

Lösningar för minskat utsläpp av förorenat vatten ifrån backspolning av dricksvattenfilter hos enskilda hushåll

av

Linda Lundevaller

Kandidatarbete

Vattenförsörjnings- och Avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik
Lunds universitet

Oktober 2022

Handledare: **Åsa Davidsson**
Examinator: **Michael Cimbritz**

Foto av Linda Lundevaller



Postadress

Box 124
221 00 Lund

Hemsida

www.vateknik.lth.se

Besöksadress

Naturvetarvägen 14

Telefon

046-222 82 85
046-222 00 00

Postadress

Box 124
221 00 Lund

Hemsida

www.vateknik.lth.se

Besöksadress

Naturvetarvägen 14

Telefon

046-222 82 85
046-222 00 00

Förord

Det här kandidatarbetet utfördes under hösten 2022 på institutionen för Kemiteknik på Lunds Tekniska Högskola där jag blivit välkomnad och stöttad under processens gång. Projektet gjordes på uppdrag av Aqua Invent AB och där jag framför allt vill tacka Kim Jonsson som även funnits till hjälp vid frågor kring deras avhärdningsfilter. Jag vill rikta ett extra stort tack till min handledare Åsa Davidsson som varit med och stöttat, gett feedback och peppat under projektets gång. Jag vill också tacka min examinator Michael Cimbritz för värdefulla tips och idéer. Tack även till Frida Hansson och Helena Ensegård på Sustainalink som funnits som stöd under hela processen. Tack till min medstudent Lotte Wolfs för dina pepp-talks och tips. Stort tack till mina vänner, familj och sambo för all uppmuntran, nyfikenhet och kärlek.

Summary

More than 20% of the population in Sweden source their water from own water well, either in their permanent household or in their vacation home. Therefore, it is of importance that this water is handled in a sustainable way, both before and after usage. This in order to make sure it does not cause any complications for the environment or the inhabitants in the future. Most people with their own well have some kind of drinking water treatment. The type of treatment depends on what compounds are found in the water. A common type of filter is the softening filter. Hard water requires more soap and detergent when used in appliances and can lead to an increased energy consumption due to calcification in appliances. Ion exchange filters are often used to soften the water. These filters are regenerated by a NaCl-solution which often is released on the ground, in a trench or in a stormwater cassette. This water often contains a high concentration of salt and other pollutants. The salt and other pollutants that are deposited in the soil may eventually make the soil unusable for crops and plants. Salt and other pollutants can also migrate down to the groundwater and contaminate the drinking water source. The aim of this study is to examine the possibilities to avoid emissions of contaminated backwashed water. Calculations have been made to investigate the concentrations and volumes of the backwashed water from one of the commonly used softening filters by Aqua Invent. Additionally, a literature review has been carried out on the relevant research on the subject. The study has focused on both handle the backwashed water and alternative drinking water cleaning methods. Handle the backwashed water includes collecting the water in tanks subsequently collected by the municipality or a private company for cleaning, send it to wastewater treatment either the municipalities or the own, use for watering plants and recycle the water. None of these can be considered successful or sustainable solutions, currently on offer on the market. The study proposes alternative methods for drinking water treatment which might have more potential to eventually be an opportunity. These options include softening by nanocellulose, plant biomass, recycled plastic, electromembrane and diffusion dialysis. Substantially usage of plant biomass and electromembrane present viable solutions if they could be produced to a lower cost and be more adapted to drinking water treatment in a small scale.

Sammanfattning

Drygt 20 % av Sveriges befolkning har egen brunn, antingen i sin fasta bostad eller i sitt fritidshus. Det är därför viktigt att detta vatten hanteras på ett hållbart sätt, både före och efter användning för att inte orsaka skada på miljön eller befolkningen i framtiden. De flesta med egen brunn har någon form av dricksvattenrening. Vilken typ av rening beror på vilka ämnen som förekommer i vattnet. Ett vanligt filter är avhärtningsfilter som mjukgör vattnet. Hårt vatten kräver mer tvål och tvättmedel och kan ge ökat elförbrukning till följd av beläggningar på apparater. För att mjukgöra vattnet används ofta jonbytarfilter som backspolas med saltvatten då filtermassan rengörs. Detta vatten, som innehåller höga koncentrationer av salt och andra föroreningar, leds ofta rakt ut på marken, till ett dike eller till en stenkista. Höga koncentrationer av salt kan vara skadligt för växter och på sikt kan salt som samlats i marken göra den obrukbar. Saltet och andra föroreningar kan även ta sig ner till grundvattnet där det kan förorena dricksvattenkällan. Syftet med denna studie var att undersöka möjligheterna för att undgå utsläpp av förorenat spolvatten. Beräkningar har gjorts för att undersöka vilka koncentrationer och mängder det backspolade vattnet har hos ett av Aqua Invents avhärtningsfilter. Därutöver har en litteraturstudie genomförts där aktuell forskning i området undersökts. Både metoder för att rena spolvattnet och alternativa dricksvattenreningsmetoder har undersökts. Till de förstnämnda hör att samla upp i tankar som kommunen tömmer, skicka till avlopp både kommunens och eget, använda till bevattning eller återvinna vattnet. Ingen av metoderna kan anses särskilt framgångsrika eller konkurrenskraftiga på marknaden. Studien föreslår alternativa metoder för rening av dricksvatten som däremot skulle kunna ha större potential. Där undersöktes avhärtning genom nanocellulosa, växtbiomassa, återvunnen engångsplast, elektromembran och diffusionsdialys. Framför allt användning av växtbiomassa eller elektromembran kan vara en lösning om kostnaderna skulle sänkas och de skulle bli mer anpassade till småskalig dricksvattenrening.

Innehållsförteckning

1	Introduktion.....	1
1.1	Syfte.....	2
1.2	Aqua Invent AB.....	2
1.3	Rapportens struktur	3
2	Bakgrund.....	5
2.1	Det lilla kretsloppet	5
2.1.1	Enskild dricksvattenförsörjning	5
2.1.2	Enskilt avlopp	7
2.2	Typer av vattenreningsfilter	10
2.2.1	Backspolande filter	10
2.3	Backspolning	11
2.3.1	Backspolningsförloppet	12
2.3.2	Regenereringsmedel.....	12
2.3.3	Efter backspolningen.....	13
2.3.4	Backspolningens effekter på miljön.....	14
3	Material och metod	17
3.1	Litteraturstudie	17
3.2	Filter som används i beräkningarna.....	17
3.3	Beräkningar utsläpp ifrån backspolning.....	17
3.3.1	Filtrets kapacitet samt mängd bortspolat salt.....	17
3.3.2	Antal regenereringar per år	19
3.3.3	Mängden spolvatten vatten på ett år	19
3.3.4	Mängden salt som släpps ut	19
3.3.5	Saltkoncentrationen hos spolvattnet.....	19
4	Resultat och diskussion.....	21
4.1	Storleken på utsläppen idag.....	21
4.2	Omhändertagande av spolvatten	26
4.2.1	Uppsamling i tank	26
4.2.2	Leda till kommunens avlopps nät	28
4.2.3	Rena i eget avloppsreningsverk	29
4.2.4	Använda till bevattning	30
4.2.5	Återvinning av regenereringssaltet eller vattnet	31
4.3	Alternativ till backspolning	31
4.3.1	Nanocellulosa.....	31
4.3.2	Växtbiomassa.....	32

4.3.3	Engångsplast.....	32
4.3.4	Elektromembran	33
4.3.5	Diffusionsdialys.....	34
4.4	Jämförelse mellan olika lösningar	35
5	Slutsats.....	39
6	Framtida studier.....	41
7	Referenser.....	43
8	Appendix	47

1 Introduktion

Det finns ungefär 1 400 000 000 000 miljarder liter vatten på jorden (Svenskt vatten, 2021). Det är dock bara tre procent av detta vatten som är sötvatten och går att använda som dricksvatten. Sötvatten kan antingen förekomma som grundvatten eller ytvatten. En tredjedel av allt sötvatten är grundvatten som bildas av att vatten rinner ner genom jorden. Till ytvatten hör vatten i glaciärer, sjöar och vattendrag. Både ytvatten och grundvatten kan användas till dricksvatten om det renas på rätt sätt. Sverige har för det mesta haft gott om vatten och en person i Sverige använder ungefär 140 liter vatten per dag, vilket är mer vatten än i flera andra länder.

De flesta hushåll i Sverige är kopplade till det kommunala dricksvattennätet och behöver då bara betala 5 öre per liter dricksvatten. Det finns dock 1,2 miljoner permanentboende och ungefär lika många fritidsboende med enskild dricksvattenförsörjning (SGU, 2022). Det innebär att drygt 20% av Sveriges befolkning använder sig av enskilda brunnar och det är därför viktigt att vattnet håller en god kvalitet och att reningen går till på ett miljömässigt hållbart sätt, utan utsläpp av föroreningar, så att vattnet kan fortsätta användas i framtiden.

För att säkerställa god vattenkvalitet är det viktigt att brunnen anläggs på en lämplig plats fri från föroreningskällor (SGU, 2022). Anläggningen måste också vara i bra skick för att säkerställa att inga föroreningar eller smådjur av misstag hamnar i vattnet. Det är dock inte alltid alla föroreningar eller problem med vattnet går att undvika och då behövs ett filter, eller annan form av reningsteknik, som renar från de oönskade ämnena. Vanliga föroreningar är bakterier, höga radonhalter, hummus, kväveföroreningar, fluorid, salt grundvatten och tungmetaller. Även vattnets övriga egenskaper kan leda till problem, såsom dess pH-värde eller dess hårdhet.

Hårt vatten innebär en hög koncentration av kalcium- och magnesiumjoner i vattnet (Svenskt vatten, 2021). Detta kan leda till att mer tvättmedel, diskmedel och schampoo behöver användas. Det kan också ge kalkavlagringar i bland annat rör, vattenkokare och på porslin. Kalkavlagringar i vattenkokare och grytor kan innebära en ökad elförbrukning då kalk inte har lika god värmeledningsförmåga. Hårdheten brukar anges i tyska hårdhetsgrader enligt följande kategorier:

- Mycket mjukt 0–2 °dH
- Mjukt 2–5 °dH
- Medelhårt 5–10 °dH
- Hårt 10–20 °dH
- Mycket hårt >20 °dH

I Sverige är det vanligast med mjukt vatten, men på flera platser med kalkrik berggrund förekommer hårt vatten. Detta är främst i Skåne, Uppsala, delar av Jämtland samt på Gotland och Öland. På dessa platser kan det vara lämpligt att använda sig av ett avhärdningsfilter som gör vattnet mjukare.

Idag använder de flesta avhärdningsfilter sig av jonbyte, vilket innebär att filtret adsorberar joner. När filtret sedan är mättat måste det regenereras för att kunna användas på nytt. Detta sker genom backspolning, det vill säga att vattnet spolas åt motsatt håll. Vattnet som backspolas

innehåller saltjoner som byter plats med jonerna i filtret. Spolvattnet är därför så salt att det inte kan ledas till ett avlopp, då det kan förstöra processerna där. Det finns idag inga tydliga rekommendationer för vart man ska leda spolvattnet, men vanligt är att det spolas ut på marken, till en stenkista, dike eller dagvatten. Det innebär en ökad koncentration av salt och föroreningar på platsen där vattnet spolas ut. På sikt kan dessa föroreningar tränga ner till grundvattnet och skapa problem med dricksvattenreningen. Utöver avhärtningsfilter så använder flera andra filter, såsom nitratfilter och tungmetallfilter sig också av jonbyte. De flesta mindre dricksvattenfilter backspolas, men olika regenereringsmedel kan användas beroende på filtermassa. Trots att det är så vanligt med backspolande filter så finns det idag ingen rekommendation på vart man ska leda sitt spolvatten. Detta kan vara väldigt förvirrande för personer som ska installera ett backspolande filter.

Det görs inte så mycket forskning kring spolvatten och hur det borde tas om hand. I vissa delar av världen är användningen av vattenfilter för hushåll betydligt vanligare än i Sverige. I Indien använder 53 % av befolkningen något slags rening för kranvattnet, för att göra det mer drickbart (Nayar, 2015). På senare år har detta lett till ett ökat intresse för att hitta nya metoder för småskalig rening och avhärtning av vatten som inte kräver utsläpp av föroreningar. Metoderna är dock fortfarande relativt begränsade och har inte fått en spridning på marknaden. I och med att behovet av rent dricksvatten är stort och att det på flera håll i världen råder stor brist så pågår det mycket forskning om hur man kan rena havsvatten samt vatten med andra typer av föroreningar på ett mer energisnålt, kostnadseffektivt och miljömässigt hållbart sätt. Det forskas ofta om nya metoder att mjukgöra vatten, såsom att använda omvänd osmos, elektrodialys, nanofiltrering, kristallisation, destillation eller avdunstning (Malakootian et al.2010). Ofta är dessa metoder dock alltför dyra, kräver mycket energi eller kräver en större anläggning.

1.1 Syfte

Eftersom backspolning innebär ett utsläpp av vatten med en hög koncentration av föroreningar kommer denna studie undersöka vad detta kan tänkas ge för effekter på miljö och hälsa. Studien kommer att fokusera på avhärtningsfilter eftersom det är ett vanligt filter, som dessutom leder till stora utsläpp av salt. Studien har även till syfte att undersöka om det finns alternativ till jonbytarfilter eller om det finns metoder för att undvika backspolning. Möjligheterna till att ta tillvara på spolvattnet kommer också att undersökas. För att specificera projektets syfte används följande frågeställningar:

- *Vad finns det för eventuella miljö- och hälsomässiga effekter av att släppa ut spolvatten?*
- *Går det att ta hand om vattnet som backspolas på något sätt?*
- *Vad finns det för övriga avhärtningsmetoder på marknaden och vad är deras för- och nackdelar?*

1.2 Aqua Invent AB

Kandidatarbetet skrivs i samarbete med Aqua Invent AB, ett företag som designar och tillverkar vattenreningsfilter för både företag och privatpersoner. Företaget startade 1984 på Ideon i Lund, men numera är verksamheten förlagd i Lomma. Kunderna, återförsäljarna och installatörsnätverken återfinns idag över hela landet. Företaget skräddarsyr vattenfilter baserat på tolkningar av vattenanalyser. De tillverkar bland annat avhärtningsfilter, avsyrningsfilter, avjärningsfilter, nitratfilter, humusfilter, radonfilter och filter med omvänd osmos utifrån behovet som vattenanalysen visat.

1.3 Rapportens struktur

Denna studie kommer undersöka hur stora utsläppen från backspolning är för ett hushåll med enskild dricksvattenförsörjning som använder avhärtningsfilter samt alternativa lösningar. Studien bygger främst på litteraturstudier samt beräkningar i Excel utifrån data för Aqua Invents avhärtningsfilter. Till att börja med kommer enskild dricksvattenförsörjning samt eget avlopp beskrivas och deras relation till det backspolade vattnet. Olika filter kommer sedan att presenteras med fokus på filter som mjukgör vattnet. Under material och metod presenteras beräkningar utifrån Aqua Invents avhärtningsfilter som använts för att beräkna volymer och koncentrationer hos spolvattnet. Detta för att få en uppfattning av hur stora utsläppen är och för att få en bild av vilka möjligheter det finns till att ta tillvara på vattnet. Som resultat presenteras de slutgiltiga värdena från beräkningarna. Dessutom kommer förslag på olika metoder för att ta tillvara på spolvattnet samt alternativa filtreringsmetoder, följt av en diskussion som jämför de olika metoderna. Till sist kommer förslag på framtida studier för att ytterligare komma närmare målet om en vattenrening utan utsläpp av förorenat vatten.

2 Bakgrund

Avsnittet för bakgrund börjar med att beskriva enskild dricksvattenförsörjning samt olika metoder för eget avlopp. Därefter beskrivs olika metoder för dricksvattenrening som idag finns på marknaden följt av en genomgång på backspolning av jonbytarfilter. Slutligen beskrivs vilka effekter backspolningen kan ha på hälsa och miljö.

2.1 Det lilla kretsloppet

Det finns olika anledningar till att installera vattenfilter. I Sverige går det alltid att dricka kommunens vatten, men man kan ändå vilja ha ett filter om kranvattnet till exempel är hårt. Har man egen brunn behövs det oftast ett dricksvattenfilter för att nå livsmedelsverkets rekommendationer av renhet. Fastigheter med egen dricksvattenförsörjning har oftast också eget avlopp. Det är då viktigt att avloppsvattnet hanteras på sådant sätt att det inte förorenar dricksvattenkällan. Avloppsavrinningen ska till exempel placeras nedströms grundvattnets färdriktning. Här beskrivs den enskilda dricksvattenhanteringen och dess samverkan med avloppshanteringen för att ge en bild av det lilla kretsloppet runt fastigheten.

2.1.1 Enskild dricksvattenförsörjning

I Sverige är vi vana att kunna dricka vattnet direkt ur kranen och varje person förbrukar i genomsnitt 140 liter dricksvatten per dygn (Svenskt vatten, 2021). Detta vatten används inte bara för att dricka, utan också för dusch, tvätt, disk med mera (Sydvatten, 2015):

- 60 liter för personlig hygien
- 30 liter för toalettspolning
- 15 liter för disk
- 15 liter för tvätt
- 10 liter för mat och dryck
- 10 liter för övrig användning

De flesta får sitt vatten genom kommunens dricksvattenförsörjning men det finns också de som har enskild dricksvattenförsörjning. I Sverige rör det sig om 1,2 miljoner permanentboende och ungefär lika många fritidsboende (SGU 2020). Enligt EU:s dricksvattendirektiv innebär enskild dricksvattenförsörjning att vattenuttaget understiger 10 kubikmeter per dygn eller att den betjänar färre än 50 personer (SGU 2022). Till skillnad från allmän vattenförsörjning som regleras i en författning så regleras den enskilda dricksvattenförsörjningen endast genom råd från Livsmedelsverket. Det är kommunens ansvar att författningen följs för den allmänna vattenförsörjningen, medan det är fastighetsägarens eller sommarstugeägarföreningens val att följa råden kring enskild vattenförsörjning.

