
Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport

Nr 2026-12

Utmaningar när PFAS-haltigt vatten bereds till dricksvatten med jonbytarhartser

Stephan Köhler
Ludwig Hedberg
Nora Sidfäldt
Emma Johansson
Sofie Olofsson
Lisa Bergh
Malin Delin
Vera Franke
Phillip McCleaf

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.

Författarna är ensamt ansvariga för rapportens innehåll, varför detta ej kan åberopas såsom representerande Svenskt Vattens ståndpunkt.

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL	Utmaningar när PFAS-haltigt vatten bereds till dricksvatten med jonbytarhartser
TITLE OF THE REPORT	Challenges of using ion exchange resins for PFAS removal in drinking water production
FÖRFATTARE	Stephan Köhler (Norconsult), Ludwig Hedberg (Norconsult) Nora Sidfäldt (Norconsult), Emma Johansson (Laholmsbuktens VA AB), Sofie Olofsson (Laholmsbuktens VA AB), Lisa Bergh (Mälarenergi), Malin Delin (Gästrike Vatten AB), Vera Franke (Uppsala Vatten och Avfall AB) och Phillip McCleaf (Uppsala Vatten och Avfall AB)
RAPPORTNUMMER	2026-12
ANTAL SIDOR	65
SAMMANDRAG	Projektet belyser hur nyttan med effektiv PFAS-rening kan vägas mot risken för urlakningsprodukter och hur tekniken kan användas säkert i svensk dricksvattenproduktion.
SUMMARY	This project examines how the benefits of efficient PFAS removal can be weighed against the risk of leaching products, and how the technology can be used safely in Swedish drinking water production.
SÖKORD	Jonbytarhartser, urlakningsprodukter, PFAS, hälsorisker, analysmetoder
KEYWORDS	Ion exchange resins, substance migration, PFAS, health risks, monitoring
MÅLGRUPPER	Processingenjörer, drifttekniker hos VA-bolag, kommuner och andra sakkunniga
RAPPORT	Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/
UTGIVNINGÅR	2026
UTGIVARE	© Svenskt Vatten AB
REFERENS	Köhler S., Hedberg L., Sidfält N., Johansson E., Olsson S., Bergh L., Delin M., Franke V. och McCleaf P. (2026). <i>Utmaningar när PFAS-haltigt vatten bereds till dricksvatten med jonbytarhartser</i> SVU-rapport 2026-12.

Om projektet

PROJEKTNUMMER	25-110
PROJEKTETS NAMN	Vilka utmaningar finns när PFAS-haltigt vatten bereds till dricksvatten med jonbytarhartser?
PROJEKTETS FINANSIERING	Svenskt Vatten Utveckling, Laholmsbuktens VA AB, Mälarenergi, Gästrike Vatten AB och Uppsala Vatten och Avfall AB och Norconsult

Förord

Införandet av det nya gränsvärdet 4,0 ng/liter för PFAS 4 i dricksvatten hos användare den 1 januari 2026 innebär en stor utmaning för vattenverk med PFAS-förorenat råvatten. När projektet initierades fanns indikationer från en dansk studie vid HOFOR på att vissa jonbytarhartser kan avge oönskade ämnen till vatten.

Tillsammans med fyra VA-organisationer identifierade Norconsult ett behov att ta fram underlag som ska kunna användas för bedömning av risker med användning av jonbytarhartser för PFAS beredning. Detta underlag skulle inkludera både aktuellt läge för lagstiftning och regelverk samt hälsomässiga och praktiska aspekter av idrifttagning av hartser.

I detta SVU-finansierade projekt har fyra VA-organisationer, Laholmsbukten VA, Gästrikke Vatten, Mälarenergi Vatten och Uppsala Vatten, tillsammans med Norconsult Sverige AB sammanställt utmaningar vid användning av jonbytarhartser för beredning av PFAS-haltigt vatten till dricksvatten.

Ett stort tack riktas till Svenskt Vatten för möjligheten att via SVU delfinansiera detta projekt. Både Uppsala Vatten, Gästrikkevatten, Mälarenergi Vatten och Laholmsbuktens VA AB har delat med sig praktisk kunskap och värdefulla pilotdata från sina respektive pilotförsök.

Vi tackar HOFOR (Liselotte Clausen) och Livsmedelsverket (Anna Forsberg) som har varit aktiva i referensgruppen och stöttat projektet. HOFOR har delat med sig kunskap om sina erfarenheter med uppstart och användning av jonbytarhartser.

Vi vill tacka Alba Rodriguez Otero och hennes handledare Jan H. Christensen på Universitet i Köpenhamn, som har ställt upp och genomfört en non-target-analys till en låg kostnad. Denna analys, har bidragit med mycket värdefull information och viktigt beslutsunderlag.

Rapporten är främst avsedd för processingenjörer och driftingenjörer på VA-organisationer.

Författarna

Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning.....	4
Summary	5
Ordlista och förkortningar.....	6
1 Introduktion	8
1.1 Syfte och mål.....	9
1.2 Projektorganisation och tidigare erfarenheter.....	9
1.3 Avgränsningar.....	10
2 Bakgrund	11
2.1 Jonbytare.....	11
2.2 Dimensionering av filter för jonbytarharts	13
2.3 Studie kring användning av jonbytare i Danmark	15
3 Regelverk och underlag för riskbedömning	17
3.1 Europeiskt regelverk för jonbytarharts i dricksvatten och livsmedel	18
3.2 Lista av relevanta kemikalier	21
3.3 Samlad bedömning.....	22
4 Material och metoder	24
4.1 Kompletterande analyser av urlakningsprodukter och toxicitet.....	24
4.2 Pilotförsök i Sverige	26
4.3 Fullskaleanläggning.....	29
4.4 Workshop.....	30
5 Resultat	32
5.1 Pilotförsök.....	32
5.2 Drifttagning av fullskaleanläggning	36
5.3 Sammanfattning Livsmedelsverkets PM.....	39
5.4 Resultat från workshop.....	39
6 Diskussion	43
6.1 Samlad tolkning av PFAS-reduktion och migrationsrisk.....	43
6.2 Ämnesspecifik bedömning av urlakningsprodukter	43
6.3 Analysstrategi och kontrollbehov	45
6.4 Hälsomässig bedömning och kvarvarande osäkerheter	47
6.5 Praktiska utmaningar vid idrifttagning och drift	48
6.6 Rekommendationer.....	49
7 Kvarvarande frågeställningar	51
Referenser	53
Bilaga A Tekniska data för pilotförsök 5–7	58
Bilaga B Erfarenheter från Danmark.....	59
Bilaga C Workshopprogrammet	62
Bilaga D Förslag på analysprogram	64

Sammanfattning

Projektet belyser hur nyttan med effektiv PFAS-rening kan vägas mot risken för urlakningsprodukter och hur tekniken kan användas säkert i svensk dricksvattenproduktion.

PFAS i dricksvatten är en viktig fråga för svenska VA-organisationer, särskilt efter att skärpta gränsvärden började tillämpas 2026. Jonbytarhartser är en kompakt och effektiv teknik för att minska PFAS-halter, men eftersom hartserna är syntetiska material kan de avge oönskade ämnen till vattnet, särskilt vid uppstart, inkörning och stillestånd. Projektet belyser därför hur nyttan med effektiv PFAS-rening kan vägas mot risken för urlakningsprodukter och hur tekniken kan användas säkert i svensk dricksvattenproduktion.

Rapporten riktar sig främst till processingenjörer, driftpersonal, projektledare, upphandlare som ska bedöma, upphandla, driftsätta eller följa upp jonbytaranläggningar för PFAS-rening. Resultaten kan bidra till säkrare investeringsbeslut, bättre kontrollprogram och minskad risk för att nya reningssteg oavsiktligt försämrar dricksvattenkvaliteten.

Projektet har genomförts genom litteratur- och regelverksgenomgång, erfarenheter från en dansk studie, utvärdering av pilotförsök i Sverige, uppföljning av en fullskaleanläggning samt dialog med berörda VA-organisationer. Vattenprover analyserades för PFAS, vanliga vattenkemiska parametrar och utvalda urlakningsprodukter, främst tributylamin (TBA) och nitrosaminer. Analyser kompletterades med toxicitetstester och i fullskala även bredare screening, med non target analysis (NTA), för att fånga ämnen som inte ingår i standardiserade analysprogram.

PFAS-selektiva jonbytarhartser kan ge mycket god avskiljning av PFAS särskilt vid gynnsam vattenkemi. Samtidigt visar både tidigare studier och projektets underlag att vissa hartser kan laka ut organiska ämnen. Urlakningen är ofta störst i början och kan minska efter tillräcklig sköljning, men påverkas av uppstartsrutiner, kontakttid, stillestånd, vattenkemi och val av harts.

I samband med detta projekt så gjorde livsmedelsverket genomförde en hälsoriskbedömning av påvisade urlakningsprodukter från jonbytarhartser. Den visar att enskilda ämnen behöver värderas utifrån halt, toxicitet och exponering. För de uppmätta halterna i den danska studien indikerade bedömningen att urlakningsprodukterna inte medförde oacceptabla hälsorisker.

En central slutsats är att jonbyte är en lämplig teknik för PFAS-rening, men inte bör införas utan dokumenterad försköljning, tydliga leverantörskrav, riktade analyser och uppföljning under drift. Kontrollprogram bör omfatta både PFAS-reduktion och relevanta urlakningsprodukter, och vid behov kompletteras med screening eller toxicitetstester. Kostnader för dessa specialanalyser kan vara betydande.

Projektet analyserade arbetet med europeiska lagtexter för material, filtermedia och kemikalier i kontakt med dricksvatten. Det identifierades en lista med potentiell relevanta ämnen och lakningstester. I början av 2027 väntas tydligare EU-gemensamma krav, positivlistor och bedömningsmetoder. Detta kan påverka hur jonbytarhartser godkänns, upphandlas och kontrolleras samt leda till ett ökat behov av dokumentation från leverantörer och verksamhetsutövare. Det rekommenderas att VA-bolag noggrant följer utvecklingen via informationsmaterial från ECHA, EU, Boverket och Livsmedelsverket.

Det behövs mer erfarenhetsuppbyggnad med direkt koppling till praktisk drift. Särskilt viktigt är att utveckla relevanta och kostnadseffektiva kontrollprogram för olika vattenkvaliteter, öka kunskapen om vilka ämnen som kan migrera från olika hartstyper, bedöma långtidseffekter i fullskala och ta fram tydligare vägledning för upphandling och idrifttagning.

Summary

This project examines how the benefits of efficient PFAS removal can be weighed against the risk of leaching products, and how the technology can be used safely in Swedish drinking water production.

PFAS in drinking water is an important issue for many Swedish water utilities, especially since stricter limit values for PFAS 4 and PFAS 21 started to apply in 2026. PFAS-selective ion exchange resins are a compact and effective technology for reducing PFAS concentrations. However, as synthetic materials, the resins may also release unwanted substances to the water, particularly during start-up, commissioning and periods of stagnation. This project therefore examines how the benefits of efficient PFAS removal can be weighed against the risk of leaching products, and how the technology can be used safely in Swedish drinking water production.

The report is mainly intended for water utilities, process engineers, operators, project managers, procurement officers and decision-makers who need to assess, procure, commission or follow-up ion-exchange resins for PFAS removal. The results can support safer investment decisions, contribute to development of relevant monitoring and reduce the risk that new treatment steps unintentionally impair drinking water quality.

The project was based on a review of literature and regulations, experience from a Danish study, evaluation of pilot trials in Sweden, follow-up of a full-scale plant and dialogue with participating water utilities. Water samples were analysed for PFAS, standard water chemistry parameters and selected leaching products, mainly tributylamine (TBA) and nitrosamines. The analyses were complemented by toxicity testing and, in the full-scale study, broader non-target analysis to detect substances not covered by standard analytical monitoring.

The Swedish Food Agency assessed health risks from identified leaching products and concluded that each substance must be evaluated based on concentration, toxicity and exposure. For the levels reported in the Danish study, the assessment did not indicate unacceptable health risks.

The results show that PFAS-selective ion exchange resins can achieve very efficient PFAS removal, particularly under favorable water chemistry conditions. At the same time, previous studies and the project data show that some resins may leach organic substances. Leaching is often highest at the beginning and may decrease after sufficient rinsing, but it is affected by start-up routines, contact time, stagnation, water chemistry and the choice of resin. The cost of monitoring specific substances can be substantial.

The project also reviewed European legal texts for materials, filter media and chemicals in contact with drinking water. Clearer EU-wide requirements, positive lists and assessment methods are expected from 2027, which may affect how ion exchange resins are approved, procured and monitored. Further experience from practical operation is needed, especially regarding cost-effective monitoring, migration from different resin types, long-term full-scale performance and guidance for procurement and commissioning. It is recommended that water utilities carefully follow developments through information material from ECHA, the EU, the National Board of Housing, Building and Planning and the Swedish Food Agency.

A key conclusion is that ion exchange can be a suitable technology for PFAS removal, but it should not be introduced without documented pre-rinsing, clear supplier requirements, targeted analyses and operational follow-up. Monitoring should cover both PFAS reduction and relevant leaching products and may need to be complemented by screening or toxicity tests.

Ordlista och förkortningar

BAT	Best Available Techniques, bästa tillgängliga teknik. Begreppet används här i en praktisk mening för att beskriva teknikval och arbetsmetoder som baseras på tillgänglig kunskap, dokumenterade erfarenheter och etablerad praxis.
BV	Bäddvolym
CAS	Chemical abstracts service, amerikansk organisation som tilldela unika nummer till kända kemiska ämnen.
DL	Detection limit; lägsta nivå som ämnet kan påvisas.
EBCT	Empty bed contact time, tom bäddkontaktid
EFSA	European food safety authority. Europeiska myndigheten för livsmedelssäkerhet.
Fouling	Beläggning eller fastbindning av ämnen på eller i harts som försämrar funktion över tid, till exempel genom minskad avskiljningsförmåga, försämrad masstransport eller ökat tryckfall.
GAK	Granulerat aktivt kol
Gångtid	Tid under vilken ett harts kan användas innan behandlat vatten inte längre uppfyller uppsatt beredningsmål, till exempel avseende utgående halt av PFAS.
IEX	Ion exchange. Jonbyte
Jonbytarharts/jonbytarharts	Filtermaterial som används i trycksatta eller icke trycksatta filter för borttagning av PFAS.
Kortkedjiga PFAS	PFAS-ämnen med högst sex kolatomer längs en linjär linje av kolatomer (till exempel PFHxS).
LIVSFS	Livsmedelsverkets föreskrifter
LOQ	Limit of quantification; lägsta nivå som kan mätas exakt.
Långkedjiga PFAS	Defineras i denna rapport som PFAS-ämnen med minst sju kolatomer längs en linjär linje av kolatomer (till exempel PFOS).
Migration	Urlakning av kemiska ämnen från ett material i kontakt med vatten.
Mikrogram/Liter (µg/L)	Enhet mikrogram per liter som används här för att rapportera av halter för riktade analyser av järn, mangan, TBA och de olika nitrosoaminer.
Nanogram/Liter (ng/L)	Enhet nanogram per liter som används för att rapportera av halter för riktade analyser av PFAS.
NDBA	N-Nitrosodibutylamine (Cas Nr 924-16-3)

NTA/NTS	Non-target analysis/non-target screening. Analysmetod för att undersöka förekomst av ämnen utan att analysen på förhand begränsas till en definierad lista av kända målsubstanter. Metoden bygger på detektion av signaler från joniserbara ämnen, ofta med högupplösande masspektrometri i positiv och/eller negativ jonisering. Genom exempelvis databassökningar, fragmenteringsmönster, beräkningsmodeller och jämförelse med referensstandarder kan ämnen karakteriseras eller i vissa fall identifieras.
NSF	National Public health and safety organization, amerikansk organisation som utarbetar standarder för hälsoskydd.
Perfluorerade alkylsubstanter	PFAS, alla väteatomer som är bundna till kolatomer i alkylkedjan är ersatta av fluoratomer.
PFAS 4	Summan av koncentrationerna av PFNA, PFOA, PFOS och PFHxS
PFAS 21	Summan av koncentrationerna av 21 specifika PFAS
TBA	Tributylamin (Cas Nr 102-82-9)
Urlakningsprodukter	Oönskade ämnen som kan frigöras från jonbytarhartser till vattnet. Ämnena kan exempelvis utgöras av restprodukter från tillverkning, ämnen som frigörs vid otillräcklig försköljning eller ämnen som bildas vid nedbrytning av harts över tid.

1 Introduktion

Den 1 januari 2026 började de skärpta gränsvärdena för PFAS 4 och PFAS 21 i dricksvattenföreskrifterna (LIVSFS 2022:12) att tillämpas. Om gränsvärdena överskrids ska verksamhetsutövaren omedelbart utreda orsaken, bedöma eventuell hälsorisk och vidta nödvändiga åtgärder. Detta ställer krav på robusta reningstekniker, kontrollprogram och rutiner för att snabbt upptäcka och hantera avvikelser. Samtidigt utvecklas nya produkter och processlösningar för att reducera PFAS i dricksvattenproduktion.

Valet av teknik för rening av PFAS påverkas av faktorer som tillgängligt utrymme, tidigare erfarenheter, investerings- och driftkostnader samt råvattenkvalitet (Halldin & Wall 2025). En mycket effektiv och kompakt reningsteknik för PFAS är rening via jonbyte. Vattnet filtreras då igenom ett jonbytarharts som fångar upp ämnena effektivt och klarar långvarig drift med relativt få media-byten.

Jonbytare som är mycket selektiva för PFAS har utvecklats under de senaste åren. Många nya jonbytarhartser är baserade på polystyren- eller akrylkedjor som har positivt laddade funktionella grupper som specifikt binder upp de negativt laddade PFAS-ämnena. Den negativa laddningen kan vara en sulfon- eller en karboxylgrupp. Hartserna kan jämföras med andra tidigare utvecklade jonbytare för avskiljning av vatten som har höga fluorid- eller uranhalter.

Det har visat sig att vissa jonbytarhartser kan avge oönskade föreningar till vatten, exempelvis fenoler, klorerade lösningsmedel, vinylklorid, nitrosaminer och tributylamin, TBA. Detta har uppmärksammats i Danmark, där kvalitetskravet för summan av PFAS 4 i dricksvatten skärptes till 2 ng/L år 2021. I anslutning till detta har det danska VA-bolaget HOFOR, Hovedstadsområdets Forsyningsselskab, undersökt användning av PFAS-selektiva jonbytarhartser och risken för urlakning av oönskade ämnen. I danska pilotstudier har man visat förekomst av oönskade ämnen som lakas ut till dricksvattnet (urlakningsprodukter), både i korta lakningstester enligt NSF/ANSI och vid långvariga driftförsök (VUDP Foreningen 2024). I anslutning till studien bedömde HOFOR att riskerna med läckage av ämnen från jonbytarhartser behöver vägas mot deras nytta för effektiv avskiljning av PFAS-ämnena. Detta väcker frågor om huruvida jonbytarhartser kan komma till användning för rening av PFAS-haltigt dricksvatten i Sverige.

Regler som styr vilka ämnen och material som får vara i kontakt med dricksvatten har skärpts. Dessa gäller även filtermaterial som används vid beredning av dricksvatten (LIVSFS 2022:12). I föreskriften nämns att: *”Beredningskemikalier och filtermaterial som kommer i kontakt med dricksvatten inte direkt eller indirekt äventyrar skyddet av människors hälsa... och inte förorenar vattnet i högre grad än vad som är nödvändigt för det avsedda syftet”*.

Här uppstår ett dilemma mellan nyttan och en möjlig risk för förekomst av föroreningar som orsakas av användningen av jonbytarhartser. Bedömning av nyttan för jonbytarhartser är svårt att genomföra av enskilda VA-bolag. Därav samlades ett antal VA-bolag som ska utreda frågan i ett SVU-finansierat projekt.

Denna studie ska belysa vilka risker det finns med användning av jonbytarhartser som används för borttagning av PFAS-ämnena från förorenat råvatten och hur det går att säkerställa att användning av jonbytarhartserna sker på ett sådant sätt att risker kan minimeras. Det ska också beskriva de olika stegen vid idrifttagning av jonbytarharts för beredning av PFAS i ett nytt vattenverk i Sverige. Detta underlag ska vara till nytta för andra VA-bolag som överväger att använda jonbytare för beredning av PFAS.

1.1 Syfte och mål

Projektets övergripande mål är att fastställa om jonbytesrening är en säker reningsteknik att använda för rening av PFAS 4 i dricksvatten med avseende på LIVSFS 2022:12:s krav om säkert dricksvatten för människor. För att nå detta har vi identifierat följande delmål:

1. Kvantifiera utsläpp

Mäta vilka urlakningsprodukter som lakas ut från olika PFAS-selektiva jonbytarharts vid pilotstudie, fullskala och efter drift.

2. Toxicitetsbedömning

Jämföra toxiciteten hos urlakningsprodukterna (till exempel nitrosaminer, TBA) som påvisats, i relation till PFAS, för helhetsbedömning av hälsorisker.

3. Utarbeta drift- och idrifttagningsrutiner

Rekommendera spol- och inkörningsprotokoll för nya hartser, så att oönskade utsläpp understiger gränsvärden innan dricksvattenproduktion inleds.

4. Underlag för fullskaledesign

Genom dessa insatser skapas ett gediget underlag som möjliggör säkra investeringsbeslut och långsiktigt hållbar dricksvattenrening – både i Sverige och internationellt.

1.2 Projektorganisation och tidigare erfarenheter

Projektorganisationen för detta projekt har varit konsultföretaget Norconsult tillsammans med flera VA-bolag som vill utreda om jonbytare kan vara aktuella för deras verksamheter.

Laholmsbuktens VA AB: LBVA har problem med PFAS i grundvatten och har gjort pilotförsök med jonbytarharts och aktivt kol vid Byaledets vattenverk. Teknikvalet föll på jonbytarharts, dels på grund av resultatet, dels på grund av anläggningsspecifika orsaker som till exempel plats. Anläggningen togs i drift under 2025 och är den första kommunala anläggningen av denna sort som tas i drift i Sverige. En noggrann uppföljning av detta kan vara ett värdefullt underlag för andra VA bolag i Sverige.

Mälarenergi Vatten: Ett av Mälarenergis vattenverk, Hässlö vattenverk i Västerås, har PFAS 4-halter över kommande gränsvärde. Utredningar har genomförts för att utreda källor till PFAS-föroreningarna och lämpliga åtgärder för att reducera halterna. Mälarenergi har utfört pilotförsök med jonbytarhartser för att utreda om de teoretiska antaganden som gjorts i förstudien stämde; att det går att avskilja PFAS ur dricksvattnet vid Hässlö vattenverk så att halterna i utgående vatten ligger under kommande gränsvärde. I pilotförsöken jämfördes två olika jonbytarhartser och målet med pilotförsöket var att dra slutsatser för att kunna dimensionera en fullskaleanläggning och förutspå framtida driftkostnader för att därefter välja lämplig teknik för rening i full skala.

Uppsala Vatten: Uppsala Vatten och Avfall AB är ett av Sveriges VA-bolag som har haft långvariga problem med PFAS i råvattnet. Sedan upptäckten av PFAS-kontamineringen i grundvattnet 2012 har en omfattande mängd pilottester genomförts med syfte till att hitta ett hållbart sätt att reducera PFAS-halter i dricksvattenproduktionen. Filtration genom nanofiltermembran anses vara en bra väg framåt och det PFAS-haltiga rejektvattnet som genereras i processen är tänkt att behandlas med hjälp av jonbytare för PFAS adsorption. Prover i detta projekt härstammar från en sådan pilotuppställning där man har kombinerat nanofiltration för dricksvattenproduktion med jonbytare för retentatbehandling.

Gästrike Vatten: Gästrike Vatten har två pågående projekt med målet att reducera halten PFAS i dricksvattnet. Pilotförsök har utförts i båda projekten där olika tekniker (GAK, jonbytare och nanomembran) och olika GAK och jonbytare har testats. I ett av projekten valdes jonbytarharts som beredningssteg för PFAS som komplement till befintlig beredning. Nya pilotförsök med tre olika jonbytarhartser pågår just nu då en ny brunn

tagits i drift. Upphandling av entreprenaden är tillfälligt stoppad i avvaktan på resultatet från detta SVU-projekt.

1.3 Avgränsningar

Projektet är avgränsat till användning av PFAS-selektiva jonbytarhartser vid beredning av dricksvatten under svenska förhållanden. Fokus ligger på risker kopplade till idrifttagning, drift och uppföljning, särskilt risken för att oönskade ämnen (urlakningsämnen) kan migrera från jonbytarharts till det behandlade vattnet.

Rapporten omfattar inte en generell jämförelse mellan olika reningstekniker för PFAS och är inte avsedd att rangordna eller rekommendera specifika kommersiella jonbytarhartser. Resultat från pilot- och fullskaleförsök används i stället för att belysa driftserfarenheter, möjliga risker och behov av kontroll.

Den riktade kemiska kontrollen inom projektet har avgränsats till TOC, TBA och nitrosaminer. Andra ämnen kan också urlakas från jonbytarhartser, men har inte analyserats systematiskt inom ramen för denna studie. Eventuella screeninganalyser används som kompletterande underlag, inte som en fullständig kartläggning av alla möjliga urlakningsprodukter.

