



UPPSALA
UNIVERSITET



UPTEC W 23022

Examensarbete 30 hp

Januari 2024

Vägen mot en hållbar hantering av vatten och avlopp i en urban miljö år 2070, under ett förändrat klimat

Lisa Lundgren



UPPSALA
UNIVERSITET



The pathway towards sustainable urban water and wastewater management in 2070, under a changing climate

Lisa Lundgren

Abstract

Sustainable management of water and wastewater (W&WW) is crucial for protecting the environment and human health. However, the responsibility cannot solely rest on the W&WW sector, but the entire society needs to take action to deal with challenges related to population growth, urbanization and climate change. In this study, a backcasting method was applied to propose a pathway towards the future vision: *Sustainable urban water and wastewater management in 2070, under a changing climate*. A group of experts assessed the following key factors as particularly important to achieve the vision:

- "The W&WW system provides safe water"
- "Water usage in the city is sustainable"
- "The W&WW system contributes to the circular economy"
- "The W&WW system does not contribute to eutrophication"
- "The W&WW system spreads minimal pollutants"
- "The W&WW system is climate resilient"

Based on these key factors, indicators, opportunities, obstacles, and actions in the present were identified. According to the expert group, it is particularly critical and urgent to take actions to reduce the burden on the W&WW system. The burden can be reduced, for example through decreased drinking water consumption, increased reuse of water, reduced water losses, local management of stormwater, implementation of source-sorting wastewater systems and upstream measures. In addition, investment costs were a recurring obstacle, and it is therefore important that the politicians are aware of the need to be able to design effective laws and policies.

In order to analyze the effects of the actions, calculations examples with Uppsala as a case study were included. The analysis showed that Uppsala will not achieve the future vision with current objectives. A recommendation for Uppsala is therefore to apply backcasting to identify and quantify additional actions based on this study. This recommendation is also directed towards Svenskt Vatten, but also to other sectors where it is necessary to broaden the perspective to see the whole picture and new pathways forward, instead of being limited by the existing system.

Keywords: water and wastewater, W&WW, future study, future vision, backcasting, sustainability, societal changes

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala

Handledare: Elisabeth Kvarnström Ämnesgranskare: Jennifer McConville

Examinator: Antonio Segalini

REFERAT

Vägen mot en hållbar hantering av vatten och avlopp i en urban miljö år 2070, under ett förändrat klimat

Lisa Lundgren

En hållbar hantering av vatten och avlopp (VA) är avgörande för att skydda miljön och människors hälsa. Ansvar kan dock inte enbart läggas på VA-sektorn, utan hela samhället behöver vidta åtgärder för att hantera utmaningar relaterade till befolkningstillväxt, urbanisering och klimatförändringar. I denna studie tillämpades en backcastingmetod för att föreslå en väg mot framtidsvisionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*. En grupp experter bedömde att följande nyckelfaktorer är särskilt viktiga för att uppnå visionen:

- ”VA-systemet tillhandahåller säkert vatten”
- ”Vattenanvändningen i staden är hållbar”
- ”VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin”
- ”VA-systemet bidrar inte till övergödning”
- ”VA-systemet sprider minimalt med föroreningar”
- ”VA-systemet är klimatrezilient”

Baserat på dessa nyckelfaktorer identifierades indikatorer, möjligheter, hinder samt åtgärder i nutid. Enligt expertgruppen är det särskilt kritiskt och brådskande att vidta åtgärder för att minska belastningen på VA-systemet. Belastningen kan exempelvis reduceras genom minskad dricksvattenförbrukning, ökad återanvändning av vatten, reducerade vattenförluster, lokal hantering av dagvatten, implementering av källsorterande avlopssystem och uppströmsåtgärder. Dessutom var investeringskostnader ett återkommande hinder, och det är därför viktigt att politiker är medvetna om behovet för att kunna utforma effektiva lagar och styrmedel.

För att analysera åtgärdernas effekter inkluderades även beräkningsexempel med Uppsala tätort som fallstudie. Analysen visade att Uppsala inte kommer att uppnå framtidsvisionen med nuvarande målsättningar. En rekommendation till Uppsala är därför att tillämpa backcasting för att identifiera och kvantifiera ytterligare åtgärder med utgångspunkt i denna studie. Denna rekommendation riktas även till Svenskt Vatten, men även till andra sektorer där det är nödvändigt att bredda perspektivet för att se helheten och nya vägar framåt, istället för att begränsas av det befintliga systemet.

Nyckelord: vatten- och avlopp, VA, framtidsstudie, framtidsvision, backcasting, hållbarhet, samhällsförändringar

*Institutionen för energi och teknik, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU)
Lennart Hjelmns väg 9, SE-750 07 Uppsala, Sverige
ISSN 1401-5765*

FÖRORD

Detta examensarbete omfattar 30 högskolepoäng och avslutar mina studier på civilingenjörsprogrammet i miljö- och vattenteknik vid Uppsala universitet och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Arbetet har utförts under vårterminen 2023 i samarbete med företaget Ecoloop AB i Stockholm och SLU.

Först och främst vill jag rikta ett varmt tack till min handledare, Elisabeth Kvarnström på Ecoloop. Ditt engagemang och stöd under hela processen har varit ovärderligt. Våren hade inte varit densamma utan våra tisdagsmöten, där vi har diskuterat och utvecklat projektet tillsammans.

Jag vill också uttrycka min tacksamhet till min ämnesgranskare, Jennifer McConville, vid Institutionen för energi och teknik på SLU. Dina kommentarer har varit oerhört värdefulla för att förbättra arbetet. Jag är särskilt tacksam för din aktiva medverkan under hela processen, vilket är långt mer än vad som förväntas av din roll som ämnesgranskare.

Jag hade inte kunnat önska mig en bättre duo att arbeta med och vi har verkligen utvecklat detta projekt tillsammans. Ert engagemang och kunskap har inte bara varit ett enormt stöd, utan även en stor inspirationskälla. Ni brinner för det ni gör och det smittar av sig!

Ett stort tack riktas även till Ecoloop för möjligheten att få göra mitt examensarbete hos er. Tack för ert varma välkomnande, uppmuntrande ord och för att ni har delat med er av era spännande projekt.

Dessutom vill jag framföra ett stort tack till alla deltagare i workshopen. Era tankar och erfarenheter har bidragit avsevärt till mitt arbete. Genom att dela era perspektiv har ni hjälpt mig att bredda mitt eget, och utveckla en djupare förståelse för ämnet.

Slutligen vill jag tacka alla som har gjort studietiden till en så fin upplevelse. Tack vare er har det funnits tillfälle för skratt även under de mest utmanande studieperioderna. Jag är så glad för alla stunder vi har delat, både innanför och utanför universitetets väggar.

Varmt tack,

*Lisa Lundgren
Stockholm, juni 2023*

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Hanteringen av vatten och avlopp (VA) behöver utvecklas från en ren nödvändighet till ett långsiktigt hållbart och resurseffektivt system. VA-systemen har spelat en avgörande roll i att förbättra folkhälsan genom att minska spridningen av sjukdomar och epidemier i städer. Trots framsteg inom området står vi inför utmaningar, såsom övergödning, användning av nya kemikalier och utsläpp av orenat avloppsvatten vid kraftiga regn. I Sverige har nära 90 procent av befolkningen tillgång till dricksvatten och avloppshantering från kommunala VA-system, men det krävs åtgärder för att säkerställa detta även i framtiden. En stor del av infrastrukturen är föråldrad och behöver ersättas, samtidigt som systemet måste anpassas till befolkningstillväxt och klimatförändringar. Ny infrastruktur har en livslängd på 50–100 år och bör därför möta framtida behov för att inte bli föråldrad i förtid. De flesta är överens om att hållbarhet är det primära målet, men frågan är vad det innebär för ett VA-system.

Ett hållbart VA-system tillfredsställer dagens behov samtidigt som det säkerställer tillgång till rent dricksvatten och en hälsosam miljö för kommande generationer. Denna studie syftar till att identifiera dessa behov och undersöka hur de kan tillgodoses genom åtgärder idag. För att uppnå detta användes en metod kallad *backcasting*, vilken utgår från en framtidsvision för att sedan identifiera nyckelfaktorer som är avgörande för att uppnå visionen. Genom att sedan identifiera indikatorer, hinder, möjligheter och åtgärder kan vi succesivt arbeta mot framtidsvisionen genom att implementera åtgärder idag. Backcasting genomfördes i ett workshopformat med en grupp experter. Metoden bygger på antagandet att vi skapar framtiden och fokuserar därmed på vad vi vill uppnå och hur vi kan nå det, istället för att utgå från dagens trender och försöka förutsäga framtiden.