Det finns flertalet föroreningar som kan påverka vattenkvaliteten hos den enskilda vattenförsörjningen (SGU 2022). Det kan bland annat röra sig om bakterier, höga radonhalter, höga halter kväveföreningar, fluorid, salt grundvatten, vägsalt, tungmetaller eller bekämpningsmedel. Det är därför viktigt att anlägga brunnar på en bra plats, borta från föroreningskällor såsom avloppsinfiltration och gödselupplag. Utöver det så är det också viktigt att brunnen är i lämpligt skick med bra skydd mot ytligt grundvatten och att den är tät så att inga smådjur kan falla ned. Det är dessutom viktigt att prover tas av vattnet för mikrobiologisk, kemisk och fysikalisk analys så att rätt beredning kan tillsättas för att uppnå önskad dricksvattenkvalitet.

Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning

Livsmedelsverkets råd för enskild dricksvattenförsörjning skiljer sig från riktvärdena som kommunala dricksvattenreningsverk behöver följa (Livsmedelsverket, 2015). Normalt sett har de kommunala vattenverken striktare regler med lägre tillåtna värden av föroreningar. Innan ett filter installeras så tas ett vattenprov för att undersöka biologiska, kemiska och fysikaliska föroreningar som kan finnas i vattnet. Utifrån detta prov anpassas sedan ett filter. I denna rapport är det främst de kemiska och fysikaliska egenskaperna hos vattnet som är av intresse och tabell 2.1 visar mer specifikt vilka av dessa denna rapport behandlar samt livsmedelsverkets råd om gränsvärden för enskild dricksvattenförsörjning för dessa ämnen. Gränsvärdet kan vara satt utifrån hälsomässiga orsaker, estetik eller tekniska orsaker såsom att det kan skada rör och ledningar. Detta markeras i kolumnen ”Tjänligt med anmärkning” med hjälp av följande bokstäver:

(e) = estetik

(t) = teknisk

Tabell 2.1 Ämnen som förekommer i naturligt vatten och behandlas i rapporten samt livsmedelsverkets råd om gränsvärden för enskild dricksvattenförsörjning (Livsmedelsverket, 2015). Fullständig tabell finns i Appendix A:1.

Parameter	Enhet	Tjänligt med anmärkning	Otjänligt	Kommentar
Alkanitet	mg/l HCO ₃			Halt över 60 mg/l HCO ₃ minskar risken för korrosionsangrepp i distributionsanläggningen.
Klorid	Mg/l Cl	100 (t)		Kan påskynda korrosionsangrepp. Halt som överstiger 50 mg/l Cl kan indikera påverkan av salt grundvatten, avlopp, deponi, vägsalt eller vägdagvatten.
		300 (e, t)		Risk för smakförändringar.
Konduktivitet	mS/m			Är ett mått på vattnets totala salthalt. Höga värden (> 70 mS/m) kan indikera höga kloridvärden.
Magnesium	mg/l Mg	30 (e)		Risk för smakförändringar.

Natrium	mg/l Na	100 (t)		Kan indikera påverkan från relict saltvatten eller havsvatten. Kan även orsakas genom avhärdning genom jonbyte med natrium.
		200 (e, t)		Risk för smakförändringar.
pH (vätejonkoncentration)		< 6,5		Låga pH-värden medför risk för korrosion på ledningar som kan leda till ökade metallhalter i dricksvatten. Kan indikera påverkan av ytvatten eller ytligt grundvatten. pH-värdet bör ligga inom intervallet 6,5-9,0.
			10,5 (h)	Troligen orsakat av överdosering av alkaliskt medel eller utlösning av kalk från cementbelagda ledningar. Risk för skador på ögon och slemhinnor. Vattnet kan inte användas som dricksvatten.
Total hårdhet (beräknad)	°dH	15 (t)		Bildas av kalcium- och magnesiumjoner. Risk för utfällningar i ledningar, kärl och fastighetsinstallationer, särskilt vid uppvärmning. Skador på textilier vid tvätt.

2.1.2 Enskilt avlopp

Hushåll med egen brunn har ofta också eget avlopp. Det är då viktigt att avloppsvattnet renas för att förhindra att smitta sprids till dricksvattnet eller till närliggande sjöar och vattendrag (Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Otillräckligt renat avloppsvatten kan också orsaka problem i hav, sjöar och vattendrag, såsom syrebrist, som ger dålig lukt eller övergödning, algbloomning, igenväxta sjöar och fiskdöd. I vissa fall kan näringsämnen i avloppsvattnet användas till gödning.

Det finns olika tekniker för egen avloppshantering. Vilken som används beror på platsens förutsättningar, lagens krav samt ägarens egna önskemål (Institutet för jordbruks- och

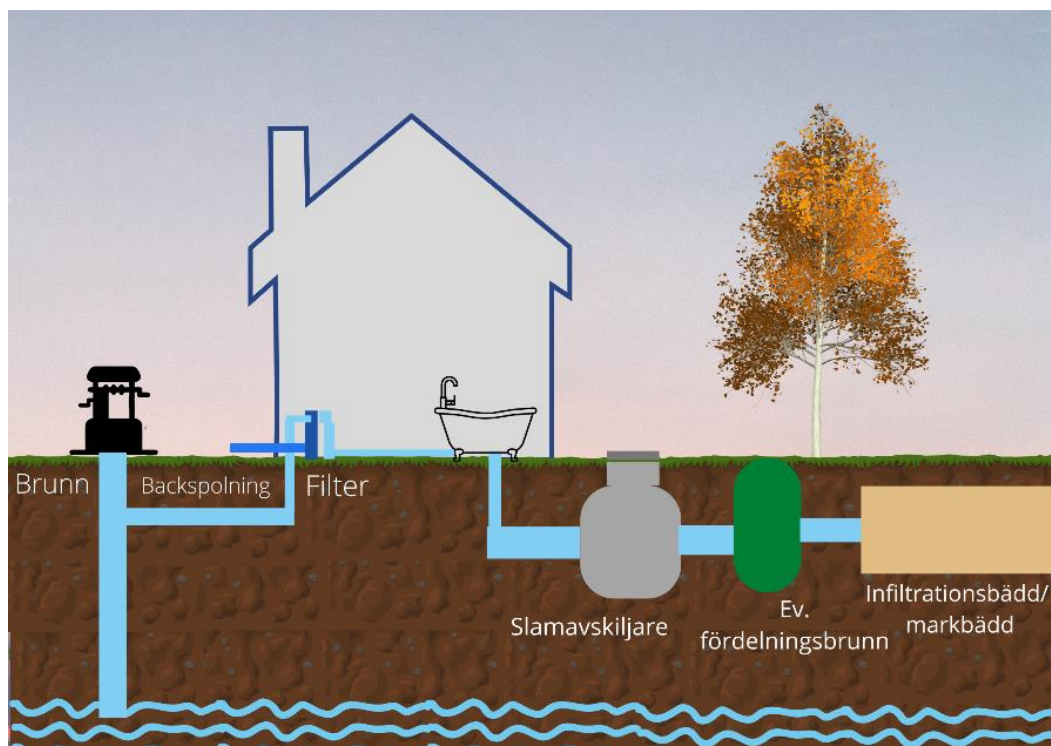
miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Först och främst ska det vara möjligt att använda en viss teknik i just det området. Faktorer som om jorden är sandig eller lerig eller hur djupt ner grundvattennivån är avgör om det går att rena vattnet i den befintliga jorden. Enligt Miljöbalken 1998:808 9 kap 1§ räknas utsläpp av avloppsvatten som miljöfarlig verksamhet och det finns flera bestämmelser för hur det ska gå till. Ligger avloppet i ett område som inte är känsligt för övergödning råder normal skyddsnivå och 90 % av allt organiskt material och 70 % all fosfor ska renas (Fann, u.å.). Däremot om avloppet är i nära anslutning till vatten råder hög skyddsnivå och 90 % av allt organiskt material, 90 % av all fosfor och 50 % av allt kväve måste renas. Kravet på hälsoskydd beror även på avståndet till grannar och dricksvattenbrunnar (Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Vissa kommuner satsar på kretslopp av toalettavfallet, vilket kan påverka vilken reningsmetod som är lämplig.

Slamavskiljare

Den enklaste formen av enskilt avlopp består av en slamavskiljare och därefter en biologisk rening i form av en infiltrationsbädd eller markbädd, se figur 2.1. I Sverige finns det omkring 160 000 fastigheter som enbart har slamavskiljning och inte den biologiska reningen (Fann, u.å. A). Detta är olagligt och bidrar till att fekala bakterieföreningar är den största orsaken till odrickbart vatten ur grävda dricksvattenbrunnar.

Slamavskiljaren samlar upp slam och större partiklar från vattnet (Fann, u.å. A). Tungt partiklar sedimenterar på botten av slamavskiljaren och blir kvar i slamavskiljaren tillsammans med de flytande partiklarna. Råder hög skyddsnivå i området kan det behöva tillsättas ett fällningsmedel i slamavskiljaren som skapar en fosforfällning. Detta gör att mer fosfor stannar kvar i slamavskiljaren och minskar därför risken för övergödning. Resten av avloppsvattnet leds vidare till infiltrationsbädd eller markbädd. Slamavskiljaren brukar sedan tömmas ungefär en gång per år.

Vilken metod av biologisk rening som används beror på markens egenskaper och skyddsnivån i området (Fann, u.å. A). Innan val av metod undersöks markens LTAR-värde (Long Term Acceptance Rate). Detta är ett mått på markens infiltrationsförmåga då det belastas av slamavskilt avloppsvatten, alltså hur lång tid det tar att rena och släppa igenom vattnet. Detta anges i liter per kvadratmeter och dygn (l/m^2 dygn) och tas fram genom att genomföra en perkolationsanalys på jordprover från platsen där anläggningen ska anläggas.



Figur 2.1 Skiss över ett hus med egen brunn och avloppsrening. Backspolningsvattnet kan ledas ut på marken, till ett dike eller stenkista. Förslagsvis leds det inte som i bilden ut precis vid brunnen. Används minireningsverk behövs inte fördelningsbrunnen. Vattnet som passerar infiltrationsbädden kommer röra sig ner mot grundvattnet genom jordlagren. Vattnet från en markbädd kommer istället att ledas bort till exempelvis ett dike.

Infiltrationsbädd eller markbädd

En infiltrationsbädd fungerar bäst då markens infiltrationsförmåga är god eftersom en lerig och kompakt jord kräver större yta (Fann, u.å. B). Själva anläggningen består av en fördelningsbrunn som delar upp flödet över infiltrationsbädden. Bakterier som växer på infiltrationsytan reducerar eller omvandlar föroreningarna medan vattnet rör sig genom bädden. Marken nedanför bädden fungerar som ett filter där fosfor och patogener fastnar. Det är därför viktigt att vattnet kan rinna genom marken så att infiltrationsbädden inte blir översvämmad. Eftersom vattnet renas genom jordlagren är det viktigt att grundvattennivån är tillräckligt djupt nere så att vattnet är rent när det når grundvattnet.

En markbädd liknar en infiltrationsbädd men den används om jorden är lerig och har låg infiltrationsförmåga (Fann, u.å. C). I stället för att vattnet leds genom det naturliga jordlagret så rinner det igenom ett sandfilter och sedan vidare till ett dike eller liknande. Ett alternativ till markbädden kan vara en prefabricerad tank som innehåller både biologiskt filter och sandfilter. De kallas ofta biobädd och precis som med markbädden så rinner vattnet sedan i väg i ett utlopp. Eftersom biobädden inte är beroende av markens genomsläpplighet så krävs ingen perkolationsanalys.

Övriga reningsmetoder

I tätbebyggda områden med hög skyddsnivå kan det vara lämpligt att ha ett minireningsverk. Det är ägarens ansvar att hålla koll på att reningsverket fungerar, bland annat att det finns

tillräckligt med kemikalier och att föroreningar inte kan spridas till dricksvattenbrunnar (Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Minireningsverk tar mindre plats på tomten än en infiltrationsbädd eller en markbädd men de bör ändå ha en efterbehandling där vattnet får rinna genom jordlagren. Hur minireningsverk fungerar varierar mellan olika tillverkare men består ofta av en kemisk rening där fällningskemikalier tillsätts och en biologisk rening där bakterier bryter ner föreningar.

Vissa väljer att skilja på avloppsvatten från toaletten och vatten från bad, disk och tvätt (Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Det kan bero på att det är hög skyddsnivå, för lite plats för infiltrations- eller markbädd av toalettvattnet eller att man vill kunna använda näringsämnena som gödning. Detta kan göras med en latrintoalett där urin och avföring komposteras, en vakuumtoalett där urin och avföring förs till en tank som kommunen tömmer eller en urinsorterande vattentoalett där urinen går till en urintank och avföringen till slamavskiljaren tillsammans med bad-, disk- och tvättvattnet. Avlopp som endast behöver hantera BDT-vatten behöver inte lika stora infiltrations- eller markbäddar eftersom sådant vatten innehåller lägre halter av näringsämnen och mindre mängd organiskt material.

2.2 Typer av vattenreningsfilter

Det finns olika typer av vattenfilter som används vid dricksvattenrening. Vilket filter som är lämpligt på en viss plats beror på råvattenkvaliteten, det vill säga vilka ämnen det finns i vattnet från början. Innan ett nytt filter installeras tas det därför ett prov på råvattnet där parametrar som ingår i livsmedelverkets rekommendationer undersöks. Vanligtvis krävs först ett slamfilter som avskiljer slam och partiklar från vattnet. Därefter kan andra filter avlägsna mindre partiklar och joner eller oskadliggöra skadliga bakterier och virus. Skulle vattnet lukta dåligt beror det ofta på en gas såsom svavelväte (Aqua Invent AB, u.å. A). Då används gasavluftare som finfördelar gasen och sedan mättar vattnet på syre så att svavel och andra gaser reduceras. Även radongas kan filtreras bort på detta vis samt att aggressiv kolsyra kan neutraliseras och metaller såsom järn och mangan fällas ut.

Hur reningen fungerar beror ofta på ämnet som vattnet ska renas från och dess kemiska och fysikaliska egenskaper. Bakterier och virus blir steriliserade med hjälp av UV-strålning så att de inte kan föröka sig och orsaka sjukdomar (Aqua Invent AB, u.å. B). För att undgå att surt vatten korrigerar rörledningar kan ett filter dosera pH-höjande medel (Aqua Invent AB, u.å. C). Inga partiklar fastnar i ett sådant filter och det krävs därför ingen backspolning. Halvbränd dolimitkalk kan också användas som filtermedia för att höja pH-värdet. Då krävs dock backspolning eftersom partiklar fastnar i filtermediat. Det finns också filter där filtermassan byts ut i stället för att backspolas (Aqua Invent AB, u.å. D). Hos Aqua Invent gäller det deras arsenikfilter. Hur ofta massan måste bytas ut beror på mängden föroreningar i råvattnet samt vattenförbrukningen. Vanligtvis måste filtret bytas ut efter 1750–5500 m³ vatten.

Denna studie fokuserar dock på backspolande filter och då främst på backspolande jonbytningsfilter.

2.2.1 Backspolande filter

Vid filtrering kommer föroreningar att fastna i filtermassan. Detta leder till att filtrets förmåga att avskilja partiklar minskar och filtret behöver därför rengöras. Detta sker genom backspolning där vattnet spolas åt motsatt håll för att samla upp föroreningarna.

Adsorptions filter

En vanlig metod att fånga upp föroreningar på för dricksvatten är genom adsorption av föroreningar till en fast yta (Alveteg, 2021). Eftersom adsorptionen är beroende av en fast yta krävs det att denna yta är så stor som möjligt. Vanligtvis är det därför ett poröst material såsom aktivt kol, zeoliter eller polymerer. Adsorptionen baseras vanligtvis på filtrets och föroreningarnas hydrofila/ hydrofoba egenskaper, polaritet och laddning. Olika ämnen med liknande egenskaper kan därför fångas upp i filtret.

Adsorptionsfilter kräver inte särskilt mycket utrymme och har en låg energianvändning vid drift. Filtrets genomströmningsförmåga och förmåga att samla upp föroreningar minskar dock ju mer som fastnat i filtret (Alveteg, 2021). För att inte behöva byta ut filtermassan regenereras de flesta filter. Det innebär att vattnet spolats åt andra hållet för att lossa på föroreningarna i filtret. Ofta krävs det något för att lossa på partiklarna, som att sänka pH-värdet, öka temperaturen eller tillsätta ett elueringsmedel. Själva regenereringen sliter på filtret och gör dessutom att drifttillgängligheten minskar då det inte kan användas under regenereringsfasen.

Membranfilter

Det finns flera olika sorters membranfilter beroende på storleken av partiklar de ska rena (Alveteg, 2021). Principen är dock densamma och bygger på att föroreningarna inte tar sig igenom porerna i membranet. Ofta är mikrofiltreringsfilter ett första steg i en reningsprocess där alla större partiklar renas bort. Pordiametern hos ett mikrofilter är vanligtvis 0,1–10 µm. Efter mikrofiltermembranet kan det vara dags för ultrafiltrering som separerar bort större molekyler. Storleken på molekylerna som kan passera ett ultrafiltermembran anges i enheten Dalton som är detsamma som g/mol. De minsta molekylerna som hålls tillbaka av membranet är 2–1000 kDa.