Projektet omfattar inte projektering eller dimensionering av fullskaleanläggningar. Det omfattar inte heller detaljerade genombrottskurvor, livslängdsbedömningar, kostnadsoptimering eller separata batch- och lakningsförsök. Denna typ av information har dokumenterats i två tidigare rapporter (Köhler et al. 2026a; 2026b)

2 Bakgrund

2.1 Jonbytare

Jonbytare som används för dricksvattenrening består vanligen av ett filterharts med små, oftast runda partiklar som har funktionella grupper på ytan och i porstrukturen. Dessa grupper är avsedda att binda joner eller andra laddade ämnen i vattnet (Svenskt Vatten 2024a). När harts är ny finns mot-joner bundna till de funktionella grupperna. Under drift kan dessa mot-joner bytas ut mot andra joner i vattenfasen som har högre affinitet till jonbytarharts. När vatten med oönskade joner, till exempel kalcium- eller nitratjoner, passerar genom filtret byts de alltså mot de joner som redan finns bundna till harts. En katjonbytare binder positiva joner, till exempel kalcium, magnesium och järn, medan en anjonbytare binder negativa joner, till exempel nitrat och sulfat. Jonbytarhartser kan antingen vara naturliga mineraler, som zeoliter, eller syntetiska polymera material. De senare är vanligare i modern reningsteknik eftersom de erbjuder högre kapacitet, större flexibilitet och enklare regenerering (Svenskt Vatten 2024a).

Inom dricksvattenrening används jonbytare framför allt för avhärdning av vatten, men även för att ta bort specifika oönskade anjoner, exempelvis uran, fluorid eller PFAS-ämnen. Jonbytarharts består till stor del av en polymer, oftast polystyren eller polyakryl, som har funktionella grupper bundna till sig beroende på vilka ämnen som ska avlägsnas. Jonbytarmediet har många små porer och funktionella grupper som möjliggör kemiska fästen för att fånga upp joner. Jonbytare kan delas upp i svaga och starka bas-hartser beroende på den funktionella gruppen (Figur 2.1). I resterande del av rapporten kommer enbart frågeställningar som rör jonbytarhartser som fastbinder PFAS diskuteras.

Figur 2.1

Skiss som visar olika typer av jonbytarhartser. En mer detaljerad beskrivning samt exempel av olika produkter kan hittas i Boyer et al. (2021) och i ANSES (2009).

Porstruktur	Funktionell grupp och principiell PFAS-relevans	
1. Gel-porstruktur • Svälld, relativt homogen polymerfas • Ofta hög kapacitet • Masstransporten kan vara långsammare 	Starkt basiska anjonbytare (SBA) • Kvättära ammoniumgrupper • Type I/Type II m.fl. • Ofta hög kapacitet • Permanent positiv laddning 	Svagt basiska anjonbytare (WBA) • Aminogrunder, ofta tertiära aminer • pH-beroende protonering/laddning • Svagare anjonbytesfunktion vid högt pH-värde 
2. Makroporös typ • Permanent/interkonnekterat nätverk av större porer • Ofta bättre masstransport • Kan bidra till bättre hydraulik/lägre tryckfall 	Starkt basiska anjonbytare (SBA) • SBA i makroporös struktur • Samma funktionella grupper som i gelresiner kan förekomma • Porstruktur påverkar kinetik, hydraulik och praktisk kapacitet • Vanligt alternativ för PFAS-rening 	Svagt basiska anjonbytare (WBA) • Samma pH-beroende grundfunktion • Mindre vanlig som huvudval för PFAS-rening i dricksvatten • Kan vara relevant i vissa tillämpningar 

 Dricksvattenperspektiv: PFAS-avskiljning är inte tillräckligt som urvalskriterium. Resin bör även bedömas avseende avsmittning/migration, inkörning/sköljning, certifiering och kontroll av t.ex. aminer, nitrosaminer och organiskt material.

Svaga basiska anjonbytare (WBA) har en laddning som varierar med pH-värdet medan starka basiska anjonbytare (SBA) alltid har en positiv laddning. SBA-hartser är särskilt användbara för att avlägsna PFAS från vatten, eftersom de attraherar PFAS:s negativt laddade huvudgrupper.

När jonbytarharts är mättad, det vill säga när alla bindningssiter är upptagna, förlorar jonbytare sin effektivitet (Svenskt Vatten 2024a). Då behöver jonbytarmassan regenereras eller bytas ut för att återställa reningsstegets kapacitet. För konventionella jonbytare kan WBA-hartser ofta regenereras med lut och SBA-hartser med koncentrerad

kloridlösning. För PFAS-selektiva jonbytarhartser är regenerering däremot mer komplicerad. Saltlösning kan ingå i regenereringslösningen, men studier visar att effektiv regenerering av PFAS-selektiva hartser normalt kräver kombination med organiskt lösningsmedel. I dricksvattentillämpningar används PFAS-selektiva hartser därför ofta som engångsmaterial som byts ut när kapaciteten är förbrukad (Liu & Sun 2021; USEPA 2024). Det undersöks i dagsläget hur regenerering skulle kunna vara möjligt för framtiden. Bindningskapaciteten av harts ligger mellan 1,0–3 eq/L, oftast runt 2 eq/L.

Till skillnad från enklare oorganiska anjoner, såsom sulfat och karbonat, kan PFAS även bindas fast genom hydrofoba interaktioner och aggregering i jonbytarharts. Fastbindning sker via de hydrofoba molekyelstrukturerna som utgör skelettet av harts (polystyren, polyacrylat etc.) och molekyelstrukturer som är en del av den funktionella gruppen. Denna interaktion kan förklara varför kortkedjiga PFAS binder sämre till harts än de långkedjiga PFAS. Även fastbindning av humusämnen kan påverka förmågan att avskilja PFAS. Humusämnen kan försämra upptagningsförmågan genom att blockera porer. De utgör dock i så fall nya hydrofoba ytor där fastbindning av långkedjiga PFAS kan ske.

Sammantaget gör detta att PFAS-fastbindning oftast inte kan beskrivas med enkla jonbytesmodeller som man vanligtvis kan använda för att prediktera fastbindning av andra oorganiska joner (kalcium, magnesium, sulfat, fluorid etcetera). Det är svårt att enbart med enkla beräkningsmodeller dimensionera en anläggning för PFAS-rening. I praktiken görs detta genom att genomföra tidskrävande pilotförsök eller genom att skatta förväntad prestanda baserat på andra pilotförsök där en likande kemisk sammansättning av råvatten föreligger.

Jonbytarharts tillverkas av ett antal olika kemiska ämnen som tillsammans ger ett polymerbundet material. När de används i vattenbehandling kan vissa molekyler släppas av polymerstrukturen ut i vattnet. Den tekniska termen för detta är migration. Hur mycket och vilka ämnen som läcker beror på polymerens sammansättning, andel porer, funktionella grupper och tillverkningsmetod. I resterande delen av rapporten används begreppet urlakningsprodukter. Urlakningsprodukter kan vara nedbrytningsprodukter av polymeren eller ämnen som är kopplade till tillverkningsprocessen eller dess specifika funktion. Olika hartser har olika specificitet, dvs benägenhet att binda upp specifika joner, och innehåller därför funktionella grupper (Figur 2.1) som är fast i polymeren. De funktionella grupperna har som roll att de specifikt bara binder upp vissa typer av ämnen. Det exakta kemiska innehållet av hartser och val av funktionella grupper är oftast en företagshemlighet.

Vid långvarig kontakt med vatten kan urlakningsprodukter långsamt migrera ut i det behandlade vattnet och anrikas där. Därför bör långa stilleståndstider och onödigt långa kontakttider beaktas vid drift och idrifttagning. För att minimera risken för läckage rekommenderas därför alltid noggrann försköljning av harts före användning. Vid första sköljningen med avjoniserat vatten kan koncentrationerna av nitrosaminer bli mycket höga (> 2 000 ng/L), men sjunker normalt efter 50–100 bäddvolym. Leverantörens anvisningar för sköljning och annan förbehandling diskuteras vidare längre ned.

PFAS-selektiva jonbytarhartser har längre gångtider än aktiva kolfilter (Köhler et al. 2026a). Även om inköpspriset för jonbytarharts ofta är cirka 8–12 gånger högre än för aktivt kol, räknat per mängd filtermaterial, kan driftkostnaderna över tid ändå vara lägre. Detta kan förklaras av högre bindningskapacitet, mindre ytbehov och färre materialbyten. Färre materialbyten kan i sin tur minska kostnaderna för arbete, transporter, mellanlagring och hantering av förbrukad filtermassa.

Tabell 2.1 ger några exempel på jämförda gångtider för jonbytarhartser (Engvall 2025). Alla resultat är från grundvatten med en halt av organiskt kol under 2 mg/L TOC. Gångtid definieras här som antal drift dagar fram till dess att halten i utgående vatten överstiger 2,0 ng/L. Resultaten avser endast enstegsfiltrering.

KOD # ¹	Inkommande PFAS 4 halt (ng/L)	Andel PFOA / PFAS 4	Andel PFOS / PFAS 4	Purolite PFA694E (BV)	Sorbix (BV)	Lewatit TP 208 DW (BV)
VV3-F1	7,2	74 %	6 %	90 000	320 000	290 000
VV4-F1	22	34 %	3 %	–	≥290 000	–
VV5-F1	330	42 %	22 %	–	95 000	–
VVX	22–7 # ²	11 %	38 %	≥240 000	–	≥ 240 000

#1 Kod enligt Engvall (2025) förutom sista som inte var klar när Engvall publicerade.

#2 Värden högre i början och sedan sjunkande

Högre inkommande PFAS-halter medför generellt kortare gångtider då bindningskapaciteten förbrukas snabbare. Sambandet är dock icke-linjärt och kan vara svårt att prediktera. En högre andel PFOA, som tenderar att binda mindre bra till jonbytarhartsen (Franke et al. 2017) relativt till de andra PFAS 4-ämnena, förkortar gångtiden. En högre andel PFOS kan bidra till att gångtiderna blir längre.

Olika ämnen konkurrerar om platserna på hartsen. Fastbindning styrs även av koncentrationen. Tolkning av pilotförsök med samma typ av vatten och samma inkommande halt PFAS är en förutsättning för en säker dimensionering av anläggningen. Data från försök där den inkommande halten varierar kraftigt bör tolkas med försiktighet och är mindre lämplig som direkt underlag för dimensionering av en fullskaleanläggning.

Jämförbara gångtider för aktiva kolfilter för ovan pilotförsök (Tabell 2.1) låg i intervallet cirka 18 000–36 000 bäddvolym, beroende på kolsort och vattenkemi. Utifrån tillgängliga data kan det konstateras att de undersökta jonbytarhartsen hade minst åtta gånger längre gångtid än jämförbara aktiva kolfilter.

Drift med jonbytarharts kan vara ekonomiskt fördelaktig vid högre PFAS-halter, exempelvis över cirka 50 ng/L. Vid lägre halter kan däremot platsspecifika faktorer, såsom vattenkemi, anläggningsutformning, materialkostnader, bytesintervall, transportkostnader och avfallshantering, vara avgörande för vilken teknik som är mest kostnadseffektiv. För den intresserade läsaren diskuteras olika överväganden vid val av filtermaterial och reningsteknik vidare i Köhler (2026a; 2026b).

Tabell 2.1

Dokumentation av gångtider (BV) innan utgående halt PFAS 4 var över 2 ng/L för fyra olika typer av jonbytarhartser och där EBCT ligger mellan 2,5–3,0 minuter.

2.2 Dimensionering av filter för jonbytarharts

Dimensionering av filter för jonbyte bör i första hand baseras på pilotförsök, eftersom dessa ger information om hur den aktuella jonbytermassan fungerar tillsammans med den specifika råvattenkvaliteten. Pilotförsök används för att bestämma genombrottskurvor, praktiskt kapacitetsutnyttjande, behov av säkerhetsmarginaler och hur snabbt tryckfallet utvecklas över tid. De ger också underlag för att bedöma om förfilter krävs och vilken typ av förfiltrering som är lämplig. Förfilter är normalt en viktig del av systemet, eftersom partiklar, järnutfällningar, organiskt material eller andra beläggningar kan sätta igen bädden, orsaka kanalisering och försämra jonbytets effektivitet. Pilotförsöken är mycket tidskrävande men ger det säkraste underlaget för dimensioneringen.

En central dimensioneringsparameter är kontakttiden, vanligen uttryckt som EBCT, Empty Bed Contact Time. EBCT beräknas som den tomma filterbäddsvolymen dividerad med det behandlade flödet och beskriver hur länge vattnet teoretiskt är i kontakt med jonbytermassan. För den aktuella tillämpningen bör anläggningen dimensioneras med minst 2,5 minuters EBCT per filter i en lead-lag-konfiguration, det vill säga minst 5 minuter total EBCT över två seriekopplade filter. Det första filtret, lead-filtret, står då för huvuddelen av avskiljningen, medan det andra filtret, lag-filtret, fungerar som polersteg och säkerhetsbarriär. En sådan konfiguration förbättrar kapacitetsutnyttjandet och minskar risken för att behandlat vatten påverkas vid begynnande genombrott i det första

filtret. Centrala begrepp och dimensioneringsparametrar som bör beaktas vid planering och teknisk verifiering av jonbytesfilter sammanfattas i Tabell 2.2.

Filtergeometrin ska väljas så att både kontakttid och hydrauliska förhållanden blir robusta. Filterbäddhöjden bör vara minst 0,8 m för att ge en tillräcklig massöverföringszon och minska risken för kortslutningsflöden. Samtidigt behöver förhållandet mellan filterbäddhöjd H och filterdiameter D kontrolleras, eftersom ett alltför lågt bädddjup eller en olämplig diameter kan ge ojämn flödesfördelning och sämre utnyttjande av jonbytarmassan ($0.7 < H/D < 1.5$). Dimensioneringen ska även omfatta ytbelastning (m/h), total filtervolym (m^3), antal parallella filterlinjer och driftstrategi för byte eller regenerering av massan. Jonbytesmassor kan drifas med hög ytbelastning (40 m/h) och flux begränsas oftast av det tillåtna tryckfallet över filtret. Tryckfall kontrolleras av massans effektiva diameter (ju mindre desto högre), ytbelastning (hög ytbelastning ger högre tryckfall) och temperatur (ju kallare desto högre). Relevant underlag tillhandahålls av leverantör. En dimensionering med lägre än maximal möjliga ytbelastning ger utrymme för tillfällig högre produktion.

Tabell 2.2
Begrepp och dimensioneringsparametrar.

Begrepp	Betydelse vid dimensionering
Pilotförsök	Ger underlag för dimensionering genom att visa genombrott, kapacitetsutnyttjande, hydraulik och eventuell påverkan av råvattenkvalitet under realistiska driftförhållanden.
Förfilter	Skyddar jonbytarmassan mot partiklar och igensättning. Förfiltrering är särskilt viktig eftersom partiklar och beläggningar kan ge högre tryckfall, kanalisering och försämrat massutbyte. Höga halter organiskt kol förkortar drifttiden.
Kontakttid, EBCT (minuter)	Empty Bed Contact Time beskriver den teoretiska uppehållstiden i filterbädden och beräknas som filterbäddens tomma volym dividerad med flödet. För aktuell dimensionering bör kontakttiden vara minst två gånger 2,5 minuter i lead-lag-konfiguration.
Lead-lag-konfiguration	Två filter kopplas i serie. Lead-filtret tar huvuddelen av belastningen medan lag-filtret fungerar som polersteg och säkerhetsbarriär mot genombrott.
Filterbäddhöjd	Filterbädden bör vara minst 0,8 m för att ge tillräcklig kontakttid, god hydraulisk fördelning och en fungerande massöverföringszon.
Tryckfall	Tryckfallet över filter och bädd bör kontrolleras hydrauliskt och bör inte överstiga ca. 2-3 bar vid dimensionerande flöde. Exakta värden anges av leverantör. Tryckfall styrs av ytbelastning och filterhöjd.
Förhållande mellan filterbäddhöjd H och filterdiameter D	H/D -förhållandet påverkar kontakttid, ytbelastning, risk för kanalisering och hur jämnt vattnet fördelas genom bädden.
Antal dysor i filterbotten	Antalet dysor måste vara tillräckligt för att ge jämn uppsamling och fördelning över hela filterytan samt begränsa lokala hastigheter.
Diameter på dysor	Dysornas öppningsstorlek behöver dimensioneras med hänsyn till flödesfördelning, tryckfall, risk för igensättning och jonbytarhartsens partikelstorlek. Jonbytarhartser har ofta en partikelstorlek i storleksordningen 0,3–0,8 mm, men aktuellt intervall ska verifieras mot leverantörens produktdata.
Materialval	Materialen ska vara kompatibla med vattenkvalitet, jonbytarmassa, eventuell regenerering och dricksvattenkrav.
Rostfritt stål	Rostfritt stål är ett robust materialval för tryckkärl och rördelar när korrosionsbeständighet, hygien och mekanisk hållfasthet är viktiga krav.

Tryckfallet över filterbädden är en annan viktig begränsande parameter. Vid dimensionerande flöde bör tryckfallet för massan TP 108 DW inte överstiga 2,5 bar. För att uppnå detta behöver bäddhöjd, korndiameter, flödeshastighet, temperatur och förväntad igensättning vägas samman. Filterbotten ska utformas så att flödet fördelas jämnt över hela filterarean. Antalet dysor i filterbotten och dysornas diameter behöver därför dimensioneras med hänsyn till jämn flödesfördelning, acceptabelt lokalt tryckfall och låg risk för igensättning. En ojämn filterbotten kan ge lokala höga hastigheter, kanalisering och sämre reningsresultat. Dysdiameter baseras på storlek av filtermaterialet.

Slutligen ska materialvalet anpassas till både processkrav och dricksvattenkrav. Tryckkärl, rör, ventiler, filterbotten och dysor bör väljas så att de tål aktuellt drifttryck, vattenkemi, eventuell regenerering och den mekaniska belastning som uppstår vid drift och underhåll. Rostfritt stål är ofta ett lämpligt materialval när hög mekanisk hållfasthet, hygienisk utformning och korrosionsbeständighet eftersträvas. Den slutliga dimensioneringen bör alltid verifieras mot leverantörens data för jonbytarhartsen och kompletteras med driftuppföljning av flöde, tryckfall, vattenkvalitet och genombrott i både lead- och lag-filter.

2.3 Studie kring användning av jonbytare i Danmark

I Danmark har PFAS i dricksvatten varit en drivande fråga eftersom landet har haft ett mycket lågt gräns- och kvalitetsvärde för PFAS 4 sedan juni 2021 (Miljöstyrelsen 2025). HOFOR och samarbetspartners har därför undersökt om PFAS-selektiva jonbytarhartser kan användas på ett säkert sätt vid dricksvattenproduktion. Eftersom jonbytarhartserna är syntetiska polymerer kan restämnen från tillverkning eller ämnen kopplade till de funktionella grupperna migrera, det vill säga laka ut, till vattnet. Dessa ämnen kallas urlakningsprodukter.

I HOFOR:s laboratorieförsök testades tre PFAS-selektiva jonbytarhartser: Resinex PFCR-1, Purofine PFA694E och en konfidentiell PFAS-selektiv jonbytarharts, i HOFOR-rapporten benämnd SE/DW, se Tabell 2.3. Försöken utfördes som migrationstester enligt principer från NSF/ANSI 61, vilket innebär ett konservativt test med lång kontaktid mellan vatten och hartsen. Syftet var inte att efterlikna normal drift exakt, utan att identifiera vilka ämnen som kan avgas vid uppstart och inkörning.

Tabell 2.3

Lista av olika jonbytarhartser som testades i studien av HOFOR.

Typ av jonbytarharts	Påvisad lakning av ämne	NSF godkänd
Resinex PFCR-1	TBA, NDBA, Formaldehyd	Nej
Purofine PFA694E	NDBA	Ja
Sekretessbelagt harts sålt av Silhorko-Eurowater (SE/DW)	TBA, NDBA, Formaldehyd	Oklart

Analyserna bestod dels av specifika ämnesanalyser (på engelska *target analysis*), dels av *non-target analysis/non-target screening*, NTA/NTS. Specifika analyser innebär att man letar efter på förhand utvalda ämnen. NTA/NTS är bredare och används för att hitta okända eller oväntade ämnen i provet, utan att alla ämnen behöver vara kända i förväg. Metoden ger därför viktig information om möjliga urlakningsprodukter, men alla signaler kan inte alltid identifieras eller riskbedömas direkt.

De specifika analyserna visade att alla tre jonbytarhartser avgav organiska ämnen till vattnet. Detta mättes som NVOC, *Non-Volatile Organic Carbon*, eller icke-flyktigt organiskt kol. NVOC är en summaparameter som kvantifierar halten organiskt kol i ämnen som har lakat ut från harts. Den mäter inte vilka ämnen det rör sig om.

Utöver NVOC påvisades även flera enskilda ämnen. De viktigaste fynden var aminer, framför allt TBA, samt nitrosaminer, där NDBA, N-nitrosodibutylamin, var det tydligaste exemplet. TBA kan kopplas till jonbytarharts funktionella grupper eller till rester från tillverkningen. Nitrosaminer kan vara nedbrytningsprodukter och är särskilt viktiga att följa upp eftersom vissa ämnen i denna grupp är hälsomässigt problematiska och kan vara cancerframkallande. För att underlätta tolkningen sammanfattas de viktigaste fynden och ämnesgrupperna i Tabell 2.4.

Fynd/ämnesgrupp	Enkel förklaring	Varför det är relevant
NVOC	Samlingsmått för icke-flyktigt organiskt kol i vattnet.	Visar att organiskt material lakar ut, men inte vilka ämnen det är.
TBA	TBA kan kopplas till hartsets funktionella grupper eller tillverkningsrester.	Kan indikera migration från själva jonbytarharts.
Nitrosaminer, till exempel NDBA	Ämnesgrupp där vissa föreningar är hälsomässigt problematiska.	Viktiga att följa upp eftersom vissa nitrosaminer kan vara cancerframkallande.
Klorerade alifater	Flyktiga klorerade organiska ämnen, exempelvis diklorometan och 1,2-diklorethan.	Oönskade ämnen i dricksvatten och därför relevanta vid uppstartskontroll.
NTA/NTS-signaler	Kemiska signaler från bred screening där alla ämnen inte är identifierade.	Visar om det finns ytterligare ämnen som inte fångas av riktade analyser.

NTA/NTS visade att riktade analyser inte fångar hela bilden av vad som kan migrera från ett jonbytarharts. Metoden bör därför ses som ett komplement till specifika analyser, inte som en ersättning. De specifika analyserna behövs fortfarande för att bestämma halter och göra riskbedömningar.

HOFOR föreslog att uppstart och inkörning av jonbytaranläggningar bör följas med ett särskilt provtagnings- och analysprogram. Programmet bör minst omfatta NVOC, nitrosaminer, klorerade alifater, alkylaminer och ftalater samt specifika ämnen som TBA, acetofenon, styren, formaldehyd, naftalen och N,N-dibutylformamid. Om NVOC visar att organiskt material lakar ut från jonbytarharts, men de riktade analyserna inte kan förklara halten, bör man även bedöma om det organiska materialet kan vara biologiskt nedbrytbart. Sådant material kan fungera som näring för bakterier och därmed öka risken för mikrobiologisk efterväxt i filter, ledningar eller reservoarer. Detta kan undersökas med till exempel AOC, *Assimilable Organic Carbon*, som är ett mått på den del av det organiska kolet som mikroorganismer lätt kan använda som näringskälla.

I den danska rapporten så förefaller Resinex kolonnen som INTE är godkänd enligt det amerikanska systemet (NSF/ANSI-61) som sämst med avseende på urlakning. Det sker dock även urlakning ur Purofine PFA694E som är tillåtet i Frankrike och godkänt enligt NSF/ANSI-61, se Tabell 2.3. Enligt leverantören så är Lewatit TP 108 DW godkänd genom Water Quality Association (WQA) enligt ANSI/NSF 61 standard "Drinking Water System Components - Health Effects". De skriver vidare att certifieringen omfattar även testning av N-Nitroso-di-n-butylamin, CAS nr 924-16-3. Den årliga analysen enligt EPA-metod 625 visade att provresultatet för detta ämne inte har påvisats vid eller över rapporteringsgränsen. Den tillåtna koncentrationen av en enda produkt för N-Nitroso-di-n-butylamin, CAS nr. 924-16-3, är 30 ng/L. I den danska studien så uppmättes NDBA i halter mellan 60–70 ng/L i tester med den okända jonbytarhartsen. Halter av TBA låg mellan 150–850 ng/L, beroende på vilken jonbytarharts som testades.

Sammantaget visar den danska studien att PFAS-selektiva jonbytare kan ge effektiv PFAS-avskiljning, men att tekniken samtidigt kan medföra en risk för att oönskade ämnen tillförs dricksvattnet. Resultaten ger därför inte stöd för okritisk användning av jonbytare i dricksvattenproduktion. Om jonbytare ska användas behöver migration från jonbytarharts kontrolleras genom tydliga leverantörskrav, dokumenterad försköljning, riktade analyser, bred screening samt uppföljande provtagning under uppstart, inkörning och drift.

Tabell 2.4

Sammanfattning av viktiga fynd och ämnesgrupper som påvisades vid migrationstester av PFAS-selektiva jonbytarharts i HOFOR studie. Tabellen visar vad respektive mått eller ämnesgrupp innebär och varför de är relevanta vid bedömning av jonbytarharts för dricksvattenproduktion.

3 Regelverk och underlag för riskbedömning

När ett jonbytarharts används som granulerat filtermaterial i dricksvattenberedning bör det i första hand bedömas som filtermaterial enligt § 12 (EU 2020) och det svenska regelverket LIVSFS 2022:12. Detta gör att det idag inte finns några tydliga regler vilka kemikalier eller ämnen som får användas när hartser kommer till användning i dricksvattenberedningen. Svenskt Vatten önskar att hartser ska omfattas av § 11, dvs material i kontakt med dricksvatten. Både tyska och franska organisationer har samma mål (se även nedan).