För att definiera vad som utmärker ett hållbart VA-system kan dagens ramverk och hållbarhetsmål fungera som en grund. Ett exempel på ett sådant hållbarhetsramverk är de planetära gränserna, vilka anger ett säkert område som mänskligheten bör hålla sig inom för att undvika att överbelasta planeten. Dessutom finns det globala och nationella hållbarhetsmål, varav flera relaterar till VA. Enligt expertgruppen bör ett hållbart VA-system uppfylla följande nyckelfaktorer:

Nyckelfaktorer

- VA-systemet tillhandahåller säkert vatten
- Vattenanvändningen i staden är hållbar
- VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin
- VA-systemet bidrar inte till övergödning
- VA-systemet sprider minimalt med föroreningar
- VA-systemet är klimatresilient

Expertgruppen prioriterade också de föreslagna åtgärderna genom att bedöma hur kritiska och brådskande de är. De högst prioriterade åtgärderna presenteras i anslutning till tillhörande nyckelfaktor:

Nyckelfaktorer och de högst prioriterade åtgärderna

- VA-systemet tillhandahåller säkert vatten
 - Identifiera sätt att tillhandahålla vatten av olika kvalitet
- Vattenanvändningen i staden är hållbar
 - Aktivt arbeta med reduktion av förlustvatten
 - Göra politiker medvetna
- VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin
 - Införa källsorterande system
 - Öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet och anpassa regleringarna för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering
 - Införa lagkrav
 - Incitament för inhemsk produktion genomförs
 - Införa kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel
 - Införa styrmedel för att öka efterfrågan, till exempel skatt på mineralgödsel
- VA-systemet bidrar inte till övergödning
 - Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser
 - Bygga in källsorterande system vid nybyggnation
 - Undersöka alternativa källor till fällningskemikalier
- VA-systemet sprider minimalt med föroreningar
 - Införa lagkrav och förbud mot användning av farliga kemikalier
 - Teknikutveckling
 - Stärka samarbetet mellan olika aktörer
 - Förbättra reningsteknikerna
 - Utökat producentansvar ger ekonomiska incitament att minska användningen
- VA-systemet är klimatrezilient
 - Anlägga översvämningssytor, förvaringsbassänger eller gröna tak
 - Bygga om stadens allmänna platsmark så regnet inte går ner i avloppsnätet
 - Uppgradera ledningsnäten för att minska vattenförluster
 - Skapa incitament för att fastighetsägare omhändertar maximalt med regnvatten inom tomtgränsen
 - Minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen

För att utvärdera effekten av olika åtgärder genomfördes beräkningar med Uppsala tätort som fallstudie, och resultaten jämfördes med Uppsalas egna målsättningar. Uppsala förväntas växa genom både tätare bebyggelse och nya stadsdelar. En utmaning är dock att Uppsalas största avloppsreningsverk, Kungsängsverket, saknar tillstånd att hantera en ökad belastning. En annan utmaning är att vatten redan idag pumpas från Fyrisån till infiltrationsbäddar för att öka grundvattenbildningen och möjliggöra ett högre vattenuttag. Det tillåtna grundvattenuttaget förväntas dock vara uppnått inom tio år.

Gemensamt för flera av de högst prioriterade åtgärderna är att de syftar till att minska belastningen på VA-systemet. Detta kan exempelvis uppnås genom att minska dricksvattenförbrukningen och öka användningen av återvunnet vatten. En reducerad dricksvattenanvändning minskar belastningen på vattenresurser, vattenverk och avloppsreningsverk. Detta innebär att VA-systemet kan tillhandahålla vatten och avloppstjänster till fler människor utan att behöva öka kapaciteten. Uppsalas mål är att minska dricksvattenanvändningen från 140 liter till 100 liter per person och dygn. Om detta mål uppnås skulle Uppsala tätort kunna försörja fler invånare 2070 med samma dricksvattenproduktion som idag. Denna studie föreslår att dricksvattenanvändningen bör begränsas till 50 liter per person och dygn. Detta skulle innebära att dricksvattenproduktionen i Uppsala tätort 2070 skulle kunna halveras jämfört med idag, trots en ökad befolkning. En kraftigt minskad vattenanvändningen riskerar dock att leda till långa uppehållstider i ledningsnätet, vilket kan skapa problem.

Ett annat problem är att en stor mängd vatten inte når konsumenten på grund av läckande vattenledningar. Det är dock mycket kostsamt att åtgärda detta, och enligt expertgruppen är det därför viktigt att politiker är medvetna om problemet för att möjliggöra nödvändiga investeringar. Uppsalas mål är att begränsa vattenförlusterna till 15 procent av den levererade volymen 2050, vilket motsvarar en läcka på 12 liter per meter vattenledning. Denna vattenförlust är mer än det dubbla jämfört med genomsnittet i Sverige. Dessutom planerar Uppsala att förnya ledningsnätet i en lägre takt än den genomsnittliga förnyelsetakten, och även under det som Svenskt Vatten rekommenderar. Det kan därför finnas anledning att se över om målsättningen är tillräckligt ambitiös.

Enligt expertbedömningen är det också viktigt att inte lägga hela ansvaret på VA-huvudmannen, utan det är nödvändigt att hela samhället vidtar åtgärder. Ett exempel är att kommunen och fastighetsägare behöver ta hand om så mycket regnvatten som möjligt, exempelvis i parker och på tomter, för att förhindra att det rinner ner i avloppsnätet. Om regnet överbelastar VA-systemet tvingas det släppa ut orenat avloppsvatten, och att utöka avloppsnätets kapacitet skulle vara mycket kostsamt. Ett annat sätt som samhället kan minska belastningen på VA-systemet är att minska utsläppen av föroreningar. Enligt expertgruppen är det särskilt viktigt att förbjuda farliga kemikalier och att införa ett utökat producentansvar. Ett utökat producentansvar innebär att förorenaren måste betala för reningen, vilket skapar incitament att minska utsläppen. Även om utsläppen skulle minska kraftigt redan idag, finns det redan föroreningar i miljön som behöver renas, samt föroreningar som är svåra att undvika. En prioriterad åtgärd är därför att utveckla effektiva reningstekniker för att undvika negativa effekter för miljön och människors hälsa.

Studien föreslår även lokala gränsvärden för utsläpp av näringsämnen på 15,9 ton kväve och 1,3 ton fosfor per år. Dessa mängder motsvarar VA-företagets andel av den kritiska belastningen till Fyrisåns avrinningsområde, där Uppsala tätort är beläget. Kungsängsverket uppfyller dagens tillståndskrav men överskrider de föreslagna gränsvärdena baserade på den kritiska belastningen. Det skulle krävas omfattande åtgärder för att begränsa utsläppen till dessa nivåer, men implementering av källsorterande avloppssystem kan bidra till att uppfylla målet.

Expertgruppen bedömde att det är kritiskt och brådskande att implementera källsorterande avloppssystem för att VA-systemet ska bidra till den cirkulära ekonomin och för att undvika övergödning. Källsorterande avloppssystem separerar olika avloppsflöden, såsom toalettvattnet och bad-, disk- och tvättvattnet vid källan. Genom att hålla isär näringsämnena i toalettvattnet från skadliga kemikalier i övrigt avloppsvatten, ökar möjligheten att återvinna näringsämnen som sedan kan användas som gödsel inom jordbruket. Detta reducerar behovet av att använda konventionell mineralgödsel, vilket minskar risken för övergödning. En föreslagen indikator är att åtminstone kväve och fosfor bör recirkuleras till minst 70 procent. Detta är möjligt att uppnå med källsorterande avloppssystem eftersom de kan öka kväveåtervinningen från 27 procent med konventionella system till 89 procent av kvävet i hushållsavloppsvattnet, inklusive matavfall. Fosforåtervinningen kan öka från 86 procent till 92 procent.

För att öka användningen av återvunna näringsämnen från avloppsvattnet bedömde expertgruppen att det är särskilt kritiskt och brådskande att införa lagkrav och olika styrmedel, såsom krav på att en viss andel återvunnen kväve och fosfor måste ingå i mineralgödsel. Dessutom innehåller avloppsvattnet mycket värme som skulle kunna återvinnas för att bidra till den cirkulära ekonomin. Det finns dock regleringar som kan begränsa möjligheten på grund av osäkerheter kring hur det påverkar VA-systemet. Det är därför nödvändigt att öka kunskapen om detta och anpassa regleringarna för att de inte ska förhindra energieffektivisering.

Av studien framgår att Uppsala inte kommer att uppnå föreslagna nyckelfaktorer och indikatorer med nuvarande målsättningar. En rekommendation till Uppsala är därför att genomföra en backcasting baserat på denna studie för att identifiera fler åtgärder och beräkna deras effekter. Denna rekommendation gäller även Svenskt Vatten och andra sektorer som behöver utforska nya vägar framåt. För att skapa ett hållbart VA-system, eller samhälle i stort, är det nödvändigt att se helheten istället för att försöka lösa varje enskilt problem isolerat från resten av systemet. Genom att planera för ett hållbart VA-system, istället för att enbart reagera på akuta problem, kan vi bidra till en bättre framtid för människor och miljön.