Omvänd osmos är en slags membranfiltrering som främst används för att reducera mängden lösta salter såsom fluorid, natrium och klorid (Bujak, 2020). Även andra ämnen såsom organiskt material och mikroorganismer kan renas med hjälp av omvänd osmos. Till skillnad från mikrofiltrering och ultrafiltrering så separerar inte omvänd osmos på föroreningar i förhållande till deras storlek. I stället görs reningen i avseende på deras benägenhet att diffundera och deras löslighet, vilket styrs av kemiska och fysikaliska egenskaper, bland annat laddning och storlek. Vid avskiljning av salter finns det många fördelar med att använda omvänd osmos. Då det inte sker några fasändringar ger tekniken en hög energieffektivitet, det är en enkel process med en effektiv och selektiv separation. Det är dessutom enkelt att anpassa storleken på filtret efter behov, både för stora kommunala anläggningar till filter som ska få plats under diskbänken. Aqua Invent AB säljer olika typer av osmosfilter för enskilda hushåll. Nackdelar är kostnad, energikonsumtion i jämförelse med andra filter som inte renar mot salt, membranets livslängd och att det bildas koncentrerat retentat som ska tas om hand.

2.3 Backspolning

Filter som används i dricksvattenrening behöver ofta backspolas för att rensa bort partiklar som fastnat (Satterfield, 2005). För att ett filter ska fungera optimalt är det viktigt att filtret inte sätts igen med partiklar eftersom det hämmar tryckskillnaden mellan sug- och trycksidan. Backspolning innebär att man spolat filtret baklänges och på så sätt lossar på partiklarna som fastnat. Detta sker antingen med jämna mellanrum, efter att en viss mängd vatten filtrerats eller när tryckskillnaden nått till en viss nivå.

Baseras backspolningsintervallen på tid eller mängd vatten ger det bäst resultat om grumligheten i vattnet är konstant. När mer partiklar fastnar i filtret kommer trycket att sjunka (Satterfield, 2005). Desto fler partiklar som fastnar desto större blir tryckfallet. Ofta indikeras tryckskillnaden genom en genomskinlig tub med vatten där vattennivån ökar med tryckskillnaden. När vattennivån nått en viss nivå är det dags för backspolning. Baseras intervallen av backspolning på grumligheten, det vill säga turbiditeten, är ett bra riktvärde att grumligheten ska vara under 0,1 nephelometric turbidity units, NTU, efter varje filterenhet. NTU används för att mäta grumligheten i vattnet genom att mäta mängden ljusspridning från en ljusstråle.

2.3.1 Backspolningsförloppet

Det bästa är om backspolningen får pågå tills vattnet är klart (Satterfield, 2005). Små vattensystem har dock inte obegränsat med rent vatten att använda till backspolning och det finns därför olika metoder för att öka hastigheten på backspolningen. Bland annat så kan en serie vattenstrålar installeras för att öka trycket på det genomströmmande vattnet. Även luftströmmar kan användas för att lossa på orenheter som fastnat.

Under backspolningen kommer filtermediat, i de fall det inte är ett membran, att expandera eftersom vattnet pumpas tillbaka (Satterfield, 2005). För optimal backspolning ska filtermediat ha maximal expansion utan att tappa material eller att stödgruset flyttas. Det som avgör storleken på expansionen är hastigheten på spolvattnet och det är viktigt att den inte är för hög eller för låg. För optimal rening ska filtermediat expandera mellan 15–50 procent.

2.3.2 Regenereringsmedel

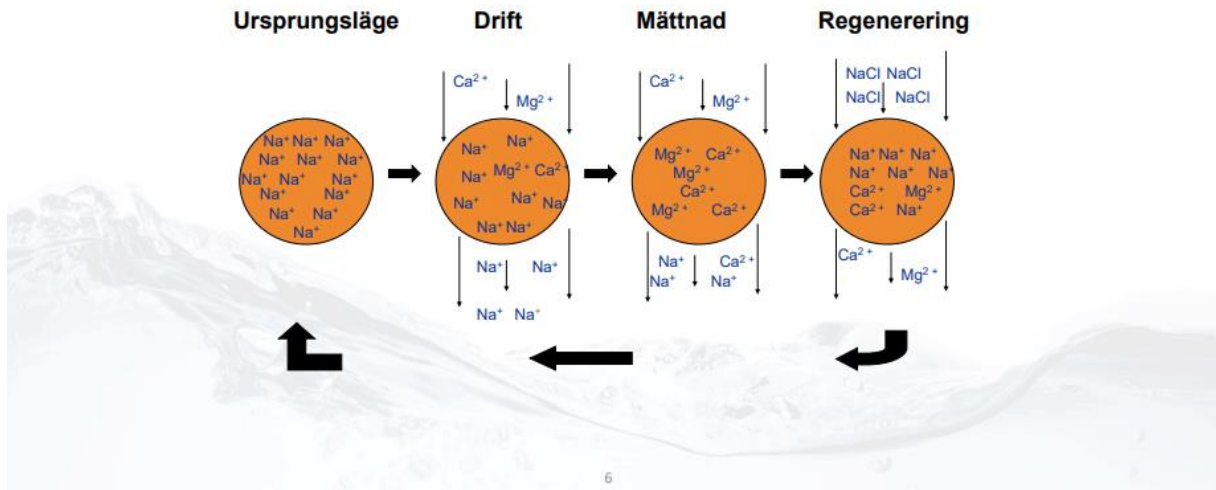
Beroende på vad filtret ska rena mot så används olika typer av filtermassa, men principen för backspolning är ändå densamma. Det vatten som ska backspolas kommer direkt från brunnen. För adsorptionsfilter krävs det ofta en tillsats av ett regenereringsmedel i spolvattnet för att minska möjligheten för adsorption och göra så att partiklarna som fastnat i filtret lossnar och följer med vattnet (Alveteg, 2021).

Det är vanligt att adsorptionsfilter bygger på jonbytesprincipen där filtermassan är laddad och adsorberar joner med motsatt laddning (Jädra rent vatten, u.å.). Vid regenerering används då ofta ett salt, såsom NaCl, som regenereringsmedel för att ladda om filtermassan.. Figur 1 visar hur hela reningscykeln går till för filter med jonbytning, i det här fallet ett avhärtningsfilter. Filtarmassan är från början laddad med natriumjoner. Kalcium- och magnesiumjonerna i det hårda råvattnet kommer under drift att binda till filtret samtidigt som natriumjonerna lossnar och följer med dricksvattnet. 1 mg kalcium motsvarar ungefär 1 mg natrium och 1 mg magnesium motsvarar ungefär 1,5 mg natrium.

När filtret sedan är mättat sker en regenereringsprocess i flera steg. Först fylls en salttank med renat vatten och salttabletter löses upp, i det här fallet NaCl (Jädra rent vatten, u.å.). Rent vatten backspolas sedan genom filtret åt motsatt håll jämfört med hur det normalt rör sig. Detta gör att eventuella orenheter lossnar och filtret reser sig för att förberedas på att laddas med salt igen. Under laddningen av salt dras saltvattnet från salttanken igenom filtret och natriumjonerna tar över jonbindingarna i filtret så att kalcium- och magnesiumjonerna lossnar och spolas ut igen.

Till sist sköljs filtret för att spola ut det kvarvarande saltvattnet och de sista hårdhetsbindande jonerna (Jädra rent vatten, u.å.). Mot slutet höjs hastigheten på sköljningen för att komprimera ihop filtermassan och göra den redo för att rena vatten igen. Principen är densamma för andra jonbytfilter, såsom humusfilter, nitratfilter och tungmetallfilter.

Avhärdning genom jonbyte - principer



Figur 2.2 Reningscykeln för ett avhärdningsfilter med jonbyte. Filtermassan är från början laddad med natriumjoner som med tiden byts ut mot kalcium- och magnesiumjoner. Till slut är filtermassan mättad på de hårdhetsbildande jonerna och filtret måste regenereras (Bild: Aqua Invent AB).

2.3.3 Efter backspolningen

Efter backspolningen kommer det första vattnet som går igenom filtret inte att vara lika rent som önskat (Satterfield, 2005). För att undvika detta kan man låta filtret sätta genom att inte använda vattnet under några timmar. Förslagsvis sker backspolningen på kvällen så att filtret kan sätta sig under natten. Vill man inte vänta på att filtret ska sätta sig kan man leda det första vattnet till avloppssystemet eller backspolningsbassängen.

Spolvattnet är förorenat av alla partiklar som fastnat i filtret samt med regenereringsmedlet men det spolas ofta direkt ut på marken i stället för att ledas till avloppsanläggningar (Avloppsguiden u.å.). Detta för att enskilda avloppsanläggningar inte är gjorda för att ta emot spolvatten och anläggningen kan skadas av den stora stötvisa belastningen. De flesta mindre avloppsreningsanläggningar är dimensionerade för ungefär 850 liter vatten per dygn, vilket motsvarar 6 personers förbr (Havs och vatten myndigheten, 2021), och vid backspolning av avhärdningsfilter används oftast ungefär 300–350 liter vatten vilket motsvarar ungefär två badkar. Backspolningen tar ungefär 80 minuter och det kommer alltså väldigt mycket vatten på kort tid. Vid för hög belastning riskeras slamflykt eller andra störningar i reningsprocessen. Reningsprocessen kan också försämras eller slås ut av ämnen såsom salter och metaller som finns i det backspolade vattnet. Filter som avskiljer järn och mangan bildar flockar av järn och mangan som kan sätta igen en avloppsanläggning. Avhärdningsfilter och andra filter som bygger på jonbyte med salt ger höga salthalter i spolvattnet vilket kan skada de biologiska processerna i avloppsreningen. Filter som justerar pH eller som använder kaliumpermanganat för att återoxidera avjärningsfilter kan också störa processerna i små avloppsanläggningar.

Eftersom fastigheter med enskilt dricksvatten ofta också har enskilt avloppsvatten gör detta att det förorenade vattnet ofta spolats ut på marken där föroreningarna med tiden koncentreras.

Aqua Invent's backspolande filter

Aqua Invent tillverkar flera olika typer av filter som är anpassade efter kundens behov av ämnen att rena från och mängden vatten som ska renas. För det mesta ingår en typ av filter för partiklar eller molekyler som behöver backspolas. Till de backspolande filtren hör:

- Slamfilter
- Kolfilter
- Avsyrningsfilter
- Avhärtningsfilter
- Nitratfilter
- Avjärningsfilter
- Humusfilter
- Tungmetallfilter
- Uranfilter
- Kombinationsfilter

Slamfilter tar bort slam och större partiklar. Adsorptionsfilter renar från organiska kemikalier, humus, färg, bismak och lukt. Avsyrningsfilter höjer pH-värdet om det är för lågt, vilket minskar mängden kolsyra och även kan fälla ut lägre halter av järn och mangan. Avjärningsfilter renar främst från järn och mangan men vissa kan även rena mot svavelväte och partiklar. Nitratfilter renar från nitrat, NO_3 , vilket främst tyder på att vattnet är påverkat av avlopp, gödsling eller andra föroreningskällor. Humusfilter renar från humusämnen, organiska material som inte har brutits ner fullständigt. Tungmetallfilter renar från tungmetaller, vilket är metaller med en densitet över 5 g/cm^3 dit bland annat bly, nickel, zink, koppar, krom, järn, mangan och uran hör. Uranfilter renar specifikt från uran som är en svagt radioaktiv tungmetall.

I den här studien kommer vi att fokusera på avhärtningsfilter. Avhärtningsfilter används för att göra hårt vatten mjukare genom att binda kalcium- och magnesiumjonerna som gör vattnet hårt. Problemet med hårt vatten är att det kan bilda karbonatbeläggningar vid uppvärmning i vattenkokare, rörsystem, varmvattenberedare, maskiner, kokkärl och på porslin (Sunda, u.å.). Detta kan leda till energiförluster. Vid tvätt och duschning kan det krävas mer tvättmedel och tvål vilket kan göra tvätten hård och sträv. Hårt vatten kommer av en kalkrik berggrund. Ungefär 80% av Sveriges yta har en kalkfattig berggrund och därför mjukt vatten. Kalkrikt berg finns främst kring Uppsala, Gotland, Öland, Jämtland och Skåne.

2.3.4 Backspolningens effekter på miljön

Vad som sker med det backspolade vattnet för enskilda hushåll är idag upp till ägaren av anläggningen. Det rekommenderas inte att leda det till det enskilda avloppet eftersom det kan slå ut de biologiska och kemiska processerna där eller orsaka slamflykt (Avloppsguiden, u.å.). Skulle fastigheten vara ansluten till det kommunala ledningsnätet finns det risk att spolvattnet skulle kunna ställa till med besvär för reningsprocessen även där. I det kommunala avloppsledningsnätet blir vattnet dock mer utspätt än vad det blir om det går till en enskild avloppsanläggning och risken är därför betydligt mindre. Det rekommenderas ändå inte att leda spolvattnet dit och vattnet leds därför ofta bara rakt ut på marken, till ett dike.

Ämnena som filtret renat mot kommer från råvattnet och finns alltså naturligt i marken. I spolvattnet förekommer de dock i en högre koncentration. När spolvattnet regelbundet spolas ut på samma plats kommer det därför att ske en ackumulering i marken. På sikt kan den förhöjda koncentrationen av ämnen nå grundvattnet. Detta kan leda till problem, framför allt om man har ett jonbytarfilter som använder salt som regenereringsmedel. På sikt kan saltet tränga ner i grundvattnet och skapa problem när det ska användas som dricksvatten.

Regenereringsmedlen skapar inte bara problem om de når grundvattnet, de kan även skada växter om de bara släpps ut på tomten. Salt kan användas som bekämpningsmedel mot ogräs och även skada önskvärda växter. Natriumjoner i för höga koncentrationer är giftigt för växter och detsamma gäller för kloridjoner (Zhu, 2007). Dessutom har vatten med hög jonkoncentration lägre osmotisk potential och skapar därför osmotisk stress. Detta motverkar växten från att växa och kan på sikt även döda växten. Att över tid släppa ut salt på samma plats kan urlaka jorden och göra den obrukbar.

Växter kommer inte bara att suga upp vattnet utan också de lösta ämnena i vattnet. Det är därför inte lämpligt att släppa ut allt slags backspolningsvatten på växter som sedan ska ätas. Är det ett avhärdningsfilter där backspolningsvattnet mest innehåller kalcium, magnesium och salt gör inte det växten skadlig att äta. Men backspolningsvatten från tungmetallfilter bör hållas borta från en odling med ätbara växter.

Det är vanligt att kaliumpermanganat, KMnO_4 , används som regenereringsmedel för avjärningsfilter. Kaliumpermanganat är ett starkt oxidationsmedel och hos Aqua Invent används det för att återoxidera avjärningsmassan Manganese Greensand (Aqua Invent, u.å. E). Kaliumpermanganat är ett miljögift och speciellt farligt för vattenlevande organismer. Det är därför olämpligt att släppa ut det på marken. Det rekommenderas inte heller att leda vatten med kaliumpermanganat till avloppet, oavsett om det är enskilt eller kommunalt eftersom det kan skada de biologiska processerna i avloppet (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Detsamma gäller för andra oxiderande ämnen som kan förekomma i spolvatten.

Även avjärningsfilter som inte använder kaliumpermanganat kan vara problematiskt eftersom dessa filter kommer att flocka järn och mangan som kan slå ut enskilda avlopp om vattnet leds dit. Sådana filter ska därför inte ledas till avlopp (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Dessutom finns det vissa avjärningsfilter som regenereras med salt vilket ytterligare ökar de negativa effekterna av att leda det till avloppet.

Vid surt vatten används ibland starkt basiska ämnen såsom lut och soda för att höja pH-värdet på vattnet (Havs- och vattenmyndigheten, 2021). Backspolas dessa filter kan backspolningsvattnet få höga halter av natriumhydroxid och natriumkarbonat vilket bland annat kan ha frätande effekter och vara skadligt för växter.

3 Material och metod

Avsnittet för material och metod ger en översikt över hur litteraturstudien gått till. Därefter presenteras beräkningar utifrån Aqua Invents avhärningsfilter AH. Beräkningarna syftar till att estimeras mängden bortspolat vatten via backspolning, hur ofta filtren behöver backspolas och hur mycket salt det innebär att det släpps ut varje år från ett filter. Dessutom beräknas saltkoncentrationen hos spolvattnet för att få en bild av hur det vattnet skulle kunna hanteras.

3.1 Litteraturstudie

För litteraturstudien har sökmotorer som LUBsearch, Google Scholar och Google använts. Följande sökord har bland annat använts:

Egen dricksvattenförsörjning, eget avlopp, backwash ionexchange, hardness removal, environmentally friendly hardness removal, watering with saltwater, nanocellulose, electromembrane household drinkingwater purification, diffusion dialysis household drinkingwater purification.

3.2 Filter som används i beräkningarna

I denna studie används Aqua Invents filter AH som exempel på ett avhärningsfilter. Beräkningar har gjorts för att undersöka mängden salt som teoretiskt kommer att släppas ut per regenerering. Filtret är konstruerat med en separat salttank. Hårdheten kan ställas in på filtrets ventil för att ställas in på önskad nivå, AH-20, 25, 30 och 50. En justeringsskruv finns monterad för att reglera vattenhårdheten till önskad nivå. Avhärningen sker med hjälp av jonbyte och filtret regenereras med natriumklorid.

