor för hela Kalmar Vatten i anslutning till Kalmarsundsverket. Skapande av ett gemensamt arbetsställe för Kalmar Vattens samtliga avdelningar, som idag är utspridda på flertalet olika platser, är av stor betydelse för bolagets fortsatta utveckling och effektivisering.

Nybyggnation

På fastigheten Vesholmarna 3, i direkt anslutning norr om Kalmarsundsverket, är ambitionen att bygga nytt huvudkontor som även inrymmer nödvändiga lokaler som verkstäder, förråd av olika slag, laboratorium, utbildningslokal, med mera. En sådan samlokalisering skulle innebära att all verksamhet, som inte är direkt beroende av och kopplad till fysiska anläggningar, samlas på en och samma plats. Detta skulle således innebära att bolaget lämnar nuvarande lokaler inne i centrala Kalmar på Trädgårdsgatan 10 och de lokaler på Pumpenområdet som inte hör till vattenverket, för att så kunna gå Serviceförvaltningen till mötes som också är i akut behov utav större lokaler. Att lämna dessa lokaler medför stor kostnadsbesparing i lokalkostnader för Kalmar Vatten.

Som ett led i att möjliggöra uppförandet av ett nytt huvudkontor för Kalmar Vatten har bygglov sökts på fastigheten Vesholmarna 3 och samhällsbyggnadsnämnden beviljade i februari 2022 ett positivt förhandsbesked, diarienummer SBK-2021-7533-6, som vunnit laga kraft. Fastighetsägaren Kalmar kommun, representerad av mark- och exploateringsenheten, har ställt sig positiv till byggnation på fastigheten som sedan tidigare arrenderas av Kalmar Vatten.

Kalmar Vatten har för avsikt att genomföra en ingående analys och utredning av för- och nackdelar samt praktiska konsekvenser av en eventuell samlokalisering innan slutgiltigt beslut om byggnation av nytt huvudkontor fattas. En välfungerande helhet är avgörande för att gå vidare. Utrymmesbehovet beräknas vara < 7000 m², omfattande ytor för drift, omklädning, stödfunktioner, kontor, lager/förråd, garage och verkstadsdelar.

Kostnadsuppskattning

Tengbom arkitekter har på uppdrag av Kalmar Vatten tagit fram en kostnadsuppskattning för byggnation av nytt huvudkontor som beräknas till 147 Mnkr. Mot bakgrund av denna kostnadsuppskattning har motsvarande investeringsbelopp lagts till i tillkommande entreprenader för projekt Kalmarsundsverket. Avseende markberedningen kommer omfattningen att utredas i nära dialog med kommunen och kostnaderna för markberedningen kommer att omhändertas i ett separat beslut.

Kompletterande utredningar

Läkemedelsrestrening

I Kalmar kommunfullmäktiges inriktningsbeslut för Kalmarsundsverket från mars 2016, ingår uppgiften om omvärldsbevakning av utvecklingen inom läkemedelsrestrening för kommunalt avloppsvatten och förberedelse av ett reningssteg för läkemedelsrestrening. Under år 2017 genomfördes pilotförsök med en för Sverige ny kombination av reningstekniker. Försöken medfinansierades av Svenskt Vatten och publicerades som SVU-rapport.

Bilaga SVU rapport

Vid planering av Kalmarsundsverkets utformning har en specifik yta avsatts för ett läkemedelsrestreningssteg. Omvärldsbevakningen resulterade i bedömningen att myndigheternas framtida krav på reningsresultat för läkemedelsrestrening är oklara och teknikutvecklingen går snabbt. Kalmar Vatten har därför gjort bedömningen att en investering i ett läkemedelsrestreningssteg blir mer kostnadseffektiv och träffsäker gentemot kommande krav när Kalmarsundsverket är färdigställt och driftsatt. Reningsstegets utformning kan då anpassas till faktisk vattenkvalitet, konkreta myndighetskrav och de senaste tekniska rönen. Detta investeringsbeslut inkluderar inte kostnaderna för option på läkemedelsrestrening. Uppskattad investeringskostnad för läkemedelsrestrening från 2021 uppgår till 65 Mnkr.

Projektkostnad

Samtliga investeringar i Kalmars VA-anläggningar finansieras genom VA-huvudmannen Kalmar Vatten AB och av kommunfullmäktige beslutad VA-taxa. Inte genom skattefinansiering.

Projektet har sedan kommunfullmäktige 2021-12-20 beviljade anslag om 348 Mnkr.

Tabellen nedan visar en uppställning över projektets kostnader totalt inklusive tillkommande entreprenader och optioner.

Kalmarsundsverket projektkostnad (Mnkr)	
Beslutade medel	
Markberedning	100,00
Förstudie och projektering	90,00
Genomförande 2022	158,00
Summa beslutade medel	348,00

Projektkostnader, Fas 1 och Fas 2	
Markberedning	100,00
Förberedande kostnader fram till Fas 2-kontrakt	127,99
Entreprenadkostnad (riktpris)	1 402,99
Byggherrekostnad	74,97
Tillkommande entreprenader	170,69
Summa kostnader Fas 1 och Fas 2	1 876,65

Kostnader index, risk och oförutsett	
Risk och oförutsett	146,38
Indexering	62,83
Summa index, risk och oförutsett	209,21

För beslut	
Summa beslutade medel avgår för beslut	- 348,00
Summa kostnader	2 085,86
Summa	1 737,86

Marknadssituation

Dagens marknadssituation har en hög osäkerhet. Pandemi, krig, politiska beslut och effekter därav gör att marknaden i många avseende ser annorlunda ut jämfört med när Kalmarsundsverket startade sin projektering 2019. Perioden har haft många händelser som har gett kostnadsdrivande effekter för en nybyggnation, speciellt för en anläggning i storlek och tidsomfattning som Kalmarsundsverket. Utmaningen att bedöma en framtida marknadsutveckling har under det senaste året ökat.

Ränta

Under 2022 ser vi troligen ett nytt ränteläge i svensk ekonomi. Prognosen våren 2020 pekade på sakta stigande räntor åren framöver från rekordlåga nivåer. I och med pandemin föll räntorna tillbaka igen. Under våren 2022 är räntorna fortsatt mycket låga sett ur ett historiskt perspektiv. Inflationen har blivit kraftigare än väntat. Detta leder till att räntorna smått börjar stiga. Reporäntan visar indikationer på viss höjning i februari 2023 och vår prognostisering är fortsatt stigande räntor under de kommande åren.

VA-taxa

Ett projekt i Kalmarsundsverkets storlek får stora konsekvenser för VA-taxan. Flera parametrar påverkar taxan. Framförallt räntenivå, avskrivningstider och investeringsvolym driver taxans utveckling. I tabellen nedan syns att de största effekterna på taxan uppkommer i samband med driftsättning, då avskrivningarna börjar.

Vid beräkning på en investeringsvolym om exempelvis 2 000 Mnkr, för att exemplifiera effekterna på taxeutvecklingen framåt, får det följande effekter för jämförelsebegreppet Typhus A inom VA-branschen, vilket är ett bostadshus.

Kalkylexempel: Taxeutveckling – 2 MDKR											
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Typhus A årskostnad i kr	8 182	8 591	8 677	9 501	10 404	11 340	13 835	15 910	16 467	16 796	17 132
Förändring per månad i kr	39	34	7	69	75	78	208	173	46	27	28
Varav ökning pga. KSV per månad i kr	-	-	-	18	25	37	139	140	17	3	2

Avtal

Samverkansavtal Kalmarsundsverket

Samverkansavtal för Kalmarsundsverket tecknades 2019 avseende projektering och genomförande av om- och tillbyggnation av befintligt avloppsreningsverk i Tegelviken i Kalmar, inklusive erforderlig efterbehandling av förorenad mark samt rivning av befintligt verk. Entreprenadkontrakt ska upprättas och ingås innan genomförande av fas 2 startar.

Entreprenadkontrakt Markberedning

Entreprenadkontrakt upprättades 2021 för genomförande av markberedningsprojektet. Syftet var att spara tid i projektet och därmed kunna få en snabb produktionsstart efter att investeringsbeslutet är taget.

Utrangering befintligt avloppsreningsverk

I dagsläget ser Kalmar Vatten inga betydande risker med det kvarvarande restvärde i befintligt reningsverk när nya Kalmarsundsverket tas i drift. Vid bokslut 2021-12-31 uppgick restvärdet för befintligt avloppsreningsverk till 8 105 802 kronor.

Vid bokslutet gjordes uppskattningar utefter att befintligt avloppsreningsverk tas ur drift 2026-12-31. I sådant fall kommer detta belopp behöva skrivas av i en snabbare takt än plan, om ingen annan användning eller försäljning kan aktualiseras och påverkar då bolagets resultat med 4 502 600 kronor vid en accelererad avskrivning. Angivna belopp ska beaktas som preliminära och kommer fastställas efterhand när definitiva beslut tas. Till exempel kan vissa av de aktuella komponenterna inom befintligt avloppsreningsverk komma att säljas efter avslutad drift.

Tidplan för beslut

14 april	Beslut Kalmar Vatten styrelse
26 april	Beslut Kalmar Kommunbolag styrelse
3 maj	Beslut kommunstyrelsen
30 maj	Beslut kommunfullmäktige

Tidplan för Kalmarsundsverket

Höst 2022	Byggstart Kalmarsundsverket
Höst 2026	Drifttagning Kalmarsundsverket
Vår 2027	Rivning, återställning mark

Visionsdokument för Kalmarsundsverket

Detta visionsdokument utarbetades gemensamt den 17 februari 2017 på Calmar Stadshotell i Kalmar.

Vi har tillsammans kommit överens om att verka för och arbeta mot följande gemensamma visionsmål vid utvecklandet och genomförandet av projekt Kalmarsundsverket och intilliggande närområde:

Kalmarsundsverket är det bästa stadsnära reningsverket i Sverige

Ett av Sveriges bästa reningsverk

Kalmarsundsverket använder den mest avancerade tekniken som finns tillgänglig idag när det är motiverat. Det är samtidigt flexibelt nog att möta framtidens teknikutveckling, krav på rening och kretslopp.

Tekniken möjliggör en nästintill luktfri miljö, en säker drift, stathöjande arbetsmiljö och balanserad användning av kemikalier. Kalmarsundsverket är dessutom så långt som möjligt självförsörjande på energi.

Ett omtyckt stadsnära reningsverk som tar höjd för framtiden

Kalmarsundsverket är ett stadsnära reningsverk med en central och viktig roll. Omgivningen runt reningsverket påverkas så lite som möjligt, samtidigt som alla etablerade verksamheters möjlighet att expandera säkras. Det nya reningsverket är klimatanpassat och kan anpassa sig efter framtida stadsutveckling, befolkningsökning och teknikutveckling.

Kalmarsundsverkets arkitektur är ett unikt och omtyckt inslag i vattenstaden Kalmar. Kalmarborna är stolta över sitt nya reningsverk och visar gärna upp det för besökare. Eftersom placeringen är i direkt anslutning till staden, är reningsverkets gestaltning avgörande för helhetsupplevelsen av området som det ligger i.

Ett centrum för information, lärande och samverkan

Som Sveriges främsta stadsnära reningsverk är Kalmarsundsverket ett populärt besöksmål för alla som är intresserade av ny miljö- och vattenteknik, den senaste forskningen, kretsloppstänkande, arkitektur och arbetsmiljö.

Kalmarsundsverket har en hög status som förebild inom ovanstående områden. Både i Sverige och utomlands. Utanför länet är Kalmar känt för Slottet, Kronan och Kalmarsundsverket!

Reningsverket ingår i ett kunskaps- och utvecklingskluster och har en god samverkan med olika aktörer inom utbildning/forskning, hållbarhet, VA-bransch och näringsliv.

Vattenkvaliteten alltid högsta prioritet

Prioriteringar mellan kvalitet, tidplan och kostnad avvägs noga. Prioriteringarna måste alltid utgå från en helhetssyn, kretsloppstänkande och långsiktig hållbarhet.

Utifrån ett livscykelkostnadsperspektiv värderas ambitionsnivå, investeringens storlek och den faktiska nyttan. Kvaliteten på det renade vattnet är högsta prioritet. Justeringar och omprioriteringar sker i takt med samhällets utveckling, framtida krav, ändrad efterfrågan och nya tekniska möjligheter.



Villkor för utsläpp av näringsämne

Reningsverk	BOD mg/l	Tot-P mg/l	N-tot mg/l
Kalmarsundsverket	5 (4*)	0,2 (0,16*)	10 (8*)
Lidköping	6	0,2	8
Kristianstad	6	0,2	8
Trollhättan	8	0,2	12
Borås	8	0,2	8
Varberg	10	0,3	10
Falkenberg	10	0,5	10

* *Kalmarsundsverkets produktionsmål*

Källa: villkor tagna från reningsverken miljötilstånd



Europeiska
unionens råd

Bryssel den 17 mars 2020
(OR. en)

Interinstitutionellt ärende:
2018/0169 (COD)

15301/1/19
REV 1

ENV 1046
SAN 528
CONSUM 341
AGRI 631
CODEC 1803

RÄTTSAKTER OCH ANDRA INSTRUMENT

Ärende: Rådets ståndpunkt vid första behandlingen inför antagandet av
EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS FÖRORDNING om minimikrav
för återanvändning av vatten

**EUROPAPARLAMENTETS OCH RÅDETS
FÖRORDNING (EU) 2020/...**

av den

om minimikrav för återanvändning av vatten

(Text av betydelse för EES)

EUROPAPARLAMENTET OCH EUROPEISKA UNIONENS RÅD HAR ANTAGIT DENNA
FÖRORDNING

med beaktande av fördraget om Europeiska unionens funktionssätt, särskilt artikel 192.1,

med beaktande av Europeiska kommissionens förslag,

efter översändande av utkastet till lagstiftningsakt till de nationella parlamenten,

med beaktande av Europeiska ekonomiska och sociala kommitténs yttrande¹,

med beaktande av Regionkommitténs yttrande²,

i enlighet med det ordinarie lagstiftningsförfarandet³, och

¹ EUT C 110, 22.3.2019, s. 94.

² EUT C 86, 7.3.2019, s. 353.

³ Europaparlamentets ståndpunkt av den 12 februari 2019 [(EUT ...)/(ännu ej offentliggjord i EUT)] och rådets ståndpunkt vid första behandlingen av den ... [(EUT ...)/(ännu ej offentliggjord i EUT)]. Europaparlamentets ståndpunkt av den ... [(EUT ...)/(ännu ej offentliggjord i EUT)].

av följande skäl:

- (1) Unionens vattenresurser utsätts för ett allt hårdare tryck, vilket leder till vattenbrist och försämrad vattenkvalitet. I synnerhet bidrar klimatförändring, oförutsägbara vädermönster och torka i betydande grad till den försämrade tillgång på sötvatten som orsakats av urbanisering och jordbruk.
- (2) Unionens förmåga att reagera på det ökande trycket på vattenresurserna skulle kunna förbättras genom en ökad återanvändning av renat avloppsvatten, varvid uttaget från ytvattenförekomster och grundvattenförekomster begränsas, effekterna av utsläpp av renat avloppsvatten i vattenförekomster minskar och vattenbesparingar främjas genom att avloppsvatten från tätbebyggelse ges flera användningsområden, samtidigt som en hög miljöskyddsnivå säkerställs. I Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG¹ nämns återanvändning av vatten, i kombination med främjande av användning av vattneffektiv teknik inom industrin och vattenbesparande bevattningsteknik, som en av de kompletterande åtgärder som medlemsstaterna kan välja att vidta för att uppnå målen med det direktivet om en god kvalitativ och kvantitativ vattenstatus hos ytvatten- och grundvattenförekomster. Enligt rådets direktiv 91/271/EEG² ska renat avloppsvatten om möjligt återanvändas.

¹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område (EGT L 327, 22.12.2000, s. 1).

² Rådets direktiv 91/271/EEG av den 21 maj 1991 om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (EGT L 135, 30.5.1991, s. 40).

- (3) I kommissionens meddelande av den 14 november 2012 *Strategi för att skydda Europas vattenresurser* framhålls behovet av att skapa ett instrument för reglering av normer på unionsnivå för återanvändning av vatten, i syfte att undanröja hindren för en utbredd användning av en sådan alternativ vattenförsörjningslösning, närmare bestämt en som kan bidra till att minska vattenbristen och försörjningssystemens sårbarhet.
- (4) I kommissionens meddelande av den 18 juli 2007 *om problemet med vattenbrist och torka i Europeiska unionen* anges den hierarki av åtgärder som medlemsstaterna bör överväga för att hantera vattenbrist och torka. Enligt meddelandet kan ytterligare infrastruktur för vattenförsörjning i vissa situationer vara en tänkbar möjlighet för att lindra effekterna av allvarlig torka i regioner som har vidtagit alla förebyggande åtgärder enligt vattenhierarkin och som har tagit tillräcklig hänsyn till kostnads-/nyttaspekterna, men där efterfrågan på vatten fortfarande överstiger tillgången.
- (5) I sin resolution av den 9 oktober 2008 om problemet med vattenbrist och torka i Europeiska unionen¹ påminner Europaparlamentet om att en efterfrågestyrd strategi bör prioriteras i hanteringen av vattenresurserna, men anser att unionen bör anta ett holistiskt synsätt i hanteringen av vattenresurserna som kombinerar efterfrågestyrda åtgärder, åtgärder för att optimera befintliga resurser inom vattencykeln och åtgärder för att skapa nya resurser, och att detta synsätt måste integrera miljömässiga, sociala och ekonomiska överväganden.

¹ OJ C 9 E, 15.1.2010, s. 33.

- (6) I sitt meddelande av den 2 december 2015 *Att sluta kretsloppet – en EU-handlingsplan för den cirkulära ekonomin* åtog sig kommissionen att vidta en rad åtgärder för att främja återanvändning av renat avloppsvatten, inbegripet att utarbeta ett lagstiftningsförslag om minimikrav för återanvändning av vatten. Kommissionen bör uppdatera sin handlingsplan och behålla vattenresurser som ett prioriterat insatsområde.
- (7) Syftet med denna förordning är att underlätta återanvändning av vatten när det är lämpligt och kostnadseffektivt och på så sätt skapa en stödjande ram för de medlemsstater som vill eller behöver återanvända vatten. Återanvändning av vatten är ett lovande alternativ för många medlemsstater, men i nuläget är det endast ett fåtal av dem som återanvänder vatten och som har antagit nationell lagstiftning eller standarder i det avseendet. Denna förordning bör vara tillräckligt flexibel för att möjliggöra fortsatt återanvändning av vatten och samtidigt säkerställa att andra medlemsstater har möjlighet att tillämpa dessa regler när de i ett senare skede beslutar att införa denna praxis. Varje beslut att inte återanvända vatten bör vederbörligen motiveras utifrån de kriterier som fastställs i denna förordning och ses över regelbundet.

- (8) Genom direktiv 2000/60/EG ges medlemsstaterna den flexibilitet som krävs för att inkludera kompletterande åtgärder i de åtgärdsprogram som de antar till stöd för sina ansträngningar att uppnå de vattenkvalitetsmål som fastställs i det direktivet. Den icke-uttömmande förteckning över kompletterande åtgärder som fastställs i bilaga VI del B i direktiv 2000/60/EG innehåller, bland annat, åtgärder för återanvändning av vatten. Mot bakgrund av detta och i enlighet med en hierarki av åtgärder som kan övervägas av medlemsstaterna för att hantera vattenbrist och torka och som uppmuntrar till åtgärder som varierar från vattenbesparingsåtgärder till vattenprissättning och alternativa lösningar, med vederbörlig hänsyn till kostnads-/nyttospekterna, bör minimikraven för återanvändning av vatten, som fastställs i denna förordning, tillämpas när avloppsvatten från tätbebyggelse som renats i ett reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse återanvänds för bevattning inom jordbruket i enlighet med direktiv 91/271/EEG.
- (9) Återanvändning av avloppsvatten som renats på lämpligt sätt, till exempel vatten från reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse, anses ha lägre miljöpåverkan än andra alternativa metoder för vattenförsörjning, såsom vattenöverföring eller avsaltning. Sådan återanvändning av vatten, som skulle kunna minska vattenslöseri och medföra vattenbesparingar, förekommer dock bara i begränsad omfattning i unionen. Detta verkar delvis bero på den avsevärda kostnaden för system för återanvändning av avloppsvatten och avsaknaden av gemensamma unionsstandarder för miljö- och hälsokrav i samband med återanvändning av vatten samt, framför allt vad gäller jordbruksprodukter, på de potentiella hälso- och miljöriskerna med och de potentiella hindren för fri rörlighet för sådana produkter som bevattnats med återvunnet vatten.

- (10) Hälsostandarder avseende livsmedelshygien för jordbruksprodukter som bevattnats med återvunnet vatten kan endast uppfyllas om kvalitetskraven för återvunnet vatten avsett för bevattning inom jordbruket inte i betydande utsträckning skiljer sig åt mellan medlemsstaterna. Harmonisering av kraven skulle också bidra till en effektivt fungerande inre marknad för sådana produkter. Det är därför lämpligt att införa miniminivåer av harmonisering genom att fastställa minimikrav för vattenkvalitet och övervakning. Dessa minimikrav bör utgöras av minimiparametrar för återvunnet vatten som bygger på de tekniska rapporterna från kommissionens gemensamma forskningscentrum och återspeglar internationella standarder för återanvändning av vatten, samt andra striktare eller ytterligare kvalitetskrav som vid behov införs av behöriga myndigheter, tillsammans med eventuella förebyggande åtgärder.
- (11) Återanvändning av vatten för bevattning inom jordbruket kan också bidra till att främja den cirkulära ekonomin genom att näringsämnen från det återvunna vattnet tillvaratas och sprids över grödor genom växtnäringsbevattning. På så sätt skulle återanvändning av vatten kunna bidra till att minska behovet av kompletterande användning av mineralgödselmedel. Slutanvändarna bör informeras om näringsinnehållet i återvunnet vatten.
- (12) Återanvändning av vatten kan bidra till återvinning av näringsämnen i renat avloppsvatten från tätbebyggelse, och användning av återvunnet vatten för bevattningsändamål inom jord- eller skogsbruk kan vara ett sätt att återföra näringsämnen, såsom kväve, fosfor och kalium, till naturliga biogeokemiska kretslopp.

- (13) De stora investeringar som krävs för att uppgradera reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse och bristen på ekonomiska incitament till att återanvända vatten inom jordbruket anses höra till orsakerna till att vatten återanvänds i så låg grad i unionen. Det bör vara möjligt att hantera dessa frågor genom att främja innovativa program och ekonomiska incitament för att på ett lämpligt sätt beakta kostnaderna och de socioekonomiska och miljömässiga fördelarna med återanvändning av vatten.
- (14) Efterlevnaden av minimikrav för återanvändning av vatten bör vara förenlig med unionens vattenpolitik och bidra till att målen för hållbar utveckling i Förenta nationernas Agenda 2030 för hållbar utveckling uppnås, framför allt mål 6, att säkerställa tillgången till och den hållbara förvaltningen av vatten och sanitet för alla samt en betydande ökning av återvinning av vatten och säker återanvändning av vatten globalt i syfte att bidra till uppnåendet av Förenta nationernas mål 12 för hållbar utveckling, om hållbar konsumtion och produktion. Denna förordning bör dessutom syfta till att säkerställa tillämpningen av artikel 37 i Europeiska unionens stadga om de grundläggande rättigheterna, om miljöskydd.
- (15) I vissa fall transporterar och lagrar operatörer av återvinningsanläggningar fortfarande återvunnet vatten bortom återvinningsanläggningens utlopp innan de levererar det till efterföljande aktörer i kedjan, såsom distributionsoperatören för återvunnet vatten eller lagringsoperatören för återvunnet vatten, eller till slutanvändaren. Det är nödvändigt att fastställa efterlevnadspunkten för att klargöra var ansvaret upphör för operatören av återvinningsanläggningen och var ansvaret börjar för nästa aktör i kedjan.

- (16) Riskhantering bör innefatta en proaktiv identifiering och hantering av risker, och bör omfatta konceptet att producera återvunnet vatten av en bestämd kvalitet som krävs för specifika användningsområden. Riskbedömningen bör grundas på väsentliga riskhanteringskomponenter och bör identifiera eventuella ytterligare krav för vattenkvalitet som är nödvändiga för att säkerställa ett tillräckligt skydd för miljön och för människors och djurs hälsa. I det syftet bör riskhanteringsplaner för återanvändning av vatten säkerställa att återvunnet vatten används och förvaltas på ett säkert sätt och att det inte finns några risker för miljön eller för människors eller djurs hälsa. För att utarbeta sådana riskhanteringsplaner kan befintlig internationell vägledning eller befintliga internationella standarder såsom ISO 20426:2018 *Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse*, ISO 16075:2015 *Guidelines for treated waste water use for irrigation projects* eller Världshälsoorganisationens (WHO) riktlinjer användas.
- (17) Kvalitetskraven för dricksvatten fastställs i Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2020/...¹⁺ Medlemsstaterna bör vidta lämpliga åtgärder för att säkerställa att verksamheter rörande återvinning av vatten inte leder till försämrad dricksvattenkvalitet. Av detta skäl bör riskhanteringsplanen särskilt uppmärksamma skyddet av vattenförekomster som används för uttag av dricksvatten och av tillhörande säkerhetszoner.

¹ Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2020/... av den ... om kvaliteten på dricksvatten (EUT L ..., ..., s. ...).

⁺ EUT: Vänligen inför nummer för direktivet i dokument ST 6230/20 – 2017/0332(COD) i texten och inför nummer, datum och EUT-hänvisning i fotnoten.

- (18) Samarbete och interaktion mellan de olika parter som är involverade i vattenåtervinningsprocessen bör vara en nödvändig förutsättning för att införa reningsförfaranden för återvinning i enlighet med kraven för specifika användningsområden, och för att kunna planera tillhandahållandet av återvunnet vatten i linje med slutanvändarnas efterfrågan.
- (19) För att på ett effektivt sätt skydda miljön och människors och djurs hälsa bör operatörer av återvinningsanläggningar vara primärt ansvariga för det återvunna vattnets kvalitet vid efterlevnadspunkten. I syfte att efterleva de minimikrav som fastställs enligt denna förordning och eventuella ytterligare villkor som fastställs av den behöriga myndigheten bör operatörer av återvinningsanläggningar övervaka det återvunna vattnets kvalitet. Det är därför lämpligt att fastställa minimikrav för övervakning som utgörs av frekvensen för rutinövervakning och tidpunkter och prestationsmål för validitetsövervakning. Vissa krav för rutinövervakning anges i direktiv 91/271/EEG.

- (20) Denna förordning bör omfatta återvunnet vatten som erhålls från avloppsvatten som har samlats in i ledningsnät och behandlats i reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse i enlighet med direktiv 91/271/EEG samt genomgår ytterligare rening, antingen i reningsverket för avloppsvatten från tätbebyggelse eller i en återvinningsanläggning, i syfte att uppfylla kraven i bilaga I till denna förordning. I enlighet med direktiv 91/271/EEG behöver det inte finnas ledningsnät för tätorter med mindre än 2 000 personekvivalenter (pe). Dock bör avloppsvatten från tätorter med mindre än 2 000 pe som tillförs ett ledningsnät bli föremål för tillräcklig rening innan det släpps ut i sötvatten eller flodmynningar, i enlighet med direktiv 91/271/EEG. Mot bakgrund av detta bör avloppsvatten från tätorter med mindre än 2 000 pe endast omfattas av denna förordning när det tillförs ett ledningsnät och blir föremål för rening i ett reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse. På samma sätt bör denna förordning inte omfatta biologiskt nedbrytbart industriellt spillvatten från anläggningar inom de industrisektorer som anges i bilaga III till direktiv 91/271/EEG, om inte spillvattnet från dessa anläggningar tillförs ett ledningsnät och blir föremål för rening i ett reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse.