INNEHÅLL

1. INLEDNING	1
1.1 SYFTE OCH MÅL	2
1.1.1 Avgränsningar	3
1.2 RAPPORTENS STRUKTUR	3
2. BAKGRUND	4
2.1 EN HÅLLBAR UTVECKLING INOM PLANETENS GRÄNSER	4
2.1.1 Planetära gränserna	4
2.1.2 FN:s globala mål för hållbar utveckling	7
2.1.3 EU:s mål, ramverk och direktiv	8
2.1.4 Sveriges miljömål	9
2.1.5 Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	10
2.2 VATTEN OCH AVLOPP	11
2.2.1 Olika typer av vatten och avloppsvatten	11
2.2.2 Ansvarsfördelningen för vatten och avlopp i Sverige	11
2.2.3 VA-systemet i Uppsala tätort	12
2.3 FRAMTIDSSSTUDIER	16
2.3.1 Backcasting	18
3. METOD	19
3.1 INFÖR WORKSHOPPEN – IDENTIFIERING AV NYCKELFAKTORER OCH INDIKATORER	20
3.1.1 "VA-systemet tillhandahåller säkert vatten"	20
3.1.2 "Vattenanvändningen i staden är hållbar"	21
3.1.3 "VA-systemet bidrar inte till övergödning"	22
3.1.4 "VA-systemet sprider minimalt med föroreningar"	22
3.1.5 "VA-systemet är klimatrelient"	23
3.1.6 "VA-systemet är klimatneutralt"	24
3.1.7 Utskick till workshopdeltagare	25
3.1.8 "VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin"	26
3.2 WORKSHOP	27
3.3 BERÄKNINGAR	28
3.3.1 Kritisk belastning för kväve och fosfor i Fyrisåns avrinningsområde	28
3.3.2 Uppskattning av antal invånare i Uppsala tätort år 2070	29
3.3.3 Utsöndrad mängd kväve och fosfor	30
3.3.4 Reningsgrad för olika grader av utsortering	30
4. RESULTAT OCH DISKUSSION	31
4.1 "VA-SYSTEMET TILLHANDAHÅLLER SÄKERT VATTEN"	31
4.1.1 Indikator – VA-systemet säkerställer att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet	32
4.1.2 Indikator – Tillhandahållande av vatten av olika kvalitet för olika ändamål utöver dricksvattenkvalitet	35
4.2 "VATTENANVÄNDNINGEN I STADEN ÄR HÅLLBAR"	37
4.2.1 Indikator – Dricksvattenanvändningen är maximalt 50 liter per person och dygn	38
4.2.2 Indikator – Andel återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent	42
4.2.3 Indikator – Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten	44
4.3 "VA-SYSTEMET BIDRAR TILL DEN CIRKULÄRA EKONOMIN"	48
4.3.1 Indikator – Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent	50
4.3.2 Indikator – VA-systemets övriga resurser kan nyttjas av andra aktörer och verksamheter	56
4.3.3 Indikator – Energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden	57
4.4 "VA-SYSTEMET BIDRAR INTE TILL ÖVERGÖDNING"	60
4.4.1 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år	62
4.4.2 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år	68

4.5 "VA-SYSTEMET SPRIDER MINIMALT MED FÖRORENINGAR"	73
4.5.1 Indikator – Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp	74
4.5.2 Indikator – Uppströmsarbete bedrivs på lokal, regional och nationell nivå.....	76
4.6 "VA-SYSTEMET ÄR KLIMATRESILIENT"	80
4.6.1 Indikator – VA-systemet och staden är utformade så att de kan hantera fler och kraftigare skyfall utan bräddning.....	81
4.6.2 Indikator – VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka	84
4.6.3 Indikator – Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar.....	88
5. SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER	89
5.1 METODEN BACKCASTING.....	89
5.2 RESULTAT FRÅN BACKCASTING	90
5.3 UPPSALA TÄRTORT SOM FALLSTUDIE	93
5.4 FRAMTIDSVISIONEN.....	96
5.5 KONSEKVENSER AV VISIONEN FÖR VA-SEKTORN	98
5.6 FORTSATT STUDIER OCH REKOMMENDATIONER	100
REFERENSER	101
BILAGOR	I
BILAGA A. INNEHÅLL I KLOSETTVATTEN	I
BILAGA B. BEFOLKNINGSUTVECKLING I SVERIGE	II
BILAGA C. STATISTIK FÖR KUNGSÅNGSVERKET I UPPSALA.....	III
BILAGA D. ENKÄT INFÖR WORKSHOPPEN.....	IV
BILAGA E. EXPERTBEDÖMNING.....	VI
BILAGA F. KOMPLETTERANDE MATERIAL TILL BERÄKNINGAR	XII
BILAGA G. SAMMANSTÄLLNING AV INDATA OCH BERÄKNINGAR	XVI

1. INLEDNING

Genom historien har systemen för vatten och avlopp (VA) utvecklats från enkla metoder till komplexa system med avancerade reningsverk och omfattande ledningsnät (Balmér u.å.). I dagens samhälle har VA-systemet blivit en självklar och relativt osynlig del av vardagen (Svenskt Vatten 2023). I Sverige tillhandahåller de kommunala VA-systemen rent dricksvatten och avloppshantering till nära 90 procent av befolkningen, vilket gör dessa system samhällskritiska (Svenskt Vatten 2023). Trots dessa framsteg står VA-sektorn inför betydande utmaningar som hotar förmågan att möta dagens och framtida behov. Om inga åtgärder vidtas riskerar bland annat dricksvattenförsörjningen att utvecklas till en allvarlig samhällskris (Svenskt Vatten 2023).

En av de främsta utmaningarna är den föråldrade infrastrukturen. En betydande del av Sveriges VA-infrastruktur härstammar från 1960- och 1970-talet och är i behov av omfattande renovering (Carlsson et al. 2017). Samtidigt ger renoveringsbehovet en möjlighet att omforma och förbättra VA-systemen. Detta kräver dock ett långsiktigt planeringsarbete eftersom infrastrukturen har en livslängd på 50–100 år. Det är därmed viktigt att säkerställa att dagens investeringar är hållbara och kan möta de framtida behoven.

En annan utmaning som påverkar VA-systemet i en stad är den ökande urbaniseringen. Prognoser visar att 70–75 procent av världens befolkning, vilket motsvarar ungefär 7 miljarder människor, förväntas bo i städer 2050 (Kairos Future 2018). Städerna spelar en avgörande roll i att uppnå de globala hållbarhetsmålen och de är mer sårbara för globala trender, såsom stigande råvarupriser, livsmedelssäkerhet och klimatförändringar (Hoornweg et al. 2016). Den snabba befolkningstillväxten i städer resulterar i en ökad belastning på VA-systemen, samtidigt som glesbygdskommuner får problem med överkapacitet (Kairos Future 2018). Det krävs därför anpassningar för att möta den ökande efterfrågan på vattenförsörjning och avloppshantering i växande städer.

Befolkningstillväxt och urbanisering riskerar även att medföra en ökad näringsbelastning av de lokala recipienterna och det behövs därför effektiva åtgärder för att undvika övergödning och uppnå en god vattenkvalitet. Samtidigt introduceras kontinuerligt nya kemikalier och föroreningar i samhället med okända effekter för det biologiska livet och processerna i reningsverken (Mulder 2019). Dessutom riskerar mikroplaster och läkemedelsrester att ge långsiktiga effekter för miljön och människors hälsa (Europeiska kommissionen 2022b).

Klimatförändringarna leder också till betydande utmaningar för VA-systemet i en stad. Den ökade frekvensen av extrema väderhändelser, såsom intensiva skyfall och översvämningar, ökar risken för överbelastning och skador (Mulder 2019). Dessutom ökar klimatförändringarna risken för vattenbrist, vilket är en utmaning även i Sverige som tidigare har haft goda vattenresurser (Malm et al. 2019).

För att möta dessa utmaningar krävs en proaktiv strategi med fokus på hållbarhet. Det innebär att planera och utforma system som inte bara tillfredsställer dagens behov, utan också säkerställer tillgång till rent vatten och en hälsosam miljö för kommande generationer. I dagens samhälle tenderar dock beslutsfattare att prioritera kortsiktiga och akuta problem, vilket gör det svårare att bedöma vilka alternativ som är mest hållbara (Robèrt et al. 2002).

En central aspekt för att övergå från ett reaktivt till ett proaktivt förhållningssätt är att definiera en välgrundad framtidsvision som ger en tydlig riktning och ett övergripande syfte (Robèrt et al. 2002). Visionen kan ge vägledning vid bedömningen av olika handlingsalternativ och beslut, och utan en tydlig vision är det svårt att navigera mot en önskvärd framtid (Robèrt et al. 2002). För att koppla visionen till dagens samhälle krävs en analys av de tekniska, sociala, ekonomiska och politiska faktorer som kan påverka möjligheterna att uppnå visionen. Genom att identifiera faktorer, som utgör möjligheter respektive hinder, kan samhället vidta nödvändiga åtgärder för att främja hållbarhet.

Sammanfattningsvis är den övergripande utmaningen för samhället att planera för en hållbar framtid, istället för att enbart reagera på de akuta problem som uppstår. Befolkningstillväxt, urbanisering och klimatförändringar ökar trycket på VA-systemen i urbana miljöer, vilket gör att de behöver anpassas. Genom nybyggnationer och förnyelse av den befintliga infrastrukturen finns det möjlighet att gradvis övergå till ett mer hållbart VA-system som är integrerat i samhället. För att uppnå detta krävs kunskap om vad hållbarhet innebär för VA-systemet och vilka konkreta åtgärder som behövs. Denna studie bidrar till diskussionen om hur hållbarheten inom VA kan förbättras genom att planera för en önskvärd framtid.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna studie är att identifiera centrala egenskaper hos ett hållbart VA-system i en urban miljö 2070, samt undersöka möjligheter, hinder och åtgärder för att uppnå denna vision. Målen med studien kan sammanfattas enligt följande:

- Definiera en framtidsvision och identifiera centrala egenskaper hos ett hållbart VA-system i en urban miljö 2070.
- Identifiera faktorer i dagens samhälle som utgör möjligheter respektive hinder för att uppnå framtidsvisionen.
- Identifiera möjliga åtgärder för att nyttja möjligheterna och övervinna hindren.
- Analysera hur åtgärder kan bidra till att uppnå ett hållbart VA-system.