Andra delar av jonbytarsystemet, exempelvis filterkärl, rör, ventiler och packningar, hanteras i stället som material eller byggprodukter i kontakt med dricksvatten. Kapitlet beskriver därför både regelverk och vägledande underlag som är relevanta för bedömning av jonbytarhartser, samt underlag som kan användas för att identifiera möjliga urlakningsprodukter.

Internationella underlag: NSF/ANSI 61

NSF/ANSI 61, *Drinking Water System Components – Health Effects*, är en amerikansk standard för produkter, komponenter och material som kommer i kontakt med dricksvatten. Standarden anger minimikrav för att begränsa hälsorisker kopplade till ämnen som kan migrera från sådana produkter till dricksvatten. Den omfattar ett brett spektrum av komponenter och material, exempelvis rör, packningar, ventiler och processmedia, inklusive filtermaterial och jonbytarhartser.

Certifiering enligt NSF/ANSI 61 innebär att en produkt har testats under standardiserade förhållanden med avseende på ämnen som kan avges till vatten. Certifieringen används i Nordamerika som ett viktigt underlag för att visa att produkter och material är lämpliga för användning i dricksvattensystem. Många tillverkare av jonbytarhartser anger därför NSF/ANSI 61-certifiering som en del av dokumentationen för produkter avsedda för dricksvattenrening.

I Europa pågår en harmonisering av krav för material och produkter i kontakt med dricksvatten inom ramen för dricksvattendirektivet. I praktiska bedömningar har NSF/ANSI 61 samtidigt använts som en referenspunkt, särskilt när produkter eller filtermaterial saknar tydlig europeisk certifiering eller när jämförbara migrationsdata efterfrågas. Standarden bör dock inte betraktas som ett direkt substitut för europeiska eller nationella krav, utan som ett kompletterande underlag i bedömningen av materialets lämplighet.

Ett exempel är de danska undersökningarna av PFAS-selektiva jonbytarhartser inom HOFOR-projektet. I dessa försök hade två av de testade jonbytarhartserna, Purofine PFA694E och en konfidentiell ”SE/DW”-jonbytarharts, NSF/ANSI 61-godkännande för användning i dricksvatten, medan en tredje produkt, Resinex PFCR-1, var under ansökan för europeisk certifiering. Laboratoriets migrationstester genomfördes enligt ett NSF/ANSI 61-baserat protokoll.

Sammantaget visar erfarenheterna från HOFOR-projektet att NSF/ANSI 61-certifiering kan vara ett värdefullt underlag, men att certifieringen inte ensam bör betraktas som tillräcklig för att bedöma risken för urlakning under svenska driftförhållanden. För svenska vattenverk behöver bedömningen även omfatta aktuell vattenkemi, leverantörens anvisningar för sköljning och idrifttagning, kompletterande kontroll av relevanta urlakningsprodukter samt kraven i LIVSFS 2022:12.

3.1 Europeiskt regelverk för jonbytarhartser i dricksvatten och livsmedel

Det finns ingen heltäckande EU-harmoniserad särlagstiftning som specifikt reglerar jonbytarhartser som materialkategori för kontakt med livsmedel. Bilaga I till ramförordningen för material i kontakt med livsmedel (EG) nr 1935/2004 (EU, 2004) omfattar jonbytarhartser i en förteckning över material- och artikelgrupper som *kan* komma att omfattas av särskilda åtgärder i framtiden. Enligt denna ramförordning får material och produkter som är avsedda att komma i kontakt med livsmedel inte överföra sina beståndsdelar till livsmedel i mängder som kan äventyra människors hälsa, medföra en oacceptabel förändring av livsmedlets sammansättning eller försämra dess organoleptiska egenskaper. Jonbytarhartser måste därför uppfylla denna allmänna säkerhetsprincip, även om det saknas en heltäckande materialkategori-specifik EU-reglering. Jonbytarhartser är därmed en av flera grupper av material som omfattas av ramförordningen, men som inte regleras genom en materialkategori-specifik EU-förordning motsvarande plastförordningen. Detta gäller även flera andra grupper av material, exempelvis papper och kartong, metaller och legeringar, lim och tryckfärger. Kommissionens förordning (EU) nr 10/2011 (EU 2011) om plastmaterial och plastprodukter avsedda att komma i kontakt med livsmedel omfattar uttryckligen inte jonbytarhartser och adsorbenter (artikel 2.2). De ämnen som listas i förordningen kan dock användas vid framställning av hartser. Hartser behandlas alltså *inte* som vanliga plastmaterial i kontakt med livsmedel – de hamnar i en regulatorisk gråzon. I avsaknad av en bindande EU-harmoniserad särreglering för jonbytarhartser används Europarådets resolution (CoE 2009) som ett viktigt vägledande underlag. Resolutionen används vid bearbetning av livsmedel och innehåller tekniska underlag och ämneslistor för ämnen som används, eller kan användas, vid tillverkning av jonbytarhartser. Europarådets resolutioner är inte juridiskt bindande, men används ofta som referens när lagstiftning saknas. Resolutionen innehåller en inventeringslista över ämnen som används vid tillverkning av jonbytarhartser och anger en migrationsgräns på 1 mg/L totalt organiskt kol i sköjlösningen (vatten) efter den femte bäddvolymen.

Det omarbetade dricksvattendirektivet (EU) 2020/2184 (EU 2020) innehåller två relevanta regleringsspår för sådant som kommer i kontakt med dricksvatten, artikel 11 (material i kontakt med dricksvatten) och artikel 12 (beredningskemikalier och filtermaterial).

Kommissionens arbete syftar till att ta fram europeiska positivlistor över utgångsämnen, sammansättningar eller beståndsdelar för olika grupper av material som får användas vid tillverkning av material och produkter i kontakt med vatten avsett för mänsklig konsumtion. De europeiska positivlistorna bör, när det är relevant, innehålla villkor för användning av ämnen, sammansättningar och beståndsdelar samt migrationsgränser, fastställda utifrån de metoder som antas enligt artikel 11.2 i direktivet.

Enligt artikel 12 av dricksvattendirektivet (EU 2020) ska medlemsstaterna säkerställa att beredningskemikalier och filtermaterial som kommer i kontakt med vatten avsett för mänsklig konsumtion varken direkt eller indirekt äventyrar skyddet av människors hälsa, påverkar vattnets färg, lukt eller smak negativt, oavsiktligt främjar mikrobiell tillväxt eller förorenar vattnet i höga halter (se även nedan): *“Where necessary to protect human health within their territories, Member States should be required to set values for additional parameters not included in Annex I, based on the precautionary principle.”*

Om jonbytarhartser i framtiden klassificeras under artikel 11 så måste hartset uppfylla de nya europeiska positivlistorna över godkända utgångsämnen, och produkter måste genomgå bedömning av överensstämmelse. Det omarbetade dricksvattendirektivet hanterar problemet med flera nationella provningskrav och kommer de kommande åren att införa och tillämpa ett harmoniserat kravpaket för alla vattenprodukter och

material som används i någon av medlemsstaterna. Om det klassificeras under artikel 12 så gäller en något annorlunda, och i nuläget mindre detaljerad, uppsättning minimikrav på medlemsstatsnivå. I praktiken spänner jonbytarhartser över båda kategorierna. De är fysiskt ett fast material som kommer i kontakt med vatten (som en rörinfodring eller en filterpatron), men de *behandlar* också aktivt vatten genom att avlägsna joner – funktionellt mer likt en beredningskemikalie än ett passivt konstruktionsmaterial. Nationella myndigheter har historiskt tillämpat dem inom båda ramverken beroende på användningsfall (till exempel hushållsavhårdare vid tappställe jämfört med kommunala vattenverk). Vissa hartser används för direkt behandling av vatten till hushåll och andra för behandling vid kommunala vattenverk. Alla länder har inte egna specifika regler, men kan erkänna efterlevnad av – eller godkännanden enligt – andra länders regelverk.

Vägledning från ECHA

ECHA har publicerat en vägledning för identifiering och klassificering av ämnen som är relevanta vid migrationstester (ECHA 2025). Vägledningen är avsedd för tillverkare och leverantörer som ska dokumentera och testa en färdig produkt. Vägledningen innehåller definitioner av olika ämnestyper och beskriver ett metodiskt arbetssätt, bland annat i form av beslutsscheman, för hur ämnen kan identifieras och hur behovet av testning kan bedömas. I beslutsschemana används bland annat haltgränser på 0,1 viktprocent och 0,02 viktprocent utifrån tillverkarens information. Liknande haltgränser används i tyska regelverk för bedömning av material i kontakt med dricksvatten.

Utöver ämnen som avsiktligt används vid tillverkning behandlar vägledningen även ämnen som kan förekomma som föroreningar, reaktionsprodukter eller nedbrytningsprodukter. Sådana ämnen benämns *non-intentionally added substances* eller *non-intentionally added species*, NIAS. De kan bildas under tillverkning eller urlakas när materialet kommer i kontakt med vatten. Eftersom dessa ämnen inte alltid är kända på förhand kan de vara svåra att fånga med riktade analyser. I sådana fall kan bredare screeningmetoder, till exempel NTA/NTS, vara ett viktigt komplement.

Vägledningen beskriver även hur migration kan bedömas genom praktiska migrationstester eller, i vissa fall, med hjälp av modelleringsverktyg.

Exempel på regelverk i Tyskland och Frankrike

Enligt dricksvattendirektivet (EU 2020) kan medlemsstaterna införa nationella bestämmelser för beredningskemikalier och filtermaterial, däribland jonbytarhartser.

Tyskland är ett av de länder som har nationella regler och listor för ämnen och processer som får användas vid beredning av dricksvatten. I väntan på ytterligare harmoniserade EU-regler har den tyska miljömyndigheten Umweltbundesamt publicerat vägledning om övergångs- och undantagsregler som gäller till slutet av 2030 (UBA 2024). Tyskland har en så kallad § 20-lista (Bundesanzeiger 2023), där ämnen och processer som är tillåtna vid beredning av dricksvatten anges. I den nuvarande § 20-listan förekommer tillåtna processer för borttagning av nickel och uran där specifika jonbytarhartser används. Jonbytarhartser för borttagning av PFAS finns däremot ännu inte upptagna i listan. För uran tillåts dock styrendivinyllbensen-kopolymer med trialkylammonium samt modifierad tertiär aminakrylkopolymer. Dessa material liknar de jonbytarhartser som har utvecklats för fastbindning av PFAS. I likhet med svenska regler finns möjlighet för tillverkare och verksamhetsutövare att ansöka om godkännande för nya ämnen eller processer.

I Frankrike finns omfattande underlag om material i kontakt med dricksvatten och användning av jonbytarhartser. ANSES, den franska myndigheten för livsmedelssäkerhet, miljö och arbetsmiljö, har publicerat flera rapporter och yttranden som behandlar användning av olika typer av jonbytarhartser i dricksvattenberedning. Dessa underlag finns samlade på ANSES webbplats: ([Direktlänk](#)). Frankrike har även en stor vattensektor, med aktörer som Veolia, Suez och SAUR, och det finns därför omfattande erfarenhet

av tekniker för dricksvattenberedning. Användning och reglering av jonbytarhartser har behandlats under lång tid i Frankrike. I ett vägledningsdokument från 2009 beskrivs användningsområden för jonbytarhartser, driftföreskrifter och vilka kemikalier som får användas (Boudenne et al. 2009). Underlaget avser dock främst avhärdning av vatten och desinfektion. Redan i detta dokument nämns behovet av att mäta urlakning av organiskt material, uttryckt som COD, för bedömning av jonbytarhartserns lämplighet. Ett urlakningstest enligt T 90-601 beskriver försöksupställning och genomförande av lakningstest. Detta har likheter med den svenska standarden för migrationstester (SIS 2019). I ämneslistan nämns bland annat etyl-vinylbensen, di-vinyl-bensen och NDMA. De två förstnämnda används vid framställning av vissa jonbytarhartser. De angivna halterna ska ligga under 3 µg/L. TOC-halten ska ligga under 3 mg/L. Frågan har senare behandlats i ett uppdaterat yttrande från ANSES om villkor för utsläppande på marknaden och användning av jonbytarhartser för behandling av vatten avsett för mänsklig konsumtion (ANSES 2021).

Tyskland och Frankrike deltar även i arbete med att utveckla gemensamma underlag för positivlistor över ämnen (UBA 2026). Listan baseras på Europarådets resolution (CoE 2009), men kan komma att utökas framöver. Förslag till ny text och uppdaterad ämneslista har gjorts tillgängliga för projektgruppen. Eftersom processen ännu inte är avslutad bör utvecklingen följas upp.

Inom ramen för EU:s förbud mot bisfenol A (BPA) omfattar tillämpningsområdet uttryckligen jonbytarhartser som används i livsmedelskontaktapplikationer (EU 2024). Efter en utfasningsperiod på 18 månader kommer BPA inte längre att vara tillåtet i jonbytarhartser, plaster, lim, gummimaterial och andra material som används i kontakt med livsmedel. Detta är en konkret, bindande begränsning som direkt påverkar vissa sulfonerade styren-di-vinyl-bensen-katjonbytare som tillverkas med BPA-deriverade kemikalier.

Svenskt regelverk för dricksvatten, filtermaterial och material i kontakt med dricksvatten

Svenska krav på PFAS i dricksvatten regleras främst genom Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten, LIVSFS 2022:12. Föreskrifterna beslutades 2022 och trädde i kraft den 1 januari 2023. De genomför delar av det omarbetade dricksvattendirektivet i svensk rätt och innehåller bland annat krav på dricksvattenkvalitet, kontroll och åtgärder vid avvikelser.

Utöver gränsvärdena för föroreningar ställs krav på de beredningskemikalier och filtermaterial som används vid produktionen. Dricksvattenproducenten behöver säkerställa att dricksvattenkvaliteten inte påverkas negativt under beredningsprocessen. Det innebär att eventuella urlakningsprodukter från filtermaterialet behöver beaktas och vid behov kontrolleras som en del av bedömningen av dricksvattenkvaliteten.

För jonbytarsystem behöver en åtskillnad göras mellan själva filtermaterialet och övriga komponenter i anläggningen. Jonbytarhartser som används som filtermaterial bör i första hand bedömas utifrån kraven på beredningskemikalier och filtermaterial i LIVSFS 2022:12. Övriga komponenter i systemet, exempelvis filterkärl, rör, ventiler och packningar, omfattas i stället av regelverket för material och byggprodukter i kontakt med dricksvatten enligt artikel 11 i dricksvattendirektivet.

Livsmedelsverket anger krav på beredningskemikalier och filtermaterial i LIVSFS 2022:12 och har även publicerat vägledning i Kontrollwiki om beredningskemikalier och filtermaterial vid dricksvattenproduktion ([Direktlänk](#)). För flera typer av filtermaterial finns standarder som kan användas. Om ett filtermaterial används där det också finns en erkänd standard rekommenderar Livsmedelsverket att denna används.

Livsmedelsverket anger inte i vägledningen någon uttömmande lista över vilka standarder som ska användas för olika filtermaterial. I stället framhålls att filtermaterial som kommer i kontakt med dricksvatten ska uppfylla de grundläggande kraven, det vill

säga att de inte ska:

- a. äventyra skyddet av människors hälsa,
- b. ha en negativ inverkan på vattnets färg, lukt eller smak,
- c. oavsiktligt främja mikrobiell tillväxt, eller
- d. förorena vattnet i högre grad än vad som är nödvändigt för det avsedda syftet.

Om jonbytarhartser används som filtermaterial i dricksvattenberedning blir dessa krav centrala för bedömningen av materialets lämplighet.

Boverket har nyligen publicerat en vägledning om material och byggprodukter i kontakt med dricksvatten (Boverket 2026). Vägledningen avser artikel 11 i dricksvattendirektivet och gäller sådana produkter som är avsedda att användas i nya installationer samt vid reparationer eller ombyggnad av befintliga installationer för uttag, beredning, lagring eller distribution av dricksvatten. För produkter som omfattas av övergångsreglerna gäller krav på dricksvattenmärkning från den 31 december 2032. Den 31 december 2026 börjar ett nytt EU-harmoniserat regelverk för bedömning av material och produkter i kontakt med dricksvatten att tillämpas. Byggprodukter som kommer i kontakt med dricksvatten och som släpps ut på marknaden för första gången efter detta datum ska uppfylla de nya kraven. Produkter som omfattas av övergångsreglerna får dock fortsätta att säljas utan dricksvattenmärkning till och med den 31 december 2032.

Boverket ansvarar för vägledning om byggprodukter och material i kontakt med dricksvatten, medan Kemikalieinspektionen ger stöd till företag och andra aktörer som vill ansöka om att föra upp ämnen på de europeiska positivlistorna.

Migrationstest enligt svensk standard

SIS är Sveriges nationella standardiseringsorgan och fastställer svenska standarder, bland annat sådana som tas fram inom europeisk och internationell standardisering. Inom dricksvattenområdet innebär detta att svenska aktörer kan tillämpa gemensamma standarder för material och produkter som kommer i kontakt med dricksvatten.

Ett exempel är den europeiska standarden EN 12873-3, publicerad i Sverige som SS-EN 12873-3:2019, som beskriver en provningsmetod för att bedöma migration, eller urlakning, av ämnen från jonbytarhartser och adsorbenter avsedda för kontakt med dricksvatten (Direktlänk) (SIS 2019). Syftet med standarden är att ge en standardiserad metod för att bedöma om, och i vilken omfattning, ämnen migrerar från filtermaterialet till vattnet.

Verksamhetsutövaren ansvarar för att välja material som uppfyller kraven, baserat på bland annat tillverkarens information, relevanta standarder och erfarenheter av materialet i drift. I praktiken innebär detta att standardiserade testmetoder, leverantörsunderlag och driftserfarenheter bör användas som beslutsunderlag vid val av jonbytarfiltermaterial. Om en erkänd standard finns för en viss typ av filtermaterial rekommenderar Livsmedelsverket att den används.

3.2 Lista av relevanta kemikalier

När det gäller skyddet av människors hälsa och risken för att filtermaterialet tillför föroreningar till vattnet, enligt punkt a) och d) i kapitel *Svenskt regelverk för dricksvatten, filtermaterial och material i kontakt med dricksvatten*, finns det i Sverige inga särskilda ämneslistor för jonbytarhartser.

En möjlig väg framåt är att utgå från informationen i bilagan till Europarådets resolution om jonbytes- och adsorbenthartser (CoE 2009) som används vid bearbetning av livsmedel. Bilagan innehåller två listor med totalt över 200 ämnen och ämnesklasser som används, eller kan användas, vid tillverkning av jonbytarhartser. Den ena listan anger ämnesbeteckningar tillsammans med gränsvärden eller högsta tillåtna halter.

Den andra listan innehåller ämnesbeteckningar för ämnen där gränsvärden ännu inte är fastställda. Detta arbete bör följas upp, eftersom uppdaterade gränsvärden kan få betydelse för vilka ämnen som bör ingå i framtida kontrollprogram.

Ämnena är indelade i tre ämnesklasser: monomerer och andra basämnen (MB), kemiska modifierare (KM) och polymerisationshjälpmedel (PH). I Tabell 3.1 presenteras exempel på två ämnen från varje ämnesklass i lista 1.

KLASS	PM/REF-nr	CAS-nr	Ämne	SCF-L	Restriktioner eller specifikationer	ADI/TDI mg/kg kroppsvikt
MB	16690	001321-74-0	Divinylbensen (kan innehålla upp till 45% ethylvinylbensen)	4A	SML = ND (DL = 0,02 mg/kg)	–
MB	21130	000080-62-6	Metylmetakrylat	2	SML(T) = 6 mg/kg (2)	0,1
KM	59280	000100-97-0	Hexametylentetramin	3	SML(T) = 15 mg/kg (3)	NS
KM	40720	025013-16-5	tert-Butyl-4-hydroxyanisol (= BHA)	1	SML = 30 mg/kg	0,5
PH	53600	000060-00-4	Etylendiamintetraättiksyra (= EDTA)	2		2,5
PH	66725	000108-10-1	Metylisobutylketon (MIBK)	3	SML = 5 mg/kg	NS

Anmärkning: MB = monomerer och andra basämnen, KM = kemiska modifierare och PH = polymerisationshjälpmedel. PM/REF-nr är EU referensnummer för ämnen i material i kontakt med livsmedel. CAS-nr avser Chemical Abstracts Service Registry Number. SCF-L anger den lista där ämnet klassificerats av Scientific Committee for Food/EFSA. SML avser specifik migrationsgräns i livsmedel, ND betyder ej detekterbart och DL avser detektionsgräns. ADI/TDI avser acceptabelt respektive tolerabelt dagligt intag. NS betyder att inget specifikt värde anges.

För divinylbensen anges SML = ND, vilket innebär att ämnet inte ska vara detekterbart vid den angivna detektionsgränsen 0,02 mg/kg. För EDTA anges ett ADI/TDI-värde på 2,5 mg/kg kroppsvikt. För vissa ämnen anges inget specifikt ADI/TDI-värde.

I Tabell 3.2 presenteras exempel på två ämnen från varje ämnesklass i lista 2.

Tabell 3.1

Exempel på ämnen från lista 1 (CoE 2009). SML avser specifik migrationsgräns i livsmedel. ND betyder ej detekterbart och DL avser detektionsgräns. ADI/TDI avser acceptabelt respektive tolerabelt dagligt intag enligt Scientific Committee for Food/EFSA. NS betyder att inget specifikt värde anges.

KLASS	PM/REF-nr	CAS-nr	Ämne	SCF-L	Restriktioner eller specifikationer	ADI/TDI mg/kg kroppsvikt
MB	20500	000105-16-8	2-(dietylamino)etylmetakrylat	8	Ska fastställas	–
MB	21610	003644-12-0	N-(metoximetyl)metakrylamid	6A	Ska fastställas	–
KM	76445	009003-05-8	Polyakrylamid	D	Ska fastställas	–
KM	93790	000102-82-9	TBA (Tributylamin)	8	Ska fastställas	–
PH	–	009003-06-9	Akrylamidakrylsyra-kopolymer	–	Ska fastställas	–
PH	–	009080-79-9	Poly(styren sulfonsyra), natriumsalt	–	Ska fastställas	–

Anmärkning: MB = monomerer och andra basämnen, KM = kemiska modifierare och PH = polymerisationshjälpmedel. PM/REF-nr är EU referensnummer för ämnen i material i kontakt med livsmedel. CAS-nr avser Chemical Abstracts Service Registry Number. SCF-L anger den lista där ämnet klassificerats av Scientific Committee for Food/EFSA. ADI/TDI avser acceptabelt respektive tolerabelt dagligt intag.

Tabell 3.2

Exempel på ämnen från lista 2 (CoE 2009).

3.3 Samlad bedömning

Slutsatsen är att jonbytarhartser i dagsläge utgör en regulatorisk gråzon i EU-rätten – de behandlas varken fullt ut som klassiska ”material i kontakt med livsmedel/vatten” (som plast), eller enbart som ”filtreringsmetoder”.

Det omarbetade dricksvattendirektivet bidrar till ökad harmonisering genom krav på europeiska positivlistor och gemensamma metoder för bedömning av material i kontakt med dricksvatten. Det nya EU-harmoniserade regelverket börjar tillämpas den 31 december 2026, men övergångsregler innebär att vissa produkter kan omfattas av en längre anpassningsperiod.

Under övergångsperioden är därför nationella regler, erkända standarder, leverantörsunderlag och Europarådets icke bindande resolution (CoE 2009) viktiga praktiska referenser vid bedömning av jonbytarhartser. En samlad översikt över relevanta regelverk och vägledande underlag ges i Tabell 3.3.

Tabell 3.3

Samlad översikt över regelverk och vägledande underlag som är relevanta för bedömning av jonbytarhartser.

Aspekt	Status
EU-harmoniserad FCM-lagstiftning för hartser	✗ Finns ännu inte
EC 1935/2004 (EU 2004)	✓ Gäller – allmän säkerhetsskyldighet
EU Plastics Regulation 10/2011 (EU 2011)	✗ Uttryckligen undantagen
Kemikalielistor (CoE 2009)	✓ Viktig referens, men inte bindande
Dricksvattendirektiv 2020/2184 (EU 2020)	✓ Gäller – övergång till EU-positivlistor från slutet av 2026
BPA ban (EU 2024)	✓ Bindande – omfattar uttryckligen hartser
Nationella regelverk (DE, FR, NL....)	✓ Gäller när EU-specifika regler saknas

4 Material och metoder

För provtagningen planerades olika analyspaket för de deltagande VA-bolagen. Baserat på tidigare erfarenheter bedömdes det som relevant att följa upp ett antal standardparametrar för råvatten och filtratvatten. Dessa parametrar sammanfattas i Tabell 4.1.

Tabell 4.1

Analysparametrar för uppföljning av vattenkvalitet i råvatten och filtratvatten.