- (21) Återanvändning av renat avloppsvatten från tätbebyggelse för bevattning inom jordbruket är en marknadsdriven åtgärd som baseras på jordbrukssektorns efterfrågan och behov, särskilt i vissa medlemsstater som har brist på vattenresurser. Operatörerna av återvinningsanläggningar och slutanvändarna bör samarbeta för att säkerställa att kvaliteten på det återvunna vatten som producerats i enlighet med minimikvalitetskraven i denna förordning uppfyller slutanvändarnas behov vad gäller kategorier av grödor. I fall där de kvalitetsklasser för vatten som produceras av operatörer av återvinningsanläggningar inte är förenliga med den kategori av grödor och den bevattningsmetod som redan införts i området i fråga, till exempel i ett kollektivt försörjningssystem, kan kraven för vattenkvalitet uppfyllas genom att flera vattenreningsalternativ, i ett senare skede, används var för sig eller i kombination med alternativ som inte innefattar rening, i enlighet med en metod med flera barriärer.
- (22) För att säkerställa en optimal återanvändning av avloppsvattenresurser från tätbebyggelse bör slutanvändarna få utbildning i syfte att säkerställa att de använder vatten av en lämplig kvalitetsklass för återvunnet vatten. Om en särskild typ av gröda används för okända eller flera ändamål bör återvunnet vatten av den högsta kvalitetsklassen användas, såvida inte lämpliga barriärer används som gör det möjligt att uppnå den kvalitet som krävs.

- (23) Det är nödvändigt att säkerställa att användningen av återvunnet vatten är säker, för att därigenom uppmuntra återanvändning av vatten på unionsnivå och stärka allmänhetens förtroende för sådan återanvändning. Produktion och tillhandahållande av återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket bör därför endast tillåtas på grundval av ett tillstånd som beviljas av medlemsstaternas behöriga myndigheter. För att säkerställa en harmoniserad strategi på unionsnivå, återvunnet vattens spårbarhet och insyn bör de materiella reglerna för sådana tillstånd fastställas på unionsnivå. Detaljerna i förfarandet för att bevilja tillstånd, till exempel utseendet av behöriga myndigheter och tidsfrister, bör emellertid fastställas av medlemsstaterna. Medlemsstaterna bör kunna tillämpa befintliga förfaranden för att bevilja tillstånd och förfarandena bör anpassas för att beakta de krav som införs genom denna förordning. När medlemsstaterna utser de parter som ska ansvara för utarbetandet av riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten och den myndighet som ska vara behörig att bevilja tillstånd för produktion och tillhandahållande av återvunnet vatten bör medlemsstaterna säkerställa att det inte föreligger någon intressekonflikt.
- (24) Om en distributionsoperatör för återvunnet vatten och en lagringsoperatör för återvunnet vatten behövs, bör det vara möjligt att underställa dessa operatörer ett krav på tillstånd. Om alla krav för tillstånd är uppfyllda bör den behöriga myndigheten i medlemsstaten bevilja ett tillstånd som innehåller alla nödvändiga villkor och åtgärder som fastställts i riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten.

- (25) Vid tillämpningen av denna förordning bör det vara möjligt att utföra reningsoperationer och återvinning av avloppsvatten från tätbebyggelse på samma fysiska plats genom att använda samma anläggning eller olika, separata anläggningar. Dessutom bör samma aktör kunna vara både operatör av reningsverket och operatör av återvinningsanläggningen.
- (26) Behöriga myndigheter bör kontrollera att det återvunna vattnet uppfyller de villkor som anges i det relevanta tillståndet. Vid fall av bristande efterlevnad bör dessa myndigheter kräva att de ansvariga parterna vidtar nödvändiga åtgärder för att säkerställa efterlevnaden för det återvunna vattnet. Tillhandahållandet av återvunnet vatten bör stoppas om bristande efterlevnad orsakar en betydande risk för miljön eller för människors eller djurs hälsa.
- (27) Bestämmelserna i denna förordning är avsedda att komplettera kraven i annan unionslagstiftning, framför allt vad gäller eventuella hälso- och miljörisker.

För att säkerställa en helhetsstrategi för att hantera eventuella risker för miljön och för människors och djurs hälsa bör operatörer av återvinningsanläggningar och behöriga myndigheter beakta de krav som fastställs i annan unionslagstiftning, framför allt rådets direktiv 86/278/EEG¹, 91/676/EEG² och 98/83/EG³, direktiv 91/271/EEG och 2000/60/EG, Europaparlamentets och rådets förordningar (EG) nr 178/2002⁴, (EG) nr 852/2004⁵, (EG) nr 183/2005⁶, (EG) nr 396/2005⁷ och (EG) nr 1069/2009⁸, Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/7/EG⁹, 2006/118/EG¹⁰, 2008/105/EG¹¹ och 2011/92/EU¹² samt kommissionens förordningar (EG) nr 2073/2005¹³, (EG) nr 1881/2006¹⁴ och (EU) nr 142/2011¹⁵.

-
- 1 Rådets direktiv 86/278/EG av den 12 juni 1986 om skyddet för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket (EUT L 181, 4.7.1986, s. 6).
- 2 Rådets direktiv 91/676/EEG av den 12 december 1991 om skydd mot att vatten förorenas av nitrater från jordbruket (EGT L 375, 31.12.1991, s. 1).
- 3 Rådets direktiv 98/83/EG av den 3 november 1998 om kvaliteten på dricksvatten (EGT L 330, 5.12.1998, s. 32).
- 4 Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 178/2002 av den 28 januari 2002 om allmänna principer och krav för livsmedelsslutning, om inrättande av Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet och om förfaranden i frågor som gäller livsmedelssäkerhet (EGT L 31, 1.2.2002, s. 1).
- 5 Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 852/2004 av den 29 april 2004 om livsmedelshygien (EUT L 139, 30.4.2004, s. 1).
- 6 Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 183/2005 av den 12 januari 2005 om fastställande av krav för foderhygien (EUT L 35, 8.2.2005, s. 1).
- 7 Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 396/2005 av den 23 februari 2005 om gränsvärden för bekämpningsmedelsrester i eller på livsmedel och foder av vegetabiliskt och animaliskt ursprung och om ändring av rådets direktiv 91/414/EEG (EUT L 70, 16.3.2005, s. 1).
- 8 Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 av den 21 oktober 2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om upphävande av förordning (EG) nr 1774/2002 (förordning om animaliska biprodukter) (EUT L 300, 14.11.2009, s. 1).
- 9 Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/7/EG av den 15 februari 2006 om förvaltning av badvattenkvaliteten och om upphävande av direktiv 76/160/EEG (EUT L 64, 4.3.2006, s. 37).
- 10 Europaparlamentets och rådets direktiv 2006/118/EG av den 12 december 2006 om skydd för grundvatten mot föroreningar och försämring (EUT L 372, 27.12.2006, s. 19).
- 11 Europaparlamentets och rådets direktiv 2008/105/EG av den 16 december 2008 om miljökvalitetsnormer inom vattenpolitikens område och ändring och senare upphävande av rådets direktiv 82/176/EEG, 83/513/EEG, 84/156/EEG, 84/491/EEG och 86/280/EEG, samt om ändring av Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG (EUT L 348, 24.12.2008, s. 84).
- 12 Europaparlamentets och rådets direktiv 2011/92/EU av den 13 december 2011 om bedömning av inverkan på miljön av vissa offentliga och privata projekt (EUT L 26, 28.1.2012, s. 1).
- 13 Kommissionens förordning (EG) nr 2073/2005 av den 15 november 2005 om mikrobiologiska kriterier för livsmedel (EUT L 338, 22.12.2005, s. 1).
- 14 Kommissionens förordning (EG) nr 1881/2006 av den 19 december 2006 om fastställande av gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel (EUT L 364, 20.12.2006, s. 5).
- 15 Kommissionens förordning (EU) nr 142/2011 av den 25 februari 2011 om genomförande av Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1069/2009 om hälsobestämmelser för animaliska biprodukter och därav framställda produkter som inte är avsedda att användas som livsmedel och om genomförande av rådets direktiv 97/78/EG vad gäller vissa prover och produkter som enligt det direktivet är undantagna från veterinärkontroller vid gränsen (EUT L 54, 26.2.2011, s. 1).

- (28) Förordning (EG) nr 852/2004 fastställer allmänna regler för livsmedelsföretagare och omfattar produktion, bearbetning, distribution och utsläppande på marknaden av livsmedel. Den förordningen behandlar livsmedlens hälsokvalitet och en av dess viktigaste principer är att det är livsmedelsföretagaren som har det primära ansvaret för livsmedelssäkerheten. Den förordningen stöds också av detaljerad vägledning. I detta sammanhang är kommissionens meddelande om vägledning för hantering av mikrobiologiska risker med färska frukter och grönsaker i primärproduktionen genom god hygien särskilt relevant. De minimikrav för återvunnet vatten som fastställs i denna förordning hindrar inte att livsmedelsföretagare uppnår den vattenkvalitet som krävs för att uppfylla kraven i förordning (EG) nr 852/2004 genom att, i ett senare skede, använda flera vattenreningsalternativ för sig eller i kombination med alternativ som inte innefattar rening.
- (29) Det finns stor potential för återvinning och återanvändning av renat avloppsvatten. För att främja och uppmuntra till återanvändning av vatten bör angivande av specifika användningsområden inom ramen för denna förordning inte hindra medlemsstaterna från att tillåta att återvunnet vatten används för andra ändamål, inbegripet industri-, service- och miljöändamål, i den utsträckning som det anses nödvändigt med hänsyn till nationella förhållanden och behov, under förutsättning att en hög skyddsnivå för miljön och för människors och djurs hälsa säkerställs.
- (30) Behöriga myndigheter bör samarbeta med andra relevanta myndigheter genom utbyte av information för att säkerställa efterlevnaden av relevanta unionskrav och nationella krav.

- (31) För att stärka förtroendet för återanvändning av vatten bör allmänheten informeras. Tillhandahållande av tydlig, fullständig och uppdaterad information om återanvändning av vatten skulle medge ökad insyn och spårbarhet och också vara särskilt användbart för andra relevanta myndigheter för vilka den specifika återanvändningen av vatten får konsekvenser. För att främja återanvändning av vatten och i syfte att göra berörda aktörer medvetna om fördelarna med återanvändning av vatten och därigenom främja acceptansen, bör medlemsstaterna säkerställa att det utarbetas informationskampanjer och medvetandehöjande kampanjer som är anpassade till omfattningen av återanvändningen av vatten.
- (32) Utbildning av slutanvändare är av största vikt som ett led i arbetet med att genomföra och upprätthålla förebyggande åtgärder. Särskilda förebyggande åtgärder mot människors exponering bör beaktas i riskhanteringsplanen, däribland användning av personlig skyddsutrustning, handtvätt och personlig hygien.

- (33) Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/4/EG¹ syftar till att garantera rätten till tillgång till miljöinformation i medlemsstaterna i linje med konventionen om tillgång till information, allmänhetens deltagande i beslutsprocesser och tillgång till rättslig prövning i miljöfrågor² (Århuskonventionen). I direktiv 2003/4/EG föreskrivs omfattande skyldigheter vad gäller att på begäran ställa miljöinformation till förfogande och aktivt sprida sådan information. Europaparlamentets och rådets direktiv 2007/2/EG³ omfattar delning av rumslig information, inbegripet dataset avseende olika miljöfrågor. Det är viktigt att bestämmelserna i denna förordning om tillgången till information och arrangemang för datadelning kompletterar de direktiven och inte skapar ett separat rättssystem. Därför bör bestämmelserna i denna förordning om information till allmänheten och om information som rör övervakning av genomförandet inte påverka tillämpningen av direktiven 2003/4/EG och 2007/2/EG.
- (34) Uppgifter från medlemsstaterna är av avgörande betydelse för att göra det möjligt för kommissionen att övervaka och bedöma denna förordning i förhållande till de mål som eftersträvas.

¹ Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/4/EG av den 28 januari 2003 om allmänhetens tillgång till miljöinformation och om upphävande av rådets direktiv 90/313/EEG (EUT L 41, 14.2.2003, s. 26).

² EUT L 124, 17.5.2005, s. 4.

³ Europaparlamentets och rådets direktiv 2007/2/EG av den 14 mars 2007 om upprättande av en infrastruktur för rumslig information i Europeiska gemenskapen (Inspire) (EUT L 108, 25.4.2007, s. 1).

- (35) Enligt punkt 22 i det interinstitutionella avtalet av den 13 april 2016 om bättre lagstiftning¹ bör kommissionen utvärdera denna förordning. Utvärderingen bör baseras på de fem kriterierna effektivitet, ändamålsenlighet, relevans, konsekvens och mervärdet för unionen, och ligga till grund för konsekvensbedömningar av eventuella ytterligare åtgärder. Utvärderingen bör ta hänsyn till den vetenskapliga utvecklingen, särskilt när det gäller de potentiella effekterna av nya riskämnen.
- (36) Minimikraven för en säker återanvändning av renat avloppsvatten från tätbebyggelse återspeglar tillgänglig vetenskaplig kunskap och internationellt erkända standarder och rutiner för återanvändning av vatten och garanterar att sådant vatten kan användas på ett säkert sätt för bevattning inom jordbruket, för att därigenom säkerställa en hög skyddsnivå för miljön och för människors och djurs hälsa. Kommissionen bör, mot bakgrund av resultaten från utvärderingen av denna förordning eller närhelst nya vetenskapliga rön och tekniska framsteg så kräver, kunna undersöka behovet av att se över de minimikrav som anges i avsnitt 2 i bilaga I och bör, när så är lämpligt, lägga fram ett lagstiftningsförslag om ändring av denna förordning.

¹ EUT L 123, 12.5.2016, s. 1

(37) I syfte att anpassa de väsentliga riskhanteringskomponenterna till den tekniska och vetenskapliga utvecklingen bör befogenheten att anta akter i enlighet med artikel 290 i fördraget om Europeiska unionens funktionssätt delegeras till kommissionen med avseende på att ändra de väsentliga riskhanteringskomponenter som föreskrivs i denna förordning. För att säkerställa ett gott skydd för miljön och för människors och djurs hälsa bör kommissionen dessutom kunna anta delegerade akter som kompletterar de väsentliga riskhanteringskomponenter som föreskrivs i denna förordning genom att fastställa tekniska specifikationer. Det är särskilt viktigt att kommissionen genomför lämpliga samråd under sitt förberedande arbete, inbegripet på expertnivå, och att dessa samråd genomförs i enlighet med principerna i det interinstitutionella avtalet av den 13 april 2016 om bättre lagstiftning. För att säkerställa lika stor delaktighet i förberedelsen av delegerade akter erhåller Europaparlamentet och rådet alla handlingar samtidigt som medlemsstaternas experter, och deras experter ges systematiskt tillträde till möten i kommissionens expertgrupper som arbetar med förberedelse av delegerade akter.

- (38) För att säkerställa enhetliga villkor för genomförandet av denna förordning bör kommissionen tilldelas genomförandebefogenheter för antagandet av detaljerade regler avseende format för och redovisning av den information om övervakningen av genomförandet av denna förordning som ska lämnas av medlemsstaterna samt avseende format för och redovisning av den unionsövergripande översikt som ska utarbetas av Europeiska miljöbyrån. Dessa befogenheter bör utövas i enlighet med Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 182/2011¹.
- (39) Syftet med denna förordning är, bland annat, att skydda miljön samt människors och djurs hälsa. Europeiska unionens domstol har vid flera tillfällen erinrat om att det vore oförenligt med den bindande karaktär som tillkommer direktiv enligt artikel 288 tredje stycket i fördraget om Europeiska unionens funktionssätt att i princip utesluta enskilda från möjligheten att åberopa de skyldigheter som följer av direktiven. Detta gäller även för en förordning som syftar till att garantera att återvunnet vatten är säkert för bevattning inom jordbruket.
- (40) Medlemsstaterna bör fastställa regler om sanktioner för överträdelser av bestämmelserna i denna förordning och bör vidta alla nödvändiga åtgärder för att säkerställa att de tillämpas. Sanktionerna bör vara effektiva, proportionella och avskräckande.

¹ Europaparlamentets och rådets förordning (EU) nr 182/2011 av den 16 februari 2011 om fastställande av allmänna regler och principer för medlemsstaternas kontroll av kommissionens utövande av sina genomförandebefogenheter (EUT L 55, 28.2.2011, s. 13).

- (41) Eftersom målen för denna förordning, nämligen att skydda miljön och människors och djurs hälsa, inte i tillräcklig utsträckning kan uppnås av medlemsstaterna utan snarare, på grund av åtgärdens omfattning och verkningar, kan uppnås bättre på unionsnivå, kan unionen vidta åtgärder i enlighet med subsidiaritetsprincipen i artikel 5 i fördraget om Europeiska unionen. I enlighet med proportionalitetsprincipen i samma artikel går denna förordning inte utöver vad som är nödvändigt för att uppnå dessa mål.
- (42) Det är nödvändigt att ge medlemsstaterna tillräckligt med tid för att inrätta den administrativa infrastruktur som krävs för att tillämpa denna förordning samt för att operatörerna ska kunna förbereda sig på att tillämpa de nya reglerna.
- (43) För att i största möjliga utsträckning utveckla och främja återanvändning av på lämpligt sätt renat avloppsvatten samt för att kunna få till stånd en avsevärd förbättring i fråga om tillförlitligheten hos avloppsvatten som renats på lämpligt sätt och i fråga om hållbara användningsmetoder bör unionen stödja forskning och utveckling på området via programmet Horisont Europa.
- (44) Syftet med denna förordning är att uppmuntra en hållbar vattenanvändning. Därför bör kommissionen åta sig att använda unionens program, däribland Life-programmet, för att stödja lokala initiativ som inbegriper återanvändning av på lämpligt sätt renat avloppsvatten.

HÄRIGENOM FÖRESKRIVS FÖLJANDE.

Artikel 1
Innehåll och syfte

1. I denna förordning fastställs minimikrav för vattenkvalitet och övervakning samt bestämmelser om riskhantering, för en säker användning av återvunnet vatten inom ramen för en integrerad vattenförvaltning.
2. Syftet med denna förordning är att garantera att återvunnet vatten är säkert för bevattning inom jordbruket för att därigenom, på ett samordnat sätt i hela unionen, säkerställa en hög skyddsnivå för miljön och för människors och djurs hälsa, främja den cirkulära ekonomin, stödja klimatanpassningen och bidra till målen i direktiv 2000/60/EG genom att motverka vattenbrist och det resulterande trycket på vattenresurser, och därigenom också bidra till en effektivt fungerande inre marknad.

Artikel 2
Tillämpningsområde

1. Denna förordning är tillämplig när renat avloppsvatten från tätbebyggelse återanvänds, i enlighet med artikel 12.1 i direktiv 91/271/EEG, för sådan bevattning inom jordbruket som anges i avsnitt 1 i bilaga I till denna förordning.

2. En medlemsstat får besluta att det inte är lämpligt att återanvända vatten för bevattning inom jordbruket i ett eller flera av dess avrinningsdistrikt eller i delar därav, med beaktande av följande kriterier:

- a) De geografiska förhållandena och klimatförhållandena i distriktet eller delar därav.
- b) Belastningarna och statusen på andra vattenresurser, inbegripet den kvantitativa statusen hos grundvattenförekomster enligt direktiv 2000/60/EG.
- c) Belastningarna och statusen på de ytvattenförekomster i vilka renat avloppsvatten från tätbebyggelse släpps ut.
- d) Miljö- och resurskostnaderna för återvunnet vatten och andra vattenresurser.

Beslut som fattas enligt första stycket ska vederbörligen motiveras på grundval av de kriterier som avses i det stycket och överlämnas till kommissionen. De ska ses över vid behov, varvid särskild hänsyn ska tas till klimatförändringsprognoser och nationella strategier för klimatanpassning, och minst vart sjätte år med beaktande av de förvaltningsplaner för avrinningsdistrikt som upprättats enligt direktiv 2000/60/EG.

3. Genom undantag från punkt 1 kan forskningsprojekt och pilotprojekt med anknytning till återvinningsanläggningar undantas från denna förordning om den behöriga myndigheten fastställer att följande kriterier är uppfyllda:

- a) Forskningsprojektet eller pilotprojektet kommer inte att utföras inom en vattenförekomst som används för uttag av dricksvatten eller en tillhörande säkerhetszon som upprättats enligt direktiv 2000/60/EG.
- b) Forskningsprojektet eller pilotprojektet kommer att övervakas på lämpligt sätt.

Undantag enligt denna punkt ska begränsas till en period på högst fem år.

Grödor som blir en följd av ett forskningsprojekt eller pilotprojekt som undantagits enligt denna punkt ska inte släppas ut på marknaden.

4. Denna förordning ska tillämpas utan att det påverkar tillämpningen av förordning (EG) nr 852/2004 och hindrar inte livsmedelsföretagare från att uppnå den vattenkvalitet som krävs för att uppfylla kraven i den förordningen genom att, i ett senare skede, använda flera vattenreningsalternativ var för sig eller i kombination med alternativ som inte innefattar rening, eller från att använda alternativa vattenkällor för bevattning inom jordbruket.

Artikel 3
Definitioner

I denna förordning gäller följande definitioner:

1. *behörig myndighet*: en myndighet eller ett organ som utsetts av en medlemsstat för att fullgöra medlemsstatens skyldigheter enligt denna förordning vad gäller beviljande av tillstånd för produktion eller tillhandahållande av återvunnet vatten, vad gäller undantag för forskningsprojekt eller pilotprojekt samt i fråga om kontroller av efterlevnaden.
2. *slutanvändare*: en fysisk eller juridisk person, oavsett om det är en offentlig eller privat enhet, som använder återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket.
3. *avloppsvatten från tätbebyggelse*: avloppsvatten från tätbebyggelse enligt definitionen i artikel 2.1 i direktiv 91/271/EEG.
4. *återvunnet vatten*: avloppsvatten från tätbebyggelse som har renats i enlighet med kraven i direktiv 91/271/EEG och som är resultatet av ytterligare rening i en återvinningsanläggning i enlighet med avsnitt 2 i bilaga I till denna förordning.
5. *återvinningsanläggning*: ett reningsverk för avloppsvatten från tätbebyggelse eller annan anläggning som ytterligare renar avloppsvatten från tätbebyggelse, som uppfyller kraven i direktiv 91/271/EEG för att producera vatten som lämpar sig för ett sådant användningsområde som anges i avsnitt 1 i bilaga I till denna förordning.

6. *operatör av återvinningsanläggning*: en fysisk eller juridisk person som företräder en privat enhet eller en offentlig myndighet och som driver eller kontrollerar en återvinningsanläggning.
7. *fara*: ett biologiskt, kemiskt, fysikaliskt eller radiologiskt agens som skulle kunna skada människor, djur, grödor eller växter, andra terrestra biota, akvatiska biota, jordmån eller miljön i allmänhet.
8. *risk*: sannolikheten för att identifierade faror orsakar skada inom en viss tidsram, inbegripet konsekvensernas allvarlighetsgrad.
9. *riskhantering*: systematisk hantering som konsekvent säkerställer att återanvändningen av vatten är säker i ett specifikt sammanhang.
10. *förebyggande åtgärd*: en lämplig åtgärd eller aktivitet som kan förebygga eller eliminera en hälso- eller miljörisk eller som kan minska en sådan risk till en acceptabel nivå.
11. *efterlevnadspunkt*: den punkt där operatören av en återvinningsanläggning levererar återvunnet vatten till nästa aktör i kedjan.

12. *barriär*: varje medel, inbegripet fysiska eller processrelaterade steg eller användningsförhållanden, som minskar eller förhindrar en risk för infektion hos människor genom att förhindra att återvunnet vatten kommer i kontakt med produkter som ska förtäras och personer som direkt utsätts för det, eller andra medel som till exempel minskar koncentrationen av mikroorganismer i återvunnet vatten eller förhindrar att de överlever i de produkter som ska förtäras.
13. *tillstånd*: ett skriftligt tillstånd utfärdat av en behörig myndighet för produktion eller tillhandahållande av återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket i enlighet med denna förordning.
14. *ansvarig part*: en part som utför en uppgift eller aktivitet i systemet för återanvändning av vatten, inbegripet operatören av återvinningsanläggningen, operatören av reningsverket för avloppsvatten från tätbebyggelse om denna är en annan än operatören av återvinningsanläggningen, den relevanta myndigheten om denna är en annan än den utsedda behöriga myndigheten, distributionsoperatören för återvunnet vatten eller lagringsoperatören för återvunnet vatten,
15. *system för återanvändning av vatten*: den infrastruktur och andra tekniska element som krävs för produktion, tillhandahållande och användning av återvunnet vatten; det omfattar alla element från inloppet till reningsverket för avloppsvatten från tätbebyggelse till den punkt där återvunnet vatten används för bevattning inom jordbruket, inbegripet, i förekommande fall, infrastruktur för distribution och lagring.

Artikel 4

Skyldigheter för operatörer av återvinningsanläggningar och skyldigheter vad gäller kvaliteten på återvunnet vatten

1. Operatören av återvinningsanläggningen ska säkerställa att återvunnet vatten avsett för bevattning inom jordbruket som anges i avsnitt 1 i bilaga I, vid efterlevnadspunkten uppfyller följande:

- a) De minimikrav för vattenkvalitet som anges i avsnitt 2 i bilaga I.
- b) Eventuella ytterligare villkor vad gäller vattenkvalitet som enligt artikel 6.3 c och d fastställts av den behöriga myndigheten i det relevanta tillståndet.

Bortom efterlevnadspunkten ska ansvaret för vattnets kvalitet inte längre vila på operatören av återvinningsanläggningen.

2. För att säkerställa efterlevnaden i enlighet med punkt 1 ska operatören av återvinningsanläggningen övervaka vattenkvaliteten i enlighet med följande:

- a) Avsnitt 2 i bilaga I.
- b) Eventuella ytterligare villkor vad gäller övervakning som enligt artikel 6.3 c och d fastställts av den behöriga myndigheten i det relevanta tillståndet.

Artikel 5
Riskhantering

1. För produktion, tillhandahållande och användning av återvunnet vatten ska den behöriga myndigheten säkerställa att det upprättas en riskhanteringsplan för återanvändning av vatten.

En riskhanteringsplan för återanvändning av vatten får omfatta ett eller flera system för återanvändning av vatten.

2. Riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten ska förberedas av operatören av återvinningsanläggningen, andra ansvariga parter och slutanvändare, beroende på vad som är lämpligt. De ansvariga parter som utarbetar riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten ska samråda med alla andra relevanta ansvariga parter och med slutanvändarna, beroende på vad som är lämpligt.
3. Riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten ska grunda sig på samtliga de väsentliga riskhanteringskomponenter som anges i bilaga II. Den ska fastställa ansvarsområdena för operatören av återvinningsanläggningen och andra ansvariga parter vad gäller riskhanteringen.
4. Riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten ska särskilt
 - a) fastställa eventuella nödvändiga krav för operatören av återvinningsanläggningen, utöver dem som anges i bilaga I i enlighet med punkt B i bilaga II, för att ytterligare minska eventuella risker före efterlevnadspunkten,

- b) identifiera faror, risker och lämpliga förebyggande och/eller möjliga korrigerande åtgärder i enlighet med punkt C i bilaga II,
 - c) identifiera ytterligare barriärer i systemet för återanvändning av vatten och fastställa eventuella ytterligare krav som är nödvändiga efter efterlevnadspunkten för att säkerställa att systemet för återanvändning av vatten är säkert, inbegripet, när tillämpligt, villkor för distribution, lagring och användning, samt identifiera vilka parter som ansvarar för att dessa krav uppfylls.
5. Kommissionen ges befogenhet att anta delegerade akter i enlighet med artikel 13 om ändring av denna förordning i syfte att anpassa de väsentliga riskhanteringskomponenter som anges i bilaga II till den tekniska och vetenskapliga utvecklingen.

Kommissionen ges också befogenhet att anta delegerade akter i enlighet med artikel 13 om komplettering av denna förordning i syfte att fastställa tekniska specifikationer för de väsentliga riskhanteringskomponenter som anges i bilaga II.

Artikel 6

Skyldigheter som rör tillstånd för återvunnet vatten

1. Produktion och tillhandahållande av återvunnet vatten som är avsett för bevattning inom jordbruket enligt avsnitt 1 i bilaga I ska vara föremål för ett tillstånd.

2. Ansvariga parter i systemet för återanvändning av vatten, inbegripet slutanvändaren där så är relevant i enlighet med nationell rätt, ska lämna in en ansökan om ett tillstånd eller om en ändring av ett befintligt tillstånd till den behöriga myndigheten i den medlemsstat i vilken återvinningsanläggningen drivs eller är tänkt att drivas.
3. Tillståndet ska ange de skyldigheter som operatören av återvinningsanläggningen och, i förekommande fall, andra ansvariga parter har. Tillståndet ska bygga på riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten och ska bland annat ange följande:
 - a) Kvalitetsklassen eller kvalitetsklasserna för återvunnet vatten och den användning inom jordbruket för vilken, i enlighet med bilaga I, det återvunna vattnet har ett tillstånd, platsen för användning, återvinningsanläggningarna och uppskattad årlig volym av det återvunna vatten som ska produceras.
 - b) Villkor avseende de minimikrav för vattenkvalitet och övervakning som anges i avsnitt 2 i bilaga I.
 - c) Eventuella villkor avseende ytterligare krav på operatören av återvinningsanläggningen som anges i riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten.
 - d) Eventuella andra villkor som är nödvändiga för att eliminera eventuella oacceptabla risker för miljön och för människors och djurs hälsa så att eventuella risker begränsas till en acceptabel nivå.

- e) Tillståndets giltighetsperiod.
 - f) Efterlevnadspunkten.
4. Vid bedömningen av en ansökan ska den behöriga myndigheten samråda och utbyta relevant information med andra relevanta myndigheter, i synnerhet vatten- och hälsomyndigheterna, om de inte utgörs av den behöriga myndigheten, samt med eventuella andra parter som den behöriga myndigheten anser vara relevanta.
5. Den behöriga myndigheten ska utan dröjsmål besluta huruvida ett tillstånd ska beviljas. Om den behöriga myndigheten på grund av ansökans komplexitet behöver mer än tolv månader från mottagandet av den fullständiga ansökan för att besluta huruvida ett tillstånd ska beviljas, ska den meddela sökanden det förväntade beslutsdatumet.
6. Tillstånd ska ses över regelbundet och vid behov uppdateras, åtminstone i följande fall:
- a) Kapaciteten har förändrats avsevärt.
 - b) Utrustning har uppgraderats.
 - c) Ny utrustning eller nya processer har tillkommit.
 - d) Det har skett förändringar i klimatförhållanden eller andra förhållanden som betydligt påverkar ytvattenförekomsternas ekologiska status.

7. Medlemsstaterna får kräva att lagring, distribution och användning av återvunnet vatten ska vara föremål för ett särskilt tillstånd i syfte att tillämpa de ytterligare krav och barriärer som enligt artikel 5.4 identifieras i riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten.

Artikel 7

Kontroll av efterlevnaden

1. Den behöriga myndigheten ska kontrollera om de villkor som anges i tillståndet uppfylls. Kontroller av efterlevnaden ska utföras med användning av följande metoder:
 - a) Kontroller på plats.
 - b) Övervakningsdata som erhållits i synnerhet enligt denna förordning.
 - c) Annan lämplig metod.
2. Vid fall av bristande efterlevnad av de villkor som anges i tillståndet ska den behöriga myndigheten kräva att operatören av återvinningsanläggningen och, i förekommande fall, andra ansvariga parter utan dröjsmål vidtar alla nödvändiga åtgärder för att återställa efterlevnaden och omedelbart underrättar de berörda slutanvändarna.

3. Om bristande efterlevnad av de villkor som anges i tillståndet utgör en betydande risk för miljön eller människors eller djurs hälsa ska operatören av återvinningsanläggningen eller andra eventuella ansvariga parter omedelbart stoppa tillhandahållandet av det återvunna vattnet till dess att den behöriga myndigheten konstaterar att efterlevnaden har återställts enligt de förfaranden som fastställts i riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten, i enlighet med avsnitt 2 punkt a i bilaga I.
4. Om en incident inträffar som påverkar efterlevnaden av villkoren i tillståndet ska operatören av återvinningsanläggningen eller andra eventuella ansvariga parter omedelbart informera den behöriga myndigheten och andra parter som potentiellt kan påverkas, och meddela den behöriga myndigheten den information som är nödvändig för att bedöma effekterna av en sådan incident.
5. Den behöriga myndigheten ska regelbundet kontrollera att ansvariga parter vidtar de åtgärder och fullgör de uppgifter som anges i riskhanteringsplanen för återanvändning av vatten.

Artikel 8

Samarbete mellan medlemsstater

1. I fall då återanvändning av vatten har gränsöverskridande betydelse ska medlemsstaterna antingen utse en kontaktpunkt i syfte att denna ska samarbeta med andra medlemsstaters kontaktpunkter och behöriga myndigheter, beroende på vad som är lämpligt, eller använda befintliga strukturer som har sitt upphov i internationella avtal.

Kontaktpunkterna eller de befintliga strukturerna ska ha till uppgift att

- a) ta emot och vidarebefordra förfrågningar om stöd,
- b) på begäran tillhandahålla stöd, och
- c) samordna kommunikationen mellan behöriga myndigheter.

De behöriga myndigheterna ska, innan de beviljar ett tillstånd, utbyta information om de villkor som anges i artikel 6.3 med kontaktpunkten i den medlemsstat där det återvunna vattnet är avsett att användas.

2. Medlemsstaterna ska besvara förfrågningar om stöd utan onödigt dröjsmål.

Artikel 9
Information och medvetandehöjande åtgärder

Besparingar av vattenresurser genom återanvändning av vatten ska vara föremål för allmänna medvetandehöjande kampanjer i medlemsstater där återvunnet vatten används för bevattning inom jordbruket. I sådana kampanjer får fördelarna med säker återanvändning av vatten lyftas fram.

Medlemsstaterna i fråga får även anordna informationskampanjer för slutanvändare för att säkerställa en optimal och säker användning av återvunnet vatten och därigenom säkerställa en hög skyddsnivå för miljön och för människors och djurs hälsa.

Medlemsstaterna får anpassa sådana informationskampanjer och medvetandehöjande kampanjer till omfattningen av återanvändningen av vatten.

Artikel 10
Information till allmänheten

1. Utan att det påverkar tillämpningen av direktiven 2003/4/EG och 2007/2/EG ska de medlemsstater i vilka återvunnet vatten används för bevattning inom jordbruket i enlighet med avsnitt 1 i bilaga I till denna förordning säkerställa att adekvat och uppdaterad information om återanvändning av vatten är tillgänglig för allmänheten, på internet eller på annat sätt. Denna information ska inbegripa följande:
 - a) Kvantitet av och kvalitet på det återvunna vatten som tillhandahålls i enlighet med denna förordning.
 - b) Den procentandel återvunnet vatten i medlemsstaten som tillhandahålls i enlighet med denna förordning jämfört med den totala mängden renat avloppsvatten från tätbebyggelse, om dessa uppgifter finns tillgängliga.
 - c) Tillstånd som beviljats eller ändrats i enlighet med denna förordning, inbegripet de villkor som fastställts av de behöriga myndigheterna i enlighet med artikel 6.3 i denna förordning.
 - d) Resultaten av alla kontroller av efterlevnaden som utförts i enlighet med artikel 7.1 i denna förordning.

- e) Kontaktpunkter som utsetts i enlighet med artikel 8.1 i denna förordning.
- 2. Den information som anges i punkt 1 ska uppdateras vartannat år.
- 3. Medlemsstaterna ska säkerställa att varje beslut som fattas i enlighet med artikel 2.2 görs tillgängligt för allmänheten på internet eller på annat sätt.

Artikel 11

Information om övervakning av genomförandet

- 1. Utan att det påverkar tillämpningen av direktiven 2003/4/EG och 2007/2/EG ska de medlemsstater i vilka återvunnet vatten används för bevattning inom jordbruket i enlighet med avsnitt 1 i bilaga I till denna förordning, med hjälp av Europeiska miljöbyrån
 - a) skapa och senast den ... [sex år efter dagen för denna förordnings ikraftträdande] offentliggöra, och vart sjätte år därefter uppdatera, ett dataset som innehåller information om resultatet av den kontroll av efterlevnaden som utförts i enlighet med artikel 7.1 i denna förordning och annan information som ska göras tillgänglig för allmänheten på internet i enlighet med artikel 10 i denna förordning,
 - b) skapa, offentliggöra och därefter årligen uppdatera, ett dataset som innehåller information om fall av bristande efterlevnad av de krav som anges i tillståndet, som samlats in i enlighet med artikel 7.1 i denna förordning, samt information om de åtgärder som vidtagits i enlighet med artikel 7.2 och 7.3 i denna förordning.

2. Medlemsstaterna ska säkerställa att kommissionen, Europeiska miljöbyrån och Europeiska centrumet för förebyggande och kontroll av sjukdomar har tillgång till de dataset som avses i punkt 1.
3. På grundval av de dataset som avses i punkt 1 ska Europeiska miljöbyrån, i samråd med medlemsstaterna, utarbeta, offentliggöra och uppdatera, regelbundet eller på begäran av kommissionen, en unionsomfattande översikt. Denna översikt ska omfatta indikatorer för förordningens utfall, resultat och effekter samt kartor och rapporter från medlemsstaterna.
4. Kommissionen får genom genomförandeakter fastställa närmare regler om format för och redovisning av den information som ska lämnas i enlighet med punkt 1 samt närmare regler om format för och redovisning av den unionsomfattande översikt som avses i punkt 3. Dessa genomförandeakter ska antas i enlighet med det granskningsförfarande som avses i artikel 14.
5. Senast den ... [två år efter dagen för denna förordnings ikraftträdande] ska kommissionen, i samråd med medlemsstaterna, fastställa riktlinjer till stöd för tillämpningen av denna förordning.

Artikel 12

Utvärdering och översyn

1. Kommissionen ska, senast den ... [åtta år efter dagen för denna förordnings ikraftträdande] göra en utvärdering av denna förordning. Utvärderingen ska baseras åtminstone på följande:
 - a) Erfarenheterna från denna förordnings genomförande.
 - b) De dataset som skapats av medlemsstaterna i enlighet med artikel 11.1 och den unionsomfattande översikt som utarbetats av Europeiska miljöbyrån i enlighet med artikel 11.3.
 - c) Relevanta vetenskapliga, analytiska och epidemiologiska data.
 - d) Teknisk och vetenskaplig kunskap.
 - e) WHO:s rekommendationer, om sådana finns tillgängliga, eller andra internationella riktlinjer eller ISO-standarder.
2. Vid utvärderingen ska kommissionen särskilt uppmärksamma följande aspekter:
 - a) De minimikrav som anges i bilaga I.

- b) De väsentliga riskhanteringskomponenter som anges i bilaga II.
 - c) De ytterligare krav som fastställts av behöriga myndigheter enligt artikel 6.3 c och d.
 - d) Effekterna av återanvändning av vatten på miljön och människors och djurs hälsa, inbegripet effekterna av nya riskämnen.
3. Som en del av utvärderingen ska kommissionen bedöma huruvida det är genomförbart att
- a) utvidga denna förordnings tillämpningsområde till att även omfatta återvunnet vatten avsett för ytterligare specifika användningsområden, däribland återanvändning inom industrin,
 - b) utvidga kraven i denna förordning till att även omfatta indirekt användning av renat avloppsvatten.
4. Kommissionen får, på grundval av resultaten av utvärderingen eller närhelst nya tekniska och vetenskapliga rön så kräver, undersöka behovet av att se över de minimikrav som anges i avsnitt 2 i bilaga I.
5. Kommissionen ska, när så är lämpligt, lägga fram ett lagstiftningsförslag i syfte att ändra denna förordning.

Artikel 13
Utövande av delegeringen

1. Befogenheten att anta delegerade akter ges till kommissionen med förbehåll för de villkor som anges i denna artikel.
2. Den befogenhet att anta delegerade akter som avses i artikel 5.5 ska ges till kommissionen för en period på fem år från och med den ... [den dag då denna förordning träder i kraft]. Kommissionen ska utarbeta en rapport om delegeringen av befogenhet senast nio månader före utgången av perioden på fem år. Delegeringen av befogenhet ska genom tyst medgivande förlängas med perioder av samma längd, såvida inte Europaparlamentet eller rådet motsätter sig en sådan förlängning senast tre månader före utgången av perioden i fråga.
3. Den delegering av befogenhet som avses i artikel 5.5 får när som helst återkallas av Europaparlamentet eller rådet. Ett beslut om återkallelse innebär att delegeringen av den befogenhet som anges i beslutet upphör att gälla. Beslutet får verkan dagen efter det att det offentliggörs i *Europeiska unionens officiella tidning*, eller vid ett senare i beslutet angivet datum. Det påverkar inte giltigheten av delegerade akter som redan har trätt i kraft.

4. Innan kommissionen antar en delegerad akt ska den samråda med experter som utsetts av varje medlemsstat i enlighet med principerna i det interinstitutionella avtalet av den 13 april 2016 om bättre lagstiftning.
5. Så snart kommissionen antar en delegerad akt ska den samtidigt delge Europaparlamentet och rådet denna.
6. En delegerad akt som antas enligt artikel 5.5 ska träda i kraft endast om varken Europaparlamentet eller rådet har gjort invändningar mot den delegerade akten inom en period på två månader från den dag då akten delgavs Europaparlamentet och rådet, eller om både Europaparlamentet och rådet, före utgången av den perioden, har underrättat kommissionen om att de inte kommer att invända. Denna period ska förlängas med två månader på Europaparlamentets eller rådets initiativ.

Artikel 14

Kommittéförfarande

1. Kommissionen ska biträdas av den kommitté som inrättats genom direktiv 2000/60/EG. Denna kommitté ska vara en kommitté i den mening som avses i förordning (EU) nr 182/2011.
2. När det hänvisas till denna punkt ska artikel 5 i förordning (EU) nr 182/2011 tillämpas.

Om kommittén inte avger något yttrande, ska kommissionen inte anta utkastet till genomförandeakt och artikel 5.4 tredje stycket i förordning (EU) nr 182/2011 ska tillämpas.

Artikel 15

Sanktioner

Medlemsstaterna ska fastställa regler om sanktioner för överträdelse av bestämmelserna i denna förordning och vidta alla nödvändiga åtgärder för att säkerställa att de tillämpas. Sanktionerna ska vara effektiva, proportionella och avskräckande. Medlemsstaterna ska till kommissionen anmäla dessa regler och åtgärder senast den ... [fyra år efter dagen för denna förordnings ikraftträdande] samt eventuella ändringar som berör dem.

Artikel 16
Ikraftträdande och tillämpning

Denna förordning träder i kraft den tjugonde dagen efter det att den har offentliggjorts i *Europeiska unionens officiella tidning*.

Den ska tillämpas från och med den ... [tre år efter dagen för denna förordnings ikraftträdande].

Denna förordning är till alla delar bindande och direkt tillämplig i alla medlemsstater.

Utfärdad i

På Europaparlamentets vägnar
Ordförande

På rådets vägnar
Ordförande

BILAGA

ANVÄNDNINGSSOMRÅDEN OCH MINIMIKRAV

Avsnitt 1. Användningsområden för återvunnet vatten

Bevattning inom jordbruket

Med bevattning inom jordbruket avses bevattning av följande typer av grödor:

- Livsmedelsgrödor som konsumeras råa, dvs. grödor som är avsedda att användas som livsmedel i rått eller obearbetat skick.
- Bearbetade livsmedelsgrödor, dvs. grödor som är avsedda att användas som livsmedel efter en bearbetningsprocess (dvs. tillagade eller industriellt bearbetade).
- Andra grödor än livsmedelsgrödor, dvs. grödor som inte är avsedda att användas som livsmedel (till exempel betesmark och grovfoder, fibergrödor, prydnadsgrödor, utsäde, energigrödor och växtmattor).

Utan att det påverkar tillämpningen av annan relevant unionsrätt på områdena för miljö och hälsa får medlemsstaterna använda återvunnet vatten inom fler användningsområden, t.ex.

- inom industrin, och
- service- och miljöändamål.

Avsnitt 2. Minimikrav

Minimikrav för återvunnet vatten avsett för bevattning inom jordbruket

Kvalitetsklasserna för återvunnet vatten samt tillåtna användningsområden och bevattningsmetoder för varje klass anges i tabell 1. Minimikraven för vattenkvalitet anges i punkt a tabell 2.

Minimifrekvenser och prestationsmål för övervakning av det återvunna vattnet anges i punkt b tabell 3 (rutinövervakning) och tabell 4 (valideringsövervakning).

Grödor som tillhör en viss kategori ska bevattnas med återvunnet vatten av motsvarande minimikvalitetsklass för återvunnet vatten i enlighet med vad som anges i tabell 1, såvida inte lämpliga ytterligare barriärer enligt artikel 5.4 c används som leder till att de kvalitetskrav som anges i punkt a tabell 2 uppnås. Sådana ytterligare barriärer får baseras på den vägledande förteckning över förebyggande åtgärder som avses i punkt 7 i bilaga II eller i någon annan likvärdig nationell eller internationell standard, t.ex. ISO-standard 16075-2.

Tabell 1 Kvalitetsklasser för återvunnet vatten samt tillåten användning inom jordbruket och bevattningsmetod

Lägsta kvalitetsklass för återvunnet vatten	Kategori av gröda ^(*)	Bevattningsmetod
A	Alla livsmedelsgrödor som konsumeras råa, där de ätliga delarna kommer i direkt kontakt med återvunnet vatten, och rotfrukter som konsumeras råa	Alla bevattningsmetoder
B	Livsmedelsgrödor som konsumeras råa där de ätliga delarna produceras ovan mark och inte kommer i direkt kontakt med återvunnet vatten, bearbetade livsmedelsgrödor och andra grödor än livsmedelsgrödor, inbegripet grödor som används som foder åt mjölk- eller köttproducerande djur	Alla bevattningsmetoder
C	Livsmedelsgrödor som konsumeras råa där de ätliga delarna produceras ovan mark och inte kommer i direkt kontakt med återvunnet vatten, bearbetade livsmedelsgrödor och andra grödor än livsmedelsgrödor, inbegripet grödor som används som foder åt mjölk- eller köttproducerande djur	Droppbevattning ^(**) eller andra bevattningsmetoder som undviker direkt kontakt med de ätliga delarna av grödan
D	Industri- och energigrödor samt sådda grödor	Alla bevattningsmetoder ^(***)

(*) Om samma typ av bevattnad gröda omfattas av flera kategorier i tabell 1 ska den strängaste kategorins krav tillämpas.

(**) Droppbevattning är ett system för mikrobevattning som kan leverera vattendroppar eller mycket små vattenstrålar till växterna och som innebär att vatten droppar på marken eller direkt under markytan i mycket små mängder (2–20 liter/timme) från ett system av plaströr med liten diameter som försetts med munstycken som kallas strålare eller droppare.

(***) Vad gäller bevattningsmetoder som efterliknar regn bör särskild uppmärksamhet ägnas åt att skydda hälsan för arbetstagare eller andra närvarande personer. I detta syfte ska lämpliga förebyggande åtgärder vidtas.

a) Minimikrav för vattenkvalitet

Tabell 2 Kvalitetskrav för återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket

Kvalitetsklass för återvunnet vatten	Vägledande tekniskt mål	Kvalitetskrav				Annat
		<i>E. coli</i> (antal/100 ml)	BOD ₅ (mg/l)	TSS (mg/l)	Turbiditet (NTU)	
A	Sekundär behandling, filtrering och desinfektion	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 5	<i>Legionella</i> spp.: < 1 000 cfu/l om det finns risk för aerosolbildning Inälvsnematoder (ägg av inälvsmask): ≤ 1 ägg/l för bevattning av betesmark eller grovfoder
B	Sekundär behandling och desinfektion	≤ 100	I enlighet med direktiv 91/271/EEG (Bilaga I, tabell 1)	I enlighet med direktiv 91/271/EEG (Bilaga I, tabell 1)	–	
C	Sekundär behandling och desinfektion	≤ 1 000			–	
D	Sekundär behandling och desinfektion	≤ 10 000			–	

Återvunnet vatten ska anses uppfylla kraven i tabell 2 i fall då de uppmätta värdena för detta återvunna vatten uppfyller samtliga följande kriterier:

- De angivna värdena för *E. coli*, *Legionella* spp. och inälvsnematoder uppnås i minst 90 % av proven; inget av värdena i proven överskrider den maximala avvikelsetränsen på 1 log-enhet från de angivna värdena för *E. coli* och *Legionella* spp. och 100 % av det angivna värdet för inälvsnematoder.
- De angivna värdena för BOD₅, TSS och turbiditet i klass A uppnås i minst 90 % av proven; inget av värdena i proven överskrider den maximala avvikelsetränsen på 100 % av det angivna värdet.

b) Minimikrav för övervakning

Operatörer av återvinningsanläggningar ska utföra rutinövervakning för att kontrollera att det återvunna vattnet uppfyller de lägsta kvalitetskrav för vatten som anges i punkt a. Rutinövervakningen ska inkluderas i förfarandena för kontroll av systemet för återanvändning av vatten.

De prov som ska användas för att kontrollera överensstämmelsen med de mikrobiologiska parametrarna vid efterlevnadspunkten ska tas i enlighet med standard EN ISO 19458 eller andra nationella eller internationella standarder som säkerställer likvärdig kvalitet.

Tabell 3 Minimifrekvenser för rutinövervakning av återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket

Kvalitetsklass för återvunnet vatten	Lägsta övervakningsfrekvens					
	<i>E. coli</i>	BOD ₅	TSS	Turbiditet	<i>Legionella</i> spp. (i tillämpliga fall)	Inälvsnematoder (i tillämpliga fall)
A	En gång i veckan	En gång i veckan	En gång i veckan	Kontinuerlig	Två gånger i månaden	Två gånger i månaden eller som operatören av återvinningsanläggningen bestämmer utifrån antalet ägg i det avloppsvatten som tillförs återvinningsanläggningen.
B	En gång i veckan	I enlighet med direktiv 91/271/EEG (Bilaga I, avsnitt D)	I enlighet med direktiv 91/271/EEG (Bilaga I, avsnitt D)	–		
C	Två gånger i månaden			–		
D	Två gånger i månaden			–		

Valideringsövervakning ska utföras innan en ny återvinningsanläggning tas i drift.

Återvinningsanläggningar som redan är i drift och som uppfyller de kvalitetskrav för återvunnet vatten som fastställs i punkt a tabell 2 den ... [den dag då denna förordning träder i kraft] ska undantas från det kravet på valideringsövervakning.

Valideringsövervakning ska emellertid alltid utföras när utrustning uppgraderas och när ny utrustning eller nya processer tillkommer.

Valideringsövervakning ska utföras för den kvalitetsklass för återvunnet vatten som innefattar de strängaste kraven, klass A, för att bedöma om prestationsmålen (log₁₀-reduktion) är uppfyllda. Valideringsövervakning ska omfatta övervakning av de indikatormikroorganismer som hör samman med varje grupp av patogener (dvs. bakterier, virus och protozoa). De utvalda indikatormikroorganismerna är *E. coli* för patogena bakterier, F-specifika kolifager, somatiska kolifager eller kolifager för patogena virus och *Clostridium perfringens*-sporer eller sporbildande sulfatreducerande bakterier för protozoa. Prestationsmålen (log₁₀-reduktion) för valideringsövervakningen av de utvalda indikatormikroorganismerna anges i tabell 4 och ska vara uppfyllda vid efterlevnadspunkten vad gäller koncentrationerna av orenat avloppsvatten som tillförs reningsverket för avloppsvatten från tätbebyggelse. Minst 90 % av valideringsproven ska nå eller överstiga prestationsmålen.

Om en biologisk indikator inte förekommer i tillräckligt stor mängd i orenat avloppsvatten för att uppnå \log_{10} -reduktionen ska avsaknaden av en sådan biologisk indikator i återvunnet vatten innebära att valideringskraven är uppfyllda. Prestationsmålets uppfyllande får fastställas genom analyskontroll, genom att lägga ihop den prestation som fastställts för individuella reningssteg baserat på vetenskapliga belägg för väletablerade standardprocesser, t.ex. offentliggjorda uppgifter från provningsrapporter eller fallstudier, eller som testats i ett laboratorium under kontrollerade förhållanden för innovativ rening.

Tabell 4 Valideringsövervakning av återvunnet vatten för bevattning inom jordbruket

Kvalitetsklass för återvunnet vatten	Indikatormikroorganismer(*)	Prestationsmål för reningskedjan (log ₁₀ -reduktion)
A	<i>E. coli</i>	≥ 5,0
	Totalt kolifager/F-specifika kolifager/somatiska kolifager/kolifager(**)	≥ 6,0
	<i>Clostridium perfringens</i> -sporer/sporbildande sulfatreducerande bakterier(***)	≥ 4,0 (i händelse av <i>Clostridium perfringens</i> -sporer) ≥ 5,0 (i händelse av sporbildande sulfatreducerande bakterier)

(*) Referenspatogenerna *Campylobacter*, rotavirus och *Cryptosporidium* får också användas för valideringsövervakningen i stället för de föreslagna indikatormikroorganismerna. I sådana fall ska följande prestationsmål (log₁₀-reduktion) tillämpas: *Campylobacter* (≥ 5,0), rotavirus (≥ 6,0) och *Cryptosporidium* (≥ 5,0).

(**) Totalt antal kolifager väljs som den lämpligaste virusindikatorn. Om en analys av det totala antalet kolifager inte är möjlig ska minst en av kolifagerna (F-specifika eller somatiska kolifager) analyseras.

(***) *Clostridium perfringens*-sporer väljs som den lämpligaste indikatorn för protozoa. Sporbildande sulfatreducerande bakterier är emellertid ett alternativ om koncentrationen av *Clostridium perfringens*-sporer inte möjliggör validering av den begärda log₁₀-reduktionen.

Analysmetoderna för övervakning ska valideras och dokumenteras i enlighet med EN ISO/IEC-17025 eller andra nationella eller internationella standarder som säkerställer likvärdig kvalitet.