Genom att uppnå dessa mål bidrar studien till en ökad förståelse för vad ett hållbart VA-system i en urban miljö innebär och vilka åtgärder som behöver vidtas för att uppnå detta. Studien använder Uppsala tätort som ett exempel, men resultaten är även tillämpliga för andra städer runt om i världen som står inför liknande utmaningar. Resultaten kan vara av intresse för beslutsfattare, forskare och andra intressenter inom VA-sektorn. Metoden kan även tillämpas på andra sektorer i samhället.

1.1.1 Avgränsningar

Denna studie fokuserar på övergripande samhällsförändringar och åtgärder för att skapa ett hållbart VA-system i Uppsala tätort och liknande urbana områden. Genom att använda Uppsala tätort som ett exempel, belyser studien specifika utmaningar och möjligheter i Sverige. Dessutom redovisas beräkningsexempel som är specifika för Uppsala. Trots detta kan metodiken och resultaten vara tillämpliga även för andra liknande städer runt om i världen. Vidare fokuserar studien på de miljöfaktorer som har kopplingar till VA-systemet, medan de sociala och ekonomiska dimensionerna behandlas i mindre omfattning. På grund av studiens övergripande fokus, utelämnas detaljerade beskrivningar av reningstekniker och liknande. Dessutom presenteras ett begränsat antal centrala faktorer för ett hållbart VA-system, utvalda genom en expertbedömning. Slutligen är det viktigt att observera att studien ger exempel och inte en fullständig analys av alla aspekter av ett hållbart VA-system.

1.2 RAPPORTENS STRUKTUR

De nästkommande avsnitten introducerar begreppet hållbarhet och olika sätt att konkretisera detta i form av mål och ramverk. Detta skapar en grund för att identifiera centrala faktorer för ett hållbart VA-system. Vidare beskrivs olika typer av vatten och avloppsvatten samt ansvarsfördelningen inom VA, för att ge en grundläggande förståelse för systemet. Dessutom presenteras Uppsalas VA-system och vilka specifika utmaningar som det står inför. Eftersom studien behandlar framtiden beskrivs därefter olika typer av framtidsstudier och den backcastingmetodik som tillämpades i ett workshopformat, samt beräkningar. Resultaten av studien presenteras indelade efter de identifierade centrala egenskaperna för ett hållbart VA-system med tillhörande möjligheter, hinder och åtgärder. Dessa avsnitt kombinerar resultaten från workshoppen och beräkningarna med en diskussion i direkt anslutning till de presenterade resultaten för att ge en helhetsbild av varje område. Rapporten avslutas med en sammanfattande diskussion och slutsatser.

2. BAKGRUND

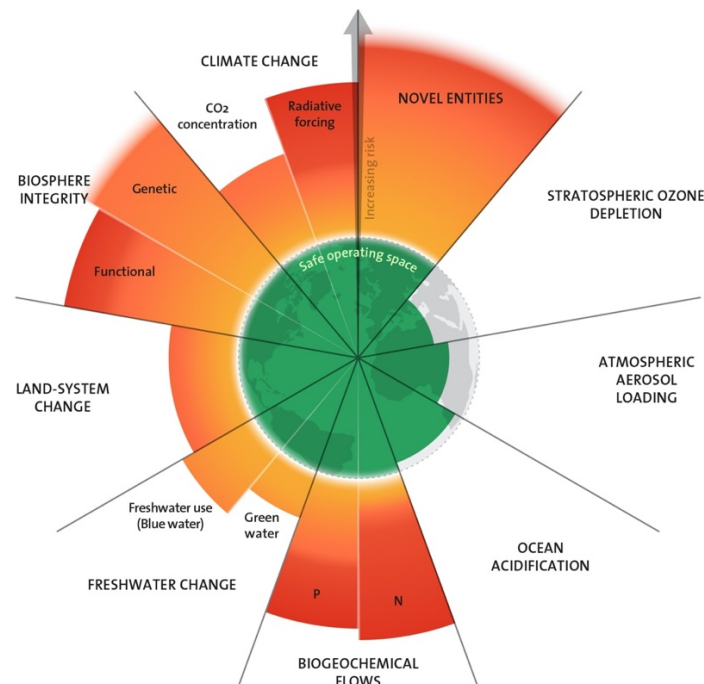
Detta avsnitt diskuterar hållbarhetsmål och ramverk samt hur dessa relaterar till VA-sektorn. Syftet är att skapa en referensram för att identifiera centrala faktorer för ett hållbart VA-system. Vidare presenteras grundläggande begrepp och ansvarsfördelningen inom VA-sektorn. Slutligen beskrivs Uppsalas VA-system, som är fallstudie för detta projekt, och vilka specifika utmaningar som det står inför.

2.1 EN HÅLLBAR UTVECKLING INOM PLANETENS GRÄNSER

Begreppet *hållbar utveckling* myntades i *Brundtlandrapporten* från 1987 och innebär att tillgodose dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov (Brundtlandkommissionen 1987). Det råder allmän enighet om att samhället bör sträva efter hållbarhet som det primära målet på lokal och global nivå. Detta har resulterat i hållbarhetsmål på flera nivåer, inklusive FN:s globala mål för *hållbar utveckling*, ett flertal mål på EU-nivå, *Sveriges miljömål* samt *Svenskt Vattens Hållbarhetsindex* som är specifikt för VA. Som ett absolut mått på hållbarhet definierar de planetära gränserna ett säkert verksamhetsområde där människan kan agera utan att störa jordsystemet (Steffen et al. 2015).

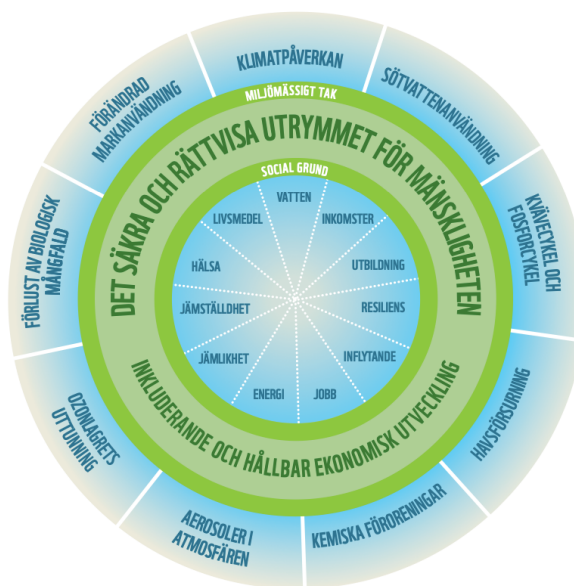
2.1.1 Planetära gränserna

De *planetära gränserna* (Rockström et al. 2009) är ett ramverk som definierar ett säkert verksamhetsområde för mänsklig aktivitet inom jordsystemet. Gränserna är baserade på nio miljöprocesser som är avgörande för att upprätthålla jordsystemets funktion och stabilitet (Steffen et al. 2015). De definieras genom vetenskapliga analyser av risken för att mänsklig aktivitet stör jordsystemet (Steffen et al. 2015). Försiktighetsprincipen används som riktlinje och den nedre gränsen av det vetenskapliga osäkerhetsområdet tillämpas (Rockström et al. 2009). Överskridande av en gräns behöver därför inte omedelbart leda till instabilitet, men risken för sådana effekter ökar ju mer en gräns överskrids (Steffen et al. 2015). En bedömning av situationen 2023 illustreras i Figur 1.



Figur 1. De planetära gränserna, med en bedömning av situationen 2023. Grönt område representerar det säkra verksamhetsområdet, medan det orangea området innebär en ökad risk för instabilitet av jordsystemet, som gradvis övergår till en hög risk i det röda området. Bildkälla: Azote för Stockholm Resilience Centre, Stockholms universitet, baserad på analys av Richardson et al 2023.

De planetära gränserna har utvecklats för att belysa viktiga internationella miljöfrågor, samhällsproblem och kunskapsluckor (Persson et al. 2013). Ramverket fungerar som en vägledning för beslutsfattare mot att uppnå en önskvärd framtid, men det beskriver inte hur detta bör ske (Steffen et al. 2015). Detta överläts till politiska beslut som även bör ta hänsyn till rättviseaspekter. För att komplettera de planetära gränserna med de sociala dimensionerna kan konceptet *hållbarhetsmunk* användas. En sådan illustration, som visas i Figur 2, omfattar de planetära gränserna och de sociala gränserna för att definiera ett säkert och rättvist utrymme för mänskligheten.



Figur 2. Hållbarhetsmunk som illustrerar det säkra och rättvisa utrymmet för mänskligheten, genom att balansera miljömässiga och sociala aspekter för att uppnå en hållbar framtid. Bildkälla: Raworth, 2012. Översatt i WWF Living Planet Report (2014), svensk sammanfattning.