Analysparameter	Enhet	Förklarande text
PFAS 4	ng/L	Uppföljning av jonbytarharts avskiljningsförmåga i förhållande till gränsvärdet i LIVSFS 2022:12.
PFAS 21	ng/L	Uppföljning av jonbytarharts avskiljningsförmåga samt eventuell tidig genombrottsstendens för enskilda PFAS-ämnen.
Mangan	µg/L	Manganutfällningar kan bidra till fouling och försämrad funktion hos filterharts.
Järn	µg/L	Järnutfällningar kan bidra till fouling och försämrad funktion hos filterharts.
pH		Uppföljning av eventuella förändringar i vattenkemin över jonbytarharts.
Alkalinitet	mg/Liter HCO ₃	
Hårdhet	°dH	
Ca	mg/L	
Turbiditet	FNU	Uppföljning av inkommande vattenkvalitet. Förhöjd turbiditet kan bidra till fouling och försämrad funktion hos filterharts.
TOC/COD	mg/L	TOC eller COD används för att följa upp förekomst av organiskt material. Organiskt material kan bidra till fouling, konkurrera om bindningsplatser eller indikera fastläggning respektive urlakning av organiska ämnen över jonbytarharts. COD har oftast en lägre precision och bör undvikas.
Konduktivitet	µS/cm	Uppföljning av eventuella förändringar i vattenkemin över jonbytarharts.
Sulfat	mg/L	

Utöver standardparametrarna utfördes ett antal specialanalyser vid externa laboratorier eller inom ramen för forskningssamarbeten. Dessa analyser beskrivs i Kapitel 4.1 Kompletterande analyser av urlakningsprodukter och toxicitet).

Därefter beskrivs de provtagningar som genomfördes i samband med pilotförsök och vid fullskaleanläggningen, se Kapitel 4.2, Pilotförsök i Sverige, och Kapitel 4.3 Fullskaleanläggning.

4.1 Kompletterande analyser av urlakningsprodukter och toxicitet

Vissa förändringar i vattenkemin kan inte kvantifieras med standardparametrar. Inom projektets budget fanns utrymme för ett begränsat antal kompletterande analyser. Fokus låg främst på riktade analyser av ett antal nitrosaminer samt TBA, eftersom dessa ämnen tidigare har identifierats som möjliga urlakningsprodukter från jonbytarhartser.

Utöver de riktade analyserna genomfördes även genotoxicitetstester för att undersöka om kontakt med jonbytarharts kunde förändra vattnets egenskaper med avseende på genotoxisk påverkan. I projektets slutskede gavs dessutom möjlighet att analysera prover från fullskaleanläggningen med avancerad non-target screening (NTS) samt riktad analys av ett urval av ämnen genom ett samarbete med DTU i Köpenhamn.

De tre typerna av kompletterande analyser beskrivs nedan.

Riktad analys via externt bolag (Analytice)

Det gick inte att identifiera något svenskt kommersiellt laboratorium som kunde

analysera samtliga utvalda målsubstanser inom projektet. Efter vidare sökning identifierades ett laboratorium i Strasbourg, Frankrike, som kunde utföra de aktuella analyserna.

De nitrosaminer som ingick i den riktade analysen redovisas i Tabell 4.2. För samtliga nitrosaminer var detektionsgränsen <0,05 µg/prov och analysen utfördes med gaskromatografi med kvävekemiluminiscensdetektor, GC-NCD.

Tabell 4.2

Nitrosaminer som analyserades med riktad analys.

Parameter	N-nitrosodi-methylamin	N-nitroso-methylethylamin	N-nitrosodi-ethylamin	N-nitrosodi-propylamin	N-nitrosodi-butylamin	N-nitrosopyrrolidin	N-nitrosomorfolin
Förkortning	NDMA	NMEA	NDEA	NDPA	NDBA	NPYR	NMOR
CAS-Nr	62-75-9	10595-95-6	55-18-5	621-64-7	924-16-3	930-55-2	59-89-2

För analys av nitrosaminer extraherades en provvolym på 1 liter med diklormetan. Proverna analyserades därefter med gaskromatografi, med kolonner av typen HP-INNOWAX.

TBA, CAS-nummer 102-82-9, analyserades separat. För analysen krävdes en provvolym på 0,1 liter. Analysen utfördes med HPLC-MS/MS och hade en kvantifieringsgräns, LOQ, på 0,05 mg/L. Det gick inte att identifiera en analysmetod med lägre kvantifieringsgräns som samtidigt rymdes inom projektets budget.

Genotoxtester via externt bolag (*Biocell analytica*)

Effektbaserade analyser mäter den samlade biologiska effekten av de kemiska ämnen som finns i ett vattenprov. Metoderna kan därmed även fånga effekter av okända ämnen, omvandlingsprodukter och blandningseffekter som kan uppstå när flera kemiska ämnen samverkar.

För att öka analysens känslighet anrikades proverna före analys med fastfasextraktion, SPE, med HLB-kolonn. Mer detaljerad information om analysmetodiken kan erhållas från analyslaboratoriet. De effektbaserade analyser som ingick i undersökningen sammanfattas i Tabell 4.3.

Tabell 4.3

Översikt över effektbaserade analyser som utfördes av Biocell Analytica.

Analys	Beskrivning
Genotoxicitet	Analys med cellinjen TK-6 enligt OECD guideline 487.
Akuttoxicitet	Analys med fiskceller enligt ISO 21115, utan föregående anrikning.
Oxidativ stress	Analys med cellinjen AREc32.
Aktivering av Ah-receptorn	Analys med cellinjen DR-EcoScreen.
Östrogen effekt	Analys med cellinjen T47D enligt OECD guideline 455.
Androgen effekt	Analys med cellinjen AR-EcoScreen GR KO M1 enligt OECD guideline 458.
Anti-androgen effekt	Analys med cellinjen AR-EcoScreen GR KO M1 enligt OECD guideline 458.

Resultaten redovisas i olika klasser utifrån analysens detektionsgräns och i relation till historiska resultat från jämförbara vattenmatriser, till exempel råvatten, dricksvatten och spillvatten, analyserade på prover från Sverige. Klass 1 motsvarar resultat under detektionsgränsen, LOD. Klass 2 motsvarar mätbara resultat inom den lägsta 25 percentilen av tidigare analyser. Klass 3 motsvarar resultat mellan 25 och 75 percentilen, klass 4 resultat mellan 75 och 90 percentilen och klass 5 resultat över 90 percentilen.

Targetanalys via externt forskningsamarbete (*DTU Kopenhagen*)

För att detektera eventuella urlakningsprodukter kan det krävas mer avancerade analysmetoder än de som normalt används vid riktad rutinkontroll. Inom projektet gav ett forskningsamarbete med DTU i Köpenhamn möjlighet att analysera prover från fullskaleanläggningen med både riktad analys och non-target screening (NTS). NTS-analysen utfördes med vätskekromatografi, LC, kopplad till elektroprayjonisering,

ESI, och högupplösande Orbitrap-masspektrometri. Inför analysen koncentrerades proverna för att underlätta detektion av ämnen som förekommer i mycket låga halter. Proverna analyserades därefter i både positivt och negativt joniseringsläge, ESI+ respektive ESI-, i tre replikat. Utöver target analysen för TBA genomfördes även NTA där signaltoppar för ett fåtal PFAS ämnen och några läkemedelsrester och andra organiska ämnen kunde identifieras baserad på tidigare analyser. Resultat av TBA och de andra ämnen sammanfattas i Tabell 4.4.

Ämne	Rapportering
TBA	Uppmätt halt, ng/L. Kvantifieringsgräns, LOQ: 3 ng/L.
PFOS	Förekomst och relativ förändring före och efter jonbytarkolonnen.
PFBS	
PFBuS	
Koffein	
Bensofenon	
Karbamazepin	
Atrazin	

Tabell 4.4

Ämnen som ingick i den riktade analysen inom forskningssamarbetet med DTU. I denna metod uppnås den bästa analysnoggrannheten.

Proverna transporterades till laboratoriet i Danmark samma dag som provtagningen genomfördes för att möjliggöra extraktion så snart som möjligt efter provtagning. För varje prov analyserades tre replikat. Dessutom analyserades två blankprover, bestående av provflaskor som fylldes med Milli-Q-vatten på plats samma dag som övriga prover togs. Proverna anrikades cirka 1 000 gånger med fastfasextraktion två dagar efter ankomst till laboratoriet.

För den riktade analysen tillsattes intern standard före instrumentanalys. En statistisk genomgång av resultaten genomfördes för att identifiera och utesluta starkt avvikande analysresultat. Resultaten för TBA rapporterades som uppmätt halt med standardavvikelse och en kvantifieringsgräns, LOQ, på 3 ng/L. För övriga ämnen i Tabell 4.4 rapporterades resultaten som relativ förändring, uttryckt som procentuell skillnad mellan halter före och efter jonbytarkolonnen.

NTS utfördes i både positivt och negativt joniseringsläge. Det innebär att signaler från positivt respektive negativt joniserbara ämnen detekterades och sorterades utifrån förhållandet mellan harts och laddning, m/z. Resultaten redovisades som grafer där signalintensitet visas som funktion av m/z. Den detaljerade metodbeskrivningen finns beskrivet i Tisler et al. (2025).

4.2 Pilotförsök i Sverige

Två VA-bolag i detta konsortium hade pågående försök med jonbytarhartser för borttagning av PFAS, de andra har antingen redan utfört försök tidigare eller planerar för att använda jonbytare som beredningssteg för reduktion av PFAS 4.

Ett flertal vattenverk, inklusive projektets deltagande VA-organisationer, Laholmsbuktens VA AB samt Vatten och avlopp, Uppsala Vatten och Avfall AB, Gästrike Vatten AB och Mälarenergi Vatten, har samlat in en gedigen mängd data från flera olika pilotstudier. Resultat från dessa analyser går att hitta i Engvall (2025). I rapporten som dokumenterar vi bara med kodade namn dvs i texten nämns bara vattenverk 1, pilotförsök 1 etc.

Pilotförsök 1 och 2

Inkommande PFAS-halter i pilotförsök 1 och 2 är förhöjda, se Tabell 4.5. I dagsläge

renas vattnet med hjälp av kolfilter för att reducera PFAS-koncentrationen. Ytterligare reningssteg är luftning, avhärdning med hjälp av pellets-reaktorer samt sandfiltration och desinfektion. Nanofiltration är en lovande teknik, där man skulle kunna ersätta flera reningssteg med ett, då membranprocessen tar hand om både hårdhet, organiskt material, naturligt förekommande uran, samt mikroföroreningar som PFAS.

En pilotanläggning med produktion av cirka 6 m³ per timme har använts i vattenverk 1. Råvattenflödet in i pilotanläggningen var 8 m³ per timme och ca 2 m³ per timme erhöles som koncentrat, även kallat retentat. Genomsnittliga koncentrationer på membrankoncentratets innehåll listas i Tabell 4.5.

PFAS-halter i membrankoncentratet har inom försöket behandlats i kolonntester. Vissa av dessa kolonner var laddade med jonbytarharts, och det utvärderades en uppehållstid av 1; 2,5, respektive 5 minuter. Jonbytarharts i detta försök var Lewatit® TP 108 DW från Lanxess och Purolite™ (PFA694E) från Purolite, för mer information se Tabell 4.6. Membrankoncentrat leddes från nanofiltrationsanläggningen (2 steg, NF90 membran) till ett CIPAX kärl för att sedan fördelas till de olika kolonner med hjälp av slangpumpar. Kolonnerna var gjorda av plexiglas, med en innerdiameter på 0,055 m och en höjd på 2,5 m. En finmaskig sil i rostfritt stål placerades i botten av varje kolonn för att hålla filterbädden på plats. Jonbytarharts fylldes och backspolades enligt leverantörernas anvisningar innan driftsättning.

Provet för obehandlat koncentrat, det vill säga matarvattnet för kolonnförsöken, togs efter en kontrollkolonn som var utformad på samma sätt som försökskolonnerna. Detta för att ta hänsyn potentiella förluster av ämnen på slangar och andra ytor, samt potentiellt tillkomna ämnen som skulle kunna släppa från de olika materialen som användes i försöksupställningen.

Pilotförsöken pågick under februari till oktober 2025 och startade därmed innan detta projekt hade påbörjats (Tabell 4.6). Prover som ingår i denna rapport var tagna i oktober 2025, det vill säga i slutet av pilotförsöket. Proverna representerar därför jonbytarharts som har fått behandla vatten med en krävande kemi under en lång tid.

Parameter	Råvatten	Membrankoncentrat
PFAS 4, ng/L	83 ± 15	340 ± 27
PFAS 21, ng/L	108 ± 21	450 ± 38
Mangan, µg/L	0,12 ± 0,06	0,03 ± 0,005
Järn, µg/L	0,7 ± 0,4	0,9 ± 0,2
pH	7,6 ± 0,05	8,1 ± 0,6
Alkalinitet, mg/Liter HCO ₃	309 ± 8,9	899 ± 133
Hårdhet, °dH	17,2 ± 0,07	51,8 ± 5,6
Ca, mg/L	99,2 ± 3,14	296 ± 31
Turbiditet, FNU	0,108 ± 0,04	0,111 ± 0,04
TOC, mg/L	2,3 ± 0,2	8,2 ± 1,2
Konduktivitet µS/cm	458 ± 6,6	2536 ± 290
Sulfat mg/L	39 ± 0,3	171 ± 23

Tabell 4.5

Matarvattenkvalitet för pilotförsök 1 och 2.

Pilot	Media	Antal kolumner i serien	Volym media per kolumn (mL)	Kontaktid (min)	Flöde (mL/min)	Inkommande PFAS-halt (ng/L)
Pilotförsök 1	Lewatit® TP 108 DW	1	200	2,5	80	PFAS 4: 283–377 PFAS 21: 346–503
Pilotförsök 1	Lewatit® TP 108 DW	1	400	5	80	
Pilotförsök 2	Purofine™ PFA694E	1	200	2,5	80	
Pilotförsök 2	Purofine™ PFA694E	1	400	5	80	

Tabell 4.6

Experimentella parametrar för pilotförsök 1 och 2.

Pilotförsök 3 och 4

Grundvattnet inom det nuvarande infiltrationsområdet påverkas av tillrinnande grundvatten uppströms med förhöjda PFAS-halter. De inkommande halterna av PFAS 4 i försöket sjönk från 21 till 8 ng/L underförsöksperioden. Dessa halter, tillsammans med övriga vattenkemiska parametrar, redovisas i Tabell 4.8. Initialt genomfördes även pilotförsök med två olika jonbytarhartser, se Tabell 4.7.

Resultat från två pilotförsök 3 och 4 redovisas. Inga riktade analyser av urlakningsprodukter genomfördes inom dessa försök. Däremot analyserades COD regelbundet, och prover togs för genotoxicitetstest efter kolonnerna för att undersöka om respektive jonbytarharts kunde reducera den effekt som hade påvisats i matarvattnet.

Tabell 4.7

Experimentella parametrar för jonbytespilot 3–4.

Pilot	Media	Antal kolonner i serien	Volym media per kolumn (L)	Kontaktid (min)	Flöde (L/h)	Inkommande PFAS-halt (ng/L)
Pilotförsök	Lewatit® TP 108	1	2,5	3	50	PFAS 4: 8–21 PFAS 21: 10–37
Pilotförsök	Purofine™ PFA694E	1	2,5	3	50	

Parameter	Halter
PFAS 4, ng/L	7–23
PFAS 21, ng/L	8–39
Mangan, µg/L	<0,02
Järn, µg/L	37
pH	8,2
Alkalinitet, mg/L HCO ₃	89
Hårdhet, °dH	6,4
Ca, mg/L	37
Turbiditet, FNU	0,23
COD, mg/L	1,2
Konduktivitet, mS/m	27
Sulfat, mg/L	25

Tabell 4.8

Råvattenkvalitet för pilotförsök.

Pilotförsök 5 till 7

I ett vattenverk avses beredningsstegen att kompletteras med PFAS rening vilket testas i pilotförsök, här betecknat som pilotanläggning 5 och 6. Vattnet innehåller förhöjda halter av PFAS som överskrider Livsmedelsverkets gränsvärden som implementerades år 2026.

En försöksuppställning för jonbytarhartser har satts upp för att utvärdera tre olika jonbytarhartser med avseende på PFAS-reduktion och även för att utvärdera om halter av TBA och nitrosaminer kan detekteras vid uppstart av nya jonbytarhartser.

Pilotanläggningen för jonbytarhartserna består av tre parallella kolonner med en intagsledning med partikelfilter samt en kolonn av genomskinlig PVC för

jonbytarhartserna. Provtagningsmöjligheter finns på inkommande råvatten och utgående vatten från kolonnen. Uppehållstiden i kolonnerna är 2,6 minuter. Råvattnet till försöksuppställningen utgörs av råvatten med halter av PFAS 4 mellan ca 17–20 ng/L (Tabell 4.9).

Pilotförsöket startas upp november 2025 och ska pågå under våren 2026. Kolonnerna driftas initialt enligt specifikation i Tabell 4.10.

Parameter	Halter
PFAS 4, ng/L	18
PFAS 21, ng/L	21
Mangan, mg/L	0,015
Järn, mg/L	0,001
pH	7,7
Alkalinitet, mg/L HCO ₃	150
Hårdhet, °dH	9,0
Ca, mg/L	57
Turbiditet, FNU	0,1
COD, mg/L	0,7
Konduktivitet, mS/m	39
Sulfat, mg/L	15

Tabell 4.9

Råvattenkvalitet för pilotförsök vid VA-bolagets pilotanläggning.

Pilot	Media	Antal kolonner i serien	Volym media per kolonn (liter)	Kontaktid, EBCT (min)	Flöde (liter/h)	Inkommande PFAS-halt (ng/L)
Pilotförsök	Sorbix™ LC5	1	2,1	2,6	48	PFAS 4: 18 PFAS 21: 21
Pilotförsök	Purofine® PFA694E	1	2,1	2,6	48	PFAS 4: 18 PFAS 21: 21
Pilotförsök	Lewatit® TP 108 DW	1	2,1	2,6	48	PFAS 4: 18 PFAS 21: 21

4.3 Fullskaleanläggning

Inom projektorganisationen finns ett vattenverk, betecknat vattenverk 1, som har driftsatt en fullskaleanläggning med jonbytare för PFAS-rening. Vattenkvaliteten i råvattnet bedöms som mycket god när man bortser från föroreningen med PFAS 4-ämnen. Risken att grundvatten förorenas med andra organiska ämnen anses liten men tåkten är av stor betydelse för kommunens dricksvattenförsörjning. Tabell 4.11 redovisar utvalda parametrar från det senaste årets undersökningar. PFAS 4 analyseras för närvarande månadsvis för att följa reningens funktion och upptäcka eventuellt genombrott i jonbytarsteget.

Tabell 4.10

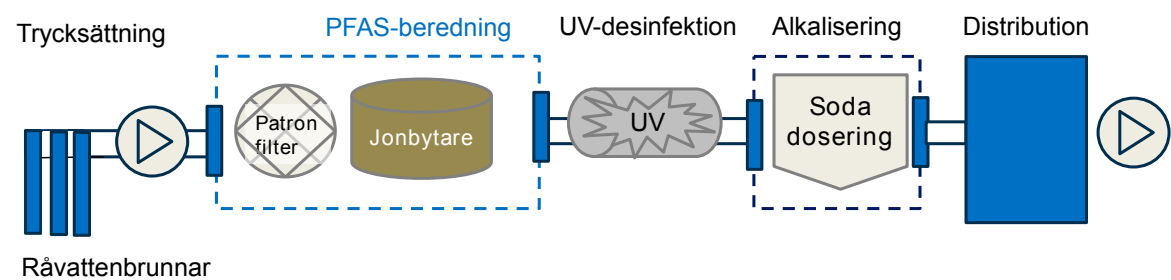
Sammanställning av typ, leverantör och driftparametrar för de undersökta jonbytarhartserna Sorbix™, Purofine® och Lewatit® i kolonntester.

Parameter	Halter
PFAS 4, ng/L	19–25
PFAS 21, ng/L	<29
Mangan, mg/L	<0,02
Järn, mg/L	<0,05
pH	7,2
Alkalinitet, mg/L HCO ₃	70
Hårdhet, °dH	5
Ca, mg/L	21
Turbiditet, FNU	<0,5
COD, mg/L	<1,5
Konduktivitet, mS/m	28
Sulfat, mg/L	22

Tabell 4.11
Råvattenkvalitet i vattenverk 1.

Med anledning av den goda vattenkvaliteten hos råvattentäkten behövs enbart rening av PFAS. Exempel på placeringen av ett jonbytarsteg i en dricksvattenanläggning, där grundvatten används som råvattentäkt, illustreras schematiskt i Figur 4.1. Vid uppföljningen av fullskaleanläggningen togs prover före patronfiltret och efter jonbytarsteget.

Figur 4.1
En beredningsprocess av ett grundvattenverk som använder jonbytare för borttagning av PFAS.



Nedan redovisas uppställningen för fullskaleverket (Tabell 4.12).

Anläggning	Media	Antal kolonner i serien	Volym media per kolonn (m³)	Kontakttid, EBCT (min)	Flöde (m³/h)	Inkommande PFAS-halt (ng/L)
VV1	Lewatit® TP 108 DW	2	1,6	2,6	35	PFAS 4: 19-25 PFAS 21: <29

Mera information om teknikval för pfas beredning och specifikt frågor som rör jonbytare finns att läsa i (Köhler et al. 2026a). Efter att teknikval gjorts fick verksamheten information angående eventuell migrering av oönskade ämnen från jonbytarharts via försök som gjorts i Danmark. Innan verksamheten kan känna sig trygg med användningen av jonbytarharts för dricksvattenproduktion behöver detta undersökas vidare. Detta projekt är del av detta utredningsarbete.

Tabell 4.12
Sammanställning av leverantör och driftparametrar för fullskaleverket.

4.4 Workshop

Inom ramen för SVU-projektet genomfördes en digital workshop med syfte att samla in erfarenheter och expertbedömningar kring användning av PFAS-selektiva jonbytarharts vid produktion av dricksvatten. Fokus låg särskilt på risken för utlakning av oönskade ämnen från jonbytarharts samt hur sådana risker kan identifieras, bedömas och hanteras vid idrifttagning och drift av jonbytaranläggningar.

Till workshopen bjöds ett urval personer in med relevant sakkompetens och olika erfarenhetsbakgrund, bland annat från vattenverk, leverantörer, forsknings-/universitetsmiljö och konsultverksamhet. Upplägget gav därmed möjlighet att belysa frågeställningen från flera perspektiv, inklusive praktisk drift, leverantörskrav, analysmetodik och riskbedömning.

Workshopen inleddes med korta presentationer från inbjudna talare, följt av diskussioner. Programmet till workshopen finns i Bilaga C. Deltagarna delades därefter in i mindre grupper som arbetade med fördefinierade frågor kopplade till kontrollprogram vid idrifttagning och drift, kravställning på leverantörer samt bedömning av risken för utlakning från jonbytarharts. Gruppdiskussionerna återrapporterades sedan till resterande deltagare. Resultaten från workshopen användes som ett underlag i projektets fortsatta analys och rekommendationer.

5 Resultat

I detta kapitel redovisas resultat från provtagningar i pilotförsök och fullskaleanläggning. Resultaten omfattar PFAS-reduktion, riktade analyser av möjliga urlakningsprodukter samt kompletterande analyser som toxicitetstester och NTA/NTS.

Provtagningen kunde inte genomföras helt likformigt i alla försök, bland annat på grund av förlorade prover och olika driftförutsättningar. Resultaten ska därför främst ses som underlag för riskbedömning, kontrollprogram och idrifttagningsrutiner, inte som en fullständig jämförelse mellan olika jonbytarhartser. En översikt över provtagning och analyser finns i Tabell 5.1.

Tabell 5.1

Översikt av vilka typer av analyser som togs i de fyra olika uppsättningar över tid, antal BV.

Beteckning	Typ	NTA/NTS (antal BV)	TBA (antal BV)	Nitrosamin (antal BV)	Toxtest (antal BV)	COD (antal BV)
Pilotförsök 1–2	Småskalig	–	74 000, 130 000	74 000, 130 000	–	–
Pilotförsök 3–4	Småskalig	–	–	–	60 000	0–240 000
Pilotförsök 5–7	Småskalig	–	140,6 500	140,6 500	60 000	–
Vattenverk 1	Fullskalig	6 500	140,6 500	140,6 500	50 000 #1	–

#1 Prov som togs efter 6 500 BV tappades bort i posten.

Det första provpaketet från pilotförsök 1 och 2 gick förlorat. Eftersom försöken då redan hade varit i drift under en längre period kunde motsvarande prover inte tas om vid samma driftläge. De prover som redovisas representerar därför jonbytarhartser som hade varit i drift i mer än 200 dagar.

Provtagningen för pilotförsök 5–7 och fullskaleanläggningen samordnades så långt som möjligt för att proverna skulle tas efter jämförbara antal bäddvolym, BV. Syftet var att fånga eventuella förändringar i ett tidigt skede av driften. Prover för toxicitetstest efter cirka 6 500 BV förlorades vid transport. Toxicitetstest genomfördes därför inte för denna provtagningsomgång, utan endast vid den senare provtagningen efter cirka 50 000 BV. Tidpunkten för provtagning i pilotförsök 5, 6 och 7 styrdes av andra faktorer än projektets ursprungliga provtagningsupplägg.

Initialt planerades även migrationstester enligt ett upplägg liknande det som användes i den danska studien, där vatten analyseras redan efter ett fåtal bäddvolym. Dessa försök prioriterades bort till förmån för toxicitetstester och NTA/NTS-analys.

5.1 Pilotförsök

I detta avsnitt redovisas resultat från de pilotförsök där jonbytarhartser har undersökts under olika driftförhållanden och med olika vattenkvalitet. Försöken skiljer sig åt vad gäller råvatten, inkommande PFAS-halter, driftstid, bäddvolym och provtagningsupplägg. Resultaten är därför inte direkt jämförbara mellan samtliga försök, utan används främst för att belysa hur jonbytarhartser fungerar i olika tillämpningar och vilka ämnen som kan behöva följas upp vid drift och idrifttagning.

Redovisningen är uppdelad efter pilotförsök 1–2, 3–4, 5–7 samt fullskala. För varje försöksgrupp beskrivs först förutsättningarna för provtagningen och därefter resultaten avseende PFAS-reduktion, riktade analyser av möjliga urlakningsprodukter och, där sådana analyser har genomförts, kompletterande toxicitetstester.