BILAGA II

A) Väsentliga riskhanteringskomponenter

Riskhantering ska omfatta en proaktiv identifiering och hantering av risker för att säkerställa att återvunnet vatten används och förvaltas på ett säkert sätt och att det inte finns några risker för miljön eller för människors och djurs hälsa. I detta syfte ska en riskhanteringsplan för återanvändning av vatten utarbetas på grundval av följande inslag:

1. En beskrivning av hela systemet för återanvändning av vatten, från det att avloppsvattnet tillförs reningsverket för avloppsvatten från tätbebyggelse till användningspunkten, inbegripet avloppsvattnets källor, reningsstegen och de tekniska lösningar som används i återvinningsanläggningen, infrastrukturen för tillhandahållande, distribution och lagring, den avsedda användningen, platsen och perioden för användningen (till exempel om det används under en viss tid eller i vissa fall), bevattningsmetoderna, typen av gröda, andra vattenkällor om en blandning är avsedd att användas, och den volym av återvunnet vatten som ska tillhandahållas.
2. Identifiering av alla parter som deltar i systemet för återanvändning av vatten och en tydlig beskrivning av deras roller och ansvarsområden.
3. Identifiering av potentiella faror, framför allt förekomsten av föroreningar och patogener, och risken för farliga händelser såsom fel i reningssystemet, oavsiktliga läckage eller förorening av systemet för återanvändning av vatten.

4. Identifiering av riskutsatta miljöer och befolkningsgrupper och exponeringsvägarna för de identifierade potentiella farorna, med beaktande av specifika miljöfaktorer såsom lokal hydrogeologi, topologi, jordtyp och ekologi, samt faktorer som rör typen av grödor och lantbruks- och bevattningspraxis. Beaktande av tänkbara irreversibla eller långsiktiga negativa miljö- och hälsoeffekter av vattenåtervinningen som stöds av vetenskapliga belägg.
5. En bedömning av risker för miljön och för människors och djurs hälsa, med beaktande av de identifierade potentiella farornas natur, de avsedda användningarnas varaktighet, de identifierade miljöer och befolkningsgrupper som riskerar att exponeras för de farorna och hur allvarliga farornas eventuella effekter är, med beaktande av försiktighetsprincipen, samt all relevant unionslagstiftning och nationell lagstiftning, vägledande dokument och minimikrav avseende livsmedels-, foder- och arbetsplatssäkerhet. Riskbedömningen kan grundas på en genomgång av tillgängliga vetenskapliga studier och uppgifter.

Riskbedömningen ska omfatta följande inslag:

- a) En bedömning av risker för miljön, inbegripet samtliga följande moment:
 - i) Bekräftelse av farornas natur, i förekommande fall inbegripet förväntad nolleffektnivå.

- ii) En bedömning av den potentiella risken för exponering.
 - iii) Riskkaraktärisering.
- b) En bedömning av risken för människors och djurs hälsa, inbegripet samtliga följande inslag:
- i) Bekräftelse av farornas natur, i förekommande fall inbegripet dos-responssambandet.
 - ii) En bedömning av det potentiella dos- eller exponeringsintervallet.
 - iii) Riskkaraktärisering.

Riskbedömningen får utföras genom en kvalitativ eller semikvantitativ riskbedömning. En kvantitativ riskbedömning ska användas när tillräckligt med stödande uppgifter finns eller inom projekt med potentiell hög risk för miljön eller folkhälsan.

Som ett minimum ska följande krav och skyldigheter beaktas i riskbedömningen:

- a) Kravet att minska och förhindra vattenförorening från nitrater i enlighet med direktiv 91/676/EEG.

- b) Skyldigheten att se till att skyddade dricksvattenområden uppfyller kraven i direktiv 98/83/EG.
- c) Kravet att uppfylla de miljömål som anges i direktiv 2000/60/EG.
- d) Kravet att förhindra förorening av grundvattnet i enlighet med direktiv 2006/118/EG.
- e) Kravet att uppfylla de miljökvalitetsnormer för prioriterade ämnen och vissa andra förorenande ämnen som anges i direktiv 2008/105/EG.
- f) Kravet att uppfylla de miljökvalitetsnormer för föroreningar av nationellt intresse nämligen förorenande ämnen som är typiska för avrinningsområden som anges i direktiv 2000/60/EG.
- g) Kravet att uppfylla de kvalitetsnormer för badvatten som anges i direktiv 2006/7/EG.
- h) Kraven avseende skyddet för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket enligt direktiv 86/278/EEG.

- i) Kraven avseende livsmedelshygien i förordning (EG) nr 852/2004 och de riktlinjer som anges i kommissionens meddelande om vägledning för hantering av mikrobiologiska risker med färska frukter och grönsaker i primärproduktionen genom god hygien.
- j) Kraven avseende foderhygien i förordning (EG) nr 183/2005.
- k) Kravet att uppfylla de relevanta mikrobiologiska kriterier som anges i förordning (EG) nr 2073/2005.
- l) Kraven avseende de gränsvärden för vissa främmande ämnen i livsmedel som anges i förordning (EG) nr 1881/2006.
- m) Kraven avseende de gränsvärden för bekämpningsmedelsrester i eller på livsmedel och foder som anges i förordning (EG) nr 396/2005.
- n) Kraven avseende djurhälsa som anges i förordningarna (EG) nr 1069/2009 och (EU) nr 142/2011.

B) Villkor avseende de ytterligare kraven

6. Beaktande av de krav för vattenkvalitet och övervakning som tillkommer utöver eller som är striktare än de krav som anges avsnitt 2 i bilaga I, eller både och, när det är nödvändigt och lämpligt för att säkerställa ett tillräckligt skydd för miljön samt för människors och djurs hälsa, i synnerhet när det föreligger tydliga vetenskapliga belägg för att risken härrör från återvunnet vatten och inte från andra källor.

Beroende på resultatet av riskbedömningen enligt punkt 5 kan sådana ytterligare krav framför allt avse

- a) tungmetaller,
- b) bekämpningsmedel,
- c) biprodukter från desinfektion,
- d) läkemedel,
- e) övriga nya riskämnen, däribland mikroföroreningar och mikroplast,
- f) antimikrobiell resistens.

C) Förebyggande åtgärder

7. Identifiering av förebyggande åtgärder som redan vidtagits eller som bör vidtas för att begränsa risker så att samtliga identifierade risker kan hanteras på lämpligt sätt. Särskild uppmärksamhet ska ägnas åt vattenförekomster som används för uttag av dricksvatten liksom åt tillhörande säkerhetszoner.

Sådana förebyggande åtgärder kan omfatta

- a) åtkomstkontroll,
- b) ytterligare åtgärder för desinfektion eller avlägsnande av föroreningar,
- c) särskild bevattningsteknik som minskar risken för aerosolbildning (till exempel droppbevattning),
- d) särskilda krav för spridarbevattning (t.ex. högsta vindhastighet eller avstånd mellan spridaren och känsliga områden),
- e) särskilda krav för jordbruksmark (t.ex. en sluttnings lutningsvinkel, markens vattenmättnad och karstområden),
- f) utplånande av patogener före skörd,
- g) fastställande av minsta säkerhetsavstånd (t.ex. från ytvatten, inbegripet källor för boskap, eller verksamheter såsom vattenbruk, fiskodling, skaldjursvattenbruk, bad eller annan vattenverksamhet),

- h) skyltning där bevattning sker, med uppgift om att återvunnet vatten används och att detta inte är lämpat som dricksvatten.

Särskilda förebyggande åtgärder som kan vara relevanta anges i tabell 1.

Tabell 1: Särskilda förebyggande åtgärder

Kvalitetsklass för återvunnet vatten	Särskilda förebyggande åtgärder
A	– Grisar får inte exponeras för foder som bevattnats med återvunnet vatten om det inte finns tillräckliga uppgifter som styrker att riskerna i ett specifikt fall kan hanteras.
B	– Förbud mot skörd av våta bevattnade eller droppbevattnade grödor. – Undanta diande mjölkboskap från bete tills betesmarken är torr. – Foder måste torkas eller ensileras före förpackning. – Grisar får inte exponeras för foder som bevattnats med återvunnet vatten om det inte finns tillräckliga uppgifter som styrker att riskerna i ett specifikt fall kan hanteras.
C	– Förbud mot skörd av våta bevattnade eller droppbevattnade grödor. – Undanta betande djur från bete under fem dagar efter senaste bevattning. – Foder måste torkas eller ensileras före förpackning. – Grisar får inte exponeras för foder som bevattnats med återvunnet vatten om det inte finns tillräckliga uppgifter som styrker att riskerna i ett specifikt fall kan hanteras.
D	– Förbud mot skörd av våta bevattnade eller droppbevattnade grödor.

8. Adekvata kvalitetskontrollsystem och förfaranden, inbegripet övervakning av återvunnet vatten med avseende på relevanta parametrar, och lämpliga underhållsprogram för utrustning.

Operatören av återvinningsanläggningen bör inrätta och upprätthålla ett kvalitetsledningssystem som certifierats enligt ISO 9001 eller motsvarande.

9. Miljöövervakningssystem för att säkerställa att återkoppling ges från övervakningen och att alla processer och förfaranden valideras och dokumenteras på lämpligt sätt.
10. Lämpliga system för att hantera incidenter och nödsituationer, inbegripet förfaranden för att på lämpligt sätt informera alla berörda parter om sådana händelser, och regelbundna uppdateringar av beredskapsplanen.

Medlemsstaterna kan använda befintliga internationella riktlinjer eller standarder som ISO 20426:2018 *Guidelines for health risk assessment and management for non-potable water reuse*, ISO 16075:2015 *Guidelines for treated wastewater use for irrigation projects*, andra likvärdiga standarder som är godtagbara på internationell nivå eller WHO-riktlinjer som verktyg för systematisk identifiering av faror, utvärdering och hantering av risker grundat på en prioriteringsstrategi som tillämpas på hela kedjan (från reningen av avloppsvatten från tätbebyggelse för återanvändning till distributionen och användningen för bevattning inom jordbruket till kontroll av effekterna) och för platsspecifik riskbedömning.

11. Säkerställa att samordningsmekanismer inrättas bland olika aktörer för att garantera en säker framställning och användning av återvunnet vatten.



EXTERIÖR PERSPEKTIVBILD



Vy från sydöst
Huvudentré från Vesholmsvägen



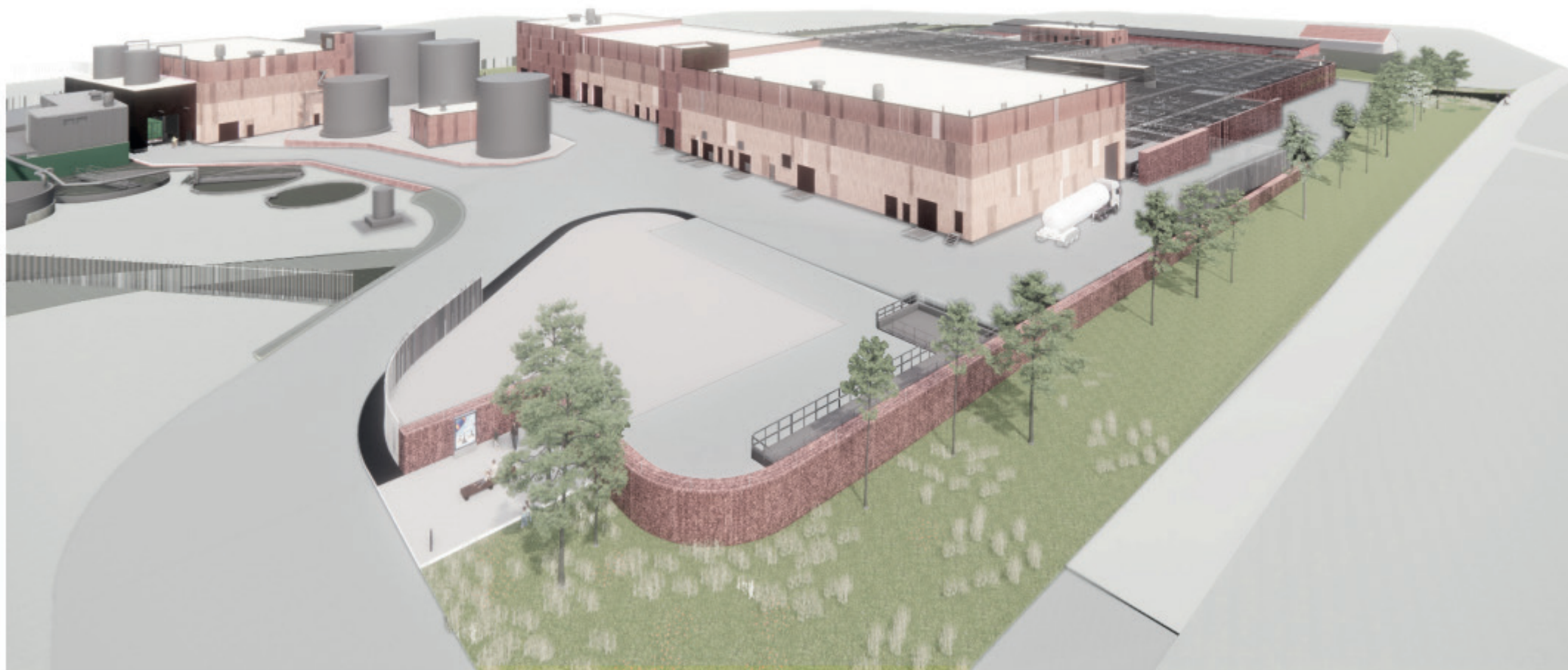
EXTERIÖR PERSPEKTIVBILD



Vy från nordöst
Områdets infart och anläggningens publika framsida.



EXTERIÖR PERSPEKTIVBILD



Ultrafilter och granulerat aktivt kol för avskiljning av mikroföroreningar

*Ellen Edefell
Regine Ullman
Elina Bengtsson*



Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten Utveckling (SVU) är kommunernas eget FoU-program om kommunal VA-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning och utveckling inom det kommunala VA-området.

Författaren är ensam ansvarig för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 14057
167 14 Bromma
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se
Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Ultrafilter och granulerat aktivt kol för avskiljning av mikroföroreningar
Title of the report:	Ultrafilter and granulated activated carbon for removal of micropollutants
Författare:	Ellen Edefell, Lunds Tekniska Högskola, Regine Ullman, Kalmar Vatten AB, Elina Bengtsson, Kalmar Vatten AB
Rapportnummer:	2019-1
Antal sidor:	54
Sammandrag:	Kalmar avloppsreningsverk kunde effektivt minska utsläppen av mikro-föroreningar genom att behandla renat avloppsvatten med ultrafilter och efterföljande filter med granulerat aktivt kol (GAK). Resultaten efter ett års drift i en pilotanläggning visar på tillförlitliga och goda reningsresultat med acceptabel drift- och skötselinsats.
Abstract:	At Kalmar wastewater treatment plant, pilotplant tests were carried out with ultrafiltration through membranes and further filtration through granulated activated coal for removal of micro pollutants from treated wastewater. Operational results show reliable and good removal with acceptable work load for operation and maintenance.
Sökord:	Ultrafilter, membranfiltrering, granulerat aktivt kol, avloppsvattenrening, mikro-föroreningar, läkemedelsrestrening, Kalmar, polersteg
Keywords:	Ultrafilter, membrane filtration, granulated activated carbon, wastewater treatment, micropollutants, reduction of medicinal residues, Kalmar, polishing step
Målgrupper:	VA huvudmän, driftorganisationer, processingenjörer och konsulter
Omslagsbild:	Lyckat provtagningstillfälle för granulerat aktivt kol (från vänster till höger: Regine Ullman, Michael Axelsson, Elina Bengtsson, Maria Dahl, alla Kalmar Vatten). Fotograf: Ola Svahn, Högskola Kristianstad
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens webbplats www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2019
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB
Om projektet	
Projektnummer:	5137
Projektets namn:	GAK-pilot
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling

Förord

Projektet initierades av Kalmar Vatten i arbetet med utredning av och planering för läkemedelsrestrening inom projektet ”Kalmarsundsverket”. Ett samarbete med Lunds universitet, Sweden Water Research (SWR) och Högskolan Kristianstad initierades tidigt för att säkerställa vetenskaplig ledning. Försöken pågick under 12 månader mellan februari 2017 och januari 2018 på Kalmar avloppsreningsverk. Personal på Kalmar Vatten genomförde pilotförsöken, sammanställde driftserfarenheter, dimensioneringsunderlag och kostnader. Ola Svahn på Högskolan i Kristianstad svarade för analyser av läkemedel och andra svårnedbrytbara mikroföroreningar. Han tillhandahöll också fakta om läkemedlens kemiska egenskaper, bidrog med värdefulla erfarenheter kring granulerat aktivt kols adsorptionsförmåga samt gav kommentarer under projektets gång. Ellen Edefell på Sweden Water Research bidrog till upplägg av pilotförsöken, genomförde kontaktidsförsök och sammanställde reningskapaciteten i teknik-kombinationen UF och GAK.

Kalmar Vatten finansierade största delen av detta pilotprojekt. Svenskt Vatten bidrog med finansiering för vetenskaplig ledning och för att göra resultaten tillgängliga för VA-organisationer och andra intressenter via denna rapport.

Författarna vill framföra ett stort tack till Michael Axelsson, Elina Bengtsson, Qing Zhao, Fredrik Jonsson och Daniel Ingvarsson på Kalmar Vatten för värdefulla insatser under hela projektet. Ett stort tack framförs även till Michael Cimbritz på Lunds universitet för vetenskapligt stöd under hela projektet och hjälp med denna rapport, så som Ola Svahn på Kristianstads Högskola för alla värdefulla kommentarer och bidrag till denna rapport. Ett tack framförs även tillreferensgruppen; Christian Baresel på IVL, Jonas Bonnedahl på Kalmar läns landsting, Jarone Pinhassi på LNU, Jörgen Eriksson på Jacobi och Marinette Hagman på SWR för givande diskussioner.

Innehåll

Sammanfattning	6
Summary	7
Förklaringar	8
1. Inledning	9
2. Försöksuppställning och analysmetoder	11
2.1 Kalmar avloppsreningsverk	11
2.2 Pilotanläggningar	12
2.3 Provtagning	13
2.4 Analyser	14
3. Reningsresultat	16
3.1 Reduktion av fosfor, kväve och organiskt material	16
3.2 Reduktion av mikroorganismer.....	17
3.3 Reduktion av mikroföroreningar.....	18
4. Drift och underhåll	24
4.1 Allmänt.....	24
4.2 Drift och underhåll av ultrafilter.....	24
4.3 Drift och underhåll av GAK-filter.....	26
4.4 Sammanfattande bedömning av drift och underhåll	27
5. Potentiell anläggning i fullskala	28
5.1 Dimensionering	28
5.2 Design	29
5.3 Kostnader	32
6. Diskussion	34
6.1 Reningsgrad av vatten	34
6.2 Reduktion av ämnesgrupper.....	34
6.3 Storlek på reningsverk	35
6.4 Recipient.....	35
7. Slutsatser	37
8. Referenser	38

9. Bilagor.....	41
Bilaga 1. Kemiska och biologiska analysparametrar	41
Bilaga 2. Ämneslista mikroföroreningar.....	42
Bilaga 3. Reduktion av mikroföroreningar	43
Bilaga 4. Permeabilitet UF	44
Bilaga 5. Utveckling av biofilm i GAK-filter	45
Bilaga 6. Anläggningsdesign och -kostnad i fullskala.....	47

Sammanfattning

Kalmar avloppsreningsverk kunde effektivt minska utsläppen av mikro-föroreningar genom att behandla renat avloppsvatten med ultrafilter och efterföljande filter med granulerat aktivt kol (GAK). Resultaten efter ett års drift i en pilotanläggning visar på tillförlitliga och goda reningsresultat med acceptabel drift- och skötselinsats.

Under det senaste decenniet har forskning visat att ekosystemen i sjöar och vattendrag påverkas negativt av organiska mikro-föroreningar som exempelvis läkemedelsrester och biocider. En del av dem släpps ut via kommunala avloppsreningsverk. I dagsläget finns det inga utsläppskrav för mikro-föroreningar, men det kan komma framöver. I den här studien utvärderades möjligheterna att bygga ut Kalmar reningsverk och andra reningsverk med en kombination av ultrafilter och GAK-filter efter den konventionella reningen med bland annat aktivt slam. Projektet initierades av Kalmar Vatten och utfördes i samarbete med Institutionen för Kemiteknik vid Lunds universitet, Sweden Water Research och Högskolan Kristianstad.

Ultrafiltrets membran med porstorleken $0,02\ \mu\text{m}$ avskilde partiklar effektivt och gav samtidigt hög reduktion av totalfosfor och bakterier. I GAK-filtret adsorberades sedan de flesta mikro-föroreningarna, bland annat flera ämnen som finns på EU:s bevakningslista som exempelvis diklofenak. Efter ett års drift (ungefär 18 000 bäddvolym) hade adsorptionskapaciteten i GAK-filtret minskat för vissa ämnen så att kolet kunde anses förbrukat och behövde ersättas med nytt kol. Men för några av dessa ämnen var nedbrytningen hög i aktivslamprocessen, och sammantaget gav det hög reduktion över hela processen. Under försöken studerades också vattnets uppehållstid och utvecklingen av biofilm i GAK-filtret. Inom ramen för den här studien kunde det inte klarläggas om biofilmen bidrog till avskiljning av mikro-föroreningar. Det visade sig att uppehållstiden kunde sänkas till i storleksordningen 10 minuter utan att adsorptionsförmågan försämrades.

Teknikkombinationen ultrafilter och GAK-filter fungerade bra ur driftsynpunkt och krävde en rimlig arbetsinsats under försöksperioden. De största underhållsinsatserna var kopplade till backspolning av respektive filter. För ultrafiltren var arbetet till största delen automatiserat, medan det för GAK-filtret gjordes manuellt. När en framtida membranläggning utformas bör man särskilt uppmärksamma arbetsmiljön när det gäller lagring och hantering av kemikalier. För GAK-filtret bör man tänka på rutiner vid uppstart och backspolning för att säkerställa stabil drift och minimera förlusterna av kol.

I rapporten diskuteras vilka typer av avloppsreningsverk den här teknikombinationen kan passa för. GAK-filter är enkel teknik, men ultrafilter ställer högre krav på kompetensen hos driftpersonalen och passar för lite större verk. I rapporten beskrivs en framtida fullskaleanläggning i Kalmar för 90 000 pe. Kostnaderna för investering och drift uppskattas till $1,6\ \text{kr}/\text{m}^3$ renat avloppsvatten för membranläggningen och till $1,2\ \text{kr}/\text{m}^3$ för GAK-filtren.

Summary

This report summarises a project initiated by Kalmar Water and was carried out in collaboration with the Department of Chemical Engineering at Lund University, Sweden Water Research and Kristianstad University. Within the framework of the project, a pilot trial was carried out at Kalmar wastewater treatment plant for one year to evaluate the possibilities to expand this and other treatment plants with a combination of ultrafiltration (UF) and filters with granular activated carbon (GAC).

In the ultrafiltration membranes, with a pore size of 0.02 μm , all suspended matter could be separated. The efficient particle separation also resulted in a high reduction of total phosphorus and bacterial content. In the subsequent activated carbon filter, most of the analysed micropollutants could be separated, including several substances found on the EU watch list (diclofenac, erythromycin, clarithromycin and estrone). After a year of operation (about 18,000 bed volumes), the adsorption capacity of some substances had decreased to the extent that the carbon would have to be replaced with new or regenerated carbon. However, for some of these substances, such as sulfamethoxazole, high removal could be noted in the activated sludge treatment, which overall gave a high reduction over the entire process. The removal of different micropollutants in the GAC filter showed approximately the same pattern as in previously reported studies. During the experiments, contact time and the development of biofilm in the GAC filter have also been studied. Biofilm probably allowed some nitrification and decomposition of organic matter, but it was not possible in the context of this study to verify whether the biofilm contributed to the removal of micropollutants. Studies with changed flows showed that the contact time could be reduced to 10 minutes without decreased adsorption capacity.

The combination of UF-GAC technology worked well from an operational point of view and required a reasonable work load during the trial period. The main maintenance work was related to backwash of the filters. For the UF membranes, the work was largely automated, while the GAC filter was cleaned manually. When designing a future membrane plant, attention should be made to the working environment regarding storage and handling of chemicals. For the GAC filter, start-up and backwashing procedures should be considered to ensure stable operation and minimize carbon losses.

The prerequisites for application of the technology combination for various types of wastewater treatment plants are discussed. A planned design for a full-scale plant at Kalmarsundsverket is described and a cost assessment for investment and operations is reported. The costs are estimated to 1.6 kr/m³ for the membrane plant and at 1.2 kr/m³ for the GAC filters. The prerequisites for cost assessment are reported to facilitate comparisons with other studies.

Förklaringar

Bäddvolym (BV)	Kolbäddens volym i GAK-filtret. Används som ett mått på mängden behandlat vatten.
cfu	Colony forming units. Kolonibildande enhet.
DOC	Dissolved organic carbon. Löst organiskt kol.
EBCT	Empty bed contact time. Uppehållstid av vatten i GAK-filter beräknad på tombäddsvolymen.
Flux	Permeatvolym per membranyta och tid. Anges ofta i enheten lmh; liter permeat per kvadratmeter membranyta och timme.
Fouling	Igensättning av membran genom avlagringar (oorganiska eller organiska).
GAK	Granulerat aktivt kol.
KARV	Kalmar avloppsreningsverk.
Kontakttid	se EBCT. Uppehållstid av vatten i GAK-filter.
LOQ	Limit of quantification. Kvantifieringsgräns, den lägsta koncentrationen som kan kvantifieras.
MBR	Membranbioreaktor. Aktivslamprocess med ultrafilter som separationsmetod. Normalt membran med nominal porstorlek 0,04 µm.
Mikroföroreningar	Alternativt organiska mikroföroreningar. Spårämnen av t.ex. läkemedel, biocider och flamskyddsmedel.
PAK	Pulveriserat aktivt kol.
Permeabilitet	Membranens genomsläpplighet; ett mått som kan antyda permanent igensättning av membranen i fall den minskar stadigt över längre tid.
Regenerering	Glödning av kol för att oxidera adsorberade organiska ämnen och förnya adsorptionsförmågan på kolet.
SBR	Sequencing batch reactor, eller satsvis biologisk reactor.
TOC	Total organic carbon. Totalt organiskt kol.
UF	Ultrafilter.

1. Inledning

Under det senaste decenniet har forskning visat att ekosystemen påverkas negativt av lösta organiska mikroföroreningar, såsom läkemedelsrester och biocider. Dessa ämnen kan medföra risker för vattenlevande organismer vid långvarig exponering även vid mycket låga koncentrationer. En del av föroreningarna släpps ut via våra kommunala avloppsreningsverk (ARV). Naturvårdsverket (2017) har konstaterat att det finns ett behov av avancerad rening eftersom dagens tekniker som används på våra svenska reningsverk inte avskiljer ett brett spektrum av svårnedbrytbara organiska mikroföroreningar.