3.3 Beräkningar utsläpp ifrån backspolning

Beräkningarna som genomförts har estimerat saltmängd som släpps ut per backspolning och per år samt hur ofta ett filter behöver backspolas. Även saltkoncentrationen hos det backspolade vattnet har beräknats. Beräkningarna är gjorda utifrån hushåll på 1–6 personer som använder Aqua Invents avhärningsfilter AH- 20, -25, -30 och -50.

Gränsvärdet för att vatten ska klassas som hårt är vid 15 °dH. Detta är ovanligt i Sverige, men förekommer bland annat i Uppsala. Danmark har en nyare berggrund än i större delen av Sverige och därför mer kalk i berget. På grund av detta har de flesta hushåll i Danmark hårt vatten, framför allt i östra delen av landet. I Köpenhamn kan hårdheten variera mellan 20–30 °dH. I detta avsnitt kommer tre olika hårdheter, 15, 20 och 30 °dH, att användas till beräkningarna.

3.3.1 Filtrets kapacitet samt mängd bortspolat salt

Avhärningsfilter AH används för att ta bort kalcium- och magnesiumjoner och på så sätt göra vattnet mjukare. När filtret regenereras används salt. Mängden salt som används syns i tabell 3.1 tillsammans med de olika filtrens indexkapacitet, det vill säga hur många kubikmeter vatten filtret kan rena per hårdhetsgrad.

Tabell 3.1 Lista av rådata från Aqua Invents avhärningsfilter AH. De olika beteckningarna indikerar olika storlekar.

Beteckning	Index kapacitet [m ³ /°dH]	Saltförbrukning per regenerering [kg]
AH-20	60	2,4
AH-25	75	3,0
AH-30	90	3,6
AH-50	150	6

Eftersom filtret har en maximal mängd joner som det kan genomföra jonbytet med är det endast avhärningskapaciteten som förändras när hårdheten på vattnet ändras. Avhärningskapaciteten är den mängd vatten i m³ som filtret kan avhärda mellan regenereringarna. För att beräkna denna hos filtret används följande ekvation:

$$\text{Avhärningskapacitet} = \frac{\text{Indexkapaciteten} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{°dH}} \right]}{\text{Råvattenhårdheten} [\text{°dH}]} \quad (1)$$

1 °dH motsvarar 7,14 mg Ca²⁺ /liter. 1 mg/l Ca²⁺ motsvarar 25 µmol/l och 1 °dH ger därför:

$$7,14 \text{ mg/l } \text{°dH} * 25 \text{ µmol/mg} = 178,5 \text{ µmol/liter } \text{°dH}$$

Detta betyder att 15 °dH motsvarar 107 Ca²⁺ mg/l och 2,68 mol/liter. Eftersom kalciumjonen är en divalent jon är laddningskoncentrationen dubbelt så stor som molkoncentrationen, det vill säga 5357,2 µeq/l. Natriumjonen är monovalent, vilket betyder att antalet natriumjoner som behövs för att ladda om den laddningen är 5,36 mmol/l.

Eftersom kapaciteten för det minsta AH-filtret var 4000 liter ger det en mängd på:

$$n_{\text{Na}} = C_{\text{Na}} * V_{\text{avhärningskapacitet}} = 5,36 \frac{\text{mmol}}{\text{l}} * 4000 = 21,4 \text{ mol Na}^+ \quad (2)$$

Molmassan för natrium är 22,99 g/mol, vilket betyder det att det behövs följande mängd för att ladda om filtret om det använts till sin fulla kapacitet:

$$m_{\text{Na}} = M_{\text{Na}} * n_{\text{Na}} \quad (3)$$

Allt salt kommer dock inte fastna i filtret och man behöver därför en större mängd salt än den som faktiskt stannar i filtret. Den överblivna mängden salt spolat ut tillsammans med resten av spolvattnet:

$$\text{Bortspolat salt} = \text{Saltförbrukning per regenerering} - \text{Na}^+ \text{ som fastnar} \quad (4)$$

3.3.2 Antal regenereringar per år

I genomsnitt förbrukar en person i Sverige 140 liter vatten per dygn. Detta innebär att en person förbrukar 51 100 liter varje år. I tabell 3.2 visas vattenförbrukningen för några olika hushåll.

Tabell 3.2 Vattenförbrukningen för olika hushåll per år.

Antal personer	Mängd förbrukat vatten [m ³ /år]
1	51,1
2	102,2
3	153,3
4	204,4
5	255,5
6	306,6

För att beräkna hur många gånger ett filter måste backspolas under ett år har mängden förbrukat vatten för dividerats med avhärtningskapaciteten för respektive filter vid de olika hårdheterna 15-, 20- och 30 °dH. Det är alltså mängden personer i hushållet och hårdheten på vattnet som avgör hur ofta ett filter backspolas.

Antal dagar mellan varje regenerering kunde beräknas på liknande vis genom att dividera kapaciteten med förbrukningen per dag för de olika hushållen vid olika hårdhet på vattnet.

3.3.3 Mängden spolvatten vatten på ett år

De flesta avhärtningsfilter backspolar 300–350 liter vatten per backspolning. Genom att multiplicera detta med antalet regenereringar per år fås ett intervall av hur mycket vatten som backspolas per år. Detta för att få en bild av hur stora mängder vatten som kan behöva hanteras.

3.3.4 Mängden salt som släpps ut

Då antalet regenereringar per år beräknats kan mängden salt som släpps ut via spolvattnet beräknas. Detta genom att multiplicera mängden salt som släpps ut per backspolning med antalet backspolningar per år.

3.3.5 Saltkoncentrationen hos spolvattnet

Eftersom de flesta avhärtningsfilter backspolar 300–350 liter vatten per backspolning kan ett intervall för koncentrationen av salt hos spolvattnet beräknas. Minimivärdet fås genom att använda den mängd salt som spolas ut om filtret samlar upp till sin fulla kapacitet och dividera detta med den största mängd vatten som backspolas, 350 l. För AH-20 filter gäller då:

$$\text{Minimal saltkoncentration [g/l]} = \frac{\text{Minimalt bortspolat salt [g]}}{\text{Maximal mängd spolvatten [l]}} \quad (5)$$

Den maximala koncentrationen salt i spolvattnet fås genom att anta att inget salt fastnar i filtret. Då används den mängd salt som går åt vid backspolning och divideras med den minsta mängd vatten som backspolas. AH-20 filtret ger då den maximala koncentrationen:

$$\text{Maximal saltkoncentration [g/l]} = \frac{\text{Maximalt bortspolat salt [g]}}{\text{Minimal mängd spolvatten [l]}} \quad (6)$$

Eftersom molmassan för klor är 35,5 g/mol och molmassan för natriumklorid är 58,44 g/mol kommer massan av klor utgöra $35,5/58,44=0,607$ andel av massan för salt. För att beräkna koncentrationen av klor i spolvattnet har 0,607 multiplicerats med saltkoncentrationerna.

Konduktivitet

Konduktiviteten är ett mått på vattnets elektriska ledningsförmåga. Denna ökar med temperatur och koncentration joner i vattnet. För en särskild temperatur kan man därför använda konduktiviteten för att beräkna mängden lösta joner. I spolvattnet kommer det att finnas flera olika joner. Här har jag dock förenklat för att endast beräkna konduktiviteten hos en NaCl-lösning. Hos jonbytarfilter kommer majoriteten av jonerna i spolvattnet att vara just natrium- och kloridjoner. Formeln som används för att beräkna masskoncentrationen i g/l är följande:

$$\text{Masskoncentration [g/l]} = \frac{\text{Konduktivitet [S/m]} * \text{Molmassa [g/mol]}}{\text{Molar jonkonduktivitet [S/m per mol/l]}} \quad (7)$$

Molmassan för NaCl är 58 g/mol. Den molära jonkonduktiviteten kan beräknas genom att addera den molära jonkonduktiviteten för natrium och klorid var för sig. Det vill säga:

$$5,01 \text{ mSm}^2/\text{mol (Na)} + 7,63 \text{ mSm}^2/\text{mol (Cl)} = 12,6 \text{ mSm}^2/\text{mol (NaCl)}$$

Vatten som leds till avloppssystemet i VA SYD får som högst ha en konduktivitet på 500 mS/m. Enligt formel 7 ger detta en koncentration av NaCl på:

$$\frac{0,5 \text{ S/m} * 58 \text{ g/mol}}{12,6 \text{ S/m per mol/l}} = 2,3 \text{ g/l}$$

4 Resultat och diskussion

Resultat och diskussionsdelen består dels av resultaten från beräkningarna i Material och Metod-delen, och dels av föreslagna metoder för att omhänderta det backspolade vattnet eller alternativa metoder till jonbytarfilter. Detta avslutas med en jämförelse av de olika föreslagna lösningarna.

4.1 Storleken på utsläppen idag

Idag finns det inga tydliga rekommendationer för vad som ska ske med spolvattnet. Fyra olika vattenfilterföretag har blivit tillfrågade vad de brukar rekommendera sina kunder att göra. Samtliga företag var överens om att inte leda spolvattnet till en liten avloppsanläggning då det skulle kunna störa reningsprocesserna där. Två av företagen menade att de flesta med kommunalt avlopp kör backspolningsvattnet till det kommunala avloppsnätet. De med egen brunn och eget avlopp kunde enligt ett av företagen leda ut det på marken. Ett annat företag menade att man då kunde leda vattnet till en stenkista, dike eller dagvatten så länge det inte påverkar vattenkällan. Ytterligare ett företag sade även de att man kunde anlägga en stenkista dit vattnet kunde ledas. Det sista företaget brukar rekommendera sina kunder att leda det till dagvattennätet. De menade att saltet blir väldigt utspädd och därför inte kommer att ha någon negativ påverkan.

Oavsett om vattnet släpps ut på marken, dike eller dagvatten kommer föroreningarna att få en förhöjd koncentration där de släpps ut. Detta för att det sker en anrikning i jorden då vattnet avdunstar. För att undvika att dricksvattenkällan blir påverkad får inte grundvattnet röra sig i riktning från utsläppsplatsen till platsen där dricksvattnet pumpas upp. För att få en bild av hur mycket salt som spolas bort via backspolningen har beräkningar gjorts enligt ekvation 1–4 och resultatet syns i tabell 4.1. Där syns också kapaciteten, det vill säga hur mycket vattenfiltret kan rena mellan varje regenerering som beräknats i ekvation 1. Beräkningarna för denna tabell finns under avsnitt 3.3.1. I tabellen syns det att det spolas ut 1,9–4,8 kg salt per regenerering om filtret uppnått sin fulla kapacitet och omladdningen av filtret är fullständig. Skulle inte omladdningen vara fullständig eller om filtret regenereras innan det uppnått sin fulla kapacitet kommer mer salt följa med det backspolande vattnet. I och med att regenereringar sker regelbundet kommer saltkoncentrationen i marken på utsläppsplatsen att vara hög.

Tabell 4.1 De olika storlekarna av AH filter och deras respektive indexkapacitet, saltförbrukning per regenerering, kapacitet utifrån hårdheten samt mängd bortspolat salt om den fulla kapaciteten nås.

Beteckning	Indexkapacitet	Saltförbrukning per regenerering	Hårdhet [°dH]	Kapacitet [m ³]	Mängd Na ²⁺ [mol]	Massa Na ²⁺ [g]	Bortspolat salt [kg]
AH-20	60	2,4	15	4	21,42	492,5	1,908
			20	3			
			30	2			
AH-25	75	3,0	15	5	26,78	615,6	2,384
			20	3,75			
			30	2,5			
AH-30	90	3,6	15	6	32,13	738,7	2,861
			20	4,5			
			30	3			
AH-50	150	6,0	15	10	53,55	1231	4,769
			20	7,5			
			30	5			

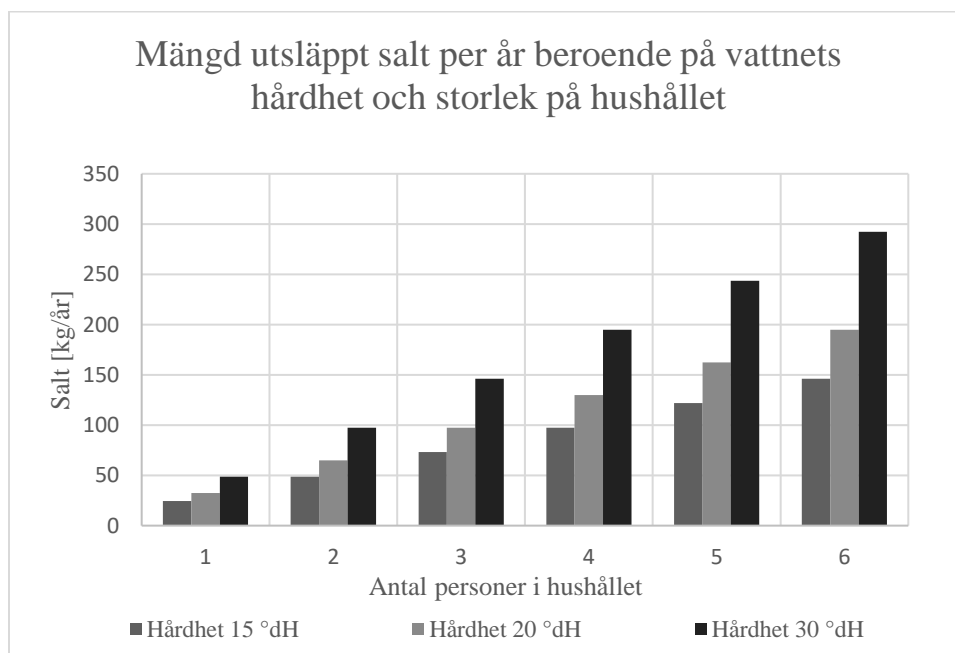
Hur ofta filtret behöver regenereras syns i tabell 4.2. Beräkningarna för denna tabell är gjorda under avsnitt 3.3.2. Här syns både med hur många dagars mellanrum ett filter behöver regenereras samt hur många gånger det blir totalt på ett år.

Tabell 4.2 Minsta antal regenereringar som krävs varje år förutsatt att filtret når sin fulla kapacitet inför varje regenerering.

Filtre r	Antal persone r	15 °dH		20 °dH		30 °dH	
		Antal dagar mellan regenerering ar	Antal regenerering ar per år	Antal dagar mellan regenerering ar	Antal regenerering ar per år	Antal dagar mellan regenerering ar	Antal regenerering ar per år
AH - 20	1	29	13	21	17	14	26
	2	14	26	11	34	7	51
	3	10	38	7	51	5	77
	4	7	51	5	68	4	102
	5	6	64	4	85	3	128
	6	5	77	3	102	2	153
AH - 25	1	36	10	27	14	18	20
	2	18	20	13	27	9	41
	3	12	31	9	41	6	61
	4	9	41	7	55	4	82
	5	7	51	5	68	4	102
	6	6	61	4	82	3	123
AH - 30	1	43	9	32	11	21	17
	2	21	17	16	23	11	34
	3	14	26	11	34	7	51
	4	11	34	8	45	5	68
	5	9	43	6	57	4	85
	6	7	51	5	68	4	102
AH - 50	1	71	5	54	7	36	10
	2	36	10	27	14	18	20
	3	24	15	18	20	12	31
	4	18	20	13	27	9	41
	5	14	26	11	34	7	51
	6	12	31	9	41	6	61

Vi kan se att antalet regenereringar på ett år är dubbelt så stort vid 30 °dH som vid 15 °dH. Antalet regenereringar ökar också då antalet personer i hushållet ökar. Flest antal regenereringar, 153 stycken, fås vid det minsta filtret, vid största hushållet och högsta hårdheten. Hos det största filtret för en person med en hårdhet på 15 °dH krävs endast fem regenereringar per år.

Då vi vet antalet regenereringar per år och saltmängden per regenerering kan även mängden salt som släpps ut varje år beräknas. Detta gjordes i avsnitt 3.3.4. och resultatet syns i figur 4.1, tabellvärden finns i Appendix tabell A:4.

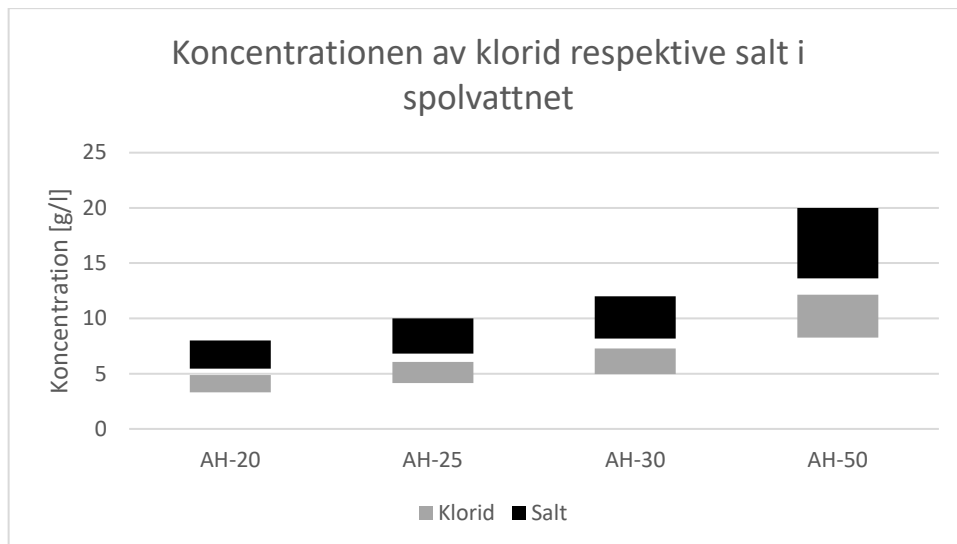


Figur 4.1 Beräknad minsta mängd utsläppt salt per år beroende på vattnets hårdhet och antalet personer i hushållet.