Pilotförsök 1 och 2

Pilotförsök 1 och 2 omfattade behandling av membrankoncentrat med två PFAS-selektiva jonbytarhartser, Lewatit TP 108 DW och Purofine PFA694E. Prover togs både på obehandlat membrankoncentrat, som utgjorde matarvatten till kolonnerna, och efter respektive jonbytarharts. Syftet var att undersöka förekomst av utvalda urlakningsprodukter efter längre tids drift.

Det första provpaketet från försöken gick förlorat. De prover som redovisas i Tabell 5.2 togs därför vid ett senare driftläge, efter cirka 74 000 respektive 130 000 bäddvolymer. Resultaten ska därför inte tolkas som uppstarts- eller migrationsprov efter nytt hart, utan som provtagning av jonbytarhartser som varit i drift under en längre period.

Tabell 5.2

Översikt över prover som togs för riktad analys under pilotförsök 1 och 2.

Provdatum	Material	EBCT (min)	Antal BV	Flaskor
2025-10-24	Membrankoncentrat obehandlat (matarvatten)	–	–	1 L samt 0,5 L
2025-10-24	Lewatit TP 108 2,5 min	2,5 min	130 000	1 L samt 0,5 L
2025-10-24	Lewatit TP 108 5 min	5 min	74 000	1 L samt 0,5 L
2025-10-24	Purofine PFA694E 2,5 min	2,5 min	130 000	1 L samt 0,5 L
2025-10-24	Purofine PFA694E 5 min	5 min	74 000	1 L samt 0,5 L

Resultaten från den riktade analysen i pilotförsök 1 och 2 redovisas i Tabell 5.3. TBA påvisades inte över rapporteringsgränsen i något av proverna. Samtliga prover, inklusive obehandlat membrankoncentrat och vatten efter respektive jonbytarharts, låg under 50 µg/L. Nitrosaminer påvisades inte över rapporteringsgränsen i proverna efter jonbytarhartserna. För obehandlat membrankoncentrat kunde nitrosaminer inte analyseras, eftersom provflaskan gick sönder under transport. NTA/NTS samt toxicitetstest togs inte för denna pilotanläggning.

Resultaten visar därmed ingen tydlig indikation på att de undersökta jonbytarhartserna avgav mätbara halter av TBA eller nitrosaminer vid det aktuella driftläget. Det är dock viktigt att resultaten tolkas utifrån provtagningens begränsningar. Proverna togs efter lång tids drift, cirka 74 000 respektive 130 000 BV, och representerar därför inte den initiala uppstartsfasen då urlakning från nya hartser kan vara som störst. Eftersom nitrosaminanalysen av matarvattnet inte kunde genomföras går det inte heller att göra en fullständig jämförelse före och efter jonbytarhartsen för denna ämnesgrupp.

Tabell 5.3

Riktade analyser av möjliga urlakningsprodukter i obehandlat membrankoncentrat och efter jonbytarhartser i pilotförsök 1–2 efter längre tids drift.

Material	PFAS 4 (ng/L)	COD (mg/L)	TBA (µg/L)	Nitrosamin (µg/L)
Membrankoncentrat obehandlat (matarvatten)	260	N/A #1	<50	N/A #2
Lewatit TP 108 DW 2,5 min	18	N/A	<50	<0,05
Lewatit TP 108 DW 5 min	7,0	N/A	<50	<0,05
Purofine PFA694E 2,5 min	42	N/A	<50	<0,05
Purofine PFA694E 5 min	24	N/A	<50	<0,05

#1 TOC låg runt 8 mg/L.

#2 Provflaska gick sönder under transporten.

Pilotförsök 3 och 4

Pilotförsök 3 och 4 omfattade behandling av matarvatten med två PFAS-selektiva jonbytarhartser, Lewatit TP 108 och Purofine PFA694E. Prover togs på inkommande

matarvatten samt efter respektive jonbytarharts. Syftet var att undersöka om riktat analyserade urlakningsprodukter kunde påvisas efter drift med jämförbara försöksförhållanden.

Proverna togs efter cirka 60 000 bäddvolymmer och vid en kontakttid, EBCT, på 3 minuter. Provtagningen representerar därmed inte den initiala uppstartsfasen, utan ett senare driftläge där hartserna redan hade varit i kontakt med vatten under en längre tid. En översikt över provpunkter och driftförhållanden ges i Tabell 5.4.

Provdatum	Material	EBCT (min)	Antal BV
2025-02-04	Matarvatten	–	–
2025-02-04	Lewatit TP 108 DW	3	60 000
2025-02-04	Purofine PFA694E	3	60 000

Tabell 5.4

Provpunkter för riktad analys i pilotförsök 3–4 efter cirka 60 000 bäddvolymmer med Lewatit TP 108 och Purofine PFA694E.

Analysresultaten från samma provtagning redovisas i Tabell 5.5. Tabellen visar PFAS 4, COD samt vilka kompletterande analyser som genomfördes i matarvatten och efter respektive jonbytarharts. Bland dessa pilotförsök togs inte TBA, nitrosaminer eller NTA/NTS-analyser.

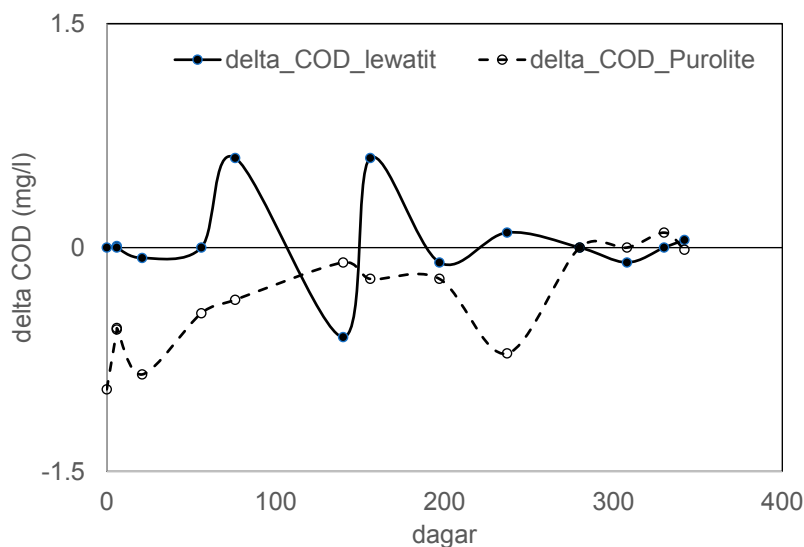
Material	PFAS 4 (ng/L)	COD (mg/L)	Toxtest
Matarvatten	16	1,20	Ja
Lewatit TP 108	<0,2	0,90	Nej
Purofine PFA694E	<0,2	0,75	Ja

Tabell 5.5

Resultat från pilotförsök 3–4 efter cirka 60 000 bäddvolymmer. Tabellen visar PFAS 4, COD samt vilka kompletterande analyser som genomfördes i matarvatten och efter respektive jonbytarharts.

Halten PFAS 4 i matarvattnet var 16 ng/L, medan halten efter båda jonbytarhartserna var under 0,2 ng/L. Detta visar att både Lewatit TP 108 och Purofine PFA694E gav en effektiv reduktion av PFAS 4 vid det aktuella driftläget.

I pilotförsök 3 och 4 följdes COD regelbundet i både inkommande vatten och utgående vatten från respektive jonbytarkolonn. Syftet var att undersöka om organiskt material fastlades i jonbytarharts eller om organiskt material tillfördes vattnet genom urlakning från harts. För att minska påverkan av enskilda avvikande mätvärden beräknades medianvärden baserat på tre prov för inkommande respektive utgående vatten vid varje provtagningstillfälle. Skillnaden mellan utgående och inkommande COD redovisas i Figur 5.1.



Figur 5.1

Tidsserie av skillnad mellan utgående och inkommande COD (mg/L). Positiva värden indikerar en urlakning av organiskt kol medan negativa värden indikerar en fastbindning av organiskt kol.

Resultaten indikerar att Lewatit TP 108 i genomsnitt inte förändrade halten av COD under de 350 dagarna försöken pågick. Positiva och negativ värden ligger inom felmarginalen för metoden. För Purofine PFA694E så indikerar data att COD i avtagande grad fastnade i harts under de första 250 dagarna. Därefter så sker ingen vidare förändring av COD över tid. Det är känt att vissa hartser binder upp organiskt kol (Franke et al. 2021) över tid på samma sätt som organiskt kol fastnar på GAK filter. Som det skrevs ovan så anses det ofördelaktig att harts tar upp organiskt kol då detta kan leda till fouling. Fastläggning av organiskt kol sänker kapacitet av massan att ta upp av nästan alla typer av PFAS. Å andra sidan är det också känt att fastbindning av långkedjiga PFAS kan gynnas av organiskt kol i harts.

Pilotförsök 5 till 7

Pilotförsök 5–7 omfattade behandling av råvatten med tre PFAS-selektiva jonbytarhartser: Sorbix, Lewatit® TP 108 DW och Purofine® PFA694E. Prover togs på råvatten samt efter respektive jonbytarharts vid två provtagningstillfällen. Syftet var att följa upp möjliga urlakningsprodukter i ett tidigt skede av driften och att jämföra resultaten mellan inkommande vatten och vatten efter respektive kolonn.

Den första provtagningen genomfördes efter cirka 138 bäddvolymen och den andra efter cirka 6 500 bäddvolymen. Proverna representerar därmed tidiga driftförhållanden, men inte de allra första bäddvolymerna efter idrifttagning. En översikt över provpunkter och driftförhållanden ges i Tabell 5.6.

Provdatum	Material	EBCT (min)	Antal BV	Flaskor
11 nov 2025	Råvatten	2,6	–	1 L samt 0,1 L
11 nov 2025	Sorbix	2,6	140	1 L samt 0,1 L
11 nov 2025	Lewatit® TP 108 DW	2,6	140	1 L samt 0,1 L
11 nov 2025	Purofine® PFA694E	2,6	140	1 L samt 0,1 L
24 nov 2025	Råvatten	2,6	–	1 L samt 0,1 L
24 nov 2025	Sorbix	2,6	6 500	1 L samt 0,1 L
24 nov 2025	Lewatit® TP 108 DW	2,6	6 500	1 L samt 0,1 L
24 nov 2025	Purofine® PFA694E	2,6	6 500	1 L samt 0,1 L

Tabell 5.6

Provpunkter för riktad analys i pilotförsök 5–7 vid tidig drift med Sorbix, Lewatit® TP 108 DW och Purofine® PFA694E.

Efter provtagningsoversikten i Tabell 5.6 redovisas analysresultaten från pilotförsök 5–7 i Tabell 5.7. Resultaten omfattar riktade analyser av TBA och nitrosaminer samt en sammanfattning av kompletterande effektbaserade analyser. Proverna togs vid två tidiga driftlägen, efter cirka 140 respektive 6 500 BV, och används för att bedöma om de undersökta jonbytarhartserna gav upphov till mätbara halter av de analyserade urlakningsprodukterna under den inledande driften. För dessa pilotförsök togs inte NTA/NTS-analys.

Provdatum	Material	PFAS 4 (ng/L)	TOC (mg/L)	TBA (µg/L)	Nitrosamin (µg/L)	Toxtest
11 nov 2025	Råvatten	7,6	3,1	<50	<0,05	Nej
11 nov 2025	Sorbix	<0,2	2,4	150	<0,05	Nej
11 nov 2025	Lewatit® TP 108 DW	<0,2	<2,0	<50	<0,05	Nej
11 nov 2025	Purofine® PFA694E	<0,2	<2,0	<50	<0,05	Nej
24 nov 2025	Råvatten	7,4	3,1	<50	<0,05	Nej
24 nov 2025	Sorbix	<0,2	2,9	<50	<0,05	Nej
24 nov 2025	Lewatit® TP 108 DW	<0,2	2,7	<50	<0,05	Nej
24 nov 2025	Purofine® PFA694E	<0,2	<2,0	<50	<0,05	Nej

5.2 Drifttagning av fullskaleanläggning

Uppstart av anläggning

Uppstart av anläggningen består av ett antal moment innan anläggning kan kopplas in mot dricksvattennätet:

- Uppföljning av leveranser, montagearbete, samt kontroll av maskin och instrumentering:
 - Kolonner (inkl. dysor, siktfönster, material), pumpar, ventiler, förfilter, placering och antal provtagningskranar, placering och antal tryckgivare samt styrskap
- Leverans av harts, möjlig förbehandling samt påfyllnad av kolonner
- Idrifttagning, intrimning av flöden och provtagning för prestandaprov
- Hygienkontroll och godkännande av leverans av dricksvatten

Här beskrivs enbart arbeten som rör påfyllnad av hartser samt tidsschemat för provtagning då de andra arbetsstegen anses vara lika för drifttagning av andra typer av anläggningar.

Leverans av harts, möjlig förbehandling samt påfyllnad av kolonner

Idrifttagningen av anläggningen genomfördes enligt rekommendationer från tillverkaren av jonbytarharts.

Jonbytarharts levererades i form av ett antal storsäckar (ca 1m³ motsvarande ca 750 kg).

Anläggningen är uppbyggd med en extra förkolonn som används vid påfyllning av filterharts, i stället för direkt påfyllning till respektive filterkolonn. Det första steget var därför att delvis fylla förkolonnen med vatten. Därefter tillsattes önskad mängd jonbytarharts till förkolonnen, där harts kunde sjunka ned i vattnet under kontrollerade former. På så sätt minskade risken för skador på både jonbytarharts och utrustningen.

Leverantören av Lewatit® TP 108 DW tillhandahöll instruktioner för idrifttagning (filling and commissioning instructions). Den valda typen av harts krävde ingen desinfektion utan är förberedd för användning i dricksvatten vid leverans. Enligt instruktionen ska massan spolas för att få bort eventuella fines genom backspolning (minst 30 minuter under angivet flöde som krävs för rådande temperatur, oftast mellan 10-20 m/h). under vanlig drift behövs vanligtvis ingen backspolning men möjligheten bör finnas oavsett typ av harts. Om hartsen behöver desinficeras är det fördelaktigt att det finns möjligheter att kunna göra det på plats.

Jonbytarhartsen överfördes därefter till respektive filter med hjälp av ejektor.

Tabell 5.7

Resultat från riktade analyser och kompletterande effektbaserade analyser i råvatten och efter jonbytarhartser i pilotförsök 5-7.

Överföringen krävde relativt stora mängder vatten, vilket samtidigt innebar att harts spolades i samband med påfyllningen. Den efterföljande spolningstid som rekommenderats för att avlägsna partiklar och eventuella föroreningar kunde därför minskas avsevärt.

Intrimning

Efter påfyllnad justerades ventiler och pumptryck så att ett stabilt flöde kunde uppnås. I detta skede spolades det behandlade vattnet till avlopp.

Provtagningsplan

Provtagning i samband med idrifttagningen användes för att följa upp om spolningen var tillräcklig och om några analyserade ämnen kunde påvisas i filtratet. Provtagningsplanen består av tre olika skeden: provtagning under intrimning, provtagning under testperioden och ordinarie provtagning.

Tabell 5.8

Planerat provtagningsprogram för provtagning under intrimningsperiod samt prestandaprov.

Fas	Period	Antal BV #1	Mikrobiologi	PFAS 4	Annan kemi	Kommentar
Intrimning	Vecka 1				x	Enkla parameter som indikerar förorening eller avvikelser (pH-värde, ALK, konduktivitet etc.)
	Vecka 1	Ca. 500	x			Analyspaket för långsamväxande bakterier etc.
Prestandaprov 1	Vecka 2		x	x	x	Enligt kravspecifikation som definierades i upphandlingen. I detta skede togs även prover för urlakningsämnen.
Prestandaprov 1	Vecka 2	Ca. 2 000	x	x	x	Enligt ovan

#1 Ett system med en EBCT av 5 minuter har ett flöde av 288 BV per dag. Under spolning och intrimning sattes ett fast flöde genom anläggningen.

Sammanlagt spolades runt 2000 BV av filtrat till avlopp innan dricksvatten började levereras till kund.

Provresultat från fullskaleanläggning

Provtagningen i fullskaleanläggningen genomfördes för att följa upp både PFAS-reduktion och möjliga urlakningsprodukter från jonbytarharts under olika skeden av driften. Prover togs på råvatten och efter jonbytarsteget vid tidig drift, efter cirka 140 BV, samt efter cirka 6 500 och 50 000 BV. De riktade analyserna omfattade TBA och nitrosaminer. Vid den senare provtagningen genomfördes även NTA/NTS och toxicitetstest som kompletterande underlag för riskbedömningen.

En översikt över provpunkter, driftläge och provvolym ges i Tabell 5.9. Notera att det finns ett dubbelprov på råvattnet 2025-10-13.

Tabell 5.9

Översikt över prover från fullskaleanläggningen för riktad analys, NTA/NTS och toxicitetstest vid olika driftlägen. Dubbelprov togs 2025-10-13.

Provdatum	Material	EBCT (min)	Antal BV	Flaskor
2025-09-22	Råvatten	–	–	1 L samt 0,1 L
2025-09-22	Lewatit® TP 108 DW	2,5	140	1 L samt 0,1 L
2025-10-13	Råvatten	–	–	1 L samt 0,1 L
2025-10-13	Råvatten	–	–	1 L samt 0,1 L
2025-10-13	Lewatit® TP 108 DW	2,5	6 500	1 L samt 0,1 L
2025-10-13	Lewatit® TP 108 DW	2,5	6 500	1 L samt 0,1 L
2026-03-02	Råvatten	–	–	1 L samt 0,1 L
2026-03-02	Lewatit® TP 108 DW	2,5	50 000	extraflaskor

Analysresultaten från fullskaleanläggningen redovisas i Tabell 5.10. Tabellen omfattar PFAS 4, COD, riktade analyser av TBA och nitrosaminer samt information om vilka

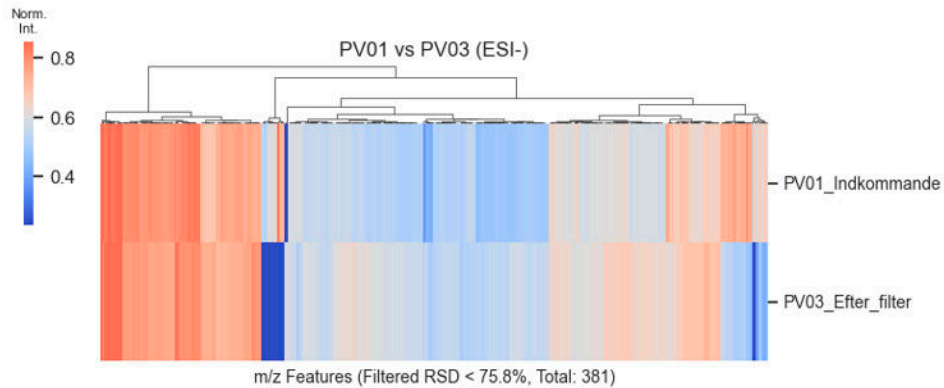
kompletterande analyser som genomfördes. Provtagningen omfattade både tidig drift, efter cirka 140 och 6 500 BV, och senare drift, efter cirka 50 000 BV.

Tabell 5.10
Resultat från fullskaleanläggningen före och efter jonbytarsteget vid olika driftlägen.

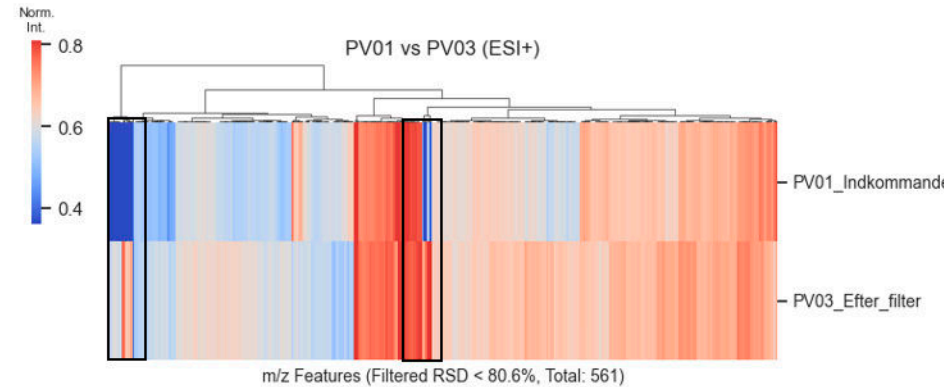
Provdatum	Material	PFAS 4 (ng/L)	COD (mg/L)	TBA (µg/L)	Nitrosamin (µg/L)	NTA/NTS	Toxtest
2025-09-22	Råvatten	22 ± 3	<1,5	<50	<0,05	–	–
2025-09-22	Lewatit® TP 108 DW	<0,3	<1,5	150	<0,05	–	–
2025-10-13	Råvatten	22 ± 3	<1,5	<50	<0,05	–	–
2025-10-13	Råvatten	22 ± 3	<1,5	<50	<0,05	–	–
2025-10-13	Lewatit® TP 108 DW	<0,3	<1,5	<50	<0,05	–	–
2025-10-13	Lewatit® TP 108 DW	<0,3	<1,5	<50	<0,05	–	–
2026-03-02	Råvatten	22 ± 3	<1,5	–	–	Utfördes	Nej
2026-03-02	Lewatit® TP 108 DW	<0,3	<1,5	–	–	Utfördes	Nej

Resultat av NTS-analys

Prover av inkommande och utgående vatten från jonbytare i fullskaledrift som analyserades med non-target screening (NTS) visade att ämnen som inte fanns i ingående vatten detekterats i utgående vatten. Resultaten från analysen presenteras i värmekartor (engelska *heatmap*) där ett högt utslag av ett spårämne visas i röd färg medan ett lågt utslag visas i blå färg. Figur 5.2 presenterar resultatet för ESI--läget där inga signifikanta höga intensiteten visas i utgående vatten. Däremot visar diagrammet att vissa ämnen renas mycket effektivt under jonbytesprocessen. Figur 5.3 presenterar resultatet för ESI+-läget som påvisar förekomst av ämnen i utgående vatten som inte detekterats i inkommande vatten, vilket markerats med svarta rektanglar. Resultatet från ESI+-mätningen undersöktes vidare.



Figur 5.2
Resultat från NTS-analysen för ESI-. Resultat av inkommande vatten överst i färgkartan och resultat av utgående vatten underst.



Figur 5.3
Resultat från NTS-analysen för ESI+ med svarta markeringar över ämnen som detekterats i utgående vatten, men inte i ingående. Resultat av inkommande vatten överst i färgkartan och resultat av utgående vatten underst.

De ämnen i Figur 5.3 som påvisade minst en femdubblad halt i utlopp jämfört med inlopp identifierades som organiska kväveföreningar.

Det enda ämnet som fanns med i standardlösningen var TBA. Koncentrationen TBA bestämdes med en kalibreringskurva baserad på fyra punkter (inklusive blankprov). TBA i utloppet bestämdes till $0,034 \pm 0,013$ µg/Liter medan halten i inkommande vatten ligger under DL på $0,00082$ µg/L. Att TBA finns i utloppet men inte i inloppet tyder på urlakning från jonbytarharts.

5.3 Sammanfattning Livsmedelsverkets PM

I sitt PM *“Hälsorisker med TBA i dricksvatten”* från 2025 (Livsmedelsverket, 2025) har Livsmedelsverket analyserat vilka halter av TBA och dess närbesläktade föreningar som kan utgöra en hälsorisk vid konsumtion av dricksvatten. Studien ingår i en bredare utredning kring ämnen som potentiellt kan läcka från jonbytarhartser och bedömningen sker främst utifrån de rapporterade halter i Tisler et al. (2025). Baserat på uppskattningar av exponering för TBA är det spädbarn som får modersmjölksersättning som antas ha den högsta exponeringen, vilken motsvarar ungefär 0,08 % av den toxikologiska referensdosen (RfD) vid de halter som redovisades i Tisler et al. (2025). Det innebär att ett spädbarn med en kroppsvikt på 5 kg skulle behöva konsumera mer än 1 300 L vatten per dag för att nå denna referensdos. För att RfD på 0,0035 mg/kg kroppsvikt/dag ska överskridas krävs TBA halter i dricksvattnet som överstiger cirka 16 µg/L för spädbarn, 33 µg/L för barn och 120 µg/L för vuxna; halten rapporterad i Tisler et al. (2025) är på 0,013 µg/L, dvs ca 1 000 gånger lägre. För TBA-N-oxid, som är en oxiderad variant av TBA, skulle halten behöva överstiga 7 µg/L för ett spädbarn, 14 µg/L för ett barn respektive 52 µg/L för en vuxen för att nå en nivå som Livsmedelsverket bedömer som hälsofarlig. I underlaget förekommer tre TBA-relaterade ämnen eller benämningar: TBA, TBA-N-oxid och o-TBA. Den rapporterade halten av TBA-N-oxid låg på 0,804 µg/L. Ett spädbarn på 5 kg skulle därmed behöva dricka 9,3 L per dag för att överskrida den halt som Livsmedelsverket anser vara hälsofarlig. För o-TBA, som i detta sammanhang behandlas som en annan TBA-relaterad förening, kunde ingen riskbedömning utföras, eftersom toxikologiska data saknas.

Sammanfattningsvis ger Livsmedelsverket en tydlig riktlinje: TBA-halter i dricksvatten bör hållas så låga som möjligt, och helst under 0,1 µg/L, för att skydda konsumenternas hälsa vid långvarig exponering. Vattenproducenter som använder jonbytarhartser bör därför noga följa halterna och säkerställa att deras processer inte leder till att dessa nivåer överskrids.