I tidigare svenska studier har utsläpp kartlagts, behoven utretts och möjliga reningstekniker för att minska utsläpp av organiska mikroföroreningar testats. Det har bland annat gjorts av Naturvårdsverket (2008), inom forskningsprogrammet *MistraPharma* (2015) och i projekt finansierade av Havs och vattenmyndigheten, t.ex. *FRAM*, *RESVAV* och *SystemLäk* (Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Genom att minska utsläpp av mikroföroreningar från kommunala avloppsreningsverk kan kvaliteten i våra ytvatten förbättras. Reningsteknikerna som i dagsläget anses bäst lämpade för fullskala är oxidation med ozon eller adsorption till aktivt kol. Adsorptionen kan ske till pulveriserat (PAK) eller granulerat aktivt kol (GAK).

I denna studie utvärderas möjligheterna att bygga ut reningsverk med en kombination av ultrafilter (UF) och filter med granulerat aktivt kol (GAK-filter) efter den konventionella reningen. Ultrafiltret reducerar fosforutsläpp och avskiljer mikroorganismer, och GAK-filtret adsorberar lösta organiska mikroföroreningar. Synergieffekter kan också uppstå då membranfilterat vatten är fritt från partiklar och kan innehålla lägre halter av organiska ämnen vilket i sin tur kan leda till mer effektivt utnyttjande av kolet, både genom att partiklar inte blockerar filtret och att halten DOC är lägre (Snyder m.fl., 2007). Det efterföljande reningssteget med GAK bör därför kunna drivas på ett mer effektivt sätt jämfört med drift utan förbehandling med UF.

I Sverige finns erfarenheter av UF och GAK-filter i dricksvattenproduktion på bl.a. Lackarebäcks vattenverk i Göteborg med Nordens största UF-anläggning, och kolfilter finns på Karlskrona vattenverk och Hjortenverket i Västervik. Vid Henriksdals avloppsreningsverk i Stockholm byggs reningsprocessen om från en konventionell aktivslamprocess till en MBR-process där UF-membran är integrerade i bioreaktorerna för separation av suspenderat material. Fristående enheter med UF- och GAK-filter för kommunal avloppsvattensrening används inte i Sverige. I Tyskland finns några anläggningar med kolfilter och fler anläggningar planeras. Uppdaterad anläggningsinformation publiceras på två hemsidor.^{1,2}

¹ www.koms-bw.de

² www.masterplan-wasser.nrw.de

I Schweiz finns det sedan 2016 lagstiftning med utsläppskrav för organiska mikroföroreningar, däribland läkemedelsrester och en del andra svårnedbrytbara ämnen, från kommunala avloppsreningsverk. En lista med ämnen är framtagen och kravet är 80% reduktion av utvalda ämnen över hela reningsprocessen. Det är också klarlagt vilka reningsverk som innefattas av dessa nya utsläppskrav, och det gäller i första hand stora anläggningar och sådana med känslig recipient. Aktivt kol, framförallt PAK, och ozon anses vara de mest lämpade teknikerna i Schweiz (Abegglen & Siegrist, 2012). PAK avskiljs till slammet som sedan bränns.

Denna studie omfattar en pilotstudie under 12 månader på Kalmar avloppsreningsverk med en kombination av UF och GAK-filter som poleringssteg efter den konventionella reningen. Flödet genom piloten var ca 1 % av reningsverkets medelflöde. I projektet analyserades framförallt läkemedelsrester men även en del andra svårnedbrytbara ämnen såväl som klassiska kemiska parametrar för avloppsvatten. Drivkraften bakom projektet är kommunens vision om ett friskt Kalmarsund. Reningsverket kommer inom en snar framtid byggas om, och i planeringsfasen undersöks möjliga tekniker för avancerad rening som kan vara lämpliga att integrera i det nya reningsverket, Kalmarsundsverket. En tidigare pilotstudie på reningsverket med endast UF-membran som efterpolering var lyckad och intresse finns för att tekniken ska användas i fullskala. Kolfilter bedömdes vara en lämplig metod för att även inkludera mikroföroreningar i reningen. Kalmar Vatten AB ville undersöka möjligheterna och förutsättningarna för att kunna komplettera reningsverket med GAK-filter om utsläppskraven skärps.

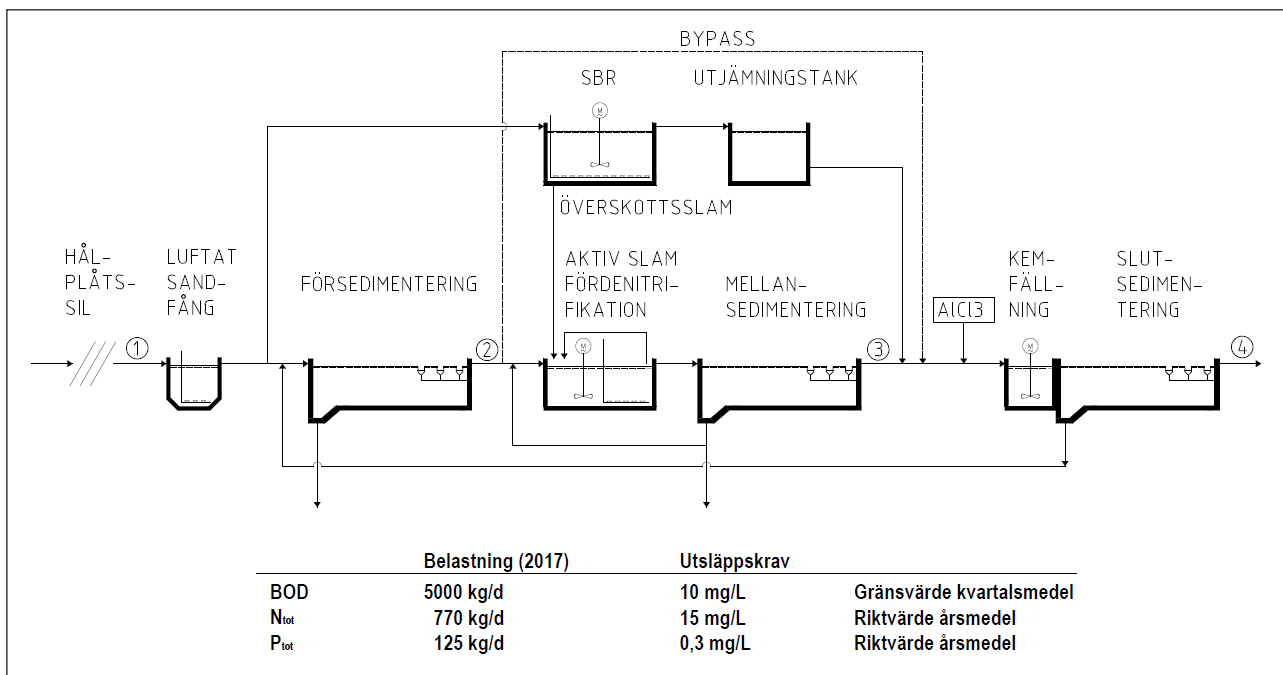
Projektets mål är att bidra till en ökad kunskapsnivå i VA-branschen gällande tekniska lösningar för reduktion av mikroföroreningar. Design och kostnader för en anläggning i fullskala är uppskattad för Kalmarsundsverket. Studien omfattar även en diskussion om vilka typer av reningsverk denna teknikkombination kan passa för.

2. Försöksuppställning och analysmetoder

För att få en heltäckande bild av reduktionen av mikroföroreningar togs prover i olika processteg på Kalmar avloppsreningsverk och i pilotanläggningen med UF och GAK. Reningsverkets processteg samt piloternas utformning beskrivs nedan. Vattenprover analyserades på Högskolan i Kristianstad och av Eurofins. Provtagnings- och analysmetodikerna presenteras kortfattat i följande avsnitt.

2.1 Kalmar avloppsreningsverk

Kalmars avloppsreningsverk omfattar mekanisk, biologisk och kemisk rening med fosforreduktion och biologisk kvävereduktion, Figur 2.1. Anläggningen är idag belastad med drygt 70 000 pe. Andelen industriavloppsvatten utgör ca 25 % av belastningen, mestadels från livsmedelsindustri.



Figur 2.1 Processchema över Kalmar ARV samt belastning och utsläppskrav. Provtagningspunkter för mikroförorengningsanalyser är markerade med siffrorna 1-4.

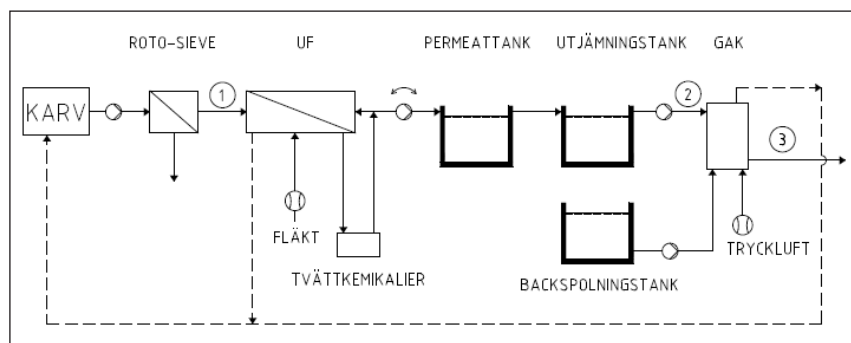
Kalmar avloppsreningsverk har trots det kustnära läget en relativt låg andel ovidkommande vatten, 15–30 % av inkommande vatten beroende på årsnederbörd. Trots det förekommer vattentemperaturer ner till 8° C vid snösmältning.

Vid höga flöden till Kalmar ARV kan vatten ledas förbi den biologiska reningen från försedimenteringen direkt till den kemiska efterfällningen, vilket skyddar den biologiska reningsprocessen från hydraulisk överbelast-

ning. Låga vattentemperaturer i kombination med lägre reningsgrad av vattnet vid höga flöden påverkar designen av en UF-anläggning.

2.2 Pilotanläggningar

Pilotanläggningarna var i drift från februari 2017 till januari 2018 enligt uppställningen i Figur 2.2. Vattnet till UF-anläggningen förfiltrerades i en sil (Roto Sieve från Lackeby Products), med en perforerad trumma med 0,8 mm hål. UF-anläggningen hyrdes av SUEZ, komplett med apparatskåp och styrsystem. Anläggningen bestod av dränkta UF-membran i öppen membrantank och var designad för ett flöde mellan 4–6 m³/h. Membranen var horisontellt anordnade hålfibermembran av modellen ut/in, med en nominell porstorlek på 0,02 µm; ZW1000. Ut/in refererar till vätskeflödets riktning genom membranen. I detta fall passerar vatten från utsidan och in genom membranen. Den använda membranmodellen används normalt i dricksvattenapplikationer. Membranen är med 0,8mm ytterdiameter smala och tätt packade. Packningstätheten innebär att membranmodellen enbart tål relativt låga koncentrationer av suspenderat material och kan användas där risken för slamflykt är låg. Anläggningen bestod av tre membrankassetter. Flödet varierade mellan 1,35 och 1,75 L/s (4,9–6,3 m³/h). En mer detaljerad beskrivning av driften finns i Kapitel 4. Drift och underhåll.



Figur 2.2 Processchema av pilotanläggningen med ultrafilter (UF) och granulerat aktivt kol (GAK). Pilotanläggningen var placerad efter den kemiska reningen på Kalmar ARV (KARV). Markerade siffror indikerar provtagningspunkter.

GAK-filtret innehöll granulerat aktivt kol av typen AquaSorb5000 8x30 mesh från Jacobi (medelstorleken på granulerna var 1,4 mm). Filtret hade en diameter på 1,3 m och en filterbäddshöjd på ca 1,3 m vilket motsvarade ungefär 1,7 m³ kol. Inloppet till filtret var placerat ovanför kolbädden och utloppet i botten. Filtret kunde drivas som öppet eller trycksatt. Dimensionerande flöde för GAK-filtret var upp till 12 m³/h. Under försökets gång passerade drygt 18 000 bäddvolymmer GAK-filtret med en kontakttid mellan 16–21 minuter.

Mellan UF och GAK-anläggningarna fanns utjämningsstankar och matar-pump för att säkerställa kontinuerligt flöde till kolfiltret trots frekvent backspolning av UF. Dessutom fanns kringutrustning för processövervak-

ning och backspolning (lagringstank och pump) av kolfiltret. Övervakningen av piloten var kopplad till reningsverkets övervakningssystem. Bilder från anläggningen visas i Figur 2.3 och 2.4.



Figur 2.3 Ultrafiltreringsanläggningen i pilotskala på Kalmar ARV. Membrankassetter till höger och styrsystem, permeattank (mellanlagring av filtrerat vatten) och tvättkemikalier till vänster i bild.



Figur 2.4 Pilotanläggning med GAK-filter till höger i bild. Utjämning av vattenflödet efter UF-anläggningen skedde i två cipaxtankar (till vänster i bild). UF-anläggningen är placerad bakom kolfiltret.

2.3 Provtagning

Under försöksperioden togs regelbundet vattenprover för analys, såväl inom den ordinarie anläggningsdelen som vid pilotanläggningen. Fasta prover i form av kolgranuler togs ut från GAK-filtret. I Kalmar avloppsreningsverk togs prover efter rengaller, försedimentering, sedimentering efter aktivslam samt på utgående vatten efter kemfällning. Provpunkterna indikeras ovan i Figur 2.1 med siffrorna 1–4. Proverna utgjordes av dygns-

prov och togs regelbundet en gång per månad. Pilotanläggningens provpunkter var före UF-membranen samt före och efter GAK-filtret (Figur 2.2, siffrorna 1–3). Proverna från pilotanläggningen bestod av blandprov från tre stickprov, tagna under arbetsdagen mellan ca kl. 07.00 och 14.00. Prover från pilotanläggningen togs en gång per vecka.

Provtagningen innefattande mätningar vid höga och låga flöden samt vid medelflöden till reningsverket. Extra prover togs i pilotanläggningen vid intensivprovtagning för kontaktidsförsök. Detta gjordes två gånger; i september 2017 efter 11 000 bäddvolymeter och i januari 2018 efter 18 000 bäddvolymeter. Vid dessa provtagningar togs enskilda stickprov vid olika flöden.

2.4 Analyser

Prover från pilotanläggningen analyserades för kemiska och biologiska parameter 1 gång i veckan av Eurofins. Bland annat analyserades fosfor, oorganiska fraktioner av kväve och organiskt material samt *E. coli* och koliforma bakterier. En detaljerad beskrivning av analysparametrar och metoder finns i Bilaga 1. Organiska mikroföroreningar analyserades av Högskolan i Kristianstad. Prover från pilotanläggningen analyserades 1–2 gånger i månaden och prover från den konventionella anläggningsdelen analyserades en gång i månaden. Granuler från GAK-filteret analyserades även mikroskopiskt vid Kalmar Vattens laboratorium för att följa utvecklingen av biofilm.

Ämnen presenterade i denna rapport återfinns på EU:s bevakningslista (2015/495/EU), i Schweiz lagstiftning samt på Läkemedelsverkets lista över miljöindikatorer. En komplett lista av ämnen i studien, deras användningsområden och plats på bevakningslistor finns i Bilaga 2.

Inom projektet har mikroföroreningarna analyserats med hjälp av UHPLC-ESI-MS/MS. Analysmetoden finns beskriven i *Journal of Chromatography B* (Svahn & Björklund, 2016) samt i avhandlingen *Tillämpad miljöanalytisk kemi för monitorering och åtgärder av antibiotika- och läkemedelsrester i Vattenriket* (Svahn 2016). Metoden är validerad enligt en tidigare metod från 2007 framtagen av det Amerikanska Naturvårdsverket (United States Environmental Protection Agency, US EPA) för analys av läkemedel och personliga hygienprodukter i vatten, jord, sediment och biomaterial.

Kvantifieringsgränserna för ämnena är generellt under 5 ng/L och med några undantag upp till 30 ng/L. I de fall då analysresultaten är lägre än kvantifieringsgränsen, ersattes värdet med kvantifieringskoncentrationen. Kvantifieringsgränsen för två av ämnena, ciprofloxacin och metotrexat, var hög (>10 %) jämfört med koncentrationerna i det inkommande avloppsvattnet och resultaten för dessa ämnen presenteras inte i studien för att undvika att presentera missvisande reduktioner. Hormonet levonogestrel och fyra pesticider; oxadiazon, tiaklopid, tiametoxam och trillat, kunde inte kvantifieras i inkommande avloppsvatten. Det är 20 ämnen som visas i rapporten. Av dem är det en pesticid, ett hormon och 18 läkemedel,

representerade av olika typer av läkemedel, exempelvis makrolida antibiotika, inflammationshämmande, blodtryckssänkande och antidepressiva substanser.

3. Reningsresultat

Reduktionskapaciteten i UF och GAK skiljer sig mellan olika parametrar. Polersteg med UF och GAK efter konventionell biologisk och kemisk rening visades kunna sänka utsläppsnivåer av standardparametrar som fosfor och organiskt material samt mikroorganismer och mikroföroreningar. UF avskiljer partikulärt material och GAK adsorberar lösta organiska föreningar.

3.1 Reduktion av fosfor, kväve och organiskt material

Fokus under pilotförsöket låg, förutom på reduktion av mikroföroreningar, på ytterligare reduktion av fosfor. Utgående fosformängd från KARV fördelas normalt till 10–20 % som löst fosfatfosfor och 80–90 % som partikelbunden fosfor. Då allt suspenderat material avskiljs i UF-anläggningen, förväntades en reduktion på 80–90 % av totalfosfor över pilotanläggningen. Utvärdering av analysresultaten under försöksperioden bekräftade detta och reduktionen över pilotanläggningen uppgick i medel till 90 %. Reduktionen över UF-anläggningen bidrar med 81 % och resterande reduktion sker i GAK-filtret, se Tabell 3.1.

Tabell 3.1 Medelvärden av kvävefraktioner, fosfor och organiskt material under försöksperioden från pilotanläggningen.

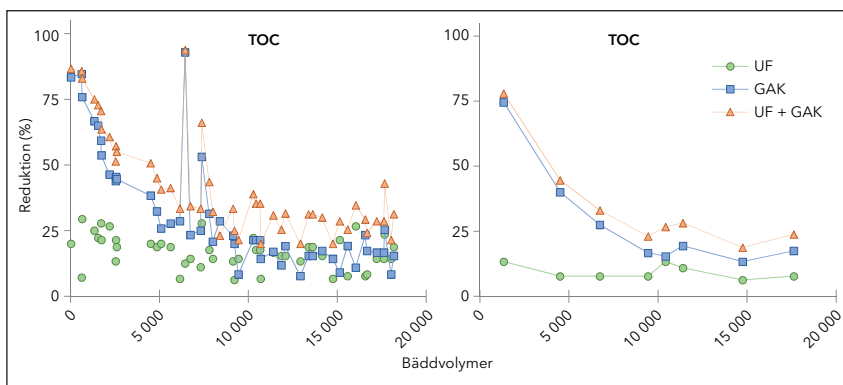
Ämne	Koncentrationer (mg/L)			Reduktion (%)		
	KARV	UF	GAK	UF	GAK	Total
Ammonium (NH ₄ -N)	4,0	4,3	2,7	-7,5	37	33
Nitrat (NO ₃ -N)	5,8	5,8	6,9	0	-19	-19
Nitrit (NO ₂ -N)	0,4	0,4	0,4	0	0	0
Total fosfor	0,21	0,04	0,02	81	50	90
TOC	15,1	12,6	8,9	17	29	41
DOC	13,6	12,5	9,2	8,1	26	32
Turbiditet	2,7*	0,3*	0,2*	89	33	93

* Enhet NTU

Pilotanläggningen uppvisade ingen reduktion av sammanlagda lösta kvävefraktioner. Däremot skedde en viss minskning av ammonium och samtidigt en ökning av nitrat i GAK-filtret; 1,7 respektive 1,1 mg N/L. Det är en indikation på att en nitrifierande biofilm kan ha utvecklats i kolfiltret. I en tidigare studie av Ek m.fl. (2013) kunde de visa att även nitratkoncentrationer kan minskas i GAK-filter genom denitrifikation och bildning av kvävgas.

Organiskt material har analyserats som TOC och DOC. Förväntningarna var att reduktionen blir signifikant i pilotanläggningen då partikelbundet organiskt material avskiljs i UF-anläggningen. GAK-filtret förväntades effektivt avskilja TOC och DOC under den första perioden av försöken för att sedan visa en försämrad reduktionskapacitet (Ek, m.fl., 2013; Altmann m.fl., 2016). Reduktionen i UF-anläggningen uppgick i medel till

16 % för TOC under försöksperioden. GAK-filtret adsorberade effektivt >90 % av det organiska materialet de första 2–3 veckorna. Under de följande månaderna minskade reduktionen linjärt för att därefter stabiliseras under återstående del av försöket till 33 % reduktion av TOC och 26 % för DOC, Figur 3.1. Medelreduktionen under hela försöket var 42 % för TOC samt 35 % för DOC. Det tydliga trendbrottet från en kraftigt avtagande reduktionskapacitet av organiskt material till en stabil reduktionsgrad kan indikera att kolet blir mättat (Ek m.fl., 2013) och att en biofilm utvecklas på det aktiva kolet som kan bryta ner en del organiskt material. Tillväxt av biofilm i GAK och reduktionskapacitet av DOC, är noggrant studerat i dricksvattenapplikationer (Velten m.fl., 2011; Gibert m.fl., 2013) och kan vara jämförbara med tillämpningar inom avloppsvattenrening.



Figur 3.1 Reduktion av organiskt material över UF respektive GAK samt total reduktion.

3.2 Reduktion av mikroorganismer

Mikrobiella analyser gjordes för koliforma bakterier och *E. coli*. Utgående avloppsvatten från Kalmar ARV innehöll halter av koliforma bakterier över kvantifieringsgränsen, 24 200 cfu/100ml. Halterna av undergruppen *E. coli* varierade mellan några tusental cfu/100ml upp till över kvantifieringsgränsen, 24 200 cfu/100ml. UF-membranen skapar i teorin en barriär för bakterier då den nominella porstorleken 0,02 μm är betydligt mindre än encelliga organismer på ca 1 μm (Willey m.fl., 2011). Permeat från UF-anläggningen uppvisade koncentrationer av *E. coli* och koliforma bakterier under kvantifieringsgränsen, <10 cfu/100ml under större delen av försöken. Koncentrationerna är fortsatt under kvantifieringsgränsen efter GAK-filtret. De tre första månaderna visade högre halter men under den perioden hade membranerna skador av metallfisor sedan installationen. Membranen byttes och därefter var koncentrationerna av de analyserade mikroorganismerna generellt under kvantifieringsgränsen. Dock fanns ett fåtal prover som visade mätbara koncentrationer av koliforma bakterier efter UF och GAK. Ökad belastning kan vara orsaken då förhöjda koncentrationer sammanföll med höga flöden till reningsverket.

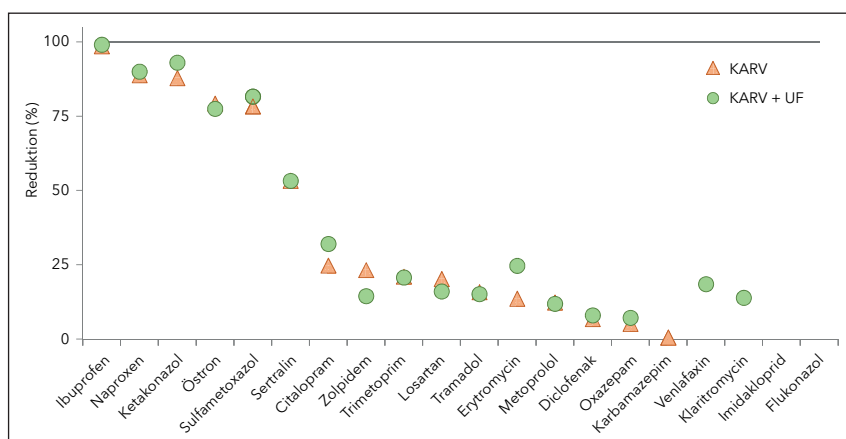
Avloppsvatten behandlat med UF-membran uppfyller kraven för utmärkt badvattenkvalitet. För det går gränsen för *E. coli* vid 500 cfu/100ml för inlandsvatten och 250 cfu/100ml för kustvatten och vatten i övergångszonen enligt Havs- och vattenmyndighetens föreskrift (HVMFS 2012:14).

3.3 Reduktion av mikroföroreningar

Mikroföroreningar är en heterogen samling av lösta organiska ämnen. De avskiljs till mycket varierande grad i kommunala avloppsreningsverk på grund av skillnader i struktur och kemiska egenskaper. För att nå effektiv reduktion av ett brett spektrum av mikroföroreningar krävs nya tekniker på reningsverken. Däremot är den totala reduktionen i befintliga och nya reningsprocesser viktig att ha i åtanke för att kunna bedöma ett reningsverks reduktionskapacitet. I avsnitten nedan presenteras reduktionskapaciteten av mikroföroreningar i detalj för Kalmar ARV och i pilotanläggningarna.

3.3.1 Reduktion i Kalmar avloppsreningsverk och UF

Reduktionen av mikroföroreningar i Kalmar avloppsreningsverk stämmer ganska väl med tidigare publicerade reduktionsgrader. Ibuprofen, naproxen, ketokonazol och östron minskas effektivt med över 75 %, Figur 3.2. Flertalet tidigare studier har visat liknande resultat för dessa ämnen (Blair m.fl., 2015; Falås m.fl., 2012; Kasprzyk-Horden m.fl., 2009.).



Figur 3.2 Reduktion av mikroföroreningar i Kalmar ARV samt UF-pilot. Resultaten är medelvärden beräknade på hela försöksperioden. Fyra ämnen uppvisade en koncentrationsökning över reningsverket och visar därför en negativ reduktion; venlafloxin -1 %, klaritromycin -15 %, imidaklopid -22 % efter ARV samt -34 % efter UF, flukonazol -54% efter ARV samt -49 % efter UF. Dessa värden visas ej i figuren.

Andra ämnen minskar marginellt i biologisk och kemisk rening, exempelvis diklofenak, oxazepam och karbamazepin som reducerades mindre än 10 % i Kalmar ARV. Fyra ämnen visade ökade koncentrationer i det utgående avloppsvattnet; venlafloxin, klaritromycin, imidaklopid och flukonazol. Liknande reduktionstrender återfinns bl.a. i Falås m.fl. (2012), Gurke m.fl. (2015) och Wick m.fl. (2009). Detta är ett välkänt fenomen. Anledningarna till ökande koncentrationer över reningsverk kan vara flera. En förklaring är att människokroppen kan utsöndra metaboliter av läkemedel som sedan tillbakabildas till modersubstanser i de biologiska reningsstegen på reningsverket. Analyserna visar då en ökande koncentration av ämnen i utgående avloppsvatten.

Två ämnen visar en relativt effektiv minskning i avloppsreningsverket. Sulfametoxazol visar en reduktion på ca 80 % vilket är i samma storleksordning som, eller högre än, i tidigare studier (Kasprzyk-Horden m.fl., 2009; Gurke m.fl., 2012; Blair m.fl., 2015). Sertralin minskar till hälften vilket är väsentligt mer än det negativa medianvärdet som rapporterades i Falås m.fl. (2012) utifrån analyser vid ett fyrtiotal svenska reningsverk. Resterande ämnen i studien visar en reduktion under 25 %. Metoprolol, trimetoprim och tramadol visar en minskning inom tidigare rapporterat spann medan erytromycin, losartan och zolpidem visar en lägre reduktion och högre för citalopram (Kasprzyk-Horden m.fl., 2009; Wick m.fl., 2009; Falås m.fl., 2012; Blair m.fl., 2015; Gurke m.fl., 2015). Överlag är reduktionen av mikroföroreningar i Kalmar ARV lik tidigare studier. Det är många mikroföroreningar som inte minskas i någon större utsträckning. I Kalmar är det 70 % av de studerade ämnena som reduceras med mindre än 25 %.