Begreppet *säkert utrymme* innebär att mänskligheten inte överskrider de planetära gränserna, vilket betyder att de naturliga resurserna och ekosystemtjänsterna inte överbelastas. Det *rättvisa utrymmet* innebär att det finns en social grund som uppfyller varje individs mest grundläggande behov och rättigheter såsom hälsa, välfärd, inflytande och deltagande. För att uppnå hållbar utveckling är det nödvändigt att säkerställa tillräckliga levnadsstandarder för dagens och framtida generationer, och samtidigt respektera de planetära gränserna (Hoornweg et al. 2016). De planetära gränser och sociala dimensioner som har en särskilt tydlig relation till VA-sektorn sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1. Planetära gränser och sociala dimensioner med en särskilt tydlig koppling till VA-sektorn.

Planetära gränser	Social grund
• Kvävecykel och fosforcykel • Kemiska föroreningar • Klimatpåverkan • Sötvattenanvändning • Förlust av biologisk mångfald	• Vatten • Energi • Hälsa • Jämlikhet • Jämställdhet • Livsmedelsproduktion

VA-sektorn påverkar bland annat de planetära gränserna; *kvävecykel och fosforcykel*, *kemiska föroreningar* och *klimatpåverkan* (Kvarnström et al. 2021). Även om utsläppen av näringsämnen, såsom kväve och fosfor, har minskat som ett resultat av regleringar, exempelvis det befintliga avloppsdirektivet, fortsätter utsläpp via avloppsvatten att ha en betydande inverkan på övergödning (Europeiska kommissionen 2022b). Därmed påverkar VA-systemet kväve- och fosforcykeln. Dessutom har VA-sektorn koppling till kemiska föroreningar genom att läkemedel och andra kemikalier som används i samhället slutligen hamnar i avloppet (Mulder 2019).

Gällande klimatpåverkan kan VA-sektorn påverka både positivt och negativt. För att minska klimatpåverkan kan energin i avloppsvattnet användas genom biogasproduktion och värmeåtervinning, vilket även bidrar till den sociala grunden *energi*. Negativa effekter uppstår när metangasen från rötningsprocessen och lustgasen från kvävereningen inte tas omhand (Kvarnström et al. 2021). Vidare finns det kopplingar till den planetära gränsen *sötvattenanvändning*, som påverkas av vattenanvändningen i samhället. VA-sektorn kan också bidra till att undvika *förlust av biologisk mångfald* genom att exempelvis implementera gröna dagvattensystem i stadsmiljöer (Kvarnström et al. 2021) och genom att minska mängden skadliga föroreningar i miljön.

Även om denna studie främst fokuserar på VA-sektorns miljömässiga aspekter, är det viktigt att framhålla den grundläggande uppgiften att tillhandahålla rent vatten. Tillgång till rent *vatten* betraktas som en mänsklig rättighet och utgör en central del av den sociala dimensionen. Rent och säkert vatten har även en avgörande betydelse för flera andra aspekter inom den sociala grunden, inklusive *hälsa* och *livsmedelsproduktion*. Tillgång till vatten och sanitet är även en viktig faktor för att uppnå *jämlikhet* och *jämställdhet*. Den sociala dimensionen i hållbarhetsmunknen är till stor del förankrad i de globala hållbarhetsmålen (Hoornweg et al. 2016), vilka presenteras i kommande avsnitt.

2.1.2 FN:s globala mål för hållbar utveckling

Agenda 2030 är en handlingsplan som har antagits av FN:s medlemsländer för att främja social, ekonomisk och miljömässig hållbarhet (Regeringskansliet 2016). En central del av *Agenda 2030* är *FN:s globala mål för hållbar utveckling* (UNDP u.å.), även kända som *SDG:er* (Sustainable Development Goals). Det finns totalt 17 globala mål, se Figur 3, som är uppdelade i 169 delmål.



Figur 3. FN:s 17 globala mål för hållbar utveckling. Bildkälla: UNDP (2023).

FN:s globala hållbarhetsmål ska belysa de mest centrala utmaningarna för hållbar utveckling på global nivå (Regeringskansliet 2016). Samtliga hållbarhetsmål är sammankopplade, men flera av dem är särskilt relevanta för VA-sektorn och kan fungera som en grund för att fastställa mål för framtidens VA-system (Mulder 2019). Traditionellt sett har VA-systemets huvuduppgift varit att tillhandahålla vatten och sanitet, vilket bidrar till (Mulder 2019):

- 3. God hälsa och välbefinnande
- 6. Rent vatten och sanitet för alla
- 10. Minskad ojämlikhet

Utöver dessa traditionella uppgifter står VA-systemet inför nya utmaningar, såsom att förebygga utsläpp och återvinna resurser, vilket har kopplingar till (Mulder 2019):

- 2. Ingen hunger
- 11. Hållbara städer och samhällen
- 14. Hav och marina resurser

Dessutom bör VA-systemet producera och använda ren energi samt förebygga utsläpp av växthusgaser, vilket relaterar till (Mulder 2019):

- 7. Hållbar energi för alla
- 13. Bekämpa klimatförändringarna

De globala målen har också legat till grund för EU:s hållbarhetsmål, och kommande avsnitt fokuserar på avloppsdirektivet.

2.1.3 EU:s mål, ramverk och direktiv

Europeiska unionen (EU) har ett flertal mål, ramverk och direktiv för att främja hållbar utveckling. En viktig strategi är den *europiska gröna given* som innefattar politiska åtgärder för att aktivt bekämpa klimatförändringar, minska miljöförstöring och främja övergången till en cirkulär ekonomi. Ett konkret resultat av denna strategi är EU:s *nollföroreningsvision*, som innebär att EU ska arbeta för en framtid utan utsläpp av farliga ämnen i vatten, luft eller mark. Som en del av handlingsplanen för att förverkliga denna vision har ett förslag på revidering av EU:s befintliga *avloppsdirektiv* lagts fram (Europeiska kommissionen 2022b).

EU:s avloppsdirektiv

Detta avsnitt är baserat på förslaget om ett reviderat avloppsdirektiv (Europeiska kommissionen 2022b) om inget annat anges. Direktivet om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (91/271/EEG), även känt som avloppsdirektivet, infördes 1991 och har haft en betydande roll i att minska utsläppen av föroreningar och därigenom förbättrat vattenkvaliteten i EU:s hav, sjöar och vattendrag. Trots dessa framsteg uppfyller inte EU:s vattenförekomster kriterierna för god status enligt *ramdirektivet för vatten*, och en av de främsta orsakerna är utsläpp av orenat eller otillräckligt renat avloppsvatten från tätorter. Dessutom står samhället inför fler utmaningar, såsom klimatförändringar, miljöförstöring och ett ökat behov av att övergå till en cirkulär ekonomi.

För att möta dessa utmaningar krävs fortsatt utveckling och anpassning av avloppsdirektivet. Det är nödvändigt att införa strängare krav på avloppssektorn för att främja ökad cirkularitet, minska energiförbrukningen samt minska utsläppen av föroreningar och växthusgaser. Eftersom det nuvarande direktivet antogs 1991 behöver det också moderniseras och uppdateras för att ta hänsyn till de tekniska framsteg som skett sedan dess. Den 26 oktober 2022 presenterade Europeiska kommissionen därför ett förslag till revidering av avloppsdirektivet.

Det befintliga avloppsdirektivet har huvudsakligen reglerat insamling, behandling och utsläpp av avloppsvatten från tätbebyggelse och utvalda industrisektorer för att skydda miljön. För att ytterligare stärka skyddet för människors hälsa har EU-kommissionen föreslagit att syftet med direktivet ska utvidgas för att även inkludera minskade utsläpp av föroreningar till dricksvattentäkter och badvatten, förbättrad tillgång till sanitet samt övervakning av hälsoparametrar i avloppsvatten. Förutom att skydda miljön och människors hälsa ska det reviderade avloppsdirektivet bidra till att minska utsläppen av växthusgaser, samt främja energieffektivitet och en hållbar resursanvändning. Genom att införa strängare krav och främja innovativa lösningar för avloppsrening, kommer direktivet att bidra till utvecklingen av mer energieffektiva och klimatvänliga metoder.

Liksom alla EU-direktiv, är målen i avloppsdirektivet bindande för medlemsstaterna. Medlemsstaterna har dock viss frihet att välja lämpliga åtgärder att implementera i den nationella lagstiftningen. Målen i det reviderade avloppsdirektivet ska vara uppnådda senast 2040, men det finns flera delmål som ska uppnås innan dess. Två tredjedelar av den svenska miljölagstiftningen är ett resultat av EU-beslut (Kairos Future 2018), men Sverige har även egna nationella miljömål som kompletterar de åtgärder som vidtas på EU-nivå.

2.1.4 Sveriges miljömål

Sveriges miljömål (Sveriges miljömål u.å.) definierar en övergripande vision för landets miljöarbete och består av tre delar: ett övergripande generationsmål, 16 miljö-kvalitetsmål och flera etappmål. Generationsmålet syftar till att överlämna ett samhälle till kommande generationer där de stora miljöproblemen är lösta, utan att förvärpa miljö- och hälsoproblemen utanför landets gränser (Naturvårdsverket u.å.b). De 16 miljö-kvalitetsmålen, som presenteras i Figur 4, beskriver viktiga miljöområden och definierar ett önskvärt tillstånd för miljön i Sverige.