5.4 Resultat från workshop

I slutet av projektet genomfördes en workshop med projektgruppen och ett urval personer in med relevant sakkunskap för att samla praktiska erfarenheter och diskutera vilka kontroll- och uppföljningsrutiner som behövs vid införande av jonbytar teknik för dricksvattenberedning, med särskilt fokus på risken för utlakning eller migration från jonbytarhartser till behandlat vatten. Workshopen utgick från tre huvudsakliga frågeställningar som utgör respektive underkapitel.

Kontrollprogram vid idrifttagning och drift

Vid idrifttagning av ett jonbytarsystem, IEX, för behandling av dricksvatten behöver kontroll- och övervakningsplanen visa att behandlingen inte försämrar dricksvattnets kvalitet. Enligt 16 § LIVSFS 2022:12 ska beredningskemikalier och filtermaterial som kommer i kontakt med dricksvatten inte direkt eller indirekt äventyra skyddet av

människors hälsa, inte påverka vattnets färg, lukt eller smak negativt, inte oavsiktligt främja mikrobiell tillväxt och inte förorena vattnet i högre grad än vad som är nödvändigt för det avsedda syftet.

För IEX-system behöver ansvar och regelverk tydliggöras. Workshopdiskussionen visade att det i nuläget finns osäkerhet kring hur jonbytarhartser ska bedömas i förhållande till regelverket för material i kontakt med dricksvatten och kommande EU-gemensamma krav. I dagsläget bör jonbytarhartser hanteras som filtermaterial enligt LIVSFS 2022:12, medan andra komponenter i anläggningen, exempelvis kärl, rör, ventiler och packningar, hanteras som material eller produkter i kontakt med dricksvatten. Livsmedelsverket ansvarar för dricksvattenföreskrifterna och kraven på dricksvattenkvalitet, medan Boverket har en roll kopplad till byggprodukter och material i kontakt med dricksvatten.

Kontroll vid start, intrimning och normal drift

Workshopdiskussionen visade att det finns behov av ett tydligare kontrollprogram vid idrifttagning av jonbytarssystem. En central fråga är hur länge jonbytarharts behöver spolas eller konditioneras innan vattnet kan bedömas vara acceptabelt för vidare användning. Det betonades även att kontrollen behöver kunna fånga både prestanda av reningen och eventuell förekomst av urlakningsprodukter från jonbytarharts.

En svårighet som lyftes var att det i dagsläget saknas tydliga riktlinjer, ämneslistor och gränsvärden för vilka ämnen som bör följas upp från jonbytarhartser. Detta gör att kontrollprogrammet i hög grad behöver utformas utifrån leverantörens underlag, jonbytarharts kemi och syftet med behandlingen. Om syftet är PFAS-rening behöver kontrollen därför både visa att PFAS avskiljs och att behandlingen inte samtidigt försämrar dricksvattnets kvalitet genom exempelvis mikrobiell tillväxt, påverkan på färg, lukt eller smak, eller utlakning av andra ämnen.

Tillverkaren bör, enligt workshopdiskussionen, kunna redovisa vilka ämnen eller ämnesgrupper som kan vara relevanta att följa upp. Detta behövs för att laboratoriet ska kunna genomföra riktade analyser. Enskilda markörer, exempelvis TBA eller TBA relaterade ämnen, bedömdes inte vara tillräckliga i sig eftersom möjliga utlakningsämnen beror på den kemiska sammansättningen av jonbytarharts, funktionella grupper, tillverkningsprocess och aktuell produkt.

Provtagningen bör vara mer omfattande under start och intrimning, eftersom eventuell påverkan från jonbytarharts särskilt behöver följas upp i detta skede. När anläggningen övergår till stabil drift kan kontrollen anpassas till ett mer långsiktigt och riskbaserat program. Utökad uppföljning bör övervägas om nytt jonbytarharts används, vid förändringar i drift eller om avvikelser uppstår i vattenkvaliteten.

Krav på leverantörer och verifiering av jonbytarhartser

Eftersom regelverket för jonbytarhartser är otydligt behöver bedömningen i hög grad bygga på tillverkarens dokumentation. Underlaget bör visa att produkten är lämplig för kontakt med dricksvatten och ge stöd för vilka ämnen som bör följas upp i kontrollprogrammet.

Workshopdiskussionen visade att leverantörens underlag är centralt för att kunna bedöma risken för urlakning från jonbytarhartser och för att möjliggöra verifiering före och efter idrifttagning. Gruppen lyfte särskilt behovet av tydligare information om certifieringar, produkttester, möjliga urlakningsämnen, spårbarhet och rekommenderade rutiner för spolning, lagring och idrifttagning.

En viktig fråga var vilka certifikat och godkännanden som faktiskt finns tillgängliga och vad de omfattar. NSF, AFNOR och UBA nämndes som relevanta certifierings- eller godkännandesystem, men det konstaterades samtidigt att det är oklart vad exempelvis NSF i praktiken garanterar i nuläget. AFNOR och UBA beskrevs som system där godkännanden eller processer kan vara på gång, men där tidplan och tillämpning behöver

verifieras innan de används som krav i upphandling eller projektbeslut.

Leverantören bör kunna redovisa testdata och certifikat för aktuellt jonbytarharts. Gruppen lyfte även att resultat från produktionstester bör kunna göras tillgängliga. Underlaget bör visa att produkten är avsedd för dricksvattenkontakt och ge information om vilka ämnen eller ämnesgrupper som kan vara relevanta att följa upp vid analys. Detta är särskilt viktigt eftersom det saknas tydliga gränsvärden eller färdiga ämneslistor för alla potentiella migrationsämnen från jonbytarhartser.

Följande underlag bör efterfrågas från leverantören:

- dokumentation som visar att produkten är avsedd för dricksvattenanvändning,
- relevanta certifikat, testdata och produktionskontroller,
- information om möjliga urlakningsämnen, restkemikalier, nedbrytningsprodukter och relevanta ämnesgrupper,
- batchnummer och spårbarhet för levererad jonbytarharts,
- rekommendationer för spolning, konditionering och idrifttagning,
- råd om lagring och eventuell desinfektion,
- information om behov av backspolning eller andra driftåtgärder,
- driftbegränsningar som kan påverka migration, urlakning eller mikrobiell tillväxt,
- acceptanskriterier eller garantier kopplade till funktion, kapacitet och vattenkvalitet,
- praktisk information om byte av filtermedia samt tillgänglighet och leveranstid.

Om full receptur inte kan lämnas av sekretessskäl bör tillverkaren åtminstone kunna lämna information om relevanta ämnesgrupper eller potentiella migrationsämnen till laboratorium eller oberoende granskare. Detta är viktigt eftersom enskilda markörer, exempelvis TBA-relaterade ämnen, endast kan fånga en del av den möjliga påverkan. Vilka ämnen som är relevanta beror på jonbytarhartsens kemiska sammansättning, funktionella grupper, tillverkningsprocess och aktuell produkt. Ett systematiskt tillvägagångssätt för att identifiera relevanta ämnen beskrivs i ECHA (2025).

Gruppen diskuterade även möjligheten att ta prov på jonbytarharts efter en tids drift, exempelvis efter cirka ett år, för att analysera kvarvarande kapacitet eller eventuell förändring av materialet. Samtidigt betonades att det kan vara svårt för leverantören att lämna långtgående garantier för jonbytarhartsens funktion eller urlakning över tid, eftersom utfallet påverkas av råvattenkvalitet, driftförhållanden, lagring och hur hartsen hanteras i anläggningen.

Produktnamn och olika typer av jonbytarhartser, exempelvis Lewatit-varianter, nämndes som exempel i diskussionen. Dessa bör inte redovisas som rekommenderade produkter, utan snarare som exempel på att olika hartser kan ha olika egenskaper, användningsområden och begränsningar. För slutlig bedömning behöver varje produkt värderas utifrån dokumenterad lämplighet för dricksvattenkontakt, aktuellt behandlingssyfte och den specifika råvattenkvaliteten.

Sammanfattningsvis bör krav på leverantörer inte begränsas till generell produktinformation eller övergripande certifikat. Leverantören behöver kunna bidra med underlag som gör det möjligt att bedöma både reningsprestanda och risk för urlakning, samt att utforma ett kontrollprogram med relevanta analysparametrar och tydliga acceptanskriterier.

Riskbedömning vid val av jonbytare som reningssteg

Gruppen enades om att risk för läckage från jonbytarhartser är en viktig faktor vid val av reningsteknik, och att kunskapsläget idag är otillräckligt för att göra helt säkra bedömningar. Särskilt framhölls svårigheten att detektera och följa upp eventuellt läckage från jonbytare, vilket skapar osäkerhet i tillämpningen. Detta har lett till att aktivt kol (GAK) ofta uppfattas som ett mer robust alternativ, framför allt tack vare större praktisk driftserfarenhet.

Gruppen betonade behovet av förbättrade analysmetoder för att kunna identifiera och bedöma risker kopplade till läckage. Effektbaserad provtagning, såsom genotoxikologiska analyser, lyftes som särskilt viktig. Det ansågs också nödvändigt att bättre förstå hur jonbytarhartser förändras över tid, särskilt vid åldrande och efter regenereringar.

Erfarenheter från andra branscher indikerar att läckage kan öka efter många regenereringscykler, men det är i dagsläget oklart hur väl dessa erfarenheter kan överföras till dricksvattenproduktion. Gruppen såg därför ett behov av riktade studier inom vattensektorn.

Vidare konstaterades att arbetet kräver tillgång till avancerad analyskapacitet och specialiserad kompetens, vilket idag saknas i delar av sektorn. Analyser, särskilt av PFAS och potentiellt läckage, är både kostsamma och resurskrävande. Detta förstärker behovet av att bygga upp nationell laboratoriekapacitet.

Pilotförsök bedömdes som nödvändiga för att minska osäkerheter, men dessa kräver tid, ekonomiska resurser och aktivt deltagande från driftorganisationen. Driftkompetens och förståelse för tekniken lyftes som avgörande för ett framgångsrikt införande.

Gruppen identifierade även osäkerheter kopplade till framtida regelutveckling, särskilt avseende ultrakorta PFAS, vilket påverkar långsiktiga teknikval. Både jonbytare och GAK har sina specifika utmaningar, och det saknas idag tillräckliga underlag för att jämföra dem ur ett livscykelperspektiv.

Slutligen betonades behovet av ökad samverkan inom VA-sektorn, där någon aktör bör ta en ledande roll i att driva forskning, samla erfarenheter och sprida kunskap.

Gruppen kom fram till följande åtgärder som bör genomföras för att bedömning av läckage ska bli lättare i framtiden:

- Utveckla och implementera metoder för att upptäcka och följa upp läckage från jonbytarharts, inklusive kompletterande kontrollstrategier,
- införa effektbaserad provtagning (till exempel genotoxikologiska tester) som komplement till traditionell kemisk analys,
- genomföra riktade studier av hur jonbytarhartser påverkas av åldrande och upprepade regenereringar,
- bygga upp och stärka nationell laboratoriekapacitet för avancerade analyser, särskilt kopplat till PFAS och urlakningsprodukter,
- säkerställa tillgång till specialistkompetens inom både analys och processteknik vid införande av jonbytare,
- planera och genomföra pilotstudier för att minska osäkerheter inför fullskalig implementering,
- säkerställa att driftpersonalen har tillräcklig kompetens, tid och resurser för att förstå och hantera tekniken,
- ta fram jämförande livscykelanalyser mellan GAK och jonbytare för att stödja teknikval, där även avfallshantering, byte av filtermassa och eventuell framtida regenerering av PFAS-specifika jonbytarhartser beaktas,
- genomföra fler risk- och toxikologiska studier av ämnen som kan passera eller läcka från reningsstegen, inklusive mikroplaster,
- ta fram tydligare riktlinjer och krav på certifiering för material i kontakt med dricksvatten, och
- skapa strukturer för ökad samverkan och kunskapsdelning inom VA-sektorn, exempelvis genom att utse ledande aktörer.

6 Diskussion

6.1 Samlad tolkning av PFAS-reduktion och migrationsrisk

Jonbyte är inte en vanligt förekommande beredningsprocess i svenska vattenverk. Däremot har jonbytarhartser sedan länge använts i vissa typer av grundvattenberedning, framför allt för avhärdning. I Svenskt Vattens resultatrapport för VASS Vattenverk 2022 anges att jonbyte används för avhärdning vid 50 vattenverk och att metoden därmed är den vanligaste avhärdningsmetoden sett till antalet vattenverk (Svenskt Vatten 2024b). Frågan om migration och urlakning från jonbytarhartser är därmed inte helt ny för vattensektorn, men PFAS-selektiva jonbytarhartser aktualiserar delvis nya frågeställningar kopplade till funktionella grupper, idrifttagning och kontroll av specifika urlakningsprodukter.

När nya typer av jonbytarhartser med andra funktionella grupper introduceras uppstår frågor om hur hartserna beter sig både på kort och lång sikt. Flera typer av ämnen kan vara relevanta att följa upp. Det gäller bland annat ämnen som ingår i eller är kopplade till de funktionella grupperna, ämnen som ingår i polymerstrukturen samt ämnen som används vid polymerisering eller annan tillverkning av jonbytarhartser. Därutöver kan ämnen bildas eller frigöras genom förändringar av jonbytarhartser över tid, exempelvis genom oxidation, annan nedbrytning eller reaktioner med kemiska ämnen i vattnet, till exempel vid desinfektion.

Baserat på litteraturstudien identifierades framför allt TBA, ett antal nitrosaminer och organiskt kol som sammaparameter som viktiga att följa upp. Listan är inte fullständig, och analysprogrammet bör anpassas efter valt jonbytarharts, leverantörsunderlag, vattenkemi och driftförutsättningar. För att få ett bredare underlag om möjliga effekter av enskilda ämnen och ämnesblandningar genomfördes även toxicitetstester.

6.2 Ämnesspecifik bedömning av urlakningsprodukter

De danska VUDP/HOFOR-undersökningarna visar att PFAS-selektiva jonbytarhartser kan avge olika typer av organiska ämnen till vatten, särskilt vid uppstart, inkörning och lång kontakttid mellan vatten och jonbytarharts. I laboratorieförsöken undersöktes migration från tre jonbytarhartser i standardiserade batchförsök baserade på principer från NSF/ANSI 61. Försöken innebär längre kontakttid än vid normal drift. De bör därför främst ses som ett konservativt underlag för att identifiera relevanta ämnen att följa upp vid idrifttagning och tidig drift, inte som en direkt beskrivning av halter i dricksvatten under stabil drift.

Tabell 6.1 sammanfattar de ämnen och ämnesgrupper som, utifrån de danska undersökningarna och projektets egna analyser, bedöms vara mest relevanta att beakta vid kontroll av möjliga urlakningsprodukter från PFAS-selektiva jonbytarhartser.

Ämne eller ämnesgrupp	Observationer i danska undersökningar	Motiv för uppföljning	Praktisk bedömning
TBA och aminrelaterade ämnen	TBA påvisades i laboratorie- och driftförsök med vissa jonbytarhartser. NTS visade även förekomst av aminrelaterade signaler eller ämnen kopplade till jonbytarhartsernas funktionella grupper.	TBA har analyserats riktat inom SVU-projektet och är relevant eftersom ämnet kan kopplas till funktionella grupper eller tillverkningsrester i jonbytarharts.	TBA bör prioriteras vid idrifttagning och tidig drift. Förekomst efter jonbytarsteget kan indikera urlakning från jonbytarharts. Analysmetoden behöver ha tillräckligt låg rapporteringsgräns för att resultaten ska vara användbara i riskbedömningen.
Nitrosaminer, särskilt NDBA	NDBA påvisades i laboratorie- och driftförsök med de undersökta jonbytarhartserna. I danska driftförsök påvisades NDBA inte över detektionsgränsen efter längre tids drift.	Nitrosaminer är relevanta eftersom vissa ämnen i gruppen är hälsomässigt problematiska även vid låga halter. Nitrosaminer ingick också i SVU-projektets riktade analysprogram.	Nitrosaminer bör följas upp vid uppstart, vid byte av jonbytarharts och vid introduktion av nya produkter eller leverantörer. Avsaknad av detektion efter längre drift minskar risken för långvarig förekomst, men utesluter inte initial urlakning vid idrifttagning.
Organiskt kol, främst NVOC/TOC	De danska laboratorieförsöken visade att jonbytarhartserna kunde avge organiskt material, mätt som NVOC. En del av det organiska kolet kunde inte förklaras av riktade analyser.	Organiskt kol är relevant som summaparameter eftersom det kan indikera urlakning av organiska ämnen som inte fångas av riktade analyser. Det kan även vara relevant för bedömning av mikrobiell efterväxt. TOC eller organiskt kol nämns i flera europeiska och nationella underlag som en relevant parameter vid bedömning av migration från jonbytes- och adsorbentmaterial.	TOC eller NVOC är lämpligare än COD om syftet är att följa låga halter organiskt material i dricksvatten. Förhöjda halter bör inte tolkas ensamt, utan vid behov följas upp med riktade analyser, NTA/NTS eller analys av biologiskt nedbrytbart organiskt kol. Det är viktigt att välja en analysmetod med tillräckligt hög precision, exempelvis omkring $\pm 0,2$ mg/L.
Klorerade alifater	Klorerade alifater, bland annat diklormetan och 1,2-dikloretan, påvisades i de danska laboratorieförsöken för vissa produkter.	Ämnesgruppen analyserades inte systematiskt inom SVU-projektet men är relevant som exempel på produktspecifika tillverknings- eller restämnen.	Ämnena bör främst hanteras genom leverantörskrav, dokumenterade migrationstester och bedömning av produktens certifieringsunderlag. Kompletterande analys kan vara aktuell vid ny produkt, avvikande lukt eller smak samt vid förhöjt organiskt kol.
Formaldehyd och acetofenon	Formaldehyd och acetofenon påvisades i de danska laboratorieförsöken för vissa jonbytarhartser.	Ämnena ingick inte i SVU-projektets riktade huvudprogram men visar att enskilda produkter kan avge andra ämnen än TBA och nitrosaminer.	Ämnena bör främst hanteras genom leverantörskrav, dokumenterade migrationstester och bedömning av produktens certifieringsunderlag. Kompletterande analys kan vara aktuell vid ny produkt, avvikande lukt eller smak, eller förhöjt organiskt kol.
Okända eller delvis identifierade ämnen från NTA/NTS	De danska NTS-analyserna visade att riktade analyser inte fångar hela bilden av möjliga urlakningsprodukter. NTS påvisade ytterligare signaler och ämnen som krävde fortsatt tolkning.	NTA/NTS kan ge ett bredare underlag om förändringar före och efter jonbytarharts, men resultaten är ofta semikvantitativa och kan inte alltid direkt omsättas i hälsoriskbedömning.	NTA/NTS bör ses som ett komplement till riktade analyser, inte som ersättning. Metoden är särskilt användbar när summaparametrar eller driftobservationer indikerar urlakning som inte kan förklaras av riktade analyser. Identifierade signaler bör vid behov följas upp med riktad kvantitativ analys.

Sammantaget visar de danska undersökningarna att de mest relevanta ämnesspår och indikatorerna för denna rapport är aminrelaterade ämnen, särskilt TBA, nitrosaminer, organiskt kol (TOC) samt okända eller delvis identifierade ämnen som kan påvisas med NTA/NTS. Fynden visar också att certifiering och leverantörsunderlag är viktiga, men inte ensamma tillräckliga, underlag för att bedöma och kontrollera risken för urlakning vid uppstart och tidig drift.

Den ämnesspecifika bedömningen bör därför användas som stöd för att utforma kontrollprogram där riktade analyser kombineras med summaparametrar och, vid behov,

Tabell 6.1

Ämnen och ämnesgrupper som bör beaktas vid kontroll av möjliga urlakningsprodukter från PFAS-selektiva jonbytarhartser.

bredare screening. Det innebär inte att alla ämnen i tabellen alltid behöver analyseras vid varje anläggning. Analysprogrammet bör i stället anpassas till valt jonbytarharts, leverantörens dokumentation, idrifttagningsförfarande, vattenkemi och resultat från inledande provtagning.

6.3 Analysstrategi och kontrollbehov

Inget av de kommersiella laboratorier som kontaktades i Sverige kunde utföra analys av TBA inom ramen för projektet. Det enda kommersiella laboratorium som identifierades och som kunde analysera ämnet fanns i Frankrike. För TBA angavs rapporteringsgränsen till 50 µg/L. Detta är lägre än den detektionsgräns på 100 µg/L som redovisades i den danska studien (VUDP Föreningen 2024), men fortfarande för högt för att ge ett tillräckligt känsligt underlag för riskbedömning i detta sammanhang. Utifrån Livsmedelsverkets metodik för bedömning av maximalt dagligt intag bedöms en rapporteringsgräns på 50 µg/L vara för hög. Vid en halt i denna storleksordning skulle beräknat vattenintag för spädbarn och barn kunna överskrida den nivå som används i bedömningen, medan motsvarande beräkning för vuxna inte visar samma överskridande. En analysmetod med en så hög rapporteringsgräns är därför begränsat användbar för riskbedömning av TBA i dricksvatten.

Resultaten från de analyser som genomfördes i projektet visar att halten TBA låg under 50 µg/L i samtliga prover från pilotförsök och fullskala, med undantag för ett prov. I detta prov, som togs efter att jonbytarhartset hade varit i drift i cirka två dagar, motsvarande cirka 140 BV, uppmättes TBA över rapporteringsgränsen. Vid den senare provtagningen, efter cirka 6 500 BV, låg halten under rapporteringsgränsen. Inga prover togs mellan dessa två tidpunkter, vilket innebär att det inte går att fastställa hur snabbt halten avtog.

Resultaten skiljer sig från de halter som rapporterades i den danska studien, där TBA uppmättes i intervallet 150–850 µg/L beroende på jonbytarharts (VUDP Föreningen 2024). Det bör dock noteras att den jonbytarharts som gav de högsta halterna i den danska studien, Resinex PFCR-1, inte ingick i detta projekt. Ett av hartserna, Purofine PFA694E, ingick däremot både i den danska studien och i detta projekt. I den danska studien rapporterades TBA-halter under den angivna detektionsgränsen på 100 µg/L för Purofine PFA694E. Detta är förenligt med resultaten i detta projekt, där samtliga prover kopplade till Purofine PFA694E låg under 50 µg/L.

Det krävdes en mer avancerad provtagnings- och analysmetodik för att kunna kvantifiera TBA vid låga halter i vattenprover. I fullskaleanläggningen användes denna känsligare analysmetod och en vecka efter påfyllning av jonbytesharts uppmättes halten TBA till 0,032 µg/l. Fynden i fullskaleanläggningen ligger långt under den danska studiens detektionsgräns (VUDP Föreningen 2024). Resultatet ger därmed inget stöd för att urlakning av TBA från Lewatit® TP 108 DW utgjorde en hälsomässig risk vid det aktuella driftläget, baserat på den aktuella provtagningen. Samtidigt konstateras att en så avancerad analysmetod inte är praktiskt tillgänglig för löpande kontroll vid de flesta VA-bolag.

Analyserna av nitrosaminer visade genomgående halter under kvantifieringsgränsen, LOQ, som var 0,050 µg/L. Denna kvantifieringsgräns är cirka 50 gånger högre än den detektionsgräns på 1 ng/L som användes i den danska studien. I den danska studien rapporterades nitrosaminhalter i intervallet 0,005–0,070 µg/L. Mot denna bakgrund är det inte oväntat att nitrosaminer inte påvisades över LOQ i detta projekt. Resultaten tyder på att halterna i pilot- och fullskaleförsöken sannolikt var låga, men de ger inte ett tillräckligt känsligt underlag för en säker ämnesspecifik bedömning.

Det är svårt att bedöma om organiskt kol urlakas från, eller fastbinds i, jonbytarhartser när den inkommande halten organiskt kol är naturligt hög, exempelvis över cirka 3 mg/L. I sådana vatten krävs en analysmetod med högre precision än vad som

normalt kan garanteras vid rutinanalys hos kommersiella laboratorier. I detta projekt var analysosäkerheten för organiskt kol cirka 0,5 mg/L, vilket begränsar möjligheten att bedöma små förändringar av TOC-halten över jonbytarharts.

Om analys av organiskt kol ska användas för att indikera möjlig urlakning av okända organiska ämnen från jonbytarharts krävs låg och stabil halt av organiskt kol i inkommande vatten samt en analysmetod med hög noggrannhet. Tidigare SVU-arbete har visat att kombinationer av olika analysmetoder för organiskt kol kan vara värdefulla för att förstå och kvantifiera förändringar i dricksvattenberedning, och att förändringar i vissa beredningssteg kräver mycket hög analysnoggrannhet (Köhler och Lavonen 2015). Inom ramen för detta projekt fanns inte utrymme att genomföra sådana fördjupade analyser.

Effektbaserade analyser bör inte ses som en ersättning för riktade kemiska analyser. De kan visa om ett vattenprov ger upphov till en biologisk effekt, men de identifierar inte vilka ämnen som orsakar effekten. Metoden är därför mest användbar som ett komplement, särskilt när det finns osäkerhet kring vilka urlakningsprodukter som kan förekomma eller när riktade analyser endast omfattar ett begränsat antal ämnen.

Tidigare studier har visat att GAK-filtrering kan reducera genotoxiska effekter och andra bioaktiviteter i dricksvattenberedning (Yu et al. 2021). I detta projekt användes effektbaserade analyser som ett komplement till de riktade kemiska analyserna. Syftet var att undersöka om vatten före eller efter jonbytarharts gav upphov till en mätbar biologisk respons.