Den biologiska behandlingen är ett viktigt reningssteg för reduktion av mikroföroreningar. Vid höga flöden till Kalmar ARV leds en del vatten förbi de biologiska stegen för att passera igenom efterfällningen innan vattnet släpps ut. Det förbileda vattnet innehåller högre koncentrationer av mikroföroreningar jämfört med biologiskt behandlat vatten. Det bidrar till att den totala reduktionen av mikroföroreningar över reningsverket är något lägre vid höga flöden jämfört med när allt vatten renas biologiskt (Bilaga 3, Figur B3.1). Vid höga flöden är däremot mikroföroreningarna mer utspädda i avloppsvattnet jämfört med vid låga flöden, vilket bidrar till att halten av mikroföroreningar som släpps ut från Kalmar ARV inte påverkas nämnvärt vid förbiledning.

Membranfiltrering med UF bidrar inte nämnvärt till reduktion av mikroföroreningar, se Figur 3.2. Mikroföroreningar är relativt små molekyler och kan passera UF-membran. Även om UF inte bidrar direkt med reduktion av mikroföroreningar utan separerar större partiklar, kan synergieffekter uppstå vid kombinationer med t.ex. aktivt kol. Förbrukningen av aktivt kol är lägre vid låga mängder organiskt kol i vattnet (Snyder m.fl., 2007).

3.3.2 Adsorption i GAK-filter

Avskiljningen av mikroföroreningarna sker som förväntat i GAK-filtret. Adsorptionsförmågan är mycket god för majoriteten av mikroföroreningar, särskilt när kolet är nytt. Reduktionskapaciteten minskar med tiden då kolet blir mättat. Det är till stor del de kemiska egenskaperna hos mikroföroreningarna och kolet som avgör reduktionskapaciteten för de enskilda ämnena. Flertalet av ämnena uppvisar hög reduktion under hela försöksperioden, Tabell 3.2, bl.a. makrolider (antibiotika) erytromycin och klaritromycin och könshormonet östron, som alla finns på EU:s bevakningslista. Även flertalet av de ämnen som finns i Schweiz lagstiftning visar god reduktion; citalopram, karbamazepin, metoprolol och venlafloxin. Diklofenak är det ämnet på de internationella listorna som visar sämst reduktion, men ligger trots det nära gränsen på 80 % reduktionsgrad, som Schweiz lagstiftning anger, under hela försöksperioden. Trenderna av ämnenas reduktion i GAK-filtret är inte entydigt nedåtgående utan varierar för

några ämnen (Bilaga 3, Figur B3.2). Det gäller även för resterande ämnen på Läke-medelsverkets lista.

Tabell 3.2 Reduktion av mikroföroreningar över GAK-filtret över tid.

Substans	0 - <10 000 BV	10 000 - <15 000 BV	15 000 - 18 000 BV
Citalopram	99 ¹	99 ¹	98
Diklofenak	98	76	76
Erytromycin	99	87	87
Flukonazol	96	59	50
Ibuprofen	97 ¹	77	84
Imidaklopid ²			
Karbamazepin	98 ¹	85	83
Ketokonazol ²			
Klaritromycin	99 ¹	98	95
Losartan	97	78	85
Metoprolol	100 ¹	97	95
Naproxen	97 ¹	72	77
Oxazepam	99 ¹	80	78
Sertralin ²	58		
Sulfametoxazol	82 ¹	36	7
Tramadol	98 ¹	94	94
Trimetoprim	99 ¹	99	99
Venlaxin	99 ¹	85	82
Zolpidem	94 ¹	95 ¹	94 ¹
Östron	98 ¹	96 ¹	98 ¹

¹ De uppmätta halterna efter kolfiltret är låga och har därför ersatts med kvantifieringsgränsen vid beräkningen av reduktionen. Reduktionskapaciteten kan därför vara *underskattad*.

² Koncentrationen innan GAK-filtret var mycket nära kvantifieringsgränsen vilket ger missvisande reduktionskapacitet. Resultatet redovisas därför inte.

Blå: >90 % reduktion
Ljusblå: 80 - <90 % reduktion
Gult: 50 - <80 % reduktion
Rött: <50 % reduktion

Angivna siffror är medelreduktion under respektive intervall av bäddvolymer angivet i procent (0- <10 000 BV: n=10, 10 000- <15 000 BV; n=6, 15 000-18 000 BV; n=5).

Förutom för diklofenak, minskar även reduktionen av bland annat ibuprofen, losartan, naproxen och oxazepam. Adsorptionskapaciteten för flukonazol och sulfametoxazol sjönk tidigt i försöken, vilket också har visats i tidigare studier (Altmann, m.fl., 2016; Benstoem m.fl., 2017; Zietzschmann m.fl., 2016, Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Efter ca 15 000 BV reduceras sulfametoxazol mycket lite i GAK-filtret. Däremot tas ca 80 % bort i de befintliga reningsprocesserna på Kalmar ARV. Överlag är reduktionskapaciteten och trenderna mycket lika jämfört med resultaten i projektet *FRAM* där efterpolering i sand- och GAK-filtret har studerats (Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Även Kårelid m.fl. (2017) och Ek m.fl. (2013) visade liknande resultat för flertalet ämnen.

Koncentrationerna av imidaklopid, ketokonazol och sertralin i vattnet till kolfiltret var låga (i närheten av eller under LOQ). Efter kolfiltret var koncentrationer generellt under gränsen under hela försöket. Detta gör att beräknade reduktionsnivåer blir missvisande och resultaten redovisas inte i Tabell 3.2. Medelkoncentrationen av imidaklopid innan GAK var 10,5 ng/L och efter GAK under LOQ (1,3 ng/L). Efter 15 000 bäddvolymer ökade koncentrationerna ut från GAK-filtret till strax över LOQ. Ketokonazol avskiljs till stor del med slammet på reningsverk. Koncentra-

tionerna både innan och efter kolfiltret var under LOQ under hela studien. Sertralin uppvisade också låga koncentrationer till GAK-filtret under större delen av försöken, förutom under de första ca 5 500 bäddvolymerna då koncentrationerna var högre. Utgående koncentrationer var konsekvent under detektionsgränsen.

Ibuprofen, losartan och naproxen visar något ökande reduktionskapacitet i GAK-filtret efter ca 15 000 bäddvolym. Ibuprofen och naproxen bryts ner effektivt biologiskt, så även i det biologiska steget vid Kalmar ARV. Biologisk nedbrytning av losartan är relativt låg trots att tidigare studier av Falås m.fl. (2012) och Gurke m.fl. (2015) visar att ämnet kan reduceras med 65 % respektive 55 % i reningsverk. Den ökade reduktionen i GAK-filtret mot slutet av försöksperioden kan därför vara ett tecken på biologisk nedbrytning av dessa ämnen i kolfiltret. Filter med aktivt kol kan användas för att effektivt reducera svårnedbrytbara ämnen som kan vara skadliga för den akvatiska miljön, ämnen som inte redan byts ner i befintliga reningssteg på ARV. Huruvida den biofilm som oundvikligen bildas i kolfiltret kan ha en speciell kapacitet att biologiskt bryta ner svårnedbrytbara ämnena återstår att undersöka. Vidare analys av kolgranulat, som har tagits ut från kolfiltret, kan möjligtvis bidra till att beräkna massbalanser av mikroföroreningarna under försöket och då bidra med svar i frågan.

Om biofilm i GAK-filter inte har möjlighet att bidra med nedbrytning av mikroföroreningar i någon större utsträckning finns det en risk att den istället försämrar reduktionskapaciteten. Biofilmen blockerar de mikroskopiska porerna på kolet. Meinel m.fl. (2015) menar därför att porblockering av biofilm minskar adsorptionsförmågan i kolfilter. Backspolning av kolfiltren är därför önskvärd för att minska porblockering och förlänga livslängden och adsorptionsförmågan av svårnedbrytbara ämnen till kolet.

3.3.3 Kolförbrukning och kontakttid

Vid två tillfällen under studien genomfördes försök med varierande flöden genom GAK-filtret; efter ca 11 000 BV och i samband med att pilotförsöken avslutades efter ca 18 000 BV. Flödet genom ett GAK-filter påverkar kontakttiden, dvs uppehållstiden i kolfiltret. Kontakttiden beräknas baserat på tombäddsvolymer av kolfiltret då den verkliga vätskevolymer är svår att avgöra. Vattnets faktiska uppehållstid i filtret är därför betydligt kortare jämfört med beräknad kontakttid. Försöken innefattade 5–6 kontakttider mellan 10–28 min vid 11 000 BV och 14–28 min vid slutet av studien efter 18 000 BV. Maximala flöden genom UF-membranen begränsade försök med kortare uppehållstider. Resultaten visade oförändrad reduktionskapacitet vid de undersökta kontakttiderna. Detta innebär att GAK-filtrets maximala adsorptionsförmåga kan uppnås redan vid 10–14 min kontakttid, eventuellt ännu lägre. Det stämmer överens med designspecifikationen för GAK-filtret i pilotanläggningen framtaget av leverantören.

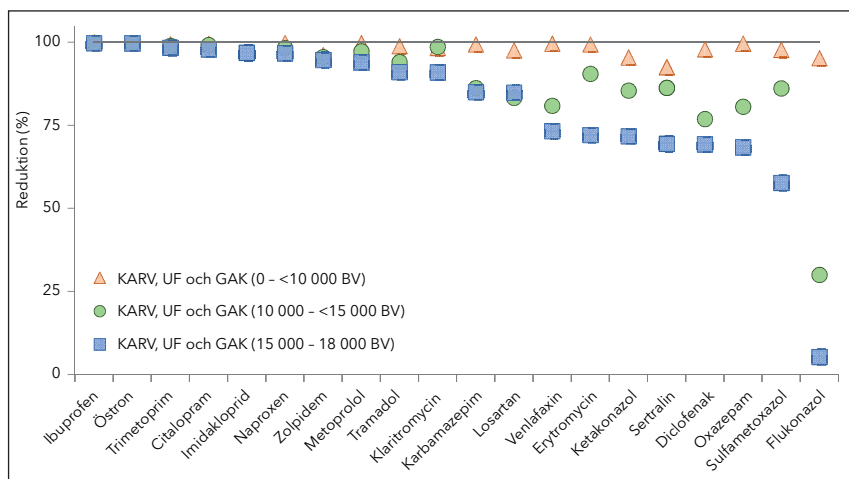
I denna studie drevs kolfiltret under drygt 18 000 bäddvolym vilket är längre än Mulder m.fl. (2015) föreslår i fullskala. De menar att GAK-mediet bör bytas ut efter 15 000 bäddvolym. I *FRAM*-projektet behand-

lades 23 000 bäddvolym med kontakttiden 30 min, vilket genomgående gav liknande reduktionsresultat som beskrivits ovan (Havs- och vattenmyndigheten, 2018). Ett annat sätt att beräkna kolanvändningen är mängden kol per behandlad vattenvolym. Ju längre ett kolfilter används desto lägre blir kolförbrukningen. I slutet av denna studien var kolanvändningen 12,7 mg GAK/L. Vid användning av pulvriserat aktivt kol, PAK, är dosen ofta mellan 10–20 mg PAK/L (Boehler m.fl., 2012). Efter ett långtidsförsök med kolfilter på Henriksdals avloppsreningsverk i Stockholm gjordes bedömningen att kolanvändningen bör vara ca 25 mg GAK/L för att säkerställa 90 % reduktion över ett kolfilter, om två filter placeras i serie kan driften pågå betydligt längre och därmed sänka kolförbrukningen (Ek m.fl., 2013).

3.3.4 Total reduktion av mikroföroreningar

Ett eventuellt reningskrav för mikroföroreningar kan komma att ställas, likt kraven i Schweiz, som en viss reduktion över hela reningsverk alternativt som maximala utgående koncentrationer likt kraven för kväve och fosfor. Även om GAK-filtret bidrar med den största reduktionen av mikroföroreningar, bör inte dimensionering i fullskalanläggningar baseras endast på kapaciteten i GAK-materialet. Reningsverkets totala reduktionsförmåga bör tas i beaktande vid dimensionering eftersom reningskraven rimligen bör ställas i relation till reduktion på hela reningsverk och inte bara till enskilda, kompletterande reningsprocesser.

Den sammanslagna reduktionen över Kalmar ARV och pilotanläggningen med UF och GAK presenteras i Figur 3.3. Reduktionskapaciteten avtar efterhand i GAK-filtret. Resultaten presenteras som medelvärden. Provtagningen av de tre sista proven (15 000–18 000 BV) skedde på olika dagar i Kalmar ARV och i piloten. Den totala reduktionen beräknades då genom kvoten av utgående koncentration efter kolfiltret och medelvärdet av inkommande koncentration till Kalmar ARV. Inkommande koncentrationer av imidaklopid var låga och nära LOQ under perioden 0–15 000 BV. Den totala reduktionen blir därför missvisande låg under den perioden och resultaten visas inte i Figur 3.3. Under den sista delen av försöken var inkommande koncentrationer av imidaklopid betydligt högre och den beräknade reduktionen anses representativ.



Figur 3.3 Total reduktion över Kalmar ARV samt pilotanläggning med UF och GAK över tid.

Angivna siffror är medelreduktion under respektive intervall av bäddvolym (0 - <10 000 BV: n=7, 10 000 - <15 000 BV; n=4, 15 000 - 18 000 BV; n=3. Resultaten för imidakloprid under perioden 0-15 000 BV redovisas inte då inkommande koncentrationer till Kalmar ARV var nära LOQ. Skillnaderna i reduktionskapacitet påverkas av de kemiska egenskaperna och strukturen hos mikroföroreningarna och det aktiva kolet.

4. Drift och underhåll

Ett av studiens huvudfokusområden låg på drift- och underhållsfrågor. Nedan beskrivs driften och underhållet av pilotanläggningen, allmänt och specifikt för UF-anläggningen och för GAK-anläggningen. Slutsatserna från erfarenheten med drift- och underhåll i pilotanläggningen ligger till grund för design av en fullskalig anläggning.

4.1 Allmänt

Försöksdriften pågick under 12 månader från februari 2017 till januari 2018. Perioden präglades av relativt kontinuerlig drift. Flödet genom pilotanläggningen varierade något beroende på årstid och vattenkvalitet; mellan 1,35 l/s och 1,75 l/s. Under driftperioden leddes drygt 18 000 bäddvolymer genom GAK-filtret. Planerade driftstopp skedde vid underhållsarbete i reningsverket samt vid återhämtningstvätt i UF-anläggningen. Dessa stopp varade under högst två dygn. Strömavbrott och höga tryck över UF-membranen eller GAK-filtret orsakade ett antal oplanerade stopp i pilotanläggningen.

Vid höga flöden till Kalmar ARV leds vatten förbi de biologiska reningsstegen till den kemiska efterfällningen, se Figur 2.1 i kapitel 2.1. Halterna av BOD, TOC, DOC och ammoniumkväve ökar då något i utgående vatten. Under försöksperioden pågick också underhållsarbete i flera av reningsverkets processteg vilket resulterade i något förhöjda utsläppskoncentrationer. Högre koncentrationer av ovan nämnda parametrar kan påverka igensättning av membranerna i UF-anläggningen och medföra tillväxt av biofilm i GAK-filtret. Under försöksperioden genomfördes också en långvarig optimeringsprocess i den konventionella anläggningsdelen med avseende på förbrukning av fällningskemikalie. Det ledde till något ökade fosforutsläpp men samtidigt till en avsevärd minskning av utsläpp av aluminium (resthalter fällningskemikalier). En minskning av resthalter av fällningskemikalie hade en påtagligt positiv påverkan på driften av UF-anläggningen då membranerna inte satte igen lika snabbt.

4.2 Drift och underhåll av ultrafilter

Målet med ultrafiltreringen var att avskilja allt suspenderat material. Driften bestod av regelbundna cykler med filtreringstid och backspolning. Backspolning användes för att ta bort filterkakan som ansamlades på membranerna. En driftcykel under försöksperioden bestod av:

- 30 min filtreringstid, flux 30-45 l/m² (liter per kvadratmeter membranyta och timme)
- 15-30 sekunder luftning, efter halva filtreringstiden för att lösa upp filterkakan
- 2 minuter backspolning

Mängden backpolsvatten var ca 6–7 % av volymen filtrerat vatten. Förutom de tätt återkommande backspolningarna genomfördes också underhållstvätt 3–7 gånger i veckan, och återhämtningstvätt ca 1 gång i månaden. Tvättarna gjordes med kemikalier för att lösa upp eventuella organiska eller oorganiska avlagringar i och på membranen. Målet var att återställa membranens permeabilitet (genomsläpplighet). I pilotanläggningen fungerade natriumhypoklorit för att avlägsna organiska avlagringar och oxalsyra för att avlägsna oorganiska avlagringar.³ Permeabiliteten kunde återfås efter tvättar under driftperioden, Bilaga 4. Vid underhållstvätt tillsattes en tvättkemikalie åt gången i backspolningsvattnet utan pH-justering. Denna process tog totalt ca 30 minuter. Vid återhämtningstvätt tillsattes tvättkemikalien i membrantanken växelvis med pH-justering till 2–3 (oxalsyra och saltsyra) respektive 11 (hypoklorit och natronlut). Membranen stod med tvättblandningarna under ett dygn med hypoklorit (totalt) och 4–6 timmar med oxalsyra. På så sätt tvättades membranens utsida noggrant. Proceduren med återhämtningstvätt tog ungefär två dygn på grund av växelvis tvätt hypoklorit, syra, hypoklorit, och den krävde tidvis tillsyn av driftspersonal. Då hypoklorit och syra inte får komma i kontakt med varandra, kräver denna procedur sköljning av membrantanken med vatten mellan tvättomgångarna. Detta uppnåddes genom att köra anläggningen under 1–2 filtreringscykler vid byte av kemikalie. Tvättvattnet med högt eller lågt pH töms efter avslutad tvätt och måste neutraliseras för att förhindra korrosion. Från pilotanläggningen leddes vattnet till en befintlig rejektvattentank (vatten från slamavvattning), där det neutraliserades av den höga alkaliniteten i rejektvattnet.

Tillsynen av UF-anläggningen bestod av daglig övervakning med dokumentation av driftdata och trendkurvor för membrantrycket (TMP), rengöring av mätinstrument och påfyllning av tvättkemikalier. Driftcykler och underhållstvätt utförs automatiskt enligt inställda parametrar. Provtagning och vidare provhantering skedde en gång i veckan. Driftpersonalen lärde sig att anpassa de inställbara parametrarna för driften utifrån det aktuella förhållandet i den konventionella anläggningsdelen. Den försämrade reningsgraden vid höga flöden hade störst påverkan på UF-anläggningen på grund av igensättning. Optimering skedde för att bibehålla tillförlitlig drift och en optimerad användning av tvättkemikalier.

Underhåll av UF-anläggningen bestod förutom av återhämtningstvätt av membranen, även av kalibrering av mätinstrument (pH), sedvanligt underhåll av utrustning (mätutrustning, maskinell och el-/automationsutrustning), samt byte av membranfilter. Byte av membranfilter krävdes efter tre månaders drift då några membran hade skadats av slaggmaterial från rörsvetsningen, som skapades vid installationen av anläggningen. Visuellt inspektion och byte av membrankassetterna var relativt enkel då membrantanken kunde öppnas på sidan.

Gällande en framtida design av en UF-anläggning i fullskala behöver arbetsmiljön kring hantering och lagring av kemikalier uppmärksammas

³ Mätning av oxalat i permeatet har inte genomförts i detta projekt.

liksom hantering av membrankassetterna vid ev. visuell inspektion eller byte. Det är viktigt att ha skydd mot att vassa föremål hamnar i membrantanken, då dessa medför risk för skador på membranen. Det gäller vid driftsättning såväl som vid normal drift.

4.3 Drift och underhåll av GAK-filter

I denna studie behandlades avloppsvatten i ett filter med granulerat aktivt kol. Förbehandlingen med UF säkerställer ett avloppsvatten fritt från suspenderat material. Trots detta ackumulerades suspenderat material i GAK-filtret. Anledningen var utveckling av en biofilm som bedöms växa till främst genom nedbrytning av löst organiskt material.

Tillväxt av biofilm resulterade i stadigt stigande filtertryck och därmed återkommande behov av backspolning. Inblåsning av luft skedde regelbundet för att luckra upp filterbädden, såväl under filtreringstiden som före backspolning. Pilotförsöket genomfördes med en filtreringsperiod på mellan 6–8 veckor och backspolning under ca 1,5–2 timmar per tillfälle. I en tidigare studie av Baresel m.fl. (2014) behandlades avloppsvatten i en MBR och sedan ett GAK-filter. De upplevde också biofilmtillväxt och återkommande backspolningar. Tillfällena av drift med högre halter av TSS orsakade mer frekventa backspolningar. I *FRAM*-projektet, där sandfilter användes som förfilter, kunde backspolning undvikas (Havs- och vattenmyndigheten, 2018).

Tillsyn av GAK-filtret bestod av daglig övervakning och dokumentering av driftdata såsom filtertryck. Luftinblåsningar genomfördes i princip en gång i veckan manuellt.

Underhåll av anläggningen bestod av sedvanligt underhåll av utrustning (mätutrustning, maskinell och el-/automationsutrustning). Backspolning genomfördes ca var sjätte till åttonde vecka. För att minimera backspolningsfrekvensen, valdes drift med ett trycksatt filter. Filtret behövde öppnas vid backspolning för att kunna övervaka expansionen av filterbädden visuellt och reglera backspolningsflödet efter behovet. Kolet som används har låg densitet och kan lätt sköljas ut om för högt flöde används vid backspolning.

Drifttagning av GAK-filtret var en tidskrävande uppgift. Kolet som levereras är torrt och innehåller mycket restprodukter från produktionen som måste spolas bort innan filtret kan tas i drift. Drifttagningsmomenten kräver därför blötläggning och backspolning av kolet. Blötläggning av kolet i pilotförsöket ska enligt leverantören ske under 96 timmar. I Kalmars pilotanläggning var inte detta tillräckligt, vilket innebar att 20 % av kolet sköljdes ut vid den första backspolningen. Efter påfyllning av nytt kol och blötläggning i ytterligare 120 timmar, kunde backspolning ske med mindre förluster. Vid design och implementering av en fullskaleanläggning samt vid byte av GAK, behöver behov av backspolning före drifttagning av filtret beaktas, för att på ett kontrollerat sätt kunna ta hand om backspolningsflödet och avlägsnade slagg- och restprodukter samt eventuellt utspolat kol.

Utveckling av biofilmen i GAK-filtret följdes genom regelbundna mikroskopiska analyser av GAK-filtermaterialet. Successionen i biofilmen avstannade inte när väl biofilmen hade etablerat sig. Förekomst av nya, tidigare inte upptäckta mikroorganismer dokumenterades ända fram till drifttidens slut vilket indikerar att biofilmen anpassar sig långsamt till aktuella förhållanden. Eventuellt kan detta också vara en indikation på att biofilmen efter en längre driftperiod kan bidra till ökad nedbrytning av vissa ämnen, så som nämns i 3.3.2 Adsorption i GAK-filter. För mer information gällande tillväxt av och succession i biofilmen, se Bilaga 5

Kolet byttes inte under försöksperioden. I en anläggning i fullskala kommer det arbetsmomentet att ingå i underhållsarbetet. Tömning av kolet skedde efter driftperiodens slut, och utfördes med sugbil för torrt material. Arbetsmiljön var dammfri då kolet var vått, vilket är mycket positivt. Hantering av sugslangen är en tung arbetsuppgift. I en fullskalig anläggning behöver utrustning installeras som möjliggör tömning av kolet utan tunga manuella insatser.

Kolet bör kunna regenereras 4–5 gånger enligt leverantören och varje gång förloras ca 10 % av kolet i processen. Hur många gånger kolet kan återanvändas vid applikationer på avloppsreningsverk återstår att se. Kolet som används för adsorption av mikroföroreningar är med sin låga densitet sprödare och därför känsligare för fysisk belastning, jämfört med kol som används på dricksvattenverk. Den bedöms av tillverkaren inte klara lika stor mekanisk påfrestning.

4.4 Sammanfattande bedömning av drift och underhåll

Efter ett års drift av pilotanläggningen med teknikkombinationen UF och GAK kan det konstateras att kombinationen av teknikerna är smidig att driva och att den erforderliga arbetsinsatsen kan accepteras med hänsyn till uppnådd reningseffekt.

Förutsättningar för effektiv drift uppnås genom att följande aspekter är säkerställda:

- Engagerad och utbildad personal; drifttekniker och elektriker.
- Väldimensionerade anläggningar för att säkerställa drift vid maximal hydraulisk belastning.
- Automatiserad kemikalietvätt i UF-anläggningen med minimal manuell hantering av kemikalier.
- Installation av onlineinstrument för övervakning och indikation av drift och underhållsbehov.
- Utrymme och lyfthjälp för inspektion respektive byte av membran-kassetter.
- Rutiner för tömning av använda granuler för regenerering, samt återfyllning av regenererat kol.
- Rutiner för drifttagning av nytt GAK-filtermedia för att säkerställa smidig backspolning och hantering av utspolade restprodukter.

5. Potentiell anläggning i fullskala

En processanläggning i fullskala dimensionerades och designades utifrån data för det specifika avloppsvattnet och valda processtekniker. I nedanstående stycken beskrivs dimensionering och utformning av en anläggning med UF och GAK i fullskala för Kalmarsundsverket.

5.1 Dimensionering

Dimensionering av ett efterpoleringssteg i fullskala med teknikkombinationen UF och GAK baseras på olika ingångsdata. Viktiga parametrar är bl.a. flöde, vattentemperatur och tidigare reningsprocesser. Dimensioneringsunderlaget i denna studie är baserat på de genomförda pilotförsöken specificerade för en fullskaleanläggning vid ett nybyggt Kalmarsundsverk. Dimensioneringsdata redovisas i Tabell 5.1 nedan.

Tabell 5.1 Dimensioneringsunderlag för efterpoleringssteg på Kalmarsundsverket med UF-membran och GAK-filter.

Anläggning	Parameter	Värde
Allmänt	Dimensioneringsflöde till UF och GAK	900 m ³ /h
	Bypassflöde, andel ej biologiskt behandlat vatten av inkommande årsflöde	4-5 %
	Lägsta vattentemperatur	8° C
	Maximal period med lägsta vattentemperatur	14 dygn
	Fosforreduktion med kemisk fällning (ej utpräglad Bio-P)	Ja
	Reningsverkets utsläppskrav för totalkväve	10 mg/L
UF	Flux (ZW1000)	30-45 l/mh
	Redundans	20 %
	Spolvattenflöde	6-7%
GAK	Kontakttid	10-12 min
	Redundans	20 %
	Höjd filterbädd	1,2-1,3 m
	Filterhastighet	5 m/h
	Backpolningsfrekvens	1 ggr/mån
	Hastighet backspolning	30 m/h
	Spolvattenflöde	<1 %

Det dimensionerande flödet på 900 m³/h motsvarar drygt medelflödet till Kalmarsundsverket. Dimensioneringen med medelflödet innebär att ungefär 80 % av allt spillvatten som leds till Kalmarsundsverket genomgår avancerad rening genom UF-membran och GAK-filter. Det innebär också att anläggningen inte är fullt belastad under perioder med låg belastning, t.ex. nattetid.