Figur 4. Sveriges 16 miljö-kvalitetsmål. Bildkälla: sverigesmiljömål.se (2020), illustratör Tobias Flygar.

VA-sektorn har kopplingar till nästan alla Sveriges miljö-kvalitetsmål (Kvarnström et al. 2021), men relationen är särskilt tydlig till ungefär hälften av målen (Naturvårdsverket u.å.a):

Miljö-kvalitetsmål med särskild koppling till VA-sektorn

- 4. Giftfri miljö
- 7. Ingen övergödning
- 8. Levande sjöar och vattendrag
- 9. Grundvatten av god kvalitet
- 10. Hav i balans samt levande kust och skärgård
- 11. Myllrande våtmarker
- 15. God bebyggd miljö

Vidare identifierar etappmålen nödvändiga åtgärder och områden där insatser behövs för att uppnå generationsmålet och miljö-kvalitetsmålen (Naturvårdsverket u.å.b).

Exempel på etappmål med en särskilt tydlig relation till VA-sektorn är:

Etappmål med särskild koppling till VA-sektorn

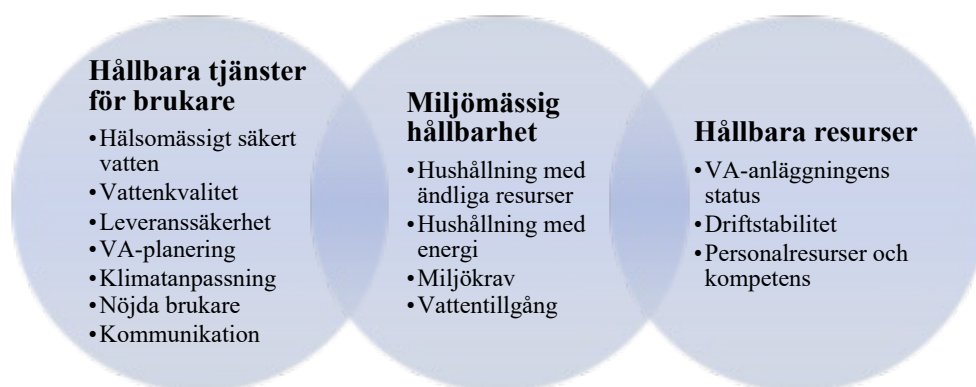
- Farliga ämnen
 - Läkemedel i miljön
- Hållbar stadsutveckling
 - Dagvattenhantering i befintlig bebyggelse
 - Dagvattenhantering i ny eller ändrad bebyggelse
 - Integrering av stadsgrönska och ekosystemtjänster i urbana miljöer

Etappmålet *Läkemedel i miljön* (Sveriges miljömål 2023f) innebär att minimera förekomsten av läkemedelsrester genom att införa regleringar på nationell, europeisk eller internationell nivå senast 2030. En åtgärd som kan bidra till att uppnå detta är att installera avancerad avloppsvattenrening (Sveriges miljömål 2023f).

Ytterligare etappmål som relaterar till VA-sektorn är *Dagvattenhantering i befintlig bebyggelse* samt *Dagvattenhantering i ny eller ändrad bebyggelse* (Sveriges miljömål 2023b; a). Dessa etappmål ska bidra till att anpassa samhället till klimatförändringarna, använda dagvattnet som en resurs och minska spridningen av skadliga kemikalier, mikroplaster, näringsämnen och andra föroreningar. Dessutom finns det kopplingar till *Integrering av stadsgrönska och ekosystemtjänster i urbana miljöer* (Sveriges miljömål 2023e) genom möjligheten att implementera gröna infrastrukturlösningar för dagvattenhantering.

2.1.5 Svenskt Vattens Hållbarhetsindex

Brundtlandkommissionens definition av hållbar utveckling kan tillämpas på sektornivå, och ett exempel på detta är *Svenskt Vattens Hållbarhetsindex* (Svenskt Vatten 2023). Hållbarhetsindexet är ett verktyg för att analysera och främja hållbarhet inom VA-organisationerna på kort och lång sikt för att möta framtida utmaningar. För att uppnå detta har hållbarhetsindexet översatt de sociala, ekologiska och ekonomiska dimensionerna till tre kategorier med totalt 14 parametrar, se Figur 5.



Figur 5. Svenskt Vattens Hållbarhetsindex uppdelat i tre huvudkategorier med 14 parametrar. Baserad på Svenskt Vatten (2023).

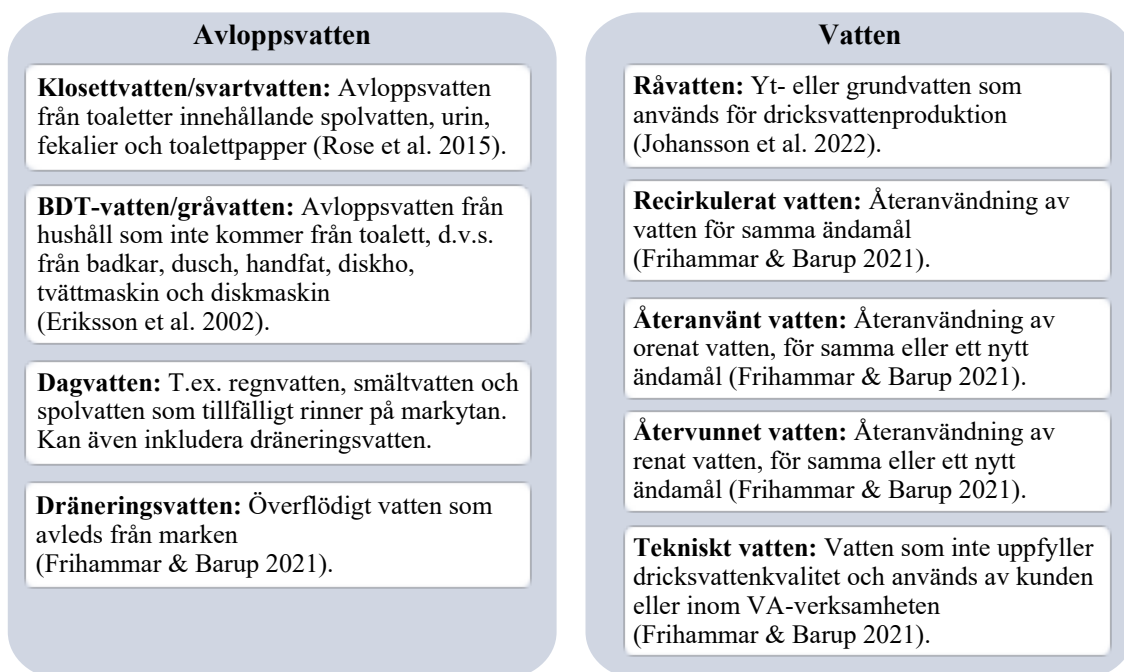
Samtliga hållbarhetsmål och ramverk som presenterats ovan utgör en grund för att definiera ett hållbart VA-system, vilket beskrivs närmare i avsnitt 3.1 *Inför workshoppen – identifiering av nyckelfaktorer och indikatorer*.

2.2 VATTEN OCH AVLOPP

Vatten och avlopp kan syfta på flera flöden och fraktioner med olika ursprung, innehåll och användningsområden. Det kan vara olika aktörer som är ansvariga för att tillhandahålla, hantera eller utöva tillsyn av de olika fraktionerna. Dessutom är VA-systemen och reningsprocesserna utformade på olika sätt och de påverkas av de lokala förutsättningarna. Vissa utmaningar kan därför vara unika medan andra är gemensamma för flera system.

2.2.1 Olika typer av vatten och avloppsvatten

Avloppsvatten är ett brett begrepp som avser använt vatten från hushåll, industrier och andra verksamheter, samt dagvatten (Naturvårdsverket u.å.a). För att specificera vilket flöde som avses kan avloppsflödena delas in efter ursprung. På liknande sätt finns det flera benämningar för vatten som beror på hur det används och dess kvalitet. Dessa begrepp sammanfattas i Figur 6. För en mer omfattande beskrivning av innehållet i klosett-vatten hänvisas till Bilaga A.



Figur 6. Förklaring av begrepp för olika avloppsfraktioner, samt vatten med olika ursprung och användningsområden.

2.2.2 Ansvarsfördelningen för vatten och avlopp i Sverige

I Sverige har kommunerna det övergripande ansvaret för att tillhandahålla allmänna VA-tjänster, men de kan delegera detta ansvar till kommunala bolag (Havs- och vattenmyndigheten 2023). För att effektivisera verksamheten kan mindre kommuner också välja att gå samman och bilda gemensamma VA-organisationer eller VA-bolag (VA-Fakta u.å.). VA-sektorn finansieras genom vattenavgifter och skatter som betalas av de anslutna användarna och de har inte möjlighet att välja VA-operatör (Europeiska kommissionen 2022b).