I pilotförsök 3–4 påvisades en önskad genotoxisk respons i matarvattnet. Vid samma provtagning analyserades även vatten efter Purofine PFA694E. Den genotoxiska responsen kvarstod efter detta jonbytarharts. Resultatet baseras på ett enskilt prov och bör därför tolkas med försiktighet.

I pilotförsök 5–7 genomfördes effektbaserade analyser på råvatten samt på vatten efter de tre undersökta jonbytarhartserna. Ingen genotoxisk effekt påvisades i något av proverna. Övriga analyserade effekter, inklusive oxidativ stress, hormonella effekter och aktivering av Ah-receptorn, låg under detektionsgränsen eller klassificerades i den lägsta resultatklassen. Resultaten ger därmed inget stöd för att de undersökta jonbytarhartserna gav upphov till en mätbar biologisk respons vid det aktuella driftläget.

De effektbaserade analyserna redovisades enligt laboratoriets klassning, där klass 1 motsvarar ingen eller låg biologisk respons och klass 2 motsvarar en något förhöjd respons som kan behöva följas upp. I fullskaleanläggningen klassificerades samtliga resultat i klass 1, med undantag för testet av oxidativ stress som klassificerades i klass 2 före passage genom jonbytarharts. Efter passage genom Lewatit® TP 108 DW klassificerades även detta test i klass 1. Resultatet indikerar att den uppmätta biologiska responsen minskade efter jonbytarsteget vid det aktuella driftläget. Eftersom bedömningen bygger på ett begränsat antal prover bör resultaten tolkas med försiktighet.

Projektet visar samtidigt att det finns ett tydligt behov av kommersiellt tillgängliga analysmetoder för relevanta urlakningsprodukter vid detektions- och kvantifieringsgränser som är användbara för dricksvattenbedömning. För flera ämnen, exempelvis TBA och nitrosaminer, är tillgången till kommersiella analyser begränsad eller så är rapporteringsgränserna för höga för att ge ett tillräckligt säkert underlag för riskbedömning vid låga halter. Resultaten visar därför att tillräckligt känsliga analysmetoder är avgörande för en meningsfull bedömning av möjliga urlakningsprodukter.

Resultaten från de riktade analyserna gav inte stöd för förekomst av höga halter av de ämnen som analyserades inom projektet. De avancerade analyser som utfördes vid DTU gav inte heller stöd för förekomst av nya negativt laddade ämnen som lakades ut från jonbytarharts vid den provtagningstidpunkt som undersöktes (Figur 5.2). Däremot identifierades ett antal positivt laddade ämnen i utgående vatten efter jonbytarharts som inte påvisades i inkommande vatten (Figur 5.3). Ämnena bedömdes vara kvävebaserade, och ett av dem identifierades som TBA. Eftersom endast TBA ingick i kalibreringslösningen kunde endast detta ämne kvantifieras. Det hade varit önskvärt att följa upp vilka

övriga kväveinnehållande ämnen som lakades ut. Projektets underlag räcker dock inte för att tolka NTA/NTS-resultaten i detalj eller för att dra en avgörande slutsats om den samlade förändringen av okända ämnen över jonbytarhartset. Under samtal med en av leverantörerna så lyftes det att det är viktigt att även studera vad som kan händer med ämnen vid en möjlig desinfektion. Denna fråga var dock ej del av detta projekt.

Utvecklingen av högupplösande analysmetoder har gjort det möjligt att upptäcka ämnen som inte är kända på förhand. När misstänkta urlakningsprodukter är okända kan NTA/NTS därför vara ett viktigt komplement till riktade analyser. En möjlig analysgång är att först använda NTA/NTS för att identifiera misstänkta signaler, därefter försöka fastställa ämnens identitet och slutligen, om det är möjligt, följa upp dem med riktad kvantitativ analys och riskbedömning. En sådan arbetsgång är särskilt relevant vid ny produkt, ny leverantör, avvikande driftförhållanden eller misstanke om urlakning som inte kan förklaras av riktade analyser. I praktiken kräver detta samarbete mellan VA-bolag, leverantörer, analyslaboratorier och forskningsaktörer.

Eftersom det inte är praktiskt eller ekonomiskt rimligt att analysera ett mycket stort antal möjliga urlakningsprodukter vid varje anläggning bör kontrollprogrammet utformas stegvis. Riktade analyser bör genomföras vid idrifttagning och tidig drift, medan effektbaserade analyser kan användas vid ett begränsat antal tillfällen före och efter jonbytarharts. Sådana provtagningar kan ge ett bredare stöd för bedömningen av om jonbytarharts påverkar vattnets biologiska respons, särskilt vid ny produkt, ny leverantör, avvikande vattenkemi eller misstanke om urlakning. Ett förslag till ett provtagningsprogram beskrivs i bilaga D.

6.4 Hälsomässig bedömning och kvarvarande osäkerheter

VA-bolag ansvarar för att producera och leverera hälsosamt dricksvatten. De kan ta fram underlag, genomföra verksamhetsnära riskbedömningar och utforma kontrollprogram, men en full toxikologisk bedömning av enskilda ämnen kräver stöd från expertmyndigheter eller annan toxikologisk expertis. Projekt som detta kan därför bidra med underlag och belysa faktorer som behöver beaktas, men kan inte ensamt avgöra den hälsomässiga betydelsen av alla möjliga urlakningsprodukter.

Inom projektet låg fokus främst på TBA och nitrosaminer, eftersom dessa ämnen identifierades som relevanta i tidigare omfattande undersökningar av PFAS-selektiva jonbytarhartser (Tisler et al. 2025). Tidig kontakt med Livsmedelsverket (2025) gjorde det möjligt att få stöd i bedömningen av dessa ämnen. En sådan bedömning kräver både analysresultat, exponeringsantaganden och toxikologiskt underlag, och kan därför vara ett omfattande arbete som främst genomförs när det finns ett tydligt behov.

Livsmedelsverket bedömde de tillgängliga analysresultaten utifrån beräknat dagligt vattenintag för olika grupper, däribland spädbarn, barn och vuxna. Bedömningen gav inte stöd för att de uppmätta eller rapporterade halterna av TBA och nitrosaminer innebär någon hälsofara under de undersökta förutsättningarna. För att en sådan ämnesspecifik bedömning ska kunna göras behöver ämnet vara känt, kunna mätas med tillräcklig känslighet och ha ett tillräckligt toxikologiskt underlag.

Effektbaserade analyser kan ge ytterligare stöd i en hälsomässig bedömning, men de ersätter inte riktade kemiska analyser eller ämnesspecifik riskbedömning. Sådana tester kan visa om ett vattenprov ger upphov till en biologisk respons, men de identifierar inte vilka ämnen som orsakar responsen. I praktiken kan de därför användas för att undersöka om en negativ respons uppkommer, kvarstår eller reduceras genom ett visst beredningssteg. Passage genom aktivt kol, och i vissa fall även genom jonbytarharts, kan reducera en uppmätt biologisk respons genom att ämnen avlägsnas, omvandlas eller fastbinds.

Ett negativt resultat i ett toxicitetstest kan däremot inte användas för att visa att det inte finns någon hälsorisk. Ett exempel är PFAS-ämnen, som kan förekomma vid halter som är hälsomässigt relevanta men som inte nödvändigtvis ger utslag i de toxicitetstester som använts i projektet. Effektbaserade analyser bör därför ses som ett komplement till kemiska analyser och toxikologisk bedömning, inte som ett avgörande bevis för att vattnet är säkert i alla avseenden.

Osäkerheter i bedömningsunderlaget kan få praktiska konsekvenser vid val av reningsteknik. Om underlaget för en ny eller mindre etablerad teknik upplevs som otillräckligt kan VA-bolag välja en mer etablerad teknik, exempelvis aktivt kol eller membranfiltration, även när jonbytarharts kan vara tekniskt eller ekonomiskt fördelaktigt. Detta är en önskad situation om valet styrs av brist på analysmetoder, brist på toxikologiskt underlag eller ottydlig ansvarsfördelning snarare än av faktisk risk.

Sammantaget visar projektet att hälsomässig bedömning av PFAS-selektiva jonbytarhartser kräver flera typer av underlag: riktade analyser av kända ämnen, tillräckligt låga rapporterings- och kvantifieringsgränser, toxikologisk expertbedömning samt, vid behov, kompletterande effektbaserade analyser. I detta projekt gav Livsmedelsverkets bedömning inte stöd för att de analyserade ämnena, under de undersökta förutsättningarna, innebar någon hälsofara. Bedömningen bör dock inte tolkas som ett generellt godkännande av alla jonbytarhartser eller alla driftförhållanden.

6.5 Praktiska utmaningar vid idrifttagning och drift

Det är fördelaktigt om anläggningen, särskilt utformningen av kolonner och dysor, projekteras så att olika typer av hartsprodukter kan användas. Kornstorlek mellan hartser varierar och mindre kornstorlek kräver högre drifttryck.

Innan idrifttagning ska det finnas tillräckligt med utrymme för lagring och leverans av hartser. Även lyftmöjligheter, möjligheter för backspolning och möjligheter för spolning av vatten till avlopp som kan innehålla fines ska vara säkerställda. Om byte av harts ska göras flera gånger per år rekommenderas tillgång till storsäckshanterare och eventuellt automatisk påfyllning för att undvika arbetsmiljörisker och handhavandefel.

Då PFAS avskiljningen i normalfallet ska vara i princip total under de första veckorna om inte halterna är väldigt höga så kan en detektion av PFAS de första veckorna indikera antingen att jonbytaren inte passar vattnet eller att det förekommer hydrauliska problem i filterkonstruktionen.

Utformningen av anläggningen och lagring av massorna bör utformas så att gällande garantitider för funktionalitet av hartserna, som oftast är enbart två år, beaktas. Redan under dimensioneringen bör det eventuell beaktas vilken bytestid som är önskvärd. Styrande parameter är ovan garantitid, arbetskostnader för byte och säker rutin för kunskapsöverföring av de nödvändiga arbetsrutinerna för byte hos VA bolaget.

Erfarenheterna från fyllnad av kolonner visar att vattenbehovet vid ejektoröverföring är en viktig praktisk fråga. Åtgärder som minskar vattenförbrukningen och samtidigt underlättar kontrollen av hur mycket jonbytarharts som nått respektive filter skulle vara värdefulla vid framtida anläggningar.

Vid idrifttagning av nytt jonbytarharts används spolvatten både för att transportera harts och för att skölja den enligt tillverkarens rekommendationer. Provtagning vid olika intervall under spolningen kan ge ökad kunskap om hur snabbt eventuella migrerande ämnen avtar och om den rekommenderade spolningen är tillräcklig under aktuella driftförhållanden.

VA bolag behöver ha tillgång till relevant information från tillverkarna som stöd för urval av olika analyspaket. Projektet tappades med att prover tappades bort två gånger under projektets gång. För NTS analysen valdes därför att transportera prover direkt till labbet.

Möjligen så spelar även råvattnets sammansättning en roll. Hanteras vatten som har desinfekterats eller oxiderats innan passage över jonbytarharts så kan även andra ämnen än de som listas ovan urlakas. De danska erfarenheterna visar att vissa ämnen kan avta efter spolning och drift, medan andra ämnen kan behöva följas under en längre period.

6.6 Rekommendationer

Inom projektet har några konkreta förslag tagits fram för hur idrifttagning av jonbytarhartser kan planeras och följas upp. Nedan diskuteras andra övergripande rekommendationer.

Som ett första steg bör VA-bolaget kontakta leverantören för att få information om jonbytarhartsens sammansättning och om vilka kemikalier som används vid tillverkningen. Det kan innebära att VA-bolaget behöver skriva under ett sekretessavtal, *non-disclosure agreement* (NDA), så att kommersiellt känslig information kan delas på ett kontrollerat sätt. Det är också viktigt att ha en öppen dialog med leverantören om rekommenderad försköljning, idrifttagning, provtagning och drift. Information från referensanläggningar bör efterfrågas på samma sätt som vid införande av andra nya beredningsprocesser.

Vid dialog med leverantören bör VA-bolaget även klargöra praktiska frågor om provtagning under uppstart och drift, försköljning, lagring, garantitider, byte av harts, omhändertagande av förbrukat harts samt hur påfyllning och tömning av filterbehållare ska genomföras.

Vid upphandling och projektering bör VA-bolaget även tydliggöra vilka krav som ställs på funktion, hydraulisk utformning och verifiering vid idrifttagning. Det kan vara svårt att få långtgående garantier för jonbytarhartsens prestanda om det saknas tidigare pilotförsök med samma vatten och samma harts, eftersom prestandan påverkas av råvattenkvalitet, dimensionering, driftförhållanden, förbehandling och hur hartser hanteras i anläggningen. Tidigt genombrott av PFAS 4 kan indikera brister i filterutformningen, exempelvis kortslutningsflöden, kanalisering eller andra preferentiella flödesvägar genom filterbädden. Om särskilda beredningsmål eller acceptanskriterier används vid idrifttagning bör dessa anges redan i upphandling och verifieringsplan, tillsammans med hur provtagning och uppföljning ska genomföras.

Efter dialog med andra VA-bolag kan en provtagningsplan utarbetas där parametrar, provtagningsstidpunkter och syftet med varje analys tydliggörs. Ett förslag till analyslista och provtagningsprogram finns i bilaga D.

VA-bolag, Svenskt Vatten och analyslaboratorier bör därför gemensamt verka för att ta fram relevanta analyspaket för kontroll av jonbytarhartser vid idrifttagning och drift. Ett sådant analyspaket bör minst omfatta ämnen som utifrån befintligt underlag framstår som särskilt relevanta, till exempel TBA, utvalda nitrosaminer och lämpliga summaparametrar för organiskt material. Vid behov bör paketet kunna kompletteras med bredare screening, till exempel NTA/NTS, eller effektbaserade analyser.

Ämneslistorna i CoE (2009) kan ge vägledning vid urval av ämnen till analyspaketet. Ett urval av dessa ämnen redovisas i Tabell 3.1 och Tabell 3.2. Tabellerna kan även användas som stöd för att bedöma vilka rapporterings- eller kvantifieringsgränser som behöver uppnås för att analyserna ska vara användbara i riskbedömningen. Eftersom arbetet med europeiska positivlistor pågår bör utvecklingen följas, särskilt information från ECHA, UBA och ANSES.

Svenskt Vatten kan ha en viktig roll i att stödja VA-bolag vid val av laboratorium, analys teknik och relevanta rapporterings- och kvantifieringsgränser. Som framgår ovan är det viktigt att analyserna har tillräckligt låga gränser för att resultaten ska kunna användas i dricksvattenbedömning. Det kan därför vara värdefullt om flera VA-bolag gemensamt efterfrågar särskilda analyspaket eller riktade analyser från kommersiella laboratorier.

I takt med att fler vattenverk tar jonbytarhartser i drift bör resultat och erfarenheter följas upp i en specialistgrupp. I en sådan grupp kan även frågor om drift, fouling, leverantörsavtal, garantier och ansvarsfördelning diskuteras och jämföras.

Användning av jonbytarhartser är ett val som görs av VA-bolagen. Både driftkostnader, hållbarhetsaspekter men främst hälsoaspekter bör vägas in.

I nuläge finns det ingen indikation att godkända hartser är en hälsorisk. Uppföljning av urlakning under olika miljöer och över tid är att rekommendera.

7 Kvarvarande frågeställningar

Ett antal frågor bedömdes återstå efter projektets slut. Frågorna kan delas in i olika frågekomplex.

Certifiering, standarder och riktlinjer:

- VA-bolag efterlyser fler standarder och certifieringar för material i kontakt med dricksvatten.
- Tydligare riktlinjer om hur jonbytarhartser ska klassas på europeisk nivå efterfrågas.

Här pågår ett arbete på europeisk nivå som måste följas upp.

Garantier och ansvarsområden

- Vilka garantier har VA-bolagen när det kommer till urlakning av ämnen och hur kan dessa följas upp i praktiken?
- Vilka praktiska garantier kan man kräva från leverantör för möjlig urlakning av ämnen över tid?

Detta område kan vara en mycket stor utmaning. Leverantörerna kan inte i förväg veta hur harts kommer att förändras över tid i olika miljöer och under olika förhållanden med avseende på temperatur och vattenkemi. Å andra sidan är det också otänkbart att allt ansvar fortfarande ligger på VA-bolagen.

Analyspaket och analysfrekvens

- Det efterfrågas stöd för tydligare riktlinjer av vilka ämnen som ska analyseras samt att det behövs samverkan för framtagning av relevanta analyspaket för den svenska marknaden.

Det finns ett antal ackrediterade laboratorier i Sverige som utför många avancerade analyser. Om det finns en marknad för utveckling av specialanalyser som kan kopplas till idrifttagning eller uppföljning av hartserna så bör olika analyspaket kunna erbjudas. Det är rimligt att höga kostnader för avancerade analyser bäras gemensamt av leverantör och VA-bolag.

Biologiska effektbaserade metoder anges även i det nya avloppsdirektivet som ett möjligt verktyg vid riskbedömning av påverkan från utsläpp av avloppsvatten. Den fortsatta utvecklingen av sådana metoder och deras tillämpning i uppföljningen är därför relevant att följa.

Hantering av hartserna

- Hantering av hartser efter användning? säkerställande av att det inte förekommer urlakningsprodukter vid byte av filter.
- Miljömässigt och ekonomiskt hållbar avfallshantering, avfallsklassning av förbrukade hartser.
- Ifall det utvecklas regenereringsprocesser för PFAS-specifika jonbytarhartser i framtiden, bör det säkerställas att hartserna visar god mekanisk hållfasthet och potentiella urlakningsprodukter bör undersökas på nytt.

I praktiken kvarstår dessa frågeställningar för förbrukade hartsmassor. Det kan vara beroende på lokala regleringar vilken avfallskod hartserna får om de är laddade med tex. PFAS. Skulle det utvecklas hållbara regenereringstekniker för PFAS-specifika jonbytarhartser i framtiden, så måste det säkerställas att urlakningsprodukter inte blir till problem efter regenerering.

Behov av polisfilter

- Krävs det efterliggande kolfilter för att fånga upp eventuella urlakningsämnen?

Aktivt kol kan binda till sig ett stort antal ämnen varför denna process möjligen kan lämpa sig som efterföljande beredningssteg. Det finns idag inget underlag som kan vara till stöd för bedömning av denna fråga. Möjligen kan ett efterföljande kolfilter binda upp vissa urlakningsprodukter. Det vore intressant att följa upp vilka ämnen som faktiskt kan bindas upp i kolfilter.

Teknikval

Tisler et al (2025) bedömde att det finns risker med användning av jonbytare som var inte tillräckligt utredda när de gjorde sin studie. Eftersom det även finns andra föroreningar än PFAS i det råvattnet som ska beredas i HOFORS anläggningar så väljer man i nuläge att bortse från beredning med jonbytare och föredrar i stället aktivt kol som beredningssteg. Detta är en pågående process.

Referenser

Boyer, T. H., Fang, Y., Ellis, A., Dietz, R., Choi, Y. J., Schaefer, C. E., Higgins, C. P. och Strathmann, T. J. (2021). *Anion exchange resin removal of per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) from impacted water: A critical review*. *Water Research* 200, s. 117244. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117244.

Christoffersen, J. E., Thomsen, A. H., Vinter, L., Tisler, S. & Albrechtsen, H.-J. (2024). *Undersøgelse af afsmitning fra resiner til PFAS fjernelse: Bilag 1* (VUDP-foreningen projektrapport 2023.45). Dansk Vand- og Spildevandsforening. https://backend.orbit.dtu.dk/ws/portalfiles/portal/381097609/PFAS-Rens_GRAD_2024_VUDP._Bilag1._Afsmitning_fra_resiner.pdf [2025-08-04]

EFSA CONTAM Panel (EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain), Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., Grasl-Kraupp, B., Hogstrand, C., Hoogenboom, L., Leblanc, J.-C., Nebbia, C. S., Nielsen, E., Ntzani, E., Petersen, A., Sand, S., Vleminckx, C., Wallace, H., Barregård, L., Ceccatelli, S., Cravedi, J.-P., Halldorsson, T. I., Haug, L. S., Johansson, N., Knutsen, H. K., Rose, M., Roudot, A.-C., Van Loveren, H., Vollmer, G., Mackay, K., Riolo, F. och Schwerdtle, T. (2020). Risk to human health related to the presence of perfluoroalkyl substances in food. *EFSA Journal*, 18(9), 6223. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2020.6223>

Engvall, K. Metodval för borttagning av PFAS- En utredning av pilotförsök på vattenverk (2025). Examensarbete 30 hp i Civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik, Uppsala.

<https://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1973283&dswid=8973>

EU (2011). Kommissionens förordning (EU) nr 10/2011 av den 14 januari 2011 om plastmaterial och plastprodukter avsedda att komma i kontakt med livsmedel. Europeiska unionens officiella tidning, L 12, ss. 1–89.

Franke, V., McCleaf, P., Wiberg, K., & Ahrens, L. (2017). *Hur kan PFAS-ämnen avlägsnas i vattenverken? En granskning av nya och befintliga vattenreningstekniker*. (Rapport Nr. 2017-20). Svenskt Vatten Utveckling. https://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2017-20.pdf

Franke, V., Ullberg, M., McCleaf, P., Wålinder, M., Köhler, S.J. och Lutz Ahrens (2021) The Price of Really Clean Water: Combining Nanofiltration with Granular Activated Carbon and Anion Exchange Resins for the Removal of Per- And Polyfluoroalkyl Substances (PFASs) in Drinking Water Production. *ACS EST Water* 9 April 2021; 1 (4): 782–795.

Halldin T., Wall E. (2025). *Beredningstekniker för avskiljning av PFAS-4 i dricksvatten: En klimat- och kostnadsanalys*. Kungliga Tekniska Högskolan. Miljöteknik och hållbar infrastruktur, civilingenjör. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1998037/FULLTEXT01.pdf>

Köhler, S.J. och Lavonen, E. (2015). *Löst organiskt kol i dricksvatten – en syntes av erfarenheter av GenoMembranprojektet*. Svenskt Vatten Utveckling, rapport 2015-13. Svenskt Vatten AB.

Köhler S., Hedberg L., Moberg J., Lindhe, A., Halldin T., Wall E., Engvall K., Johansson E., Olofsson S., Kalm A., Hübinette M., Svendsen J., Håkansson A., Andersson E. och Sivertsson L. (2026a) *Teknikval för hållbar PFAS-rening i vattenverk. Pilotförsök, kostnader och klimatavtryck*. SVU-rapport 2026-4. Stockholm: Svenskt Vatten.

Köhler S., Sundin A. M., Dahlberg K., Hedberg L., Mallin T., Gårdefors C., Dahlblom S. och Moberg J. (2026b) *Teknikval för hållbar PFAS-rening i vattenverk. Pilotförsök, kostnader och klimatavtryck*. SVU-rapport 2026-7. Stockholm: Svenskt Vatten.

Livsmedelsverket. (2022). *Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten (LIVSFS 2022:12)*. Livsmedelsverkets författningssamling. https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/Lagstiftning/dricksvatten---naturl-mineralv---kallv/Livsfs-2022-12_web_t.pdf

Livsmedelsverket. (u.å.). *Beredningskemikalier och filtermaterial*. <https://kontrollwiki.livsmedelsverket.se/artikel/377/beredningskemikalier-och-filtermaterial> [2025-08-01]

Livsmedelsverket (2025) Hälsorisker med tributylamin i dricksvatten. PM 2025, Dnr 2025/00993. <https://www.livsmedelsverket.se/49c1cb/globalassets/publikationsdatabas/pm/2025/pm-2025-halsorisker-med-tributylamin-i-dricksvatten.pdf> [2026-08-28]

Miljöstyrelsen (2025) Sammanställning av gränsvärden för pfas i miljön. <https://mst.dk/media/e1zot5oh/gaensevaerdier-ved-miljoestyrelsen.pdf> [2026-08-28]

NSF International. (2016). *NSF/ANSI 61: Drinking water system components – Health effects*. https://d2evkimvhatqav.cloudfront.net/documents/NSF-ANSI_61_watemarked.pdf?v=1594929800 [2025-08-01]

Svenskt Vatten. (2024a). *Dricksvattenteknik 2: Råvatten, beredningsbehov och beredningsmetoder* (Publikation U16).

Svenskt Vatten (2024b). *Resultatrapport för VASS Vattenverk 2022*. Rapport R2024-01. Stockholm: Svenskt Vatten.

Tisler, S., Mrkajic, N. S., Reinhardt, L. M., Jensen, C. M., Clausen, L., Thomsen, A. H., Albrechtsen, H.-J., & Christensen, J. H. (2025). A non-target evaluation of drinking water contaminants in pilot scale activated carbon and anion exchange resin treatments. *Water Research*, 271, 122871. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.122871>

VUDP Foreningen. (2024). *Afsmitning af miljøfremmede stoffer fra aktivt kul og ionbytterresiner samt test for tilstedeværelse af og rensning for +50 PFAS stoffer (PFAS-rens grad)*. (Projekt ID: 2023.45). Skanderborg: VUDP Foreningen. <https://insa-drikkevand.dk/files/media/document/Afsmitning%20af%20milj%C3%B8fremmede%20stoffer%20fra%20aktivt%20kul%20og%20ionbytterresiner%20samt%20test%20for%20tilstedev%C3%A6relse%20af%20og%20rensning%20for%20%2B50%20PFAS-stoffer%20%28PFAS-RENS%20GRAD%29.pdf>

Yu, M., Lavonen, E., Oskarsson, A. och Lundqvist, J. (2021). Removal of oxidative stress and genotoxic activities during drinking water production by ozonation and granular activated carbon filtration. *Environmental Sciences Europe*, 33, 124. <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00567-y>

EU (2004) Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1935/2004 av den 27 oktober 2004 om material och produkter avsedda att komma i kontakt med livsmedel och om upphävande av direktiven 80/590/EEG och 89/109/EEG. Nedladdad 2096-07-29: <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2004/1935/oj/swe>.