Dimensioneringsflödet är så pass stort att det krävs flera parallella linjer med UF och GAK. Redundanskravet på 20 % härstammar från Kalmar Vattens krav på driftsäkerhet och robusthet och innebär att anläggningen designas för ett högre flöde jämfört med dimensioneringsflödet. Den över-

kapaciteten är nödvändig för att säkerställa att anläggningen kan hantera det dimensionerande flödet även vid oplanerade driftstopp och förebyggande underhåll. Den innebär i praktiken att anläggningens tillgänglighet blir 100 %. Överkapaciteten medför en praktisk säkerhetsmarginal som krävs för att minska risken för att utsläppskraven överskrids. Överkapaciteten kan också nyttjas för att behandla ett högre flöde än det dimensionerande flödet, då med påverkan på driftkostnader och ökade krav på drift och underhåll.

Temperaturen i vattnet påverkar vattnets viskositet och styr därför fluxet, flödet, genom membranen. Låga temperaturer ger högre viskositet och lägre flux vilket medför större nödvändig membranyta. Metoden för fosforreduktion i den konventionella anläggningsdelen kan påverka mängden tvättkemikalier då efterfällning kan öka avlagringar av fällningsprodukter på membranen. Krav på kväverening medför långtgående biologisk rening och överlag låga koncentrationer av ammonium och organiskt material vilket minskar den biologiska påväxten i UF och GAK. Bypassflöde medför försämrad reningskapacitet. Det påverkar flux och behov av kemikalietytt i membranläggningen negativt, samt resulterar i en något ökad frekvens för backspolning i GAK-filtret.

Fluxen för UF-anläggningen i Kalmar specificerades till mellan 30 och 45 liter per kvadratmeter membranyta och timme (lmh), beroende på årstid och vattenkvalitet. Högt flux förväntas under sommaren med lågt vattenflöde, hög vattentemperatur och god reningskapacitet i den konventionella anläggningsdelen. Under vinterhalvåret kan fluxen behöva sänkas till 30 lmh på grund av låg vattentemperatur och högt bypassflöde. Fluxen är 2–3 gånger högre jämfört med UF-membran i MBR-anläggningar (Judd, 2006) vilket innebär att behovet av membranyta är väsentligt lägre med dessa fristående UF-membran.

Kontakttiden och höjden i kolbädden tillsammans med dimensioneringsflödet avgör storleken på GAK-filteranläggningen. En kontakttid på 12 min anses tillräcklig för att uppnå god adsorption. Höjden på kolbädden bör enligt leverantören Jacobi vara ca 1,2–1,3 m. Filterhastigheten är kopplad till bäddhöjd och kontakttid och anges som ett ungefärligt riktvärde. Backspolningsfrekvensen påverkar hantering av backspolningsvatten och arbetsbelastning. Hastigheten vid backspolning beror på typ av kol och påverkar design av utrustning för backspolning.

5.2 Design

Design av anläggningen baseras i första hand på val av membrantyp och typ av GAK-filter för att därefter anpassas till dimensioneringsunderlaget. UF-anläggningen för en applikation som efterpoleringssteg väljs som en dränkt membraninstallation med ut/in-membran. Anledning är att det alltid finns en viss risk för slamflykt från den konventionella anläggningsdelen. Dränkta membran ansågs då bättre lämpade jämfört med trycksatta membran. För GAK-filteranläggningen väljs öppna filter för att minska arbetsbelastning vid underhållsarbete. Utöver dessa val, påverkas designen

av fokus på hög driftsäkerhet, flexibilitet gällande framtida utbyggnad samt rimlig arbetsbelastning för driftspersonal. Det innebär bl.a. efterpoleringssteg med UF och GAK i parallella linjer med extra kapacitet för att kunna säkerställa filtrering av det dimensionerande flödet även vid driftstörningar och underhåll. Då både UF och GAK är filtreringstekniker krävs välfungerade system för backspolning för att upprätthålla effektiv drift. Designförslag för ett efterpoleringssteg med UF och GAK vid Kalmarsundsverket är presenterat i korthet i texten nedan och i Tabell 4. Processchema för fullskaleanläggning finns i Bilaga 6.

5.2.1 Förbehandling och UF-anläggning

Efter konventionell rening med kemisk efterfällning som slutsteg, leds det reade vattnet vidare till efterpoleringssteget via en pumpstation och en förfiltreringsanläggning. Förfiltreringen förutsätts ske med en roterande sil med perforerad plåt (0,6–0,8 mm hålstorlek) på grund av dess tillförlitliga avskiljning av trådbildande fibrer, och rens samlas i en container. Mindre hål är möjliga, drifterfarenhet med lokala förutsättningar saknas dock i dagsläget för sådan utrustning.

Grundutformningen för UF-anläggningen är en lösning med fyra linjer, där tre av dessa kan behandla det dimensionerande flödet. Designen togs fram av membranleverantören SUEZ som deltog i pilotförsöken, se data i Tabell 5.2. Vid backspolning tas vatten från en permeattank efter UF-membranen som också fungerar som ett utjämningsmagasin innan GAK-filtreringen. Dessutom behövs en CIP-tank för återhämtningstvätt och en neutraliseringstank för att återställa pH i tvättvattnet. Lagringstankar med invallningar och separering av tvättkemikalier behövs för fyra olika kemikalier: natriumhypoklorit, lut, oxalsyra (eller citronsyra) och saltsyra eller motsvarande. Utformningen av anläggningen måste möjliggöra lyft av membranmodulerna för visuell inspektion samt byte.

Efter backspolning av membranerna behandlas spolvattnet vid behov i neutraliseringstanken och förs sedan vidare med konstant flöde till en separat förtjockningsanläggning, med dosering av flockningsmedel. Förslaget är att använda lamellförtjockare och polymertillsats. Det reade vattnet leds tillbaka till den kemiska efterfällningen alternativt försedimenteringen i den konventionella anläggningsdelen och slammet leds till slambehandlingen.

5.2.2 GAK-anläggning

GAK-anläggningen designas med öppna filter med stort fribord för att kunna säkerställa tillräckligt högt filtertryck under normal drift. Fyra linjer med redundans ger möjlighet för kontinuerlig drift under perioder med underhållsarbete i ett filter. Utrustning för backspolning krävs i form av lagringstank för filtrerat vatten, backspolningspumpar och blåsmaskin för luftinblåsning. Backspolning bör kunna genomföras halvautomatiskt, med manuell start och automatisk drift. Det stora fribordet innebär minskad risk för bortspolning av kol under backspolningen. Manuell övervakning från driftspersonal bedöms ändå nödvändig. Efter backspolning leds vattnet tillbaka till den kemiska efterfällningen. Vid drifttagning av nytt kol är det

önskvärt att leda det första mycket förorenade spolvattnet till inkommande delar av reningsverket för att säkerställa hanteringen av slaggprodukter från kolet.

För att undvika längre driftstopp av GAK-filter, utformas anläggningen med ett lagringsutrymme för kolmängden till ett filter. Då kolet är använt och behöver bytas, sugts det upp ur filtret och skickas till regenerering. Lagrat kol i lagringsutrymmet kan då direkt fyllas i filtret och drifttagningsprocessen kan inledas. Regenererat kol kan efter återleverans till verket förvaras i lagringsutrymmet till dess att nästa filter töms.

5.2.3 Designdata för polersteg

Detaljer kring designen av UF- och GAK-anläggningarna i fullskala som diskuteras ovan presenteras i Tabell 5.2.

Tabell 5.2 *Designdata av anläggning i fullskala för UF och GAK på Kalmarsundsverket baserat på ett maximalt flöde på 900 m³/h.*

Anläggning	Parameter	Värde
UF	Membranyta	34 800 m ²
	Antal linjer	4 st
	Tankstorlek per linje	60 m ² , 15 m ³
	Backspolvattenmängd	1 300 m ³ /d
	Permeattank	75 m ³
	Spolvattentank (rejekt)	54 m ³
	CIP-tank	35 m ³
	NaClO (12 %)	47 900 kg/år
	NaOH (20 %)	1 000 kg/år
	Oxalsyra (10 %)	42 300 kg/år
	HCl (37 %)	500
GAK	Storlek filterbädd	216 m ³
		60 000 kg
	Antal linjer	4 st
	Bäddhöjd	1,2 m
	Storlek filter	45 m ²
	Backspolvattenmängd	120 m ³ /d

Membranytan i UF-anläggningen beräknas utifrån maximalt flöde och flux. Membran kan belastas hårdare än designflux under en kortare tid, vilket innebär att redundans för stopptider vid underhålls- eller återhämtningstvätt inte behöver påverka behovet av membranytan.

Tankstorleken beror på membranleverantörens utformning av membraninstallationen. Backspolvattenmängd beräknas utifrån dimensioneringsdata för andel spolvatten. Mängden är relevant för design av permeattank, utjämnings- och tvättstank för backspolvattnet och anläggningen för vidare hantering av detta vatten. CIP-tankens design baseras på membrantankens storlek och utformning av membraninstallationen. Behovet av tvättkemikalier specificerades under pilotförsöken.

GAK-filteranläggningens storlek på filterbädd beräknas utifrån kontakttiden angiven i dimensioneringsdata. Här valdes 1,2 m för att minimera filtermotståndet, då vattnet rinner igenom öppna filter med hjälp av gravitation. Filterstorleken beräknas genom att fördela total bäddvolym på fyra linjer och dela med vald bäddhöjd. Antalet bäddvolymmer som GAK-anläggningen bedöms kunna rena tillförlitligt, påverkar inte designen, utan frekvensen för kolbyte och därmed driftkostnaderna. Backspolvattenmängden påverkar storlek på lagringstank för backspolningsvatten samt utrustning för avledning av detta.

5.3 Kostnader

Investerings- och driftkostnader för implementering av UF och GAK i fullskala på ett framtida, nybyggt Kalmarsundsverk har uppskattats utifrån designen beskriven i Kapitel 5.2 Design, ovan. Drift under 18 000 bäddvolymmer ligger till grund för kostnadsbedömningen för GAK-anläggningen då reningskapaciteten med denna belastning är känd efter genomförda pilotförsök. Med drift av flera parallella linjer kan byte av kol ske succesivt och kolbäddar med varierande ålder vara i drift samtidigt. Därmed går det att totalt sett upprätthålla en hög reduktionskapacitet trots att något filter visar en avtagande reduktion.

Anläggningen är designad för ett årsmedelflöde på 900 m³/h med 20 % överkapacitet för redundans. För att beräkna representativa driftkostnader togs tillrinningen under dygnet i beaktande: en kommunal avloppsreningsanläggning är normalt inte fullt belastad under nätterna då flödet är lågt. Ett konstant flöde av 900 m³/h under 20 h tillrinningstid/dygn och 365 dagar drift årligen, gav en specifik kostnad av ca 2,8 kr/m³. Årskostnaden för den kompletta anläggningen beräknades till ca 18,5 Mkr för en livscykel på 30 år. UF-anläggningen står för ca 10,5 Mkr och GAK-anläggningen bidrar med 8,0 Mkr (motsvarande ca 57 % respektive 43 %). Dessa kostnader baseras på en bedömning som omfattar anläggningens totalkostnad för Kalmar Vatten (entreprenadkostnad inklusive efterbehandling plus byggherreomkostnader). I de angivna kostnaderna ingår avskrivningar från investeringarna (inklusive återinvestering efter utjämt livstid) med en ränta på 2,5 %, och driftskostnad med årlig uppräkningskostnad med 1,5 % (uppskattad KPI). Detaljer kring bedömningen av kostnader redovisas i Bilaga 6.

Baresel m.fl. (2017a) har sammanställt kostnader för olika processtekniker och storlekar på reningsverk i projektet *SystemLäk*. Kombinationen av UF och GAK finns med i utvärderingen och kostnaden uppskattades till 0,8–1,4 kr/m³ för reningsverk med 100 000 pe, vilket är lägre än kostnaden framtagen i denna studie (ca 2,8 kr/m³ enligt ovan). Förutsättningarna för beräkningen är emellertid olika. I denna studie är kostnaden framtagen baserat på erfarenheter av och uppgifter från membranleveratören SUEZ och personal på Kalmar ARV, och designen omfattar Kalmar Vattens krav på praktiska säkerhetsmarginaler. Kostnaderna täcker membranbyte efter 7,5 års avskrivningstid enligt leverantörsuppgift, och kolbyte utan regenerering efter 18 000 BV.

Tidigare studier har presenterat uppskattade kostnader för efterpolering med GAK. Mulder m.fl. (2015) anger en kostnad på ca 0,27 €/m³ motsvarande ca 2,7 kr/m³. Byte av kolet är beräknat efter 8 000 BV. Koncentrationen av DOC i vattnet medförde en hög förbrukning av kol och därmed högre kostnader. Den specifika kostnaden för rening i en GAK-anläggning i Kalmar med byte efter 18 000 BV beräknades till 1,2 kr/m³, vilket är betydligt lägre än Mulder m.fl. (2015) redovisade. Även om bytet i Kalmar skulle ske efter 8 000 BV är kostnaderna betydligt lägre jämfört med den tidigare studien, eftersom flera andra förutsättningar skiljer sig.

Slutkostnaderna för UF och GAK påverkas mycket av drifttiden för membran och kol samt kostnaderna för desamma. Minskar t.ex. kolkostnaden till enbart en tredjedel, minskar den specifika kostnaden för GAK från 1,2 till 0,9 kr/m³, se Bilaga 6. Användning av regenererat kol kan också komma att sänka kostnaderna.

Det är många faktorer som påverkar kostnadsberäkningar vilket gör jämförelser mellan studier svåra då förutsättningarna kan variera kraftigt. Kostnaderna för Kalmarsundsverket är inte optimerade eller upphandlade utan är snarare en första beräkning baserat på designen. Kostnaderna påverkas av flera faktorer, inte minst uppskattade drifttider. Kalmar Vattens krav på praktiska säkerhetsmarginaler är kostnadsdrivande men bedöms nödvändiga för att anläggningen ska vara driftsäker, vilket är en grundförutsättning för att gällande utsläppskrav ska kunna uppfyllas.

6. Diskussion

Erfarenheter från pilotdriften av UF och GAK har skapat värdefull information för en framtida eventuell utbyggnad av Kalmarsundsverket. För att sätta denna kunskap i ett större perspektiv i VA-Sverige har erfarenheterna legat till grund för en allmän diskussion om teknikkombinationens förutsättningar på olika typer av reningsverk. Lämpligheten av UF och GAK är inte ställd i relation till andra tillgängliga filtreringstekniker eller processer för reduktion av mikroföroreningar såsom ozon eller PAK. Den typen av jämförelser är grundligt utförda i ett tidigare projekt, SystemLäk, (Barelsel m.fl. (2017a och 2017b).

Drifterfarenheterna i denna studie är baserade på en UF-anläggning som efterpoleringssteg. Avskiljningskapaciteten för olika ämnen förväntas dock inte skilja nämnvärt mellan en sådan applikation och membran i MBR-system. MBR kan också vara ett mycket effektivt alternativ om ytan på ett reningsverk är mycket begränsad eftersom tekniken kan ersätta konventionellt aktivslam med sedimentering.

6.1 Reningsgrad av vatten

I Kalmar gjordes studien som ett polersteg efter en långtgående reningsprocess med kvävereduktion och efterfällning. Det skapar mycket bra förutsättningar för både UF och GAK då driften av båda processerna underlättas av hög renhet i det behandlade vattnet. Suspenderat material i vattnet bidrar till igensättning och ökar behovet av frekvent backspolning av membranen. Organiskt material och ammonium i avloppsvattnet bidrar till en förhöjd biologisk påväxt på både UF-membran och i GAK-filer. Detta leder också till tätare backspolningar.

I reningsverk utan biologisk rening (t.ex med direktfällning) eller med biologisk rening utan kvävreduktion finns det en förhöjd risk för igensättning. Drifterfarenheterna från pilotanläggningen visade ökat underhållsbehov som en följd av igensättning under perioder med lägre reningsgrad. Rester av fällningskemikalier visades bidra till avlagringar på UF-membranen och en ökad konsumtion av tvättkemikalier. Hur drift och underhåll påverkas av kontinuerlig drift med sämre renat vatten är inte behandlat i denna studie. Det kommer undersökas i projektet Less is More där avloppsvatten kommer behandlas i en pilotanläggning med trumfilter och teknikkombinationen UF och GAK, utan biologisk rening, på Svedala reningsverk (Gdansk Water Foundation, 2018).

6.2 Reduktion av ämnesgrupper

Reduktionskapaciteten för UF och GAK skiljer sig för olika ämnen, samt för löst och partikulärt material. Suspenderat material avskiljs effektivt med UF. Porstorlek på 0,02 μm utgör en barriär för mikroorganismer, bland annat E. coli och koliforma bakterier som analyserades i permeatet.

Mycket låga utsläppsnivåer gällande såväl suspenderat material som totalfosfor är möjliga att nå. GAK-filter har begränsade möjligheter att ta bort fosfor vilket också har visats utan förbehandling med UF (Ek m.fl., 2013).

Reduktion av löst kväve kunde inte visas, även om viss nitrifikation skedde i kolfiltret (ökning av nitratkväve var ca 1 mg/l). Ek m.fl. (2013) har däremot visat att nitrathalten kan minska något i kolfilter genom denitrifikation.

Gällande organiska mikroföroreningar avskiljs dessa effektivt i GAK-filtret. Adsorptionen är effektiv för ett brett spektrum av ämnen. UF bidrar inte direkt till reduktion av dessa ämnen. I kombinationen av UF och GAK kan synergieffekter uppstå då partikulärt material avskiljs i UF, vilket kan underlätta driften av kolfiltret.

6.3 Storlek på reningsverk

Det är en vanlig uppfattning att GAK-filter passar bättre på mindre reningsverk, men det finns inget anläggningstekniskt som hindrar användningen på stora verk enligt Baresel m.fl. (2017a). Generellt är sand- och kolfilter lika i drift och dimensionering. Driften av GAK-filter är enkel och behöver endast begränsad tillsyn och specialkunskaper av operatörer. UF är en mer kompakt lösning som ställer högre krav på operatörskompetens. Idag är kompetensen kring membrantekniker begränsad hos driftpersonal på avloppsreningsverk (Baresel m.fl., 2017a). I takt med att utbyggnad av UF-anläggningar sker kommer kunskapsnivån öka och behöver inte ses som en begränsning i framtiden.

Kalmar reningsverk är belastat med drygt 70 000 pe och teknikkombinationen bedöms lämplig att implementera vid ombyggnation. Drift- och underhållsinsatserna bedöms vara rimliga i förhållande till verkets förutsättningar med personaltäthet. För mycket små reningsverk riskerar arbetsbelastningen att bli oproportionerligt hög då bemanningen kan vara begränsad. Kolfilter kan vara en lämplig process då underhåll och drift är enkel. Förbehandling skulle kunna ske i ett sandfilter istället för UF för att begränsa tillsynsbehovet och eventuellt möjliggöra viss biologisk nedbrytning i förbehandlingen. Denna processuppställning har framgångsrikt testats i pilotförsök inom projektet FRAM (Havs- och vattenmyndigheten, 2018).

Förutsättningar för UF anses förbättras när storleken på reningsverk ökar eftersom bemanningen och personalnärvaron ökar. Stora reningsverk bedöms principiellt kunna byggas ut mest kostnadseffektivt på grund av skalfördelar (Baresel m.fl., 2017a).

6.4 Recipient

Incitamenten för att minska utsläpp av mikroföroreningar från avloppsreningsverk grundar sig i att förbättra vattenkvaliteten i våra ytvatten. Det är en av grundpelarna i EU:s vattendirektiv (2000/60/EG). Kalmar reningsverk släpper ut sitt vatten till Kalmarsund med hög utspädning. Utsläpp

till kustområden eller liknande platser med stor utspädning, bedöms innebära mindre risker för direkt negativ påverkan av miljön. Extra insatser på reningsverk kan dock vara befogade vid stora reningsverk för att minska punktutsläpp. I Schweiz ska reningsverk större än 80 000 pe införa utökad rening för att minska punktutsläppen.

En del recipienter för renat avloppsvatten är direkta eller indirekta råvattentäkter för dricksvattenverk. Genom att minska utsläpp av mikroföroreningar och bakterier minskar belastningen på vattendrag och vattenverken. Möjligheterna för mer direkt återanvändning av avloppsvatten, förslagsvis som tekniskt vatten för spolning av toaletter, kylning, bevattning etc, ökar dessutom med högre reningsgrad av avloppsvattnet.

Recipienter med en liten utspädning av avloppsvatten eller känsliga ekosystem kan påtagligt påverkas negativt av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen. Utökad rening av mikroföroreningar kan skydda ekosystemen i dessa recipienter. Det har varit drivkraften bakom införandet av ozonbehandling i fullskala på Tekniska verken i Linköping (Sehlén m.fl., 2015).

7. Slutsatser

En viktig utsläppsväg av mikroföroreningar, framförallt läkemedelsrester, är via avloppsreningsverk. Många av dessa ämnen anses inte kunna brytas ner i miljön. Utökad rening på reningsverk är därför viktig för att begränsa utsläpp av mikroföroreningar till miljön, både från stora och små reningsverk. I dagsläget finns inga utsläppskrav på mikroföroreningar. Det kanske kommer i framtiden men vem som ska ansvara för utformningen och att sätta gränserna är idag inte klart.

Denna studie har visat att Kalmar ARV effektivt kunde minska utsläppen av mikroföroreningar genom att behandla vattnet med UF-membran och GAK-filtrer. Mikroföroreningarna avskiljs i GAK-filtret genom adsorption till kolet. Vid avslutade försök efter ett års drift (drygt 18 000 BV) har adsorptionskapaciteten i kolet minskat och kolet kan behöva ersättas med nytt eller regenererat kol.

Både UF och GAK behöver regelbunden backspolning för att avlägsna avskilt suspenderat material i UF och biofilm i GAK-filtren. För UF-membranen är den största delen av backspolningarna automatiserade. GAK-filtret i pilotanläggningen krävde manuell backspolning. Kolet som används för adsorption av mikroföroreningar har mycket låg densitet och backspolning måste därför ske långsamt och kontrollerat. I en anläggning i fullskala är förhoppningen att backspolning kan ske semiautomatiskt för att minska arbetsbelastningen för operatörerna.

Kostnader för UF och GAK i fullskala på ett nyrenoverat Kalmarsundsverk uppskattades till ca 18,5 Mkr/år eller ca 2,8 kr/m³. I den kostnaden behandlas ca 80 % av allt spillvattnet på ett reningsverk för ca 90 000 pe eller uttryckt i flöde; 900 m³/h med 20 h tillrinningstid. I designen är även en säkerhetsmarginal med 20 % redundans inräknad för att säkerställa en hög driftsäkerhet. Kostnaderna är något högre för UF jämfört med GAK, 1,6 respektive 1,2 kr/m³. Den största anledningen är att UF-membranen är dyra i inköp och beräknas bytas efter 7,5 år.

Förutom god reduktion av mikroföroreningar visade pilotförsöken tydligt att UF-membranen avskiljer allt suspenderat material däribland partikulärt bunden totalfosfor och bakterier. Det är därför möjligt att nå strikta utsläppskrav för fosfor genom att installera UF. Kombinationen UF-GAK kan därför vara ett bra alternativ för att uppnå framtida eventuella nya och striktare utsläppskrav.

8. Referenser

- Abegglen, C. & Siegrist, H. (2012). *Mikroverunreinigungen aus kommunalem Abwasser – Verfahren zur weitergehenden Elimination auf Kläranlagen*. Schweizerische Eidgenossenschaft, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern 2012.
- Altmann, J., Rehfeld, D., Träder, K., Sperlich, A., Jekel, M. 2016. Combination of granular activated carbon adsorption and deep-bed filtration as a single advanced wastewater treatment step for organic micropollutant and phosphorus removal. *Water Research*, 92, 131–139.
- Baresel, C., Ek, M., Harding, M., Bergström, R. 2014. *Behandling av biologiskt renat avloppsvatten med ozon eller aktivt kol*. IVL rapport B2203.
- Baresel, C., Magnér, J., Magnusson, K., Olshammar, M. 2017a. *Tekniska lösningar för avancerad rening av avloppsvatten*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport C 235.
- Baresel, C., Ek, M., Ejhed, H., Allard, A.-S., Magnér, J., Dahlgren, L., Westling, K., Wahlberg, C., Fortkamp, U., Søhr, S. 2017b. *Handbok för rening av mikroföroreningar vid avloppsreningsverk - Planering och installation av reningstekniker för läkemedelsrester och andra mikroföroreningar*. Slutrapport SystemLäk-projektet. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2288.
- Benstoem, F., Nahrstedt, A., Boehler, M., Knopp, G. 2017. Performance of granular activated carbon to remove micropollutants from municipal wastewater – A met-analysis of pilot- and large-scale studies. *Chemosphere*, 185, 105–118.
- Blair, B., Nikolaus, A., Hedman, C., Klaper, R., Grundl, T. 2015. Evaluating the degradation, sorption, and negative mass balances of pharmaceuticals and personal care products during wastewater treatment. *Chemosphere*, 134, 395-401.
- Boehler, M., Zwickenspflug, B., Hollender, J., Ternes, T., Joss, A., & Siegrist, H. 2012. Removal of micropollutants in municipal wastewater treatment plants by powder-activated carbon, *Water Science & Technology*, 66 (10), 2115–2121.
- Ek, M., Bergström, R., Magnér, J., Harding, H. Baresel, C. 2013. *Aktivt kol för avlägsnande av läkemedelsrester ur behandlat avloppsvatten*. Rapport IVL B2089.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.
- Falås, P., Andersen, H., Ledin, A., & la Cour Jansen, J. (2012a). Occurrence and reduction of pharmaceuticals in the water phase at Swedish wastewater treatment plants. *Water Science & Technology*, 66 (4), 783–791.