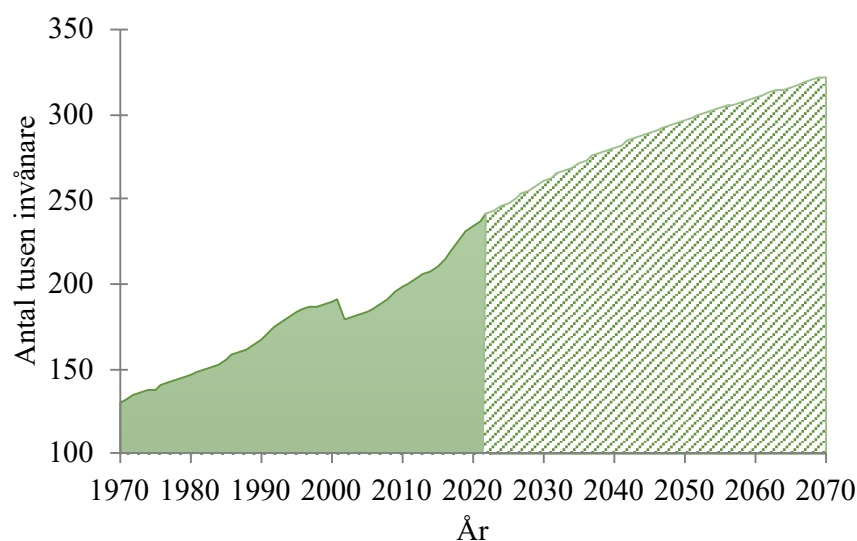
För att säkerställa att dricksvattnet är rent och säkert att konsumera, använda i matlagning och för personlig hygien, finns det gränsvärden för olika parametrar. EU:s *dricksvattendirektiv* fastställer gemensamma minimikrav för vattenkvaliteten i medlemsländerna. Gränsvärdena omfattar kemiska, mikrobiologiska och estetiska parametrar samt radioaktiva ämnen.

I Sverige är det Livsmedelsverket som ansvarar för tillsynen av det kommunala dricksvattnet och reglerar hanteringen från råvatten till kranvatten (Nordström et al. u.å.). Gränsvärdena för dricksvattenkvaliteten är fastställda i *Livsmedelsverkets Föreskrifter för dricksvatten* och grundar sig på EU:s dricksvattendirektiv. Vidare är det dricksvattenproducenterna som ansvarar för att säkerställa att dricksvattnet uppfyller gränsvärdena (Havs- och vattenmyndigheten 2023), medan avloppsvattenoperatörerna ansvarar för insamling och rening av avloppsvatten och att utsläpps- och övervakningskraven efterlevs (Europeiska kommissionen 2022b).

2.2.3 VA-systemet i Uppsala tätort

Uppsala tätort används som fallstudie på grund av stadens tillväxt genom tätare bebyggelse och nybyggnation. Detta ger möjlighet att undersöka anpassningar av den befintliga infrastrukturen och implementeringen av nya integrerade system. Detta avsnitt ger en översiktlig bild av Uppsalas VA-system och vilka utmaningar det står inför, och är baserat på Miljörapport 2021 Kungsängsverket (Uppsala Vatten 2022a) om inget annat anges.

År 2021 hade Uppsala kommun en befolkning på över 237 000 invånare (SCB 2023b), varav mer än 181 000 bodde i Uppsala tätort (Uppsala kommun 2022). Befolkningsutvecklingen i Uppsala mellan 1970 och 2022 (SCB 2023b), samt en framskrivning fram till 2070 (SCB 2022b), presenteras i Figur 7. Befolkningstillväxten är tydligt accelererande till följd av inflyttning och barnafödande, vilket leder till ett ökat tryck på bostadsmarknaden (Uppsala kommun 2021). Dessutom ökar efterfrågan på arbetsplatslokaler på grund av en växande arbets- och utbildningsmarknad. Befolkningsutvecklingen i Sverige presenteras i Bilaga B.



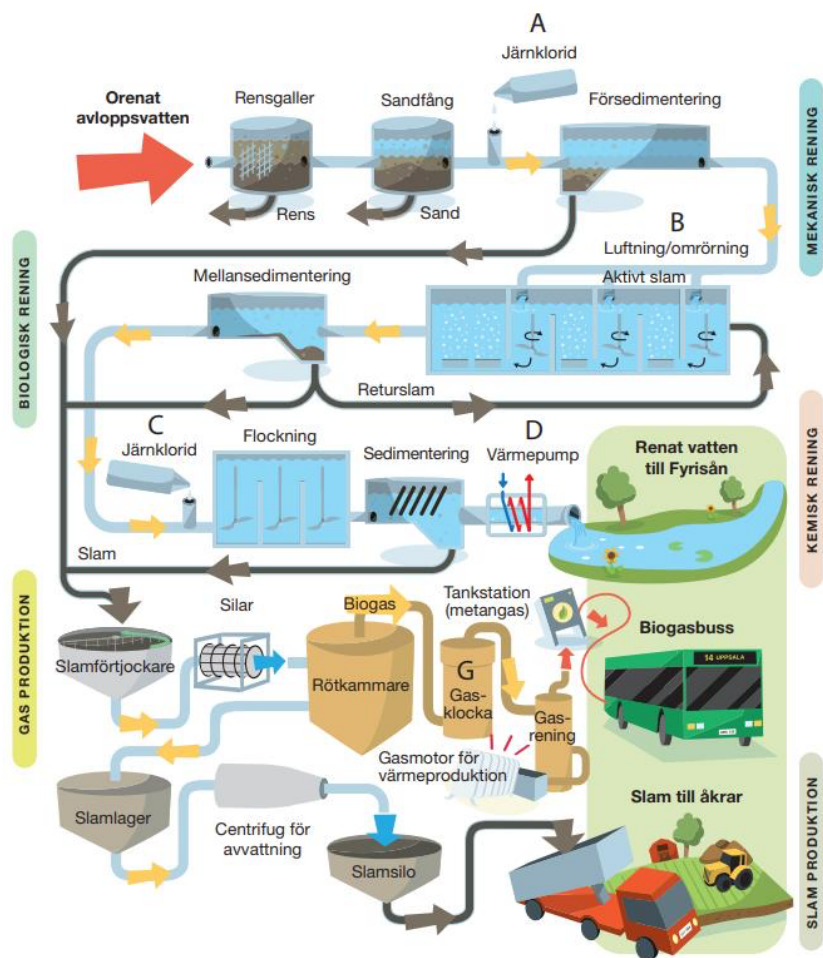
Figur 7. Uppsalas befolkningsutveckling från 1970 till 2022 (SCB 2023b), samt en framskrivning till 2070 (SCB 2022b).

För att möta efterfrågan planerar Uppsala kommun att expandera, särskilt i de nya stadsdelarna sydost om staden. Det finns planer på att bygga 33 000 nya bostäder, varav 21 500 bostäder i de sydöstra stadsdelarna, inklusive Bergsbrunna (Uppsala kommun 2021).

I Uppsala har det kommunala bolaget *Uppsala Vatten och Avfall AB* (vidare benämnt Uppsala Vatten) ansvaret för dricksvattenförsörjning och avloppsrening. Tidigare har Uppsalas VA-system haft en överkapacitet jämfört med behovet, men behöver nu anpassas och byggas ut för att hantera den ökade belastningen.

I Uppsala kommun är 80 procent av invånarna anslutna till det kommunala dricksvattennätet, och över 95 procent av dessa får dricksvatten från grundvattnet i Uppsalaåsen och Vattholmaåsen (Uppsala Vatten 2020). För att öka grundvattenbildningen pumpas vatten från Fyrisån till infiltrationsbäddar på åsarna, men det tillåtna grundvattenuttaget förväntas vara uppnått inom tio år (Uppsala Vatten 2021). Givet att inga åtgärder vidtas för att minska dricksvattenförbrukningen, kommer befolkningstillväxt och en ökad efterfrågan från näringslivet innebära att en större mängd dricksvatten behöver produceras. För att möta det framtida behovet undersöker Uppsala Vatten nya uttagsplatser, källor och områden för infiltration av vatten.

Med en ökande befolkning och stigande dricksvattenförbrukning blir det också nödvändigt att behandla en större mängd avloppsvatten. Kungsängsverket är det största avloppsreningsverket i Uppsala och ligger sydost om Uppsala centrum i nära anslutning till Fyrisån. Reningsverket behandlar avloppsvatten från Uppsala stad och de närliggande tätorterna Bälinge, Lövstalöt, Gunsta, Länna, Almunge, Jälla, Lindbacken, Vreta-Ytternäs, Uppsala-Näs/Bodarna och Skölsta. Idag består avloppsreningen av mekanisk, biologisk och kemisk rening. Som en del av processen genereras även biogas, fjärrvärme samt slam som återförs till jordbruksmark. Reningsstegen i Kungsängsverket och processen för hur energi och växtnäring används, illustreras i Figur 8.



Figur 8. Illustration över processerna i Kungsängsverket i Uppsala, inklusive avloppsrening och användningen av energi och växtnäring. Bildkälla: Uppsala Vatten (2022a).

I den mekaniska delen av reningsprocessen avlägsnas först skräp och större föroreningar med hjälp av ett rensgaller. Sedan följer luftade sandfång som separerar sand och tyngre partiklar. Därefter tillsätts flockningsmedlet järnklorid för att möjliggöra sedimentering av små partiklar i försedimenteringsbassänger. Det energirika slammet som bildas på botten pumpas vidare till slambehandlingen för rötning och biogasproduktion.