Mängden salt som släpps ut per år beror inte på vilken storlek av AH-filter som används utan endast på antalet personer i hushållet (det vill säga mängd vatten som ska renas per år) och hårdheten på råvattnet. Det släpps ut dubbelt så mycket salt när hårdheten på vattnet är 30 °dH jämfört med 15 °dH. Figur 4.1 visar detta i ett stapeldiagram.

För att få en bild av hur salt vattnet som backspolas är har saltkoncentrationen beräknats i ett intervall. Hur detta gått till visas i 3.3.5 och resultatet finns i figur 4.2 och tabellvärden hittas i Appendix tabell A:5. Dessa visar även kloridkoncentrationen eftersom det är det som används som gränsvärde i avloppsvatten hos VA SYD (VA SYD, 2010).

Det är tydligt från figur 4.2 att kloridhalten överstiger 2,5 g/l vilket är den maximala koncentrationen för vad som får förekomma i vatten som spolas till avloppet (VA SYD, 2010), oavsett om det är enskilt avlopp eller det kommunala enligt VA SYD:s regelverk. Därav är även gränsvärdet för konduktivitet överskridet då det ger en maximal salthalt på 2,3 g/l.



Figur 4.2 Visar intervaller för kloridkoncentrationer samt saltkoncentrationer för spolvattnet utifrån tabell 4.4.

Jämförelse med att bada badkar med badsalt

Ett badkar rymmer ungefär 150 liter vatten och vid varje bad används ungefär 1 dl badsalt. De flesta badsalt innehåller en blandning av natriumklorid, natriumbikarbonat och natriumsulfat. I detta fall antar vi att badsaltet till största del utgörs av natriumklorid. Densiteten för natriumklorid är ungefär $2,16 \text{ g/cm}^3$, vilket motsvarar $21,6 \text{ g/dl}$. Koncentrationen av salt i badvattnet blir därför:

$$\text{Koncentration salt i badvatten} = \frac{\text{Massa salt [g]}}{\text{Mängd badvatten [l]}} = \frac{21,6 \text{ g}}{150 \text{ l}} = 0,144 \text{ g/l}$$

För att beräkna kloridhalten i detta badvatten multipliceras koncentrationen med massandelen klorid i natrium, 0,607.

$$0,144 \text{ g/l} * 0,607 = 87,5 \text{ mg/l}$$

I jämförelse med gränsvärdet för klorid i avloppsvatten, är $2,5 \text{ g/l}$, är detta betydligt lägre. Det är alltså inte något problem att tappa ut sitt badvatten i avloppet i avseende på saltkoncentrationen.

Salthalten i andra lösningar

För ytterligare jämförelse kan salthalten i våra hav, insjöar och urin användas som referens till salthalten i spolvattnet. Nedan visas salthalten i olika hav och insjöar, urin och badvatten (Illustrerad Vetenskap, 2009) (Sveriges vattenmiljö, u.å.) (WWF, u.å.) (University of California, 2019):

- Döda havet: 33% (330 g/l)
- Atlanten: 3,2 % (32 g/l)
- Saltsjön vid Salt Lake City: 28 % (280 g/l)
- Kattegatt: 2,5% (25 g/l)
- Öresund 1% (10 g/l)
- Bottenviken: 0,2–0,3 % (2–3 g/l)

- Urin: 1,169 g/l
- Badvatten: 0,144 g/l

Detta visar att salthalten i spolvattnet motsvarar halten från Öresund till Kattegatt, och ibland högre för de större filtren. Öresundsvatten smakar helt klart salt och är inget man vill vattna gräsmattan med. Salthalten i det spolvattnet är genomgående högre än salthalten i urin och därför också betydligt högre än halten i vanligt avloppsvatten. Saltkoncentrationen i spolvatten från jonbytarfilter har en 38–139 gånger så hög saltkoncentration jämfört med badvatten med badsalt.

4.2 Omhändertagande av spolvatten

Idag är det vanligast att spolvattnet leds till en stenkista, dike eller liknande. Ämnena i vattnet kommer då få en förhöjd koncentration på den platsen och med tiden nå grundvatten. För att undvika att spolvattnet bara släpps ut kommer olika metoder för att ta hand om vattnet att undersökas. Till dem hör att samla upp vattnet i tankar som kommunen tömmer, skicka till kommunens reningsverk, rena i eget avloppsreningsverk, använda till bevattning, återvinna regenereringssaltet eller använda omvänd osmos för att rena från saltet.

4.2.1 Uppsamling i tank

För att undgå att spolvattnet släpps ut på tomten skulle en alternativ lösning kunna vara att samla vattnet i en tank. Då skulle det krävas av fastighetsägaren att se till att tanken töms. Redan idag är det vanligt att kommunen eller ett privat företag kommer och hämtar urin och avföring som spolats till slutna tankar eller urintankar (Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden, 2011). Ett liknande koncept där fastighetsägaren abonnerar på tömning skulle kunna användas i detta fall. Detta kan sedan köras till det kommunala reningsverket, till en anläggning som återvinner näringsämnena eller annan plats som ser till att föroreningarna inte sprids. I spolvatten finns dock inte lika mycket näringsämnen som i avloppsvatten och att köra det till reningsverket förutsätter att rejektet inte riskerar att slå ut processerna där.

För att kommunen ska kunna ta emot rejektet vid reningsverket får det inte vara för salt. Urin innehåller normalt omkring 20 mEq/l natrium vilket motsvarar 0,46 g/l. Balanseras detta ut med motsvarande laddning klor blir salthalten 1,17 g/l (University of California, 2019). En sådan salthalt kan alltså anses tolererbar för reningsverken.

Ytterligare ett problem kan vara mängden spolvatten. Om tanken behöver tömmas väldigt ofta så blir det dyrt för fastighetsägaren. Hur mycket vatten som går åt har beräknats enligt avsnitt 3.3.3 och redovisas i tabell 4.5.

Tabell 4.3 Visar den samlade mängden spolvatten som används under ett år för olika hushåll. Min- och maxvärdet är beroende på om det backspolas 300 eller 350 liter per regenerering.

Filter	Antal personer	15 °dH		20 °dH		30 °dH	
		Minvärde [m ³]	Maxvärde [m ³]	Minvärde [m ³]	Maxvärde [m ³]	Minvärde [m ³]	Maxvärde [m ³]
AH -20	1	3,83	4,47	5,11	5,96	7,66	8,94
	2	7,67	8,94	10,22	11,92	15,33	17,88
	3	11,50	13,41	15,33	17,88	22,99	26,83
	4	15,33	17,88	20,44	23,85	30,66	35,77
	5	19,16	22,36	25,55	29,81	38,32	44,71
	6	22,99	26,82	30,66	35,77	45,99	53,66
AH - 25	1	3,07	3,57	4,09	4,80	6,13	7,15
	2	6,13	7,15	8,18	9,54	12,26	14,31
	3	9,20	10,73	12,26	14,31	18,40	21,46
	4	12,26	14,30	16,35	19,08	24,53	28,62
	5	15,33	17,88	20,44	23,85	30,66	35,77
	6	18,40	21,46	24,53	28,62	36,79	42,92
AH - 30	1	2,55	2,98	3,41	3,97	5,11	5,96
	2	5,11	5,96	6,81	7,95	10,22	11,92
	3	7,66	8,94	10,22	11,92	15,33	17,88
	4	10,22	11,92	13,63	15,90	20,44	23,85
	5	12,78	14,90	17,03	19,87	25,55	29,81
	6	15,33	17,88	20,44	23,85	30,66	35,77
AH -50	1	1,53	1,79	2,044	2,38	3,066	3,58
	2	3,07	3,58	4,088	4,77	6,13	7,15
	3	4,60	5,36	6,13	7,15	9,20	10,73
	4	6,13	7,15	8,18	9,54	12,26	14,31
	5	7,66	8,94	10,22	11,92	15,33	17,88
	6	9,20	10,73	12,26	14,31	18,40	21,46

Tabell 4.5 visar att den samlade mängden spolvatten under ett år varierar mellan 1,5 m³ och 54 m³. Det är alltså en väldigt stor variation beroende på hur filtret är anpassat efter hårdheten och storleken på hushållet. Är det endast volymer under 2 m³ per år skulle det eventuellt vara möjligt att spara vattnet i en tank som kommunen kommer och hämtar. Men större volymer skulle ta allt för stor plats. Det är främst det största filtret som uppfyller detta och då endast för hushåll på en person. Detta är alltså inte ett så rimligt alternativ för de flesta hushåll, såvida inte tömning görs oftare. Detta blir dock dyrare för fastighetsägaren. Dessutom återstår problemet med hur vattnets ska tas omhand. Skickas det till kommunens reningsverk kan det uppstå problem om det kommer en massa hämtat spolvatten på en gång.

4.2.2 Leda till kommunens avlopps nät

Det är inte alltid hushåll med enskild dricksvattenförsörjning är anslutna till kommunens avloppsnät men är de det skulle det kunna vara möjligt att leda spolvattnet dit. Det är dock viktigt att ämnena i vattnet är behandlingsbara, det vill säga biologiskt lättnedbrytbara eller att de kan avskiljas i de biologiska och kemiska reningsstegen (VA SYD, 2010). Det får inte heller släppas ut ämnen till avloppet som kan överbelasta ett eller flera av reningsverkets processer. Detta kan dock vara fallet vid utsläpp av spolvatten. Det krävs därför särskilt tillstånd för att få ansluta spolvattnet till avloppsledningsnätet.

VA SYD försörjer Lund, Lomma, Eslöv och Malmö med vatten- och avlopp. Hos dem får det utsläppta vattnet maximalt innehålla 2500 mg/l klorid (VA SYD, 2010). Det är en risk att det överskrids vid användning av jonbytarfilter där NaCl används som regenereringsmedel. Dessutom får vattnet max ha en konduktivitet på 500 mS/m. Konduktiviteten är vattnets elektriska ledningsförmåga och denna ökar med temperaturen och med koncentrationen lösta joner i vattnet. Det finns därför risk att gränsvärdet för konduktiviteten kan överskridas hos jonbytarfilter. En konduktivitet på 500 mS/m motsvarar 2,3 g/l salt i en saltvattenlösning. Vid användning av tungmetallfilter kommer tungmetaller som fastnat i filtret att följa med spolvattnet. I och med att flera tungmetaller inte får förekomma i avloppsvattnet och andra endast tillåts i väldigt låga koncentrationer kan det vara problematiskt att leda sådant backspolningsvatten till avloppet. För nitritfilter gäller samma problem då det finns risk att koncentrationen överstiger 60 mg/l i spolvattnet.

Tabell 4.4 Parametrar hos avhjärdande filter som kan påverka ledningsnätet enligt VA SYD. Dessa får inte överskridas ens under en kort tid (VA SYD, 2010). Fullständiga tabeller finns i Appendix 4:2 och 4:3.

Ämne/ parameter	Momentanvärde	Skador
pH, min	6,5	Korrosionsrisk och frätskador
pH, max	10,0	Korrosionsrisk och frätskador
Konduktivitet	500 mS/m	Korrosionsrisk på stål
Magnesium Mg ²⁺	300 mg/l	Korrosionsrisk på betong
Klorid	2500 mg/l	Materialsador

Skulle backspolningsvattnet ledas till dagvattennätet i stället måste samråd ske med Miljöförvaltningen om vilka halter som kan tolereras. Där riskerar inte vattnet slå ut reningsprocesser, men kommer oftast inte heller att renas innan det släpps ut i recipienten och kan därför orsaka skada där.

I dagsläget kan det alltså vara problematiskt att ansluta sitt spolvatten till avloppsnätet om man inte säkerhetsställer att vattnets kvalitet är i enighet med kommunens bestämmelser. Spolvattnet i avhjärdningsfiltren som undersökts i denna studie har samtliga en för hög klorid och saltkoncentration än vad som tillåts ledas till avloppsnätet. Spolvatten från jonbytarfilter kommer därför i de flesta fall inte att vara lämpligt att skicka till kommunens reningsverk.

De flesta ämnen som renas i dricksvattenfilter tas inte om hand i kommunala reningsverk utan kommer att följa med ut till recipienten eller stanna i slammet i reningsverken. Detta kan påverka slamkvaliteten samt ha negativa effekter på recipienten. Då kommer föroreningarna dock ha blandats ut med resten av avloppsvattnet och riskerar därför inte att ha lika stor påverkan som om spolvattnet släpps ut för sig.

4.2.3 Rena i eget avloppsreningsverk

Små avloppsreningsverk är ofta känsligare än stora reningsverk. Detta bland annat för att vatten med höga koncentrationer av ett ämne inte i samma utsträckning blandas och på så sätt späds ut med övrigt avloppsvatten (Havs och vatten myndigheten, 2021). Dessutom kan en stötvis belastning av en stor mängd vatten orsaka slamflykt.

De flesta reningsverk bygger på bland annat en biokemisk rening. Det är framförallt den biologiska reningen som tar skada av ett alltför förorenat vatten. Bakterierna som genomför reningen kommer bli uttorkade eftersom vattnet har högre salthalt än bakteriecellerna (Willey, et al, 2014). Genom osmos kommer bakterierna därför förlora vatten och de förökar sig och arbetar då långsammare. De vanliga reningsprocesserna blir därför försämrade och det finns då risk att reningsverket inte når kraven för rening av kväve, fosfor och organiskt material som finns uppsatta beroende på områdets skyddsnivå.

Reningsverkens huvudsakliga uppgift är att reducera mängden näringsämnen och fekala bakterier. Det finns idag inga reningsverk för enskilda hushåll som renar mot salt i Sverige. Att leda spolvatten med en hög saltkoncentration till avloppsreningsverket kommer därför endast ha negativa effekter på reningsverket. Saltvattnet kommer fortfarande att släppas ut och det är därför bättre att på en gång leda det till exempelvis ett dike eller en stenkista.

SaltGae Project

Det har gjorts forskningsprojekt för att hitta nya sätt att rena salt vatten (European Union, 2019). Ett exempel är SaltGae Project där flera företag och universitet i EU samarbetade för att hitta en lösning på hur man behandlar avloppsvatten med höga koncentrationer organiskt material, lösta ämnen, näringsämnen och salt som flera mat- och dryckesindustrier får. De använde sig av aeroba och anaeroba processer i bassänger med salttåliga bakterier och alger i tre pilotförsök. Dessa försök visade en rejäl kostnadsminskning jämfört med dagens metoder att behandla sådant vatten, såsom omvänd osmos, elektrokemiska system eller fotonedbrytning. Energiförbehovet kunde dessutom minska med 50–60 %.

Ett av projektets problem var dock att algerna kräver ett varmt klimat och mycket sol. De utvecklade därför ett så kallat heat treatment technology, där värmen produceras av biogas från reningsprocessen, så att algerna ska kunna växa även i kallare klimat.

Lösningen har ännu bara testats på pilotskalenivå och då på vatten från stora industrier. Studien är alltså gjord för större reningsverk som ska kunna hantera stora mängder vatten och inte för små reningsverk hos enskilda hushåll. Ett problem med metoden är att det idag inte finns någon cirkulär infrastruktur kring vad som ska göras med biomassan när algerna dör (European Union, 2019). Teoretiskt sätt skulle algerna kunna användas till kosmetik, gödning, djurmat eller material för 3D-printning. Dock så kvarstår problemet med det salta vattnet som släpps ut eftersom bakterierna och algerna inte renar bort saltet. Idag är det alltså en väldigt komplicerad lösning som i princip skulle ge samma effekt som att leda ut spolvattnet någon annanstans än till avloppet.

I SaltGae projektet använde de omvänd osmos för att rena bort salt (European Union, 2019). Detta är väldigt dyrt och för den enskilde fastighetsägaren är det inte rimligt att använda ett relativt billigt avhärningsfilter för att sedan rena spolvattnet med omvänd osmos. Då vore det effektivare att använda omvänd osmos redan vid dricksvattenfiltreringen. Dock så kräver även omvänd osmos backspolning för att rengöra membranet och denna metod är därför endast användbar om man inte använder ett salt i backspolningsvattnet. Att omvänd osmos skulle ersätta avjoniseringsfilter är i dagsläget otroligt eftersom omvänd osmos är betydligt dyrare och kräver mer energi.

4.2.4 Använda till bevattning

De flesta växter och grödor tål inte saltvatten eftersom det ökar det osmotiska trycket och gör det svårt för växten att suga upp vatten i marken (Vestberg, 2020). För hög koncentration av natrium kan också göra det svårt för växter att ta upp viktiga näringsämnen. Därför ska växter vattnas med sötvatten. Under perioder av låg tillgång på sötvatten har Östersjövattnet använts för bevattning. Detta har varit möjligt på grund av det regniga klimatet eftersom saltet som hamnar i jorden kan föras bort av regnet i stället för att koncentreras i de bevattnade områdena. Salthalten i spolvattnet är dock i allmänhet högre än det bräckta vattnet i Östersjön. I och med att det är problematiskt att använda Östersjövattnet till bevattning är spolvattnet än mer olämpligt då växterna kan ta skada.

Kunskapen om hur salt påverkar växter på molekylär nivå är förhållandevis liten och det pågår inte särskilt mycket forskning på hur man kan göra växter mer salttoleranta (Vestberg, S. 2020). Däremot har växter som naturligt förekommer kring kustmiljöer ofta en högre salttolerans än andra växter. Ligger fastigheten nära havet är det därför inte ett lika stort problem att släppa ut rejektet så länge det inte innehåller andra skadliga föroreningar. Sparris är en växt som klarar av salt bättre än de flesta andra växter. Dock så kan det vara att rekommendera att även bevattna med sötvatten för att minska saltkoncentrationen i jorden. Hålls spolvattnet på växter som sedan ska ätas ska spolvattnet inte vara förorenat med exempelvis tungmetaller om det kommer från ett tungmetallfilter då dessa då kan koncentreras i växterna.