- Gdansk Water Foundation. 2018. Less is more. Gdansk Water Foundation. <http://www.gfwlm.nazwa.pl/projekty/less-is-more/> (Hämtad 2018-06-20)
- Gibert, O., Lefèvre, B., Fernández, M., Bernat, X., Paraira, M. 2013. Characterising biofilm development on granular activated carbon used for drinking water production. *Water Research*, 47, 1101–1110.
- Gurke, R., Rößler, M., Marx, C., Diamond, S., Schubert, S., Oertel, R., Fauler, J. 2015. Occurrence and removal of frequently prescribed pharmaceuticals and corresponding metabolites in wastewater of a sewage treatment plant. *Science of the Total Environment*, 532, 762–770.
- Havs- och Vattenmyndighetens föreskrifter och allmänna råd (HVMFS 2012:14) om badvatten.
- Havs- och Vattenmyndigheten. 2018. *Reningstekniker för läkemedel och mikroföroreningar i avloppsvatten*. Havs- och Vattenmyndigheten, Rapport 2018:7.
- Judd, S. (red.). 2006. *The MBR book: the principles and applications of membrane bioreactors in water and wastewater treatment*. Oxford: Elsevier Ltd.
- Kasprzyk-Hordern, B., Dinsdale, R. M., Guwy, A. J. 2009. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters. *Water Research*, 43 (2), 363–380.
- Kommissionens genomförandebeslut (EU) 2015/495 av den 20 mars 2015 om upprättande av en bevakningslista över ämnen för unionsomfattande övervakning inom vattenpolitikens område i enlighet med Europaparlamentet och rådets direktiv 2008/105/EG [delgivet med nr C(2015) 1756] Text av betydelse för EES.
- Kårelid, V., Larsson, G., Björleinius, B. 2017. Pilot-scale removal of pharmaceuticals in municipal wastewater: Comparison of granular and powdered activated carbon treatment at three wastewater treatment plants. *Journal of Environmental Management*, 193, 491–502.
- Meinel, F., Ruhl, A. S., Sperlich, A., Zietzschmann. 2015. Pilot-scale investigation of micropollutant removal with granular and powdered activated carbon. *Water Air Soil Pollution*, 2015, 226:2260.
- MistraPharma. 2015. *Identification and reduction of environmental risks caused by human pharmaceuticals*. Slutrapport MistraPharma-projektet.
- Mulder, M., Antakyali, D., Ante, S. 2015. *Costs of Removal of Micropollutants from Effluents of Municipal Wastewater Treatment Plants – General Cost Estimates for the Netherlands based on Implemented Full Scale Post Treatments of Effluents of Wastewater Treatment Plants in Germany and Switzerland*. STOWA and Waterboard the Dommel, The Netherlands.
- Naturvårdsverket. 2017. *Avancerad rening av avloppsvatten för avskiljning av läkemedelsrester och andra oönskade ämnen*. Naturvårdsverket, Rapport 6766.

- Sehlén, R., Malmborg, J., Baresel, C., Ek, M., Magnér, J., Allard, A-S., Yang, J. 2015. *Pilotanläggning för ozonoxidation av läkemedelsrester i avloppsvatten*. IVL Svenska Miljöinstitutet, Rapport B2218.
- Snyder, S., Adham, S., Redding, A. M., Cannon, F. S., DeCarolis, J., Oppenheimer, J., Wert, E. C., Yoon, Y. 2007. Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals. *Desalination*, 202, 156–181.
- Svahn, O. 2016. *Tillämpad miljöanalytisk kemi för monitorering och åtgärder av antibiotika- och läkemedelsrester i Vattenriket*. Diss., Lunds universitet.
- Svahn, O. & Björklund, E. (2016). Increased electrospray ionization intensities and expanded chromatographic possibilities for emerging contaminants using mobile phases of different pH. *Journal of Chromatography B*, 1033-1034, 128-137.
- Velten, S., Boller, M., Köster, O., Helbing, J., Weilenmann, H-U., Hamnes, F. 2011. Development of biomass in a drinking water granular active carbon (GAC) filter. *Water Research*, 45, 6347–6354.
- Wick, A., Fink, G., Joss, A., Siegrist, H., Ternes, T. A. 2009. Fate of beta blockers and psycho-active drugs in conventional wastewater treatment. *Water Research*, 43, 1060–1074.
- Willey, Joanne m., Sherwood, Linda M. och Woolverton, Christopher J. 2011. *Prescott's microbiology*. 8. Uppl. Singapore: McGraw-Hill.
- Zietzschmann, F., Stützer, C., Jekel, M. 2016. Granular activated carbon adsorption of organic micro-pollutants in drinking water and treated wastewater – aligning breakthrough curves and capacities. *Water research*, 92, 180–187.

9. Bilagor

Bilaga 1. Kemiska och biologiska analysparametrar

Tabell B1.1 Eurofins analysprotokoll med genomförda analysparametrar, enheter och mätmetoder.

Analys	Enhet	Metod/referens
Koliforma bakterier 35° C	cfu/100 ml	SS-EN ISO 9308-2:2014
Escherichia coli	cfu/100 ml	SS-EN ISO 9308-2:2014
Turbiditet	FNU	SS-EN ISO 7027-1:2016
Färg (410 nm)	Mg Pt/L	SS-EN ISO 7887-2012 del C
pH		SS-EN ISO 10523-1012
Temperatur vid pH-mätning	° C	SS-EN ISO 10523-1012
Alkalinitet	mg HCO ₃ /L	SS-EN ISO 9963-2:1996
Konduktivitet	mS/m	SS-EN 27888:1994
Klorid	mg/L	SS-EN ISO 10304-1:2009
Sulfat	mg/L	St Meth 4500-SO ₄ , E, 1988 / Kone
Fluorid	mg/L	St Meth 4500-F, E, 1988 mod / Kone
COD-Mn	mg O ₂ /L	fd SS 028118:1981 / mod
TOC	mg/L	SS-EN 1484:1997
Ammonium-kväve (NH ₄ -N)	mg/L	SS-EN 11732:2005
Ammonium (NH ₄)	mg/L	SS-EN 1173:2005
Fosfatfosfor (PO ₄ -P)	mg/L	SS-EN ISO 6878:2005
Fosfat (PO ₄)	mg/L	SS-EN ISO 6878:2005
Nitrat-kväve (NO ₃ -N)	mg/L	SS 028133:1991 mod
Nitat (NO ₃)	mg/L	SS 028133:1991 mod
Nitrit-kväve (NO ₂ -N)	mg/L	SS-EN 26 777:1993 mod
Nitrit (NO ₂)	mg/L	SS-EN 26777:1993 mod
NO ₃ /50 + NO ₂ /0,5	mg/L	SS 028133:1991 mod
Totalhårdhet (° dH)	°dH	Beräkning (Ca + Mg)
Natrium Na (end surgjort)	mg/L	SS-EN ISO 17294-2 utg 1 mod
Kalcium Ca (end surgjort)	mg/L	SS-EN ISO 17294-2 utg 1 mod
Järn Fe (end surgjort)	mg/L	EN ISO 17294-2:2016
Magnesium Mg (end surgjort)	mg/L	SS-EN ISO 17294-2 utg 1 mod
Mangan Mn (end surgjort)	mg/L	EN ISO 17294-2:2016
Aluminium Al (end surgjort)	mg/L	EN ISO 17294-2:2016

Bilaga 2. Ämneslista mikroföroreningar

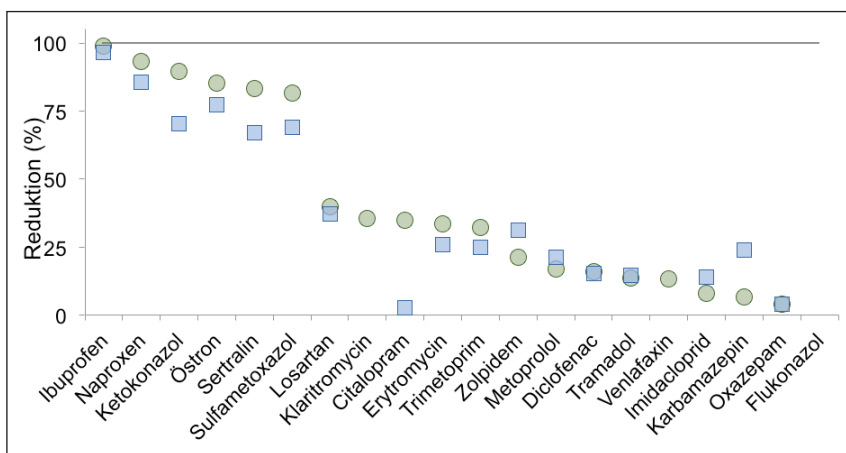
Tabell B2.1 Analyserade ämnen och dess användning. Ämnens förekomster på bevakningslistor är markerade; (E) Eus bevakningslista, (L) läkemedelsverkets miljöindikatorer, (S) Schweiz indikator-substanser.

Substans	Användning	Bevakningslistor
Ciprofloxacin ¹	Antibiotika	L
Citalopram	Antidepressiva	L, S
Diklofenak	Inflammationshämmande	E, L, S
Erytromycin	Antibiotika	E, L
Flukonazol	Antisvampmedel	L
Ibuprofen	Inflammationshämmande	L
Imidaklopid	Pesticid (insekticid)	E
Karbamazepin	Lugnande	L, S
Ketokonazol	Antisvampmedel	L
Klaritromycin	Antibiotika	E, L, S
Levonogestrel ²	Hormon	L
Losartan	Blodtryckssänkande	L
Metoprolol	Blodtryckssänkande	L, S
Metotrexat ¹	Immundämpande	L
Naproxen	Inflammationshämmande	L
Oxadiazon ²	Pesticid (herbicide)	E
Oxazepam	Lugnande	L
Sertralin	Antidepressiva	L
Sulfametoxazol	Antibiotika	L
Tiaklopid ²	Pesticid (insekticid)	E
Tiametoxam ²	Pesticid (insekticid)	E
Tramadol	Smärtstillande	L
Triallat ²	Pesticid (herbicide)	E
Trimetoprim	Antibiotika	L
Venlafloxin	Antidepressiva	S
Zolpidem	Sömnmedel	L
Östron (E1)	Könshormon	E

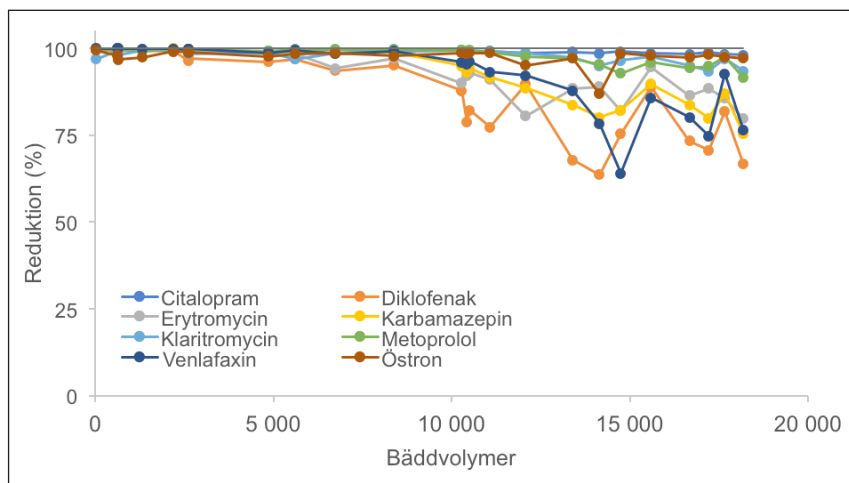
¹ Kvantifieringsgränsen större än 10 % av medelkoncentrationen i inkommande avloppsvatten

² Ej detekterbara i inkommande avloppsvatten

Bilaga 3. Reduktion av mikroföroreningar

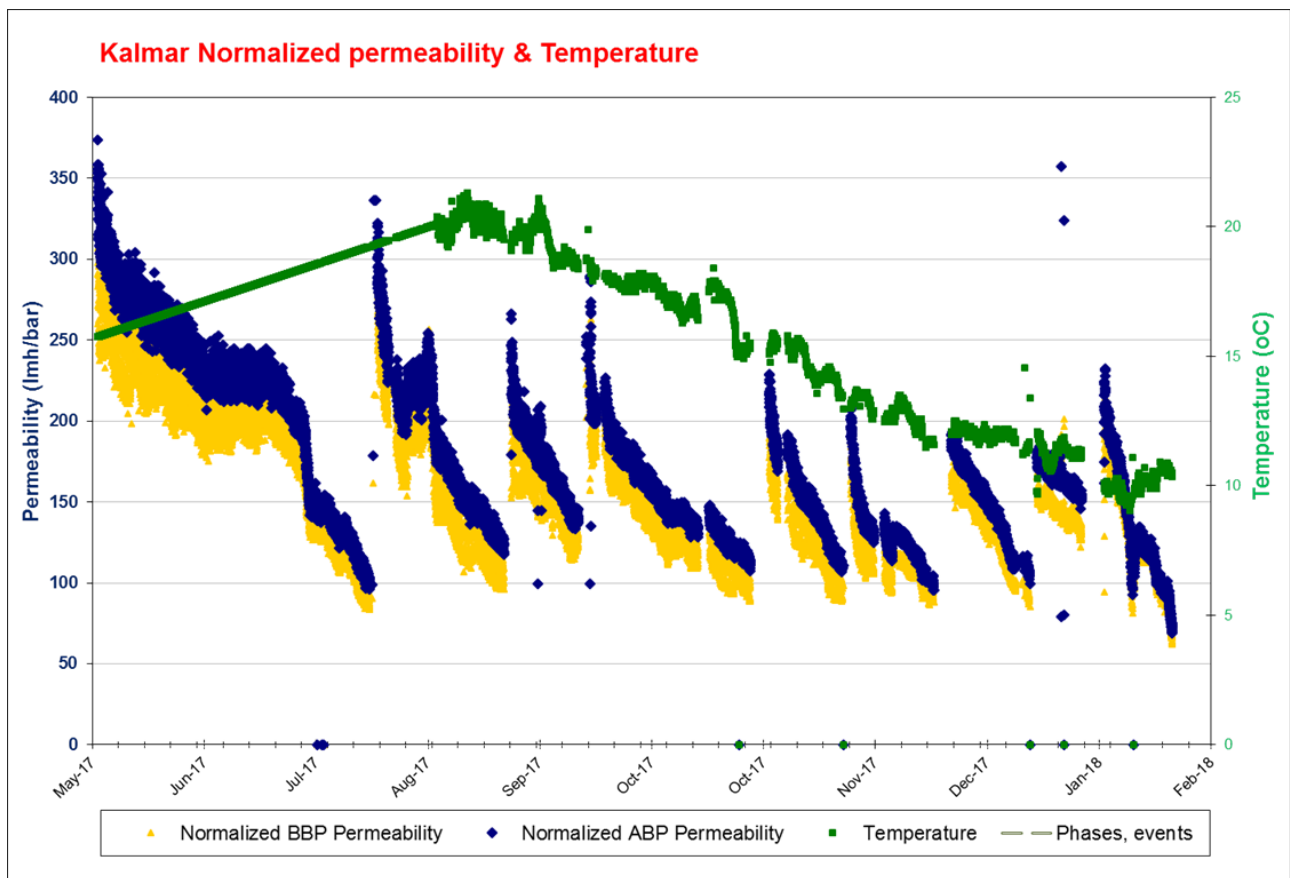


Figur B3.1 Reduktionskapacitet i Kalmar ARV vid olika flöden. Vid normala flöden behandlas allt vatten i de biologiska reningsstegen. Vid höga flöden leds en del vatten förbi den biologiska reningen till den kemiska efterfällningen innan vattnet släpps ut. Höga flöden till reningsverket påverkar reduktionskapaciteten negativt för de flesta ämnen.



Figur B3.2 Reduktion i GAK-filtret över tid för ämnen på EU:s bevakningslista och i Schweiz lagstiftning.

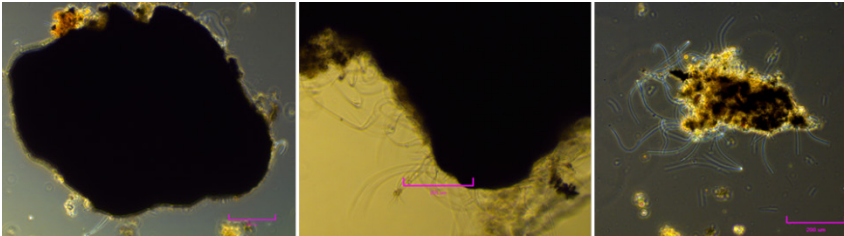
Bilaga 4. Permeabilitet UF



Figur B4.1 UF-membranens permeabilitet efter membranbyte i maj 2017 (temperaturkurvan är korrekt fr o m aug 2017). Permeabiliteten kunde återfås efter underhållsvätta.

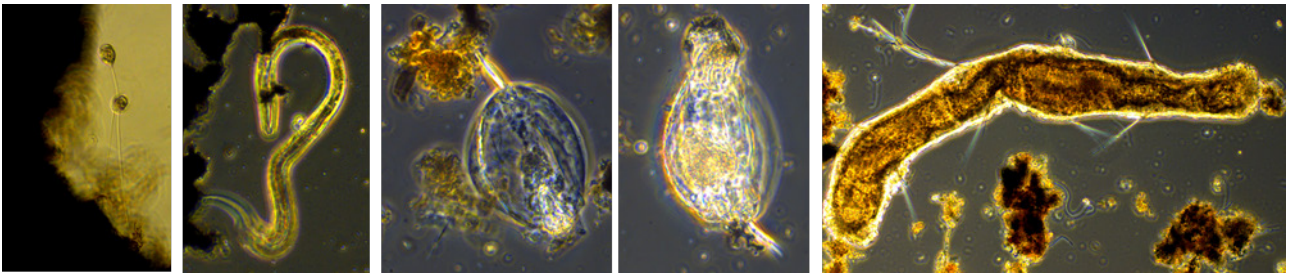
Bilaga 5. Utveckling av biofilm i GAK-filtrer

Under hela projektperioden studerades utvecklingen av biofilm i filtret genom mikroskopering av kolgranuler från filtret. Nedan följer en kort sammanfattning av den utveckling som kunde följas i filtret samt ett urval av arter som påträffats. Redan efter två veckor kunde bakterier och filament ses, Figur B5.1.



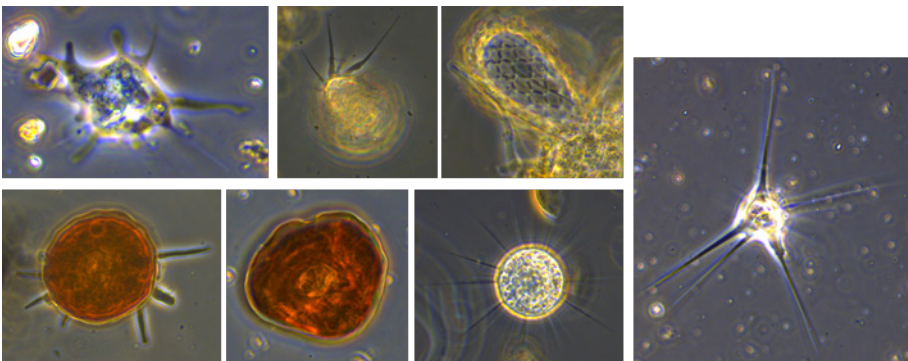
Figur B5.1 Påväxt av biofilm och filament på kolgranul (två bilderna till vänster). Slam med filament till höger. Skallstreck visar 100 μm .

Efter fyra veckor påträffades olika typer av ciliater; stjälkade och krypande, Figur B5.2. Efter sex veckor sågs högre arter som nematoder och efter ytterligare en tid, hjuldjur. Större maskar kunde påträffas under en period, men dessa försvann när filtret började luftas en gång i veckan.



Figur B5.2 Från vänster till höger; stjälkade ciliater (klockdjur), Nematod, hjuldjur (två bilder) och havsborstmask.

Åtta veckor efter driftstart hittades amöbor, Figur B5.3. Olika typer av amöbor var sedan närvarande i filtret under hela försöksperioden.

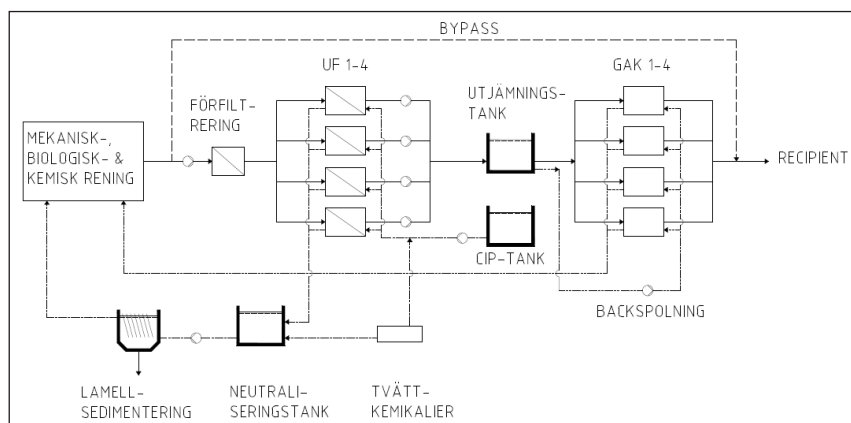


Figur B5.3 Ett urval av olika amöbor som setts i GAK-filtret under studien.

Värt att notera är att utvecklingen inte avstannade i filtret under försöksperioden utan nya organismer hittades kontinuerligt. Det är även intressant att arterna som setts i filtret skiljer sig från dem som finns i reningsverkets aktivslam-process.

Bilaga 6. Anläggningsdesign och -kostnad i fullskala

Kalmar Vatten AB planerar en större om- och tillbyggnad av Kalmar avloppsreningsverk. Det nya verket kommer kallas Kalmarsundsverket. En skiss av en anläggning med UF och GAK i fullskala på Kalmarsundsverket visas i Figur B6.1. Lösningen för den hydrauliska kapaciteten kommer att vara avgörande för en fullgod funktion. För Kalmarsundsverket bör det finnas två pumpsteg; ett till UF och ett till GAK, likt figuren. Alternativet är att ha ett pumpsteg till UF och anpassa konstruktionen så att vattnet kan rinna med självfall genom GAK-filtren.



Figur B6.1 Blockschema anläggning i full-skala.

Investering

Designen av en fullskaleanläggning för UF och GAK som presenteras i Kapitel 5.2 och ovan i Figur B6.1 ligger till grund för en kostnadsbedömning av investeringen. De lokala förhållandena och förutsättningarna på reningsverket är med i bedömningen. Investeringen omfattar kostnader för alla olika arbetsområden:

- Bygg & mark inkl. efterbehandling
- Process & maskin
- El & styr
- VVS
- Markledningar

Utöver dessa kostnader, omfattar investeringsbedömningen en post för oförutsedda utgifter samt alla övriga byggherreomkostnader som uppstår i ett byggprojekt. Investeringen speglar därför en totalkostnad, inte bara en entreprenadsumma.

Kostnadsbedömningen baseras på platsgjutna betongkonstruktioner för tankar och bassänger samt överbyggnad (maskinhall). Installationen för process & maskin samt el & styr är utformad för helautomatisk drift med redundans för vitala anläggningsdelar för god driftsäkerhet. VVS-utformningen är konventionell. Val av material för rörledningar är syrafast stål respektive plast.

Investeringen för UF-anläggningen baserades på en kostnadsbedömning som gjordes i samarbete med konsulter och membranleverantör. Justeringar har sedan gjorts för att stämma överens med aktuell design och dimensioneringsdata. Valda membran i denna kostnadsbedömning är ZW1000 från SUEZ. Den totala investeringen för UF-anläggningen bedömdes till ca 100 Mkr. Av den totala uppskattade kostnaden utgör process & maskin 54 %, bygg & mark 30 %, el & styr 9 %, VVS 6 % och markledningar 1 % av den totala investeringen.

Investeringen för GAK-anläggningen baserades på en tidigare kostnadsbedömning för en sandfilteranläggning med fyra rektangulära filter som gjordes i samarbete med konsulter och leverantörer. Den bedömningen justerades i enlighet med aktuell design och dimensioneringsdata. Den totala investeringen för GAK-anläggningen bedömdes till ca 85 Mkr. I den utgör process & maskin 22 %, bygg & mark 63 %, el & styr 7 %, VVS 7 % och markledningar 1 % av den totala investeringen.

Driftkostnad

Designen av en fullskaleanläggning för UF och GAK som presenteras i Kapitel 5.2 och ovan i Figur B6.1 ligger till grund för en beräkning av driftkostnader. Driftkostnaderna omfattar följande kostnader:

- El
- Kemikalier
- GAK
- Personal
- Underhåll

Elbehovet beräknades utifrån en summering av de enskilda maskinernas bedömda effekt, verkningsgrad och drifttid för det dimensionerande flödet. Kemikaliebehovet i UF-anläggningen beräknades baserat på de specifika mängderna som behövs för rening av en kubikmeter permeat och det dimensionerande flödet. De specifika mängderna beräknades utifrån en intervall för underhållstvätt mellan 3–7 ggr/vecka och en intervall för återhämtningstvätt på ca 1 ggr/månad. Intervallerna kan variera beroende på kvalitet på avloppsvattnet. GAK-behovet baserades på det valda antalet bäddvolymmer som bedöms ge önskad reningsgrad och det dimensionerande flödet. GAK-kostnaden sattes till 24 000 kr/ton. Personalbehovet bedömdes av driftpersonalen utifrån erfarenheter från pilotförsöken samt överläggningar gällande behovet i en fullskalig anläggning. Det årliga underhållsbehovet beräknades med 5 % av investeringen för alla sorters maskinella objekt (maskin, el & styr, VVS), och 0,75 % av investeringen för bygg & mark. Driftkostnader uppdelade på typ och anläggningsdel redovisas i Tabell B6.1.

Tabell B6.1 Driftkostnader för fullskalig anläggning enligt Kapitel 5.1 Dimensionering och Kapitel 5.2 Design.

Kostnad *	UF-anläggning (Mkr/år)	GAK-anläggning (Mkr/år)	Totalt (Mkr/år)
El	0,6	0,02	0,62
Kemikalier/GAK	0,1	2,5	2,6
Personal	0,3	0,2	0,5
Underhåll	1,6	0,8	2,4
SUMMA	2,6	3,5	6,1

* De angivna kostnaderna är beräknade årskostnader; för livscykelkostnadsberäkningen, se nästa stycke

Underhållskostnader för UF-anläggningen anges vara dubbelt så hög som för GAK-anläggningen; anledningen är att UF-anläggningen är mer teknikintensiv vilket innebär ökade kostnader för skötsel och underhåll.

Enligt muntliga uppgifter, kan samma typ av granulerat aktivt kol köpas för endast 8 000 kr/ton. Med det priset beräknas den årliga GAK-kostnaden till 0,8 Mkr istället för 2,5 Mkr.

Livscykelkostnad

Uppskattningen av livscykelkostnad omfattar investering och driftkostnad som redovisats ovan. Investeringen korreleras till avskrivningstider som förväntas motsvara den tekniska livslängden på respektive anläggningsdel, se Tabell B6.2.

Tabell B6.2 Avskrivningstider för anläggningsdelar.

Anläggningsdel	Avskrivningstid (år)
Bygg & mark	50
Process & maskin - rör	30
Process & maskin - maskinell utrustning	15
Process & maskin - instrument	10
El & styr - kablage/ställverk	20
El & styr - apparatskåp/FO ¹ + MCC ² /tele/data	10
VVS - rör	30
VVS - maskinell utrustning	10
Markledningar	50

¹ Frekvensomvandlare

² Motor control center

Kalkylränta förväntades utgå på hela investeringen med 2,5 %. Årlig uppräknings av driftkostnad skedde med 1,5 % (KPI).

Den årliga investeringskostnaden beräknades med kalkylränta 2,5 % och avskrivning inklusive återinvestering efter utjänt livstid enligt Tabell B6-2 ovan. Den årliga driftkostnaden beräknades med KPI 1,5 %. Årskostnaden för anläggningen beräknades genom att summera de årliga investerings- och driftkostnaderna. Totalkostnaden under 30 års livslängd beräknades genom att multiplicera denna summa med 30 år. Denna beräkning innebar att anläggningen efter 30 års livslängd fortfarande har ett värde eftersom alla anläggningsdelarna inte är avskrivna.

Resultatet av beräkningarna är att årskostnaden uppgår till 18,5 Mkr.
Totalkostnaden på en livscykel på 30 år uppgår till 556 Mkr.



Box 14057 • 167 14 Bromma
Tfn 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svenskvatten@svenskvatten.se
www.svenskvatten.se