EU (2020) Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance). Nedladdad 206-07-29: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj/eng>

Bundesanzeiger (2023) Umweltbundesamt Bekanntmachung der Liste zulässiger Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren gemäß § 20 der Trinkwasserverordnung¹ (Stand: Januar 2023). Nedladdad 2027-06-29: <https://www.bundesanzeiger.de/pub/publication/IH2o2fSsV5YvYknFqru/content/IH2o2fSsV5YvYknFqru/BAnz%20AT%2027.01.2023%20B12.pdf?inline=>

CoE (2009) Council of Europe Resolution Technical document No.1 List of substances to be used in them naufactira of ion exchange and adsorbent resins used in the processing of foodstuff Version 3-28.01.2009. ResAP (2004) 3 on ion exchange and adsorbent resins used in the processing of foodstuffs. Nedladdad 2026-07-29: [https://search.coe.int/cm/#{%22CoEReference%22:\[%22ResAP\(2004\)3%22\],%22sort%22:\[%22CoEValidationDate%20Descending%22\]}](https://search.coe.int/cm/#{%22CoEReference%22:[%22ResAP(2004)3%22],%22sort%22:[%22CoEValidationDate%20Descending%22]})

ECHA (2025) Vägledningsdokument VOLUME I: Guidance on testing starting substances, compositions and constituents. Nedladdad 2026-07-29 https://echa.europa.eu/documents/10162/2324906/dwd_guidance_vol1_en.pdf/9d86d72a-1a51-95cd-290f-8597eedf40a1?t=1736327300763

Boudenne, J.-L., Welte, B., Autugelle, C., Chambon, P., Montiel, A., Pontié, M. och Rumeau, M. (2009). *Lignes directrices pour l'évaluation des échangeurs d'ions utilisés pour le traitement d'eau destinée à la consommation humaine*. Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments, AFSSA. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1076.0409>. Nedladdad 2026-07-29: https://www.researchgate.net/publication/282909283_Lignes_directrices_pour_l%27evaluation_des_echangeurs_d%27ions_utilises_pour_le_traitement_d%27eau_destinee_a_la_consommation_humaine

ANSES (2021). *Avis de l'Anses sur le projet d'arrêté relatif aux conditions de mise sur le marché et de mise en œuvre des résines échangeuses d'ions utilisées pour le traitement d'eau destinée à la consommation humaine pris en application de l'article R.1321-50 (I et II) du code de la santé publique*. Rapportnummer 2021-SA-0017. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. Nedladdad 2026-07-29: <https://www.anses.fr/system/files/EAUX2021SA0017.pdf>

UBA (2024) ANKÜNDIGUNG zum befristeten weiteren Einsatz von Ionenaustauschern, Membranen, Kalkschutzgeräten und Filtermedien. Nedladdad 2026-07-29: https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/5620/dokumente/ankuendigung_zum_befristeten_weiteren_einsatz_von_ionenaustauschern_membranen_kalkschutzgeraeten_und_filtermedien_o.pdf

UBA (2026a) muntlig kommunikation med S. Berger tyska UBA.

UBA (2026b) Liste der zugelassenen Aufbereitungsstoffe und Desinfektionsverfahren (§-20-Liste). Nedladdad 2026-07-29: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/trinkwasser/rechtliche-grundlagen-empfehlungen-regelwerk/aufbereitungsstoffe-desinfektionsverfahren-ss-20>

SIS (2019) Svensk standard · SS-EN 12873-3:2019 Vattenförsörjning - Materials påverkan på dricksvatten - Migrationseffekter - Del 3: Provningsmetod för jonbytarhartser/jonbytare och adsorbenter. Tillgänglig (måste köpas) <https://www.sis.se/produkter/miljo-och-halsoskydd-sakerhet/vattenkvalitet/dricksvatten/ss-en-12873-32019/>.

Boverket (2026) Vägledning om material i kontakt med dricksvatten. Nedladdad 206-07-29: <https://www.boverket.se/sv/byggande/byggprodukter2/material-dricksvatten/>

EU (2024) Commission Regulation (EU) 2024/3190 of 19 December 2024 on the use of bisphenol A (BPA) and other bisphenols and bisphenol derivatives with harmonised classification for specific hazardous properties in certain materials and articles intended to come into contact with food, amending Regulation (EU) No 10/2011 and repealing Regulation (EU) 2018/213. Document 32024R3190. Nedladdad 2024-07-30 <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/3190/oj/eng>

Bilagor

Bilaga A Tekniska data för pilotförsök 5–7

Bilaga A redovisar tekniska data för pilotförsök 5–7, där tre PFAS-selektiva jonbytarhartser undersöktes: Sorbix™, Purofine® PFA694E och Lewatit® TP 108 DW. De viktigaste tekniska förutsättningarna för försöken sammanfattas i Tabell A.1.

Parameter	Enhet	Sorbix™	Purofine®	Lewatit®
Typ	–	LC5	694	TP 108 DW
Företag		ECT2	Purolite/Brenntag	Lanxess
Patronfilter	mikrometer	80	80	80
Kolonnhöjd	cm (centimeter)	125	125	125
Rotameter	Liter/h	0-80	0-80	0-80
Storlek på slits	mm (millimeter)	0,3	0,3	0,3
Antal kolonner	St	1	1	1
Total höjd kolonn	cm (centimeter)	82	82	82
Diameter	cm (centimeter)	5,7	5,7	5,7
Bäddvolym	Liter	2,1	2,1	2,1
Flödeshastighet	milliLiter/min	800	800	800
Ytbelastning	m/h	4,7	4,7	4,7
EBCT, 1 kolonn	min	2,6	2,6	2,6

Tabell A.1

Tekniskt data av pilotförsök.

Bilaga B Erfarenheter från Danmark

Sammanfattning av viktiga delar från den danska studien

Hofors rapport (VUDP Foreningen 2024) sammanfattar omfattande laboratorie- och pilotstudier kring rening av PFAS (Per- och polyfluoralkylsubstanser) från dricksvatten, med fokus på jonbytarharts och aktivt kol. Syftet är att utvärdera effektiviteten hos olika teknologier för PFAS-borttagning samt att undersöka eventuella oönskade ämnen som kan migrera från reningsmaterialen till vattnet, för att säkerställa vattenkvalitet och följsamhet med miljökrav i Danmark.

Laboratorieundersökning av jonbytartypade hartser för PFAS-borttagning

Laboratiestudier har genomförts på tre jonbytartypade hartser: Resinex PFCR-1, Purofine PFA694E och ett konfidentiellt hart med beteckning SE/DW. Hartserna består av polymermatriser med starkt eller svagt basiska anjonbytare avsedda att binda PFAS via elektrostatiske och hydrofoba interaktioner. Batchmigrationsförsök enligt NSF/ANSI 61 simulerade worst case-scenarier med längre kontaktid än i praktisk drift för att identifiera ämnen som kan migrera från hartserna till vattnet.

Urlakning och kemisk analys

Majoriteten av analyserade ämnen låg under detektionsgränsen, men flera organiska ämnen påvisades i migrerat vatten från hartserna:

- *TBA* fanns i högst koncentration i Resinex (770–850 pg/L) och SE/DW (150–220 pg/L), vilket indikerar överskott av funktionella grupper.
- *Formaldehyd* påvisades i Resinex (322–443 pg/L), vilket förklarar dess karakteristiska lukt.
- *Klorerade alifater*, såsom diklormetan och 1,2-dikloretan, påvisades i Resinex och SE/DW, där 1,2-dikloretan överskred kvalitetskravet i Resinex.
- *N-nitrosodibutylamin (NDBA)*, en potentiellt cancerogen nitrosamin, påvisades i alla hartser, högst i SE/DW (64–70 ng/L).
- *Acetofenon* och *icke-flyktigt organiskt kol (NVOC)* fanns i flera hartser, där NVOC i Purofine indikerade närvaro av andra organiska ämnen.

De ämnen som påvisades i migrationsförsöken för de tre undersökta jonbytarhartserna sammanfattas i Tabell B.1.

Tabell B.1

Sammanfattning av ämnen som påvisades i migrationsförsök med tre PFAS-selektiva jonbytarhartser i den danska studien.

Ämne	Enhet	Resinex	Purofine	SE/DW
TBA	ng/L	0,77–0,85	Ej påvisat	0,15–0,22
Formaldehyd	ng/L	0,322–0,443	Ej påvisat	Ej påvisat
Diklormetan	ng/L	0,00005–0,00006	Ej påvisat	Ej påvisat
1,2-dikloretan	ng/L	0,0048–0,0051	0,0040–0,0141	0,00015–0,00019
N-nitrosodibutylamin (NDBA)	ng/L	26–56	4–14	64–70
Acetofenon	ng/L	0,00006–0,00007	Ej påvisat	0,00026–0,00035
NVOC	mg/L	1,04–1,14	1,12–1,29	0,36–0,46

Non-Target Screening (NTS)

NTS analyser identifierade över 3 000 unika kemiska signaltoppar (engelska *peaks*), med flest från hartser Resinex och minst från hartser SE/DW. Framträdande ämnen inkluderade tertiära aminföreningar som TBA, styrenfragment, ftalater och pentasackarider, vilka

kan främja bakterietillväxt i distributionsnätet. Många signaltoppar kunde dock inte entydigt identifieras, vilket pekar på behov av vidare karaktärisering.

Reglering och fältstudier

Migrationstesterna representerar worst case-scenarier överskreds gränsvärdet för 1,2-dikloretan i Resinex, och Resinex påverkade lukt och färg i vattnet, vilket strider mot dricksvattendirektivet. Nitrosaminer påträffades i samtliga hartser utan fastställda gränsvärden, medan ftalater, som är hormonstörande, inte är reglerade men förekommer. Fältstudier från Region Hovedstaden och Greve kommun bekräftar migration av vissa ämnen vid uppstart, med avtagande koncentrationer vid drift. SE/DW-harts har använts i fullskala med nitrosaminer under detektionsgränsen efter inkörning, vilket visar att migrationen avtar vid drift.

Rekommendationer för övervakning

Ett analysprogram föreslås för uppstart och inkörning av filter med jonbytarharts, med specifika analyser för NVOC, nitrosaminer, klorerade alifater, alkylaminer, ftalater, acetofenon, styren, TBA, formaldehyd, naftalen och N,N-dibutylformamid. Om NVOC visar att organiskt material lakar ut från jonbytarhartsen, men de riktade analyserna inte kan förklara halten, bör det även undersökas om det organiska materialet är biologiskt nedbrytbart. Sådant material kan fungera som näring för bakterier och därmed öka risken för mikrobiologisk efterväxt i filter, ledningar eller reservoarer. Detta kan exempelvis följas upp med AOC, Assimilable Organic Carbon, som är ett mått på den del av det organiska kolet som mikroorganismer lätt kan använda som näringskälla. Programmet bör anpassas efter jonbytarhartsens specifika sammansättning och tillverkningsprocess.

Pilotstudier av PFAS-rensning i Region Hovedstaden och HOFORs täkter

För att möta skärpta miljökrav på PFAS i danskt dricksvatten (2 ng/L för PFAS 4) har flera pilotstudier genomförts med olika sorptionsmedier, inklusive granulärt aktivt kol (GAK), pulveriserat aktivt kol (PAK), mikrogranulerat aktivt kol (pGAK) och jonbytar-material (IEX harts). Dessa studier syftar till att förbättra kunskapen om effektivitet och kapacitet hos teknologierna samt att säkerställa vattenkvalitet och försörjningstrygghet, särskilt vid Solhøj Kildeplads som är starkt PFAS-påverkat.

PFAS-analys och förekomst

Utökade PFAS-paket analyserades i flera anläggningar och källplatser, där PFAS 22- och PFAS 51-paketen visade stor överensstämmelse. PFAS påträffades på 18 av 46 källplatser, med vissa överskridanden av gränsvärden. PFECHS, ett extra PFAS-ämne, upptäcktes endast på en plats.

Pilotanläggningar och sorptionsmedier

Fem parallella pilotlinjer installerades för att testa olika sorptionsmaterial. Testlinjerna omfattade:

- pulveriserat aktivt kol (PAK) med keramiskt membran,
- fluidiserat mikrogranulerat aktivt kol (pGAK),
- traditionella GAK-filter i serie, med eller utan jonbytarharts.

Jonbytarhartsen som ingick var Resinex PFCR-1. Testlinjerna sammanfattas i Tabell B.2.

Tabell B.2

Sorptionsmaterial som ingick i de danska pilotstudierna.

Material	Form	Typ	Producent	Kornstorlek (mm)	Yta (m ² /g)	Densitet (kg/m ³)
Resinex PFCR-1	IEX	Starkt basisk anjonbytare	Jacobi Carbons	0,3–1,25	600–800	–

Resultat av PFAS-rening

PFAS 4-föreningar i råvattnet varierade mellan 1,8 och 6,3 ng/L, med PFBA som kortkedjad PFAS som genombrott snabbt i alla system.

- *PAK + keramisk membran* visade hög effektivitet med lägst kolförbrukning (<5 g/m³) och nästan fullständig PFAS4-borttagning under försöksperioden. Dosering påverkade reningen, men överdosering gav inga förbättringar på grund av kolskiktets homogenitet.
- *pGAK* avlägsnade PFAS fullständigt under de första 25 dagarna, med genombrott efter cirka 8 400 m³ behandlat vatten (8 g/m³ kolförbrukning). Kortkedjiga PFAS visade dock desorption efter mättnad.
- *Traditionell GAK och jonbytare* gav stabil PFAS-borttagning med genombrott efter 34 000–38 000 BV. Kombination med jonbytare förbättrade reningen och höll PFAS4 under detektionsgränsen under 265 dagars drift.

De testlinjer som användes i pilotstudierna sammanfattas i Tabell B.3.

Tabell B.3

Testlinjer och sorptionsmedier i de danska pilotstudierna.

Testlinje	Sorptionsmedie	Beskrivning
1	PAK + keramisk membran	PAK adsorberar PFAS och membranet förhindrar kolpartiklar att passera.
2	pGAK	Fluidiserat granulärt aktivt kol som utnyttjar hela kolets kapacitet via fluidisering.
3–5	GAK och jonbytare (IX)	Traditionella GAK-filter i serie med jonbytarmaterial eller två olika GAK-typer i serie.

Borttagning av andra ämnen och urlakning

NVOC följde i huvudsak samma mönster som PFAS-avskiljningen. Den testlinje där två olika GAK-typer användes i serie visade bäst avskiljning efter 265 dagars drift. DMS, en pesticidmetabolit, krävde högre kolförbrukning för effektiv avskiljning. TFA avlägsnades inte i PAK-pilotanläggningen, medan 2,5-diklorbensensulfonsyra avlägsnades effektivt.

NTS visade bred borttagning av kemikalier, men vissa ämnen genombrott efter längre drift, särskilt i GAK AS2000 utan jonbytare. Urlakning av TBA och ftalater noterades från pGAK och jonbytare RESINEX, men minskade med drifttid. Ingen nitrosamin- eller formaldehydurlakning upptäcktes i RESINEX efter 137 dagars drift.

Sammanfattande slutsatser

- Olika sorptionsmedier har varierande effektivitet och kapacitet för PFAS-rening i dricksvatten.
- PAK med keramisk membran har lägst kulförbrukning och hög effektivitet, men tillgången på bästa PAK-typen är osäker.
- pGAK visar god kapacitet men kortkedjiga PFAS genombrott tidigt.
- Traditionell GAK och jonbytare ger stabil och bred PFAS-borttagning med högre kulförbruk.
- Kortkedjiga PFAS och urlakning från material utgör utmaningar som kräver fortsatt uppföljning och optimering.

Denna samlade kunskap ger viktiga underlag för dimensionering och drift av fullskaliga PFAS-reningsanläggningar för att möta skärpta miljökrav och säkerställa dricksvattenkvalitet i Danmark.

Bilaga C Workshoppens program

Är jonbytare en lämplig teknik för PFAS-borttagning? Norconsult bjuder in till digital jonbytarworkshop

Datum: 21:a maj 2026 12:30–16:00

Inom ramen för ett SVU-finansierat uppdrag (Svenskt Vatten Utveckling) samlas svenska erfarenheter och data kring PFAS-selektiva jonbytarhartser vid produktion av dricksvatten, med särskilt fokus på om och vilka oönskade ämnen som kan lakas ut från hartserna och hur det kan hanteras vid idrifttagning och drift. Bakgrunden är de skärpta gränsvärdena för PFAS i dricksvatten och en nyligen uppmärksammas dansk studie/pilotarbete som visat att vissa jonbytarhartser kan ge upphov till mätbara halter av oönskade ämnen, vilket väckt frågor i VA-branschen. Målet är att ta fram ett praktiskt underlag för svenska vattenverk för att bedöma om jonbytare kan användas på ett säkert sätt, och i så fall hur.

Hybrid, ca. 20 personer på plats resterande via Teams.

Workshops program sammanfattas i Tabell C.1.

Tabell C.1

Program för workshop om jonbytare som teknik för PFAS-borttagning.

Talare	Organisation	Titel	Tid
Stephan Köhler (in person)	Norconsult	Introduktion om workshopens syfte och mål	12:30–12:35
Liselotte Clausen (digital)	HOFOR	Non-target analys vid pilotförsök i Danmark (inkl. diskussion)	12:35–12:50
Vera Franke (in person)	UVAB	Pilotförsöksuppsättning med jonbytare, TOC halter (inkl. diskussion)	12:50–13:05
Sofia / Emma (in persona)	LBVA	Idrifttagning av vattenverk med jonbytare. (inkl. diskussion)	13:05–13:20
PAUS			13:20–13:30
Stefan Andersson (in person)	Lewatit	Internal quality assurance to avoid risk of leaching of unwanted substances from ion-exchange resins using for producing drinking water (inkl. diskussion)	13:30–13:50
Alba Rodríguez Otero (digital)	Köpenhamns Universitet	Presentation of NTS (Non-target screening) lab results	13:50–14:05
Stephan Köhler (in person)	Norconsult	Summary of risk evaluation of HOFOR findings (Livsmedelsverket)	14:05–14:15
PAUS			14:15–14:20
Grupparbete			14:20–15:15
Återrapportering och paneldiskussion			15:15–16:00

Workshop delen (i små grupper med återrapportering i form av bullet-points):

Vilket kontrollprogram behövs för idrifttagning av en jonbytaranläggning? Både med avseende på LIVFS 2022:12 och för att kunna upptäcka och följa upp eventuell utlakning till dricksvattnet. Hur bör det utformas över tid (start, intrimning, normal drift)?

Vilka krav bör ställas på leverantörer av jonbytarhartser för att minimera risken för utläckage och för att möjliggöra verifiering (Testdata/certifikat, redovisning av möjliga utlakningsämnen, batch/spårbarhet, rekommenderad spolning/idrifttagning, garantier/acceptanskriterier)?

Hur bör risken för läckage från jonbytarhartser bedömas vid val av jonbytare som reningssteg?

English:

Bullet point questions for group discussion:

What control and monitoring plan should be established for the commissioning of an ion-exchange treatment system under LIVSFS 2022:12? How should the plan be designed to detect and follow up on potential leaching or migration into treated drinking water during start-up, optimization and normal operation?

What requirements should be specified for suppliers of ion-exchange resins to minimize the risk of leaching and enable verification? This may include test data and certificates, disclosure of potential leachable substances, batch identification and traceability, recommended flushing and commissioning procedures, warranties, and acceptance criteria.

How should the risk of leakage/migration from ion-exchange resins be assessed when selecting ion-exchange as a treatment step?

Bilaga D Förslag på analysprogram

A. Typgodkännandets migrationstester (utförs av tillverkare eller ackrediterat laboratorium)

Migrationstester kan användas för att undersöka om jonbytarhartser avger organiska ämnen, nitrosaminer eller andra ämnen som är relevanta för dricksvattenkvaliteten. I Tabell D.1 redovisas ett förslag på analyser som kan ingå vid sådana tester, tillsammans med exempel på analysmetoder och motiv till respektive analys.

Tabell D.1

Förslag på analysmetoder för genomförandet av migrationstester.

Test	Analyter	Metod	Motivering
Totalt organiskt kol (TOC)	Utlakning av organiska ämnen ge en indikation på utlakning av oönskade ämnen	EN 1484 / ISO 8245	Gränsen på 1 mg/L TOC COE (2009) i den femte bäddvolymen ger en utgångsreferens; testet bör utökas till 10–15 bäddvolymmer för att kartlägga utlakningskurvan.
Specifik organisk migration – anjonhartser	Trimetylamin, dimetylamin, aminerade polystyrenderivat	GC-MS headspace / LC-MS/MS	För anjonhartser omfattar nedbrytningsprodukterna små aminer som trimetylamin och dimetylamin samt större aminerade derivat av polystyren.
Nitrosaminpanel	NDMA, NDEA, NMEA, NPYR, NPIP, NDBA samt minst 8–11 prioriterade nitrosaminer	LLE-GC-MS	En validerad LLE-GC-MS-metod kan kvantifiera 11 nitrosaminer. Testerna kan utföras både med och utan klorering för att fånga desinfektionsinducerad nitrosaminbildning.
Mikrobiologisk säkerhet	Biofilmsfrämjande potential (ATP, HPC, AOC)	EN ISO 6222	Hartser kan hysa mikrobiell tillväxt och bör testas under stagnationsförhållanden som motsvarar värsta fall.

B. Läckage av batch (per produktionsparti)

Enklare och snabba tester för att bekräfta överensstämmelse med den typgodkända profilen:

- TOC i femte bäddvolymen (godkänd/underkänd mot gränsen 1 mg/L)
- Aminscreening med GC headspace (trimetylamin, dimetylamin)
- NDMA som indikatornitrosamin med LC-MS/MS
- Färg/turbiditet som visuell indikator på integritet

C. Testförhållanden

Migrationstester bör använda följande kontaktförhållanden, som speglar verklig användning:

- *Kontaktvätska*: avmineraliserat vatten justerat till pH 5, 7 och 9
- *Temperatur*: 23 °C (standard) och 40 °C (accelererat/värsta fall för hushållssystem vid användningspunkten)
- *Kontaktid*: sekventiella 24-timmarsfraktioner för minst 10 bäddvolymmer, kartlagda som en utlakningskurva
- *Klorerad belastning*: 0,5 mg/L fritt Cl₂ vid pH 7 för att simulera distributionsförhållanden efter behandling

Operativt provtagningsprogram för säkerställande av dricksvattensäkerhet

Programmet nedan är utformat som ett stegvis, riskbaserat system som skiljer mellan kommunala vattenverk och installationer vid användningspunkt/inloppspunkt. Det är förenligt med den riskbaserade ansats som föreskrivs i DWD 2020/2184 (EU 2020).

Ramverk för provtagningspunkter

Råvatten (SP-0) → IEX-kolonn (SP-01) → Desinfektion (SP-02) → Distribution → Hos konsument (SP-3)

- *SP-0*: Uppströms harts (råvattenbaslinje)
- *SP-1*: Första bäddvolymen som samlas in omedelbart efter varje regenereringscykel eller uppstart
- *SP-2*: Efter harts, före desinfektion (IEX-specifik bedömning av utlakning)
- *SP-3*: Konsumentens tappkran (slutlig säkerhetsbekräftelse inklusive desinfektionsbiprodukter)

Övervakningsfrekvens per parameter

Provtagningsens omfattning och frekvens bör anpassas efter provpunkt, parameter och driftfas. I Tabell D.2 redovisas ett exempel på provtagningsintervall för olika parametrar vid uppstart, intrimning och drift av en jonbytaranläggning.

Tabell D.2

Förslag på provtagningsintervall.

Parameter	SP-0	SP-1	SP-2	SP-3	Metod
TOC	Månadsvis	Vid varje regenerering	Veckovis	Veckovis	EN 1484
NDMA + prioriterade nitrosaminer	Kvartalsvis	Vid varje regenerering	Månadsvis	Månadsvis	LLE-GC-MS
Aminer (TMA, DMA)	Kvartalsvis	Vid varje regenerering	Månadsvis	Månadsvis	GC-MS headspace
Specifika organiska ämnen (beroende på hartstyp)	Årligen	Årligen	Kvartalsvis	Kvartalsvis	LC-MS/MS
PFAS (om harts för PFAS-avskiljning används)	Månadsvis	Per cykel	Månadsvis	Månadsvis	ISO 21675 / EPA 533
Mikrobiologiskt (HPC, E. coli)	Veckovis	Efter stagnation >24 h	Veckovis	Veckovis	EN ISO 6222
pH, konduktivitet, turbiditet	Kontinuerligt	Kontinuerligt	Kontinuerligt	Dagligen	Onlinesensorer

Triggerbaserad utökad övervakning

Programmet bör innehålla automatiska eskaleringstriggers:

- *Delta TOC* > 0,5 mg/L vid SP-2 vid en enskild mätning → utredning
- *Valfri nitrosamin* > 0,1 µg/L vid SP-3 (dvs. en tredjedel av det indikativa gränsvärdet 0,3 µg/L) → avstängning av leverans i avvaktan på utredning
- *Hartsens ålder överskrider tillverkarens angivna kapacitet* (i behandlade BV) eller ålder (oftast 2 år) → obligatoriskt batchbyte oavsett övervakningsresultat
- *TOC-toppe efter regenerering* > 2 × *baslinjen* vid SP-1 → förlängt sköljprotokoll innan återgång till drift.

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se