4.2.5 Återvinning av regenereringssaltet eller vattnet

Det finns gott om saltvatten på jorden utan att det har särskilt många användningsområden. Spolvattnet som dessutom kan innehålla andra föroreningar har därför inte ett direkt användningsområde eller något som man skulle kunna använda. Det kan vara möjligt att samla upp spolvattnet och sedan blanda det med brunnsvattnet för att återigen renas i filtret och bli dricksvatten (På platser med vattenbrist kan backspolningsvattnet återanvändas genom att det samlas upp i en tank (Satterfield, 2005). Spolvattnet kommer sedan blandas med nytt vatten från brunnen för att på nytt renas till dricksvatten. Det kan vara till användning vid vattenbrist. Dock så ska spolvattnet då inte innehålla regenereringsmedel som inte fångas upp av filtret. Skulle det göras med jonbytarfilter som regenereras med salt skulle saltet följa med till dricksvattnet.

För att kunna använda sig av salt spolvatten måste det renas från saltet. När saltvatten görs sött används ofta omvänd osmos. Detta är en relativt dyr metod och det är därför inte realistiskt att installera ett billigare jonbytarfilter för att sedan rena spolvattnet med ett dyrt osmosfilter. Särskilt inte eftersom osmos hade kunnat användas i dricksvattenreningen för att bland annat göra vattnet mjukare, ta bort tungmetaller eller nitrat. Dessutom kräver vanlig omvänd osmos också backspolning, så problemet kvarstår.

4.3 Alternativ till backspolning

I stället för att använda sig av filter som behöver backspolas skulle man kunna använda sig av alternativa reningemetoder. Här kommer nanocellulosa, elektronmembran, växtbiomassa, pimpsten och engångsplast behandlas.

4.3.1 Nanocellulosa

Ett område som det forskas väldigt mycket på just nu är nanofiltrering. Nanofilter är ett slags membranfilter med porer mindre än ultrafilter men större än omvänd osmos. Ofta behövs det inte så små porer som de i omvänd osmos, utan nanofilter kan räcka. I jämförelse med omvänd osmos så kräver nanofilter inte ett lika högt tryck och är därför mer energieffektiva. Däremot så backspolas vanligtvis även nanofilter.

Ett slags nanofilter är den återvinningsbara nanocellulosan som just nu håller på att utvecklas för att användas i dricksvattenrening (Voisin et al. 2017). Denna kan rena från bland annat tungmetaller, nitrat, pigment, mikroorganismer, organiskt material och till viss del även göra vattnet mjukare (Belhafaoui, et al. 2009). Det positiva med detta filter är att membranet tillverkas av restprodukter från pappersindustrin, och bidrar därför till ett mer cirkulärt samhälle och har dessutom en lägre materialkostnad. Idag är denna metod inte utbredd på marknaden och det skulle krävas mer forskning och utveckling för att få den att passa för småskalig dricksvattenrening.

Reningsprocessen sker vanligtvis genom jonbyte, likt vanliga jonbytesfilter. Filtret kan dessutom också regenereras med backspolning av saltvatten (Belhalfaoui, et al. 2009). Det är inte endast NaCl som används som salt utan även KCl, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, NH_4NO_3 och KNO_3 (Aoudi, 2022). Även surt vatten med HCl, H_2SO_4 eller HNO_3 kan användas. Likaså basiskt vatten med NaOH, NaHCO_3 , Na_2CO_3 och KOH eller buffertlösningar med bikarbonat, fosfat eller trisaminometan. Ibland kan organiska lösningsmedel eller organiska lösningsmedel ihop med en syra vara det effektivaste regenereringsmedlet. Att använda regenereringsmedel förlänger membranets eller filtrets livstid. Eftersom membran är dyrare än vanliga jonbytarfilter skulle det bli väldigt dyrt om de byttes ut i stället för att regenereras.

4.3.2 Växtbiomassa

Jord- och skogsbruk skapar stora mängder av restprodukter som idag inte används. Det finns dock studier som visar på att sådan växtbiomassa skulle kunna användas för avhärdning av dricksvatten (Lzaod, et al., 2020). I löv, frukt, blommor och grönsaker finns en massa olika organiska ämnen, bland annat polyfenoler. Dessa har flera fenolgrupper vars hydroxylgrupp kan delta i komplex med metalljoner, såsom magnesiumjoner, på grund av dipol- dipol bindningar. Förutom att polyfenoler binder till hårdhetsbildande metaller så kan de även bilda komplex med aluminium och järn.

I en studie gjord vid Lovely Professional University och University of Engineering and Management i Indien undersöktes olika blommor, blad, fruktskal och skal från stärkelserika växter och deras förmåga att avhärda vatten med 39,3 °dH (Lzaod, et al., 2020). Detta visade att stärkelserika växter, såsom potatis, inte hade en särskilt hög grad av avhärdande effekt. Granatäppelskal avhärdade däremot 90 % av hårdhetsbildande jonerna i vattnet, så att det gick från 39,3 °dH till 3,93 °dH. Morotskal var den biomassa som fick näst bäst resultat efter granatäppelskalet med en minskning av hårdhet på 60 % då vattnet gick från 39,3 °dH till 15,7 °dH. En hårdhet på 15,7 °dH anses fortfarande som hårt vatten, men det är möjligt att det skulle bli mjukare om råvattnet varit lite mjukare. Morötter är dessutom en vanlig gröda i Sverige och därför ett bättre alternativ än granatäppelskal.

Att använda sig av växtbiomassa för att rena dricksvatten har flera fördelar. Inga kemikalier behöver tillsättas, såsom salt för regenerering. Ingen energi behövs för att driva processen. Dessutom så är det en simpel och kostnadseffektiv metod. Det är inte bara hårt vatten som kan avhärdas med hjälp av bioadsorption. Det är också möjligt att använda bland annat apelsinskal för att minska halten ammonium och nitrat eller använda plantan *Hydrilla verticillata* för att rena från arsenik (Dey, et al., 2021) (Nigam, et al., 2013). Banan-, apelsin- och potatisskal kan även används för att rena från tungmetaller (Nathan, 2021).

Det finns dock några hinder som behöver lösas innan metoden kan användas i större skala. Polyfenoler evaporerar bort då massan torkar och metoden är därför mest effektiv medan växten är färsk. För granatäppelskal gäller att det kan användas i 4 dagar. Dessutom gick reningsprocessen i försöket rätt långsamt och den behöver snabbas upp för att kunna motsvara ett hushålls behov av vatten. Ytterligare ett problem kan vara att säkerställa att filtret håller en god hygien utan att det växer bakterier eller mögel som kan förorena vattnet.

4.3.3 Engångsplast

Varje år produceras stora mängder plast som sedan blir till avfall. I Sverige återvinns endast 15–20 % av all engångsplast (Miljödepartementet, 2021). Engångsartiklar som koppar, tallrikar, matförpackningar och likande är ofta tillverkade av polystyren. Strukturellt är polystyren en lång kolväteskeda med en fenylgrupp på varje kol (Bekri-Abes, et al., 2008). I en

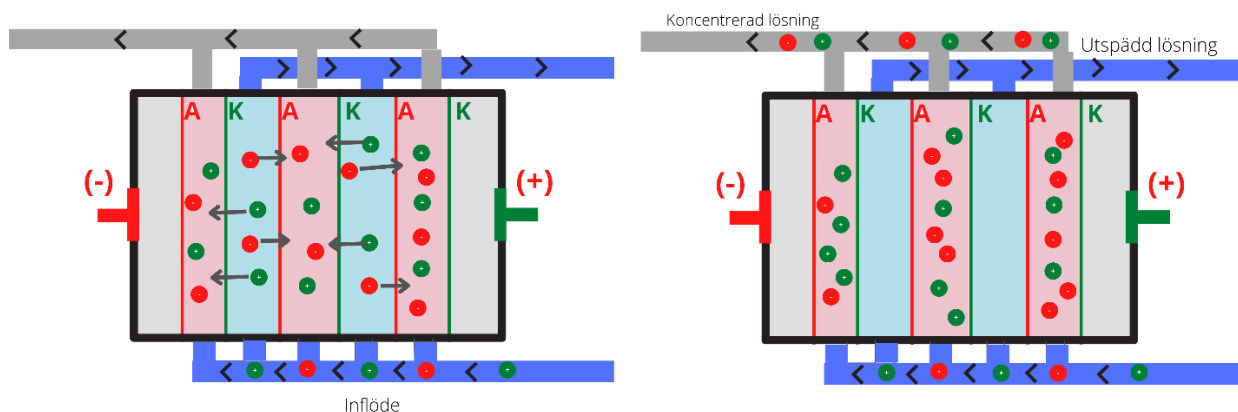
studie från Grekland sulfonerades polystyrens yta medan mitten av massan behölls opåverkad. Det gjorde att polystyren inte kunde lösa sig i vattnet samtidigt som sulfonsyragrupper kunde binda till polystyrenkedjorna. Ytan blir då mottaglig för katjonbyte och kan användas för avhärdning av vatten, likt vanliga jonbytarfilter. I denna undersökning testades inte filtrets regenereringsförmåga.

Senare har liknande studier genomförts där sulfonamid adderats på ytan av polystyren i hopp om att minska användningen av starka syror och baser samt salt till regenereringen (Jeon, 2019). I denna studie hade en av de studerade sulfonamid derivaten, en med glyckinkonjugerad sulfonamidgrupp, den bästa förmågan att mjukgöra vattnet samt att lätt regenereras. Detta filter hade en 0.9 ± 0.1 mmol/g jonbindningskapacitet vilket liknar den för vanliga jonbytarfilter. Dessutom kunde filtret snabbt regenereras med vatten med ett pH lägre än 5. Gränsvärdet för avloppsvatten i VA SYDs avloppsnätverk är 6.5 pH och det är därför för lågt för det och riskerar att orsaka korrosion på rörledningarna (VA SYD, 2010). Denna metod är därför i dagsläget inte lämplig om vattnet sedan ska till avlopp, men skulle eventuellt kunna bli en lösning i framtiden.

På grund av de ökade utsläppen av mikroplaster i vår miljö, inte minst i haven, har EU lagt fram ett direktiv för att minska användningen av engångsplast (Europaparlamentets och rådets förordning 2019/904). Där förbjuds bland annat engångsplast såsom bomullspinnar, bestick, muggar och sugrör. I och med att Sverige och flera andra EU länder har genomfört detta beslut kommer plastkonsumtionen att sjunka och tillgången på billig polystyren kan därför komma att minska då det inte blir lika mycket plastavfall.

4.3.4 Elektromembran

Det finns flera metoder för att avjonisera vatten med hjälp av elektromembran, bland annat capacitive deionization, electro dialysis och bipolar membrane electro dialysis. Den mest lovande för småskalig mjukgörning av hårt vatten är elektroavjonisation med periodisk ompolarisering som kan användas för avhärdning utan att det krävs regenereringar (Lee, et al., 2011). Denna metod är den som har bäst återhämtning utan att det bildas beläggningar på membranerna och kommer förhoppningsvis kunna använda billiga elektroder. Elektroavjonisation är en kombination av elektrodialys och jonbyte där det precis som i elektrodialys finns membran som är placerade med vartannat anjons- och katjonspermeabelt membran som formar fack. Filtret fungerar genom att två elektroder bildar en elektrisk potential mellan membranerna sådan att de positiva jonerna i vattnet migrerar till katoden och de negativa jonerna till anoden. Eftersom membranerna är satta vartannat kommer det att samlas joner i visas fack och minska i andra, se figur 4.3. I facken där jonerna samlas finns jonbytermassa som effektiviserar mjukgörningen än mer. Blir lösningen basisk riskerar det dock att bildas en beläggning på jonbytermassan och membranerna. För att undgå detta kan man använda sig av en metod som kallas omvänd elektrodialys. Det innebär att den elektriska potentialen kastas om med jämna mellanrum så att flödet av joner blir det omvända. I en studie av Lee et al. undersöktes hur långa intervallen skulle vara för att avjoniseringen skulle vara som mest effektiv. Bäst avhärdningseffekt fick de då intervallen mellan polaritetsomkastningarna (polarity reversal) var mellan 10–40 minuter.



Figur 4.3 Principskiss över omvänd elektrodialys.

Till vänster: Vattnet flödar in underifrån och jonerna hamnar i facken. Katjonerna rör sig mot katoden och anjonerna mot anoden genom respektive membran.

Till höger: Jonerna samlas upp i fack då de är hindrade av membranerna att röra sig längre mot respektive elektrod. Mellan facken med koncentrat finns utspäddt avjoniserat vatten som leds ut.

Ett elektromembran kan hålla längre än membran för omvänd osmos och förbrukar även mindre energi. Inga kemikalier till regenerering, såsom salt, behöver tillsättas. Det är teoretiskt möjligt att i liten skala till hushåll använda omvänd elektrodialys (Nayar, et al., 2015). Dock så går det åt mer energi och är dyrare att tillverka än vanlig avhårdning. Det skulle därför krävas mer utveckling i området för att det skulle kunna få en framgång på marknaden. Idag används titaniumelektroder belagta med platina, men forskning pågår för att ersätta detta med kolelektroder.

Elektromembran kan även användas för att avsalta bräckt vatten och skulle därför kunna vara en möjlig lösning för rening av spolvattnet (Nayar, et al., 2015). Dock så är detta betydligt dyrare än avhårdningsfiltret och ska elektromembran användas är det bättre att ha det som dricksvattensreningsmetod än för att rena spolvattnet.

4.3.5 Diffusionsdialys

Ytterligare en metod som använder sig av membran är diffusionsdialys (Gueccia, 2020). Till skillnad från elektromembranmetoderna så krävs det ingen elektrisk ström för att driva processen och inte heller ett tryck som i omvänd osmos. I stället drivs processen av koncentrationsskillnader på var sida om katjonmembranet. Det som orsakar koncentrationsskillnaderna är att det på ena sidan av membranet strömmar in råvatten som ska renas och på andra sidan finns en koncentrerad NaCl-lösning. Eftersom koncentrationen av natriumjoner är högre på salt-sidan av membranet kommer natriumjoner att diffundera till råvattensidan. För att balansera ut laddningsskillnaderna kommer då magnesium- och kalciumjoner att diffundera till saltvattensidan. På så sätt minskar halten hårdhetsbildande joner i vattnet. I och med att diffusionsdialys drivs av koncentrationsskillnader har det en väldigt låg energiförbrukning. Dessutom så behövs lite underhåll och den är lätt att installera.

När reningen har pågått kommer halten magnesium- och kalciumjoner öka på saltsidan och då minskar reningens effektivitet (Gueccia, 2020). Dessutom minskar mängden natriumjoner som måste ersättas och det krävs därför påfyllning av salt. Reningsgraden ligger på 75% vilket är

lägre än för övriga membran filter. Det är dock oftast tillräckligt för att göra vattnet mjukt. Idag är denna metod inte vanlig för avhårdare i hushåll, då den är dyrare än jonbytesfiltren. Det är dock teoretiskt möjligt att använda den och skulle kunna bli än mer effektiv och billigare med ytterligare forskning och utveckling.

4.4 Jämförelse mellan olika lösningar

Utifrån lösningarna presenterade i avsnitt 4.2 och 4.3 är det tydligt att utsläppen från spolvattnet är ett komplext problem som saknar en enkel lösning. Att fortsätta som idag med jonbytesfilter som släpper ut vatten med hög saltkoncentration kan ha flera negativa effekter. Bland annat kan det skada växtligheten eller riskera läcka ner till grundvattnet och förorena dricksvattnet. Jonbytesfilter är dock en enkel och billig metod med lång hållbarhet. En sammanställning av de olika metodernas för- och nackdelar presenteras i tabell 4.5 och 4.6.

Tabell 4.5. Fördelar och nackdelar med olika metoder för att spolvattnet.

Metod	Fördelar	Nackdelar
Använda jonbytesfilter och släppa ut spolvattnet i dike, stenkista eller på marken	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelt • Billigt • Håller i 10–15 år 	<ul style="list-style-type: none"> • Ämnen koncentreras i jorden och kan skapa problem för växter • Ämnena kan även nå grundvattnet och förorena dricksvattenkällan • Kräver regenereringssalt • Natriumjoner i dricksvattnet
Samla upp spolvatten i tankar som hämtas och töms	<ul style="list-style-type: none"> • Simpelt • Billigt så länge volymerna är små • Krävs inga kemikalier 	<ul style="list-style-type: none"> • Väldigt stora volymer vatten som behöver hanteras och transporteras • Kan orsaka problem med rening hos kommunen
Skicka spolvatten till kommunens reningsverk via avloppsnätet	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelt • Billigt för fastighetsägaren • Krävs inga kemikalier 	<ul style="list-style-type: none"> • Kan orsaka problem med reningsverket hos kommunen
Rena i eget avloppsreningsverk	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelt 	<ul style="list-style-type: none"> • Kan orsaka problem i reningsanläggningen • Saltvattnet släpps fortfarande ut
SeaGae- metod	<ul style="list-style-type: none"> • Saltet renas bort 	<ul style="list-style-type: none"> • Algerna kräver varmt klimat • Tar mycket plats • Algerna måste tas om hand då de dör • Renar ej bort saltet utan endast för andra ämnen vilket gör att saltet kan skada växter eller nå dricksvattenkällan
Använda spolvatten för bevattning	<ul style="list-style-type: none"> • Enkelt • Billigt 	<ul style="list-style-type: none"> • Kan skada växterna och på sikt göra jorden obrukbar • Ämnena kan nå grundvattnet och förorena dricksvattenkällan
Återvinning av vattnet	<ul style="list-style-type: none"> • Användbart vid torka 	<ul style="list-style-type: none"> • Fungerar inte om vattnet innehåller regenereringsmedel

Tabell 4.6 Fördelar och nackdelar med alternativ till jonbytesfilter

Metod	Fördelar	Nackdelar
Nanocellulosa	<ul style="list-style-type: none"> • Mer energieffektivt och billigare än omvänd osmos • Bildas av restprodukter från pappersindustrin • Pågår mycket forskningen 	<ul style="list-style-type: none"> • Finns idag ingen metod för småskalig rening på marknaden • Regenereras med regenereringsmedel • Dyr och energikonsumerande jämfört med jonbytarfilter
Växtbiomassa	<ul style="list-style-type: none"> • Finns stor tillgång på växtbiomassa • Kemikaliefri • Energisnål • Enkel • Billig • Kan användas till bl.a. avhärdning och rena mot ammonium, nitrat, tungmetaller och arsenik 	<ul style="list-style-type: none"> • Krävs mer forskning kring att använda svenska växter • Kort livslängd på filtret • Långsam rening
Engångsplast	<ul style="list-style-type: none"> • Stor tillgång på plast 	<ul style="list-style-type: none"> • Eventuell minskad tillgång efter EU:s direktiv om minskad engångsplastkonsumtion • Behöver utvecklas bättre regenereringsmetoder • Finns eventuellt en risk för mikroplaster
Elektromembran	<ul style="list-style-type: none"> • Ingen tillsats av kemikalier • Inga regenereringar • Mer energieffektiv än omvänd osmos • Hög reningskapacitet 	<ul style="list-style-type: none"> • Högre energikonsumtion och dyrare än jonbytarfilter • Tar mycket plats
Diffusionsdialys	<ul style="list-style-type: none"> • Låg energikonsumtion • Lite underhåll och lätt att installera • Ingen regenerering 	<ul style="list-style-type: none"> • Lägre reningsgrad (75%) än övriga membranfilter • Krävs kemikalier (salt) • Natriumjoner i dricksvattnet • Måste ta hand om vatten med hög jonkoncentration

Bland de föreslagna metoderna för att omhänderta spolvattnet var det få som verkade rimliga både miljömässigt och ekonomiskt. Att leda till avlopp, oavsett om det är kommunens eller enskilt är problematiskt även om vattnet troligtvis till hög grad skulle spädas ut i ledningssystemet och därmed inte orsaka lika stor skada på det kommunala reningsverket. Samlar kommunen upp det och kör till en reningsanläggning återstår problemet i hur vattnet ska renas. SeaGaes metod kan vara en lösning för att det spolvattnet inte ska förstöra reningsverk, men saltet kommer fortfarande att hamna i marken. Därför är det rimligare att i stället ha ett billigare reningsverk och inte leda dit spolvattnet. Metoden för att rena saltet som SeaGae använde var omvänd osmos, vilket är betydligt dyrare än jonbytesfilter. Det är därför omotiverat att ha ett billigt filter för dricksvattenreningen för att sedan behöva rena dess restprodukter med den omvända osmosen. Att använda vattnet för bevattning är inte att rekommendera då det gör mer skada än nytta. Dock så är de negativa effekterna mindre om utsläppet sker i nära anslutning till havet och vattnet inte innehåller andra oönskade kemikalier som kan ha negativa effekter på djur- och växtlivet. Ska spolvattnet återvinnas får det inte vara med regenereringsmedel som inte renas bort i filtret och det är därför ingen lösning för de

avhårdande jonbytande filtren i det här fallet. Bland de föreslagna metoderna för att omhänderta det backspolade filtret fanns det därför ingen framgångsrik lösning på problemet.

De föreslagna alternativa reningsmetoderna visade dock lite mer positiva resultat, även om det idag inte riktigt finns en bra färdigutvecklad metod på marknaden. Nanocellulosa är en förhållandevis dyr metod som främst testats i större skala. För att det ska vara en lösning behövs det forskas på att få ner kostnaderna och minska storleken på anläggningen med sänkt energiförbrukning och utan behov av regenereringsmedel. Att använda sig av växtbiomassa är ännu bara i forskningsstadiet med skulle kunna bli en hållbar lösning i framtiden. Dock så krävs det att biomassan kan vara lokalproducerad, att processen är hygienisk samt att reningen går snabbare och filtret kan användas en längre tid. Kanske skulle det kunna undersökas vilka föreningar i granatäpplets skal som deltar i reningen och på så sätt kunna göra ett syntetiskt liknande filter vilket eventuellt kan dra ner kostnaderna. Att använda ett filter som är tillverkat av återvunnen plast kan vara positivt utifrån att plasten återvinns. Dock så kommer det att krävas mycket plast och vara dyrt om filtren inte kan regenerera och regenererar de så återstår problemet med utsläppt spolvatten. Eventuellt skulle det kunna lösas med att ändra aminosyrorna som sitter på polystyrenet för att slippa använda ett lika kraftigt regenereringsmedel. Elektromembran har potential att i framtiden bli en framgångsrik metod för rening av vattenfilter. Det som står i vägen just nu är de högre ekonomiska kostnaderna samt storleken på filtret. Kanske kan diffusionsdialys vara ett nog så bra alternativ i flera fall, trots att det inte har en lika hög reningsförmåga. Där används ingen ström, men det krävs i stället tillsatser av salt. Trots att filtret inte regenererar så kommer det krävas att vattnet med ökad koncentration av joner tas om hand.

5 Slutsats

Hårt vatten kan leda till flera komplikationer, såsom beläggningar på apparater och i rörledningar med ökad energikonsumtion och risk för stopp som följd. Det krävs även mer tvål och diskmedel vilket även det är negativt ur en miljömässig synpunkt. Det är därför vanligt att använda ett avhärdningsfilter om man har hårt vatten. Idag är det vanligast med jonbytesfilter som regenereras med salt. Att filtret regenereras anses ofta positivt då det betyder att filtrets hållbarhet förlängs. Dock så använder regenereringar ofta stora mängder salt som släpps ut på marken i form av saltlösningar med koncentrationer som motsvarar salthalten i Öresund-Kattegatt. Ett så salt vatten kan skada växter och på sikt göra marken obrukbar då salt anrikats i jorden. Föroreningarna från det backspolade vattnet riskerar också att röra sig ner till grundvattnet och förorena dricksvattenkällan. Ämnena i det backspolade vattnet kan även ha skadliga effekter på organismer. Bland annat kan regenereringsmedlet kaliumpermanganat skada vattenlevande organismer. Andra regenereringsmedel kan vara frätande och på så sätt vara skadligt att släppa ut. Trots det så forskas det inte så mycket på alternativa metoder för att undvika utsläppen av salt. De undersökta metoderna för att omhänderta spolvattnet gav inga lovande resultat, då en rening av vattnet skulle vara alltför kostsamt i detta fall.

Däremot finns det alternativa metoder för att avhärda vatten som är på gång och blir alltmer effektiva. Till dem hör användning av växtbiomassa för avhärkning eller elektromembran, även nanocellulosa eller diffusionsdialys skulle potentiellt kunna vara en lösning. Samtliga metoder behöver dock mer utveckling för att sänka kostnaderna så att de blir konkurrenskraftiga på marknaden. Att använda växtbiomassa kräver även att det finns lokala växter som kan användas, en längre hållbarhet hos filtret, en snabbare rening samt att det går att säkerhetsställa att filtret är hygieniskt. Övriga behöver anpassas för småskalig rening av dricksvatten och framför allt nanocellulosa och diffusionsdialys behöver ha en metod för att rena det jonkoncentrerade vattnet som bildas. Dessa två metoder löser därför inte i dagsläget problemet med spolvattnet men kanske går det att hitta en enklare lösning att omhänderta eller undvika en koncentrerad jonlösning hos dessa metoder.

Problemet med utsläppen från spolvattnet har under de senaste åren uppmärksammats allt mer. Förhoppningsvis leder ytterligare forskning inom området till en lösning i framtiden.

6 Framtida studier

Forskning kring hur backspolning påverkar miljö och hälsa är begränsad. Det finns därför inte mycket information om vad det kan ha för negativa effekter och därav är även forskningen kring alternativ till backspolande filter begränsad. Därför finns det stor potential till vidare studier, både inom vad backspolning har för effekter samt utveckling av reningsmetoder. Framför allt skulle det vara intressant att djupare undersöka backspolningens miljöpåverkan på platser där spolvatten släppts ut samt vidareutveckla de reningsmetoder som presenterats för att göra dem än lämpligare för enskild dricksvattenrening.

Samtliga alternativa reningsmetoder som presenterats behöver sänka sina kostnader för att de skulle kunna vara möjligt att använda dem i enskilda hushåll. Till nanocellulosa och engångsplastfiltret skulle det vara intressant att hitta ett mindre miljöfarligt regenereringsmedel, alternativt undersöka om det är möjligt att kompostera nanocellulosan. Även diffusionsdialysen bildar en koncentrerad jonlösning, men eventuellt i mindre mängder jämfört med spolvattnet från jonbytarfilter, och det är därför möjligt att denna lösning är lättare att ta om hand. Att använda växtbiomassa skulle potentiellt kunna bli ett lovande alternativ. Det krävs dock mer forskning kring vilka svenska växter och grödor som eventuellt skulle kunna användas, samt en lösning för att göra filtret mer hygieniskt utan att det växer bakterier och mögel i det. Det skulle också vara önskvärt om filtermassan kunde ha en längre livstid och att själva reningsprocessen gick snabbare. En backspolningsfri metod som fungerar väl är omvänd elektrodialys. För att den skulle kunna användas hos enskilda hushåll krävs dock att storleken anpassas och optimeras samt att drift- och elkostnaderna sänks.

I och med att de alternativa reningsmetoderna kräver så mycket utveckling är det kanske troligare att det inom den närmsta framtiden utvecklas ett sätt att samla ihop det backspolade vattnet från dricksvattenfiltren. Kanske är det ingen av de presenterade metoderna som kommer att ersätta utsläppen av förorenat spolvatten. Oavsett så krävs det ytterligare forskning på potentiella metoder som kan lösa detta problem.

7 Referenser

Alveteg, M. (2021). *Introduction to separation processes and transport phenomena*. Lund: Media-Tryck Lund

Aoudi, B., Boluk, Y., Gamal El-Din, M. (2022). Recent advances and future perspective on nanocellulose-based materials in diverse water treatment applications. *Science of the Total Environment*. 843(0048-9697).
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722040001#t0020>

Aqua Invent AB (u.å. A). *Gasavluftare*. [Produktionsblad]. Lomma: Aqua Invent AB. [Gasavluftare.pdf](#) [2022-09-09]

Aqua Invent AB (u.å. B). *Konvertera allt i ett UV/filter-system*. [Produktionsblad]. Lomma: Aqua Invent AB. [UV-Racksystem-produktblad_Low-res.pdf](#) [2022-09-09]

Aqua Invent AB (u.å. C). *pH-höjare classic*. [Produktionsblad]. Lomma: Aqua Invent AB [pH-höjare-2019-1.pdf](#) [2022-09-12]

Aqua Invent AB (u.å. D). *AS*. [Produktionsblad]. Lomma: Aqua Invent AB [Arsenikfilter-AS-produktblad.pdf](#) [2022-09-12]

Aqua Invent AB (u.å. E). *Kaliumpermanganat*. [Kaliumpermanganat - Aqua Invent AB](#) [2022-09-27]

Avloppsguiden (u.å.). *Sköt om ditt avlopp*. [Sköt om ditt avlopp - Avloppsguiden](#) [2022-09-01]

Bekri-Abbes, I., Bayoudh, S., and Baklouti, M., (2008) The removal of hardness of water using sulfonated waste plastic, *Desalination*, 222(1-3).
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0011916407007588?ref=pdf_download&r=RR-2&rr=75a2318c09c51685

Belhalfaoui, B., Aziz, A., Elandaloussi, E. H., Ouali, M. S. (2009) Succinate-bonded cellulose: A Regenerable and Powerful Sorbent for Cadmium- Removal from High-Hardness Groundwater. *Journal of Hazardous Materials*. 169(1-3). 831-837.
[Succinate-bonded cellulose: A regenerable and powerful sorbent for cadmium-removal from spiked high-hardness groundwater - ScienceDirect](#)

Bujak, K. (2020). *Avsaltning utanför kommunalt verksamhetsområde för allmänt VA*. Stockholm: Kungliga tekniska högskolan. [Rapport-avsaltning-exempelsamling-2020.pdf \(ecoloop.se\)](#)

Dey, S., Basha, S. R., Babu, G. V., Nagendra, T. (2021). Characteristic and biosorption capacities of orange peels biosorbents for removal of ammonia and nitrate from contaminated water. *Cleaner Materials*. 1 (2772-3976)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772397621000010>

Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2019/904 av den 5 juni 2019 om minskning av vissa plastprodukters inverkan på miljön (OJ L 155, 12.6.2019, 1–19). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX%3A32019L0904>

European Union. (2019). *Saltgae develops microalgae technology as sustainable alternative for wastewater treatment*. [Saltgae develops microalgae technology as sustainable alternative for wastewater treatment | European Circular Economy Stakeholder Platform \(europa.eu\)](https://www.europa.eu/press-communications/infographic/infographic-saltgae-develops-microalgae-technology-as-sustainable-alternative-for-wastewater-treatment) [2022-10-11]

Fann (u.å. A) *Vad är enskilt avlopp?* <https://fann.se/produkter/vad-ar-enskilt-avlopp/> [2022-10-07]

Fann (u.å. B) *Vad menas med infiltration?* <https://fann.se/produkter/infiltration/> [2022-10-07]

Fann (u.å. C) *Vad menas med markbädd?* <https://fann.se/produkter/markbadd/> [2022-10-07]

Gueccia, R., Alhadidi, A. M. M., Cipollina, A., Micale, G. (2020) Donnan Dialysis for Tap-Water Softening, *Desalination and Water Treatment*, 192, 19–32, https://www.deswater.com/DWT_articles/vol_192_papers/192_2020_19.pdf

Havs och vatten myndigheten. (2021). *Anläggningens förutsättningar*. [Anläggningens förutsättningar - Vägledning för provning av små avlopp - Avlopp och dricksvatten - Havs- och vattenmyndigheten \(havochvatten.se\)](https://havochvatten.se/forutsattningar-vaegledning-for-provning-av-sma-avlopp-avlopp-och-dricksvatten-havs-och-vattenmyndigheten) [2022-09-23]

Illustrerad Vetenskap (2009). Hur salt är döda havet? *Illustrerad Vetenskap* <https://illvet.se/naturen/havet/hur-salt-ar-doda-havet> [2022-10-09]

Institutet för jordbruks- och miljöteknik, Avloppsguiden (2011). *Enskilt avlopp- Vilken teknik passar dina förutsättningar?* [Broschyr]. Uppsala: Kunskapscentrum för små avlopp. <https://avloppsguiden.se/wp-content/uploads/2018/06/teknikvalsbroshyr110509.pdf> [2022-10-06]

Jeon, S. I., Chung, I. J., Ahn, C. (2019). Surface Modification of Polystyrene Beads with Sulfonamide Derivatives and Application to Water Softening System. *Macromolecular Research*. 28(2), 172-178. [https://link.springer-com.ludwig.lub.lu.se/content/pdf/10.1007/s13233-020-8025-0.pdf](https://link.springer.com.ludwig.lub.lu.se/content/pdf/10.1007/s13233-020-8025-0.pdf)

Jädra rent vatten. (u.å.). *Hur regenerering fungerar avhärtningsfilter*. <https://jrssystem.se/vanliga-fragor/avhardningsfilter-regenerering.php> [2022-09-14]

Lee, H., Hong, M., Moon, S. (2011) A Feasibility Study on Water Softening by Electrodeionization with the Periodic Polarity Change, *Desalination*. 284, 221-227 <https://www.sciencedirect-com.ludwig.lub.lu.se/science/article/pii/S0011916411007806?via%3Dihub>

Livsmedelsverket (2015). *Råd om enskild dricksvattenförsörjning*. [rad-om-enskild-dricksvattenforsorjning.pdf \(livsmedelsverket.se\)](https://www.livsmedelsverket.se/rad-om-enskild-dricksvattenforsorjning.pdf) [2022-10-18]

Lzaod, S., Bedi, P., Chowdhury, D., Santra, S., Pramanik, T. (2020). A completely environmental- friendly methodology for removal of permanent hardness of water using natural materials. *Drug Invention Today*. 14 (7) <https://eds-p-ebshost->

com.ludwig.lub.lu.se/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=106a492f-3562-4c18-aa82-b9e1921daa03%40redis

Malakootian, M, Manasoorian, H.J, Moosazadeh, M. (2010). Performance evaluation of electrocoagulation process using iron-rod electrodes for removing hardness from drinking water. *Elsevier*. 255 (1-3) 67-71. [Performance evaluation of electrocoagulation process using iron-rod electrodes for removing hardness from drinking water - ScienceDirect](#)

Miljödepartementet (2021). *Hållbar användning av engångsplast- frågor och svar*. Regeringskansliet <https://www.regeringen.se/artiklar/2021/11/hallbar-anvandning-av-engangsplast---fragor-och-svar/#engangsmuggar> [2022-10-14]

Nathan, R.J., Martin, C.E., Barr, D. *et al.* (2021). Simultaneous removal of heavy metals from drinking water by banana, orange and potato peel beads: a study of biosorption kinetics. *Appl Water Sci* 11, 116 <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01457-7>

Nayar, K. G., Sundararaman, P., Schacherl, J. D., O'Connor, C. L., Heath, M. L., Gabriel, O. M., Wright, N. C., Winter, A. G. (2015) Feasibility Study of an Electrodialysis System for In-Home Water Desalination and Purification in Urban India, *American Society of Mechanical Engineers*, https://www.researchgate.net/publication/316984366_Feasibility_Study_of_an_Electrodialysis_System_for_In-Home_Water_Desalination_and_Purification_in_Urban_India

Nigam, S., Gopal, K. & Vankar, P.S. (2013) Biosorption of arsenic in drinking water by submerged plant: *Hydrilla verticillata*. *Environ Sci Pollut Res* 20, 4000–4008. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1342-x>

Satterfield, (2005). Filter Backwashing. *Tech Brief*, 5 (3). [Backwash.pdf \(oregon.gov\)](#) [2022-09-07]

Sunda (u.å.). *Vattenhårdhet i Sverige*. [Vattenhårdhet i Sverige - Så påverkar det din tvätt - Sunda](#) [2022-10-19]

Svenskt vatten (2021). *Dricksvattenfakta*. [Dricksvattenfakta - Svenskt Vatten](#) [2022-10-04]

Svenskt vatten (2021). *Vattenförbrukning i hushåll*. [Vattenförbrukning i hushåll - Svenskt Vatten](#) [2022-09-16]

Sveriges geologiska undersökning (2020). *Brunnar och dricksvatten*. [Brunnar och dricksvatten \(sgu.se\)](#) [2022-08-31]

Sveriges geologiska undersökning (2022). *Enskild vattenförsörjning- vad innebär det?* [Enskild vattenförsörjning – vad innebär det? \(sgu.se\)](#) [2022-08-31]

Sveriges vattenmiljö (u.å.). *Kattegat*. [Kattegatt | Sveriges vattenmiljö \(sverigesvattenmiljo.se\)](#) [2022-10-10]

Sydvatten (2015). *Vattenförbrukning*. [Vattenförbrukning – Sydvatten](#) [2022-09-16]

University of California (2019). *Sodium urine test*. [Sodium urine test \(ucsfhealth.org\)](#) [2022-10-10]

VA SYD (2010). *Tilläggsbestämmelser till ABVA*. [ABVA---Tilläggsbestämmelser.pdf \(vasyd.se\)](#) [2022-09-21]

Vestberg, S.(2020). *Förutsättningar för att bevattna med bräckt vatten i Sverige- Effekten på mark och växt*. Sveriges Lantbruksuniversitet. Lantmätare-kandidatprogram. [vestberg_s_211026.pdf \(slu.se\)](#)

Voisin, H., Bergström, L., Liu, P., Mathew, A. P. (2017). Nanocellulose- Based Material for Water Purification. *Nanomaterials*. 7(3:57) [Nanomaterials | Free Full-Text | Nanocellulose-Based Materials for Water Purification | HTML \(mdpi.com\)](#)

Willey, J.M., Sherwood, L. M., Woolverton, C. J. (2014). *Prescott's Microbiology*. 9 uppl., New York: McGraw-Hill Education

WWF (u.å.). *Östersjöns miljö*. <https://www.wwf.se/hav-och-fiske/ostersjon/unikt-innanhav/> [2022-10-09]

Zhu (2007). *Plant Salt Stress*. [a0001300 1..3 \(ucr.edu\)](#) [2022-09-27]

8 Appendix

Tabell A: 1. Den fullständiga tabellen över livsmedelsverkets gränsvärden för dricksvatten (Livsmedelsverket, 2015).

Parameter	Enhet	Tjänligt med anmärkning	Otjänligt	Kommentar
Alkanitet	mg/l HCO ₃			Halt över 60 mg/l HCO ₃ minskar risken för korrosionsangrepp i distributionsanläggningen.
Aluminium	mg/l Al	0,50 (t)		Kan i grundvatten indikera aluminiumutlösning från marken på grund av surt vatten (pH <5,5). Kan medföra slambildning i distributionsanläggningen.
Ammonium	mg/l NH ₄	0,5 (t)		Kan indikera påverkan från avlopp eller liknande. Förekommer främst vid syrefattiga förhållanden. Risk för nitritbildning, särskilt i filter och långa ledningsnät.
		1,5 (h, t)		Risk för kraftig nitritbildning och lukt.
Antimon	µg/l Sb		5 (h)	Kan indikera förorening från industri, deponi eller rötslam. Antimon kan också tillföras vattnet från material i va-installationer.
Arsenik	µg/l As		10 (h)	Kan indikera påverkan från föroreningskälla. I bergsborrade brunnar är dock orsaken oftast naturlig (sulfidmineral). Ev. risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering.
Bekämpningsmedel, enskilda	µg/l		0,10	Riktvärdet tillämpas på hälften av varje enskilt bekämpningsmedel som påvisas och kvantifieras i ett prov. För aldrin, dieldrin, heptaklor och heptaklorepoxid tillämpas riktvärdet 0,030 µg/l. Med bekämpningsmedel (pesticider) avses organiska ämnen som används som insekticider, herbicider, fungicider, nematocider, akaricider, algicider, rodenticider, slembekämpningsmedel, tillväxtreglerande medel och liknande produkter samt relevanta metaboliter, nedbrytnings- och reaktionsprodukter. Kan orsakas av läckage från jordbruksmark, ogräsbekämpning på gårdsplaner, längs vägar och järnvägar, trädgårdar etc. eller oförsiktig hantering av medlen.
Bekämpningsmedel, totalhalt	µg/l		0,50	Riktvärdet tillämpas på summan av halterna av alla enskilda bekämpningsmedel som påvisas och kvantifieras i ett prov.
Bly	µg/l Pb		10 (h)	Orsaken är ofta korrosion av blyhaltiga material i äldre fastighetsinstallationer. Kan också vara en indikation på påverkan från industriutsläpp, deponi o.

				dyl. Risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag, särskilt hos små barn. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering.
Cyanid	µg/l CN		50 (h)	Riktvärdet avser totalhalt cyanid. Kan indikera påverkan från industriutsläpp, deponi o. 20dyl. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering.
Fluorid	mg/l F	1,3 (h)		Risk för tandemaljfläckar (fluoros). Se även övriga kommentarer om fluorid.
			6,0 (h)	Risk för fluorinlagring i benvävnad (osteofluoros). Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering. Vid bedömning av fluoridhalter bör dessutom följande information angående kariesskydd, fluorosrisk och vattenkonsumtion alltid ges: < 0,8: Dricksvattnet ger ett begränsat kariesskydd. 0,8-1,2: Dricksvattnet har kariesförebyggande effekt. 1,3-1,5: Dricksvattnet har kariesförebyggande effekt. Vattnet bör dock inte ges i större omfattning till barn under 1/2 års ålder. 1,6-4,0: Dricksvattnet har kariesförebyggande effekt. Vattnet bör dock endast i begränsad omfattning ges till barn under 1 1/2 års ålder. 4,1-5,9: Dricksvattnet bör endast i begränsad omfattning ges till barn under 7 år och endast vid enstaka tillfällen till barn under 1 1/2 år.
Färg	mg/l Pt	30 (e)		Färgen kan iakttas med blotta ögat. Vattnet innehåller troligen järn eller humus. Orsaken till onormala förändringar bör alltid undersökas.
Järn	Mg/l Fe	0,50 (e, t)		Medför utfällningar, missfärgning och smak. Kan medföra dålig lukt. Risk för skador på textilier vid tvätt och igensatta ledningar. I vissa vatten kan olägenheterna uppstå såväl vid lägre som högre halter än vad riktvärdet anger.
Kadmium	µg/l Cd	1,0 (h)		Förekommer i grundvattnet i några områden med sedimentär berggrund. Kan orsakas av korrosion av kadmiumhaltiga material i fastighetsinstallationer, särskilt om vattnet är surt (pH < 5).
			5,0 (h)	Risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering
Kalcium	mg/l Ca	100 (t)		Mellan 20 och 60 mg/l minskar korrosionsrisken i distributionsanläggningen. Olägenheter som vid hårdhet, vid anmärkningsvärda halter se parametern total hårdhet.

Kalium	mg/l K	12		Kan i brunnsvatten indikera påverkan från förorening. Kan även ha naturligt geologiskt betingat ursprung.
Kemisk oxygenförbrukning COD _{Mn}	Mg/l O ₂	8 (e)		Vattnet innehåller organiskt material som kan ge lukt, smak och färg. Indikerar påverkan av ytligt markvatten. I en distributionsanläggning kan desinfektionseffekten försämrans och mikrobiologisk tillväxt gynnas.
Klor, total aktiv	mg/l Cl ₂	0,4 (e)		Risk för lukt och smak av klor. Förekommer vid desinfektion med klor.
Klorid	Mg/l Cl	100 (t)		Kan påskynda korrosionsangrepp. Halt som överstiger 50 mg/l Cl kan indikera påverkan av salt grundvatten, avlopp, deponi, vägsalt eller vägdagvatten.
		300 (e, t)		Risk för smakförändringar.
Konduktivitet	mS/m			Är ett mått på vattnets totala salthalt. Höga värden (> 70 mS/m) kan indikera höga kloridvärden.
Koppar	mg/l Cu	0,20 (e,t)		Orsakat av korrosion på kopparledningar. Risk för missfärgning av sanitetsgoods och hår (vid hårtvätt).
			2,0 (h, e, t)	Ev. risk för diarréer, särskilt hos känsliga småbarn. Estetiska och tekniska olägenheter som ovan. Vattnet (kallvatten) bör spolans någon minut innan det används till dryck och matlagning, särskilt vid beredning av barnmat, efter längre tids stillestånd samt vid nya installationer.
Krom	µg/l Cr		50 (h)	Kan indikera påverkan från industriutsläpp, deponi o. dyl. Kroniska hälsoeffekter är inte kända, men kan inte uteslutas. Riktvärdets syfte är att begränsa dricksvattnets bidrag till totalintaget av krom. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering.
Kvicksilver	µg/l Hg		1,0 (h)	Kan indikera påverkan från industriutsläpp, deponi o. dyl. Ev. risk för kroniska hälsoeffekter vid långvarigt intag. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering.
Lukt		Tydlig (e)		Svag lukt indikerar påverkan. Normalt görs bedömningen efter undersökning vid 20°C, men kan på förekommen anledning (t.ex. klagomål) göras vid 50°C.

			Tydlig (h)	Bedömningen görs när främmande lukt indikerar att vattnet är så förorenat att det inte bör användas som dricksvatten.
			Mycket stark (e)	Bedömningen görs när lukten gör vattnet uppenbart motbjudande.
Magnesium	mg/l Mg	30 (e)		Risk för smakförändringar.
Mangan	mg/l Mn	0,30 (e, t)		Kan i vattenledningar bilda utfällningar, som när de lossnar ger missfärgat (svart) vatten. Risk för skador på textilier vid tvätt.
Natrium	mg/l Na	100 (t)		Kan indikera påverkan från relikv saltvatten eller havsvatten. Kan även orsakas genom avhärdning genom jonbyte med natrium.
		200 (e, t)		Risk för smakförändringar.
Nickel	µg/l Ni		20 (h)	Kan förekomma naturligt i surt grundvatten. Kan även indikera att råvattnet förorenats av industrier.
Nitrat	mg/l NO ₃	20 (t)		Indikerar påverkan från avlopp, gödsling och andra föroreningskällor.
			50 (h, t)	Följande information bör alltid ges: Vattnet bör inte ges till barn under 1 års ålder på grund av risk för methämoglobinemi (försämrad syreupptagning i blodet).
Nitrit	mg/l NO ₂	0,1 (h, t)		Kan indikera påverkan från förorening. Kan bildas genom ammoniumoxidation i filter och ledningsnät. Kan finnas i djupa brunnar vid syrebrist i vattnet.
			0,50 (h)	Ökad risk för methämoglobinemi (försämrad syreupptagning i blodet). Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshandling. Följande information bör alltid ges: Vattnet bör inte ges till barn under 1 års ålder på grund av viss risk för methämoglobinemi (försämrad syreupptagning i blodet).
pH (vätejonkoncentration)		< 6,5		Låga pH-värden medför risk för korrosion på ledningar som kan leda till ökade metallhalter i dricksvatten. Kan indikera påverkan av ytvatten eller ytligt grundvatten. pH-värdet bör ligga inom intervallet 6,5-9,0.
			10,5 (h)	Troligen orsakat av överdosering av alkaliskt medel eller utlösning av kalk från cementbelagda ledningar. Risk för skador på ögon och slemhinnor. Vattnet kan inte användas som dricksvatten.
Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)	µg/l		0,10 (h)	Riktvärdet bör tillämpas på summan av halterna av följande ämnen: benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten,

				benso-(ghi)- perylen och indeno-(1,2,3-cd)- pyren.
Radon	Bq/l		> 1000 (h)	Risk för hälsoeffekter. Vattnet bör inte användas till dryck eller livsmedelshantering. Störst risk för hälsoeffekter vid inandning av radonhaltig luft, t.ex. vid duschning. Radon från vatten kan tillsammans med radon från mark och byggnadsmaterial ge höga halter i bostadsluften. I en enskild fastighet kan halten minskas genom kraftig luftning i radonavskiljare eller med andra metoder. För att undvika höjningar av radonhalten inomhus måste avgående gas ledas bort från bostad
Selen	µg/l Se		10 (h)	Halter över riktvärdet kan finnas naturligt i vattnet.
Smak		Tydlig (e)		Avvikande smak kan indikera påverkan. Beträffande undersökningstemperatur, se kommentar till parametern lukt.
			Tydlig (h)	Bedömningen görs när främmande smak indikerar att vattnet är så förorenat att det inte bör användas som dricksvatten.
			Mycket stark (e)	Bedömningen görs när smaken gör vattnet uppenbart motbjudande.
Sulfat	mg/l SO ₄	100 (t)		Kan påskynda korrosionsangrepp.
		250 (h, e, t)		Risk för smakförändringar. Kan ge övergående diarré hos känsliga barn.
Total hårdhet (beräknad)	°dH	15 (t)		Bildas av kalcium- och magnesiumjoner. Risk för utfällningar i ledningar, kärl och fastighetsinstallationer, särskilt vid uppvärmning. Skador på textilier vid tvätt.
Turbiditet	FNU	3		Är ett mått på vattnets grumlighet. Orsaken till onormala förändringar bör alltid undersökas. Indikerar påverkan på ytvatten.
Uran	µg/l U	30 (h)		Kan förekomma naturligt i grundvatten.

Tabell A:2. Parametrar i avloppsvattnet som kan påverka ledningsnätet. Dessa får inte överskridas, ens under en kort tid (VA SYD, 2010).

Ämne/ parameter	Momentanvärde	Skador
pH, min	6,5	Korrosionsrisk och frätskador
pH, max	10,0	Korrosionsrisk och frätskador
Konduktivitet	500 mS/m	Korrosionsrisk på stål
Suspenderat material	40 mg/l	Igensättningsrisk
Fett, avskiljbart (animaliskt eller vegetabiliskt)	100 mg/l	Igensättningsrisk
Summa ammonium-kväve NH ₃ -N, NH ₄ ⁺ -N	60 mg/l	Korrosionsrisk på betong
Magnesium Mg ²⁺	300 mg/l	Korrosionsrisk på betong
Summa sulfat SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻	400 mg/l	Korrosionsrisk på betong
Klorid	2500 mg/l	Materialskador
Sulfid S ²⁻	1 mg/l	Korrosionsrisk på betong

Tabell A:3. De högsta tillåtna halterna av metaller i avloppsvatten som kan påverka reningsverkets processer eller slamkvalitet (VA SYD, 2010).

Parameter	Formel	Varningsvärde (mg/l)
Bly	Pb	0,05
Kadmium	Cd	Bör inte förekomma
Koppar	Cu	0,2
Krom, total	Cr	0,05
Krom, 6-värd	Cr(VI)	Bör inte förekomma
Kvicksilver	Hg	Bör inte förekomma
Nickel	Ni	0,05
Silver	Ag	0,05
Tenn	Sn	0,1
Zink	Zn	0,2
Cyanid total (ej metall, men vanlig vid ytbehandlande processer)	CN	0,2

Tabell A:4. Tabellvärden för figur 4.1. Mängden utsläppt salt per år för permanentboende med olika storlekar på hushållet förutsatt att regenereringar sker så ofta som enligt tabell 4.2.

Antal personer i hushållet	Mängd utsläppt salt per år vid hårdhet 15 °dH [kg/år]	Mängd utsläppt salt per år vid hårdhet 20 °dH [kg/år]	Mängd utsläppt salt per år vid hårdhet 30 °dH [kg/år]
1	24,4	32,5	48,7
2	48,7	65,0	97,5
3	73,1	97,5	146,2
4	97,8	130,0	195,0
5	121,8	162,5	243,7
6	146,2	195,0	292,4

Tabell A:5. Tabellvärden för figur 4.2. Maximala samt minimala saltkoncentrationen för spolvattnet samt koncentrationen av klor.

Beteckning	Minimala saltkoncentration [g/l]	Maximala saltkoncentration [g/l]	Minimala kloridkoncentrationen [g/l]	Maximala kloridkoncentrationen [g/l]
AH-20	5,45	8	3,31	4,86
AH-25	6,81	10	4,14	6,07
AH-30	8,18	12	4,97	7,29
AH-50	13,6	20	8,28	12,15