Det efterföljande biologiska reningssteget använder mikroorganismer för att avskilja kväve i luftnings- och mellansedimenteringsbassänger. Kvävet i avloppsvattnet är främst i form av ammoniumkväve, med en mindre mängd bundet till organiskt material. I de luftade bassängerna omvandlas ammonium till nitrat, genom nitrifikation. Nitrat omvandlas sedan till kvävgas, genom denitrifikation, i bassänger utan luftning. Det organiska kvävet avskiljs genom sedimentering och slammet återförs främst till luftningsbassängerna, men överskottet pumpas till slambehandlingen. Därefter följer kemisk rening, där järnklorid tillsätts för att avskilja fosfor. Efter detta passerar vattnet en värmepump för att återvinna värmeenergin. Det behandlade vattnet släpps ut i Fyrisån, som i sin tur mynnar ut i Ekoln, som är en del av Mälaren.

Slammet som generas vid de olika behandlingsstegen avvattnas med hjälp av slamförtjockare och silar. Efter detta leds slammet till en rötkammare där det organiska materialet bryts ner under anaeroba förhållanden, vilket genererar biogas. Biogasen samlas i en gasklocka, som fungerar som en utjämningstank, och renas sedan för att uppgraderas till fordonsbränsle för bussarna i Uppsalas kollektivtrafik. Slammet som återstår efter rötningsprocessen avvattnas med centrifuger och lagras sedan i en slamsilo. Därefter genomgår det ytterligare steg, inklusive lagring och kontroller, innan det eventuellt används som gödsel inom jordbruket. Kungsängsverket är Revaq-certifierat, vilket är ett certifieringssystem för återföring av slam till jordbruksmark. Genom förbättrad slamkvalitet har en större mängd kunnat återföras till jordbruket istället för att förbrännas.

Kungsängsverket behandlar årligen drygt 18 miljoner kubikmeter avloppsvatten. En sammanställning av inkommande respektive utgående kväve och fosfor presenteras i Tabell 2, tillsammans med motsvarande reningsgrad. Detta är medelvärden för perioden 2019–2021, medan värdena för varje enskilt år, samt inkommande och bräddad volym avloppsvatten finns tillgängliga i Bilaga C.

Tabell 2. Inkommande och utgående mängder och halter av kväve och fosfor vid Kungsängsverket i Uppsala, som medelvärden för perioden 2019–2021, samt motsvarande reningsgrad (Uppsala Vatten 2022a).

Kungsängsverket i Uppsala	Kväve	Fosfor
Inkommande mängd (ton/år)	943	113
Utgående mängd (ton/år)	190	2,1
Inkommande halt (mg/l)	51	6,2
Utgående halt (mg/l)	10	0,12
Reningsgrad (%)	80	98

Villkoret i Kungsängsverkets tillstånd är att kväveavskiljningen i reningsverket och i recipienten fram till Östersjön tillsammans ska vara minst 70 procent, alternativt en kvävehalt på högst 10 milligram per liter som årsmedelvärde. Detta villkor uppfylls redan vid reningsverket. Gränsvärdet för utsläpp av fosfor är 0,25 milligram per liter som årsmedelvärde och riktvärdet för den totala fosformängden är högst 5 ton per år, inklusive bräddning.

Trots att Kungsängsverket uppfyller de nuvarande gränsvärdena för kväve och fosfor står det inför flera utmaningar. I slutet av 2021 var 190 573 personer anslutna till Kungsängsverket, som har tillstånd att hantera avloppsvatten för upp till 200 000 personer. Detta innebär att kapacitetstaket snart är nått, och Uppsala Vatten har därför ansökt om ett miljötillstånd för att Kungsängsverket ska få hantera avloppsvatten från 330 000 personer (Uppsala Vatten 2020). Målet är att VA-systemets kapacitet ska överstiga behovet med 10 procent (Uppsala Vatten 2021).

Utöver att hantera en ökande belastning står Uppsala Vatten också inför utmaningar på grund av förändrade utsläppskrav och klimatförändringar. För att möjliggöra behandling av läkemedelsrester och andra föroreningar är en om- och tillbyggnad planerad för Kungsängsverket, där nya avancerade reningstekniker ska installeras (Uppsala Vatten 2021). Dessutom påverkas verksamheten av det säkerhetspolitiska läget. Rysslands attacker mot infrastruktur och civila mål i Ukraina har belyst vikten av krisberedskap för att garantera VA-systemets säkerhet (Uppsala Vatten 2023a).

Sammantaget står Uppsala, likt många andra städer runt om i världen, inför flera utmaningar som har direkt påverkan på VA-systemet. Det krävs därför investeringar för att expandera ledningsnäten, öka kapaciteten för dricksvattenproduktion samt förbättra hanteringen av avloppsvatten och dagvatten (Uppsala Vatten 2021). På grund av infrastrukturens långa livslängd är det nödvändigt att planera med långa tidsperspektiv.

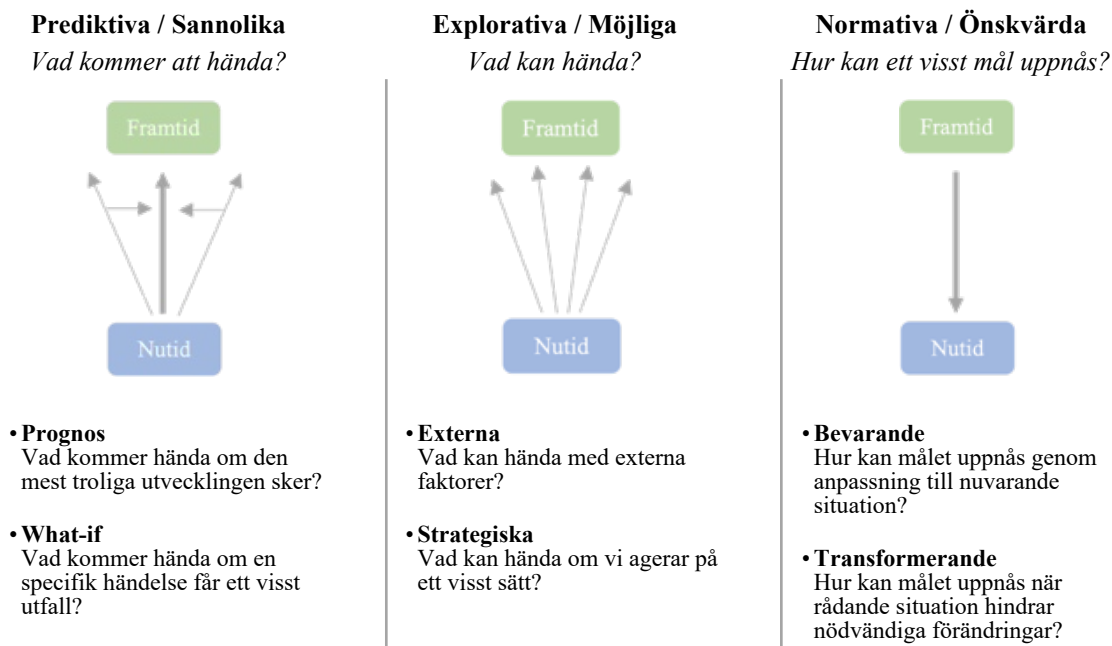
2.3 FRAMTIDSSTUDIER

Denna studie undersöker ett hållbart VA-system år 2070, vilket innebär en tidsram på 50 år. Detta avsnitt beskriver därför olika metoder för att studera framtiden, med fokus på den normativa transformerande scenariometoden backcasting, som tillämpades i ett workshopformat.

Framtidsstudier används för att förutsäga, utforska och/eller planera för den framtida utvecklingen inom olika områden. Detta bidrar till ett brett och framåtblickande perspektiv, vilket underlättar välgrundade besluts- och planeringsprocesser för att hantera stora och komplexa utmaningar, såsom klimatförändringar (De Smedt et al. 2013). Komplexa utmaningar kräver engagemang från beslutsfattare inom flera kunskapsområden, och framtidsstudier kan bidra till bättre förståelse och kommunikation mellan olika intressenter (De Smedt et al. 2013). Framtidsscenarioer kan delas in i tre huvudkategorier baserat på de grundläggande frågor som de syftar till att besvara (Börjeson et al. 2006):

- Vad kommer att hända?
- Vad kan hända?
- Hur kan ett visst mål uppnås?

Dessa frågor motsvarar: *prediktiva*, *explorativa* och *normativa* scenarier, vilka i sin tur kan delas in i två underkategorier (Börjeson et al. 2006), enligt Figur 9.



Figur 9. Indelning av framtidsstudier i tre huvudkategorier och sex underkategorier. Baserad på kategorisering enligt Börjeson et al. (2006).

Prediktiva scenarier syftar till att förutsäga framtiden genom att extrapolera historiska data och analysera sannolikheter (Börjeson et al. 2006). Dessa scenarier bygger på befintlig lagstiftning, aktuella trender och antaganden om att inga betydande förändringar inträffar (Börjeson et al. 2006). De är särskilt användbara för att undersöka stabila system med en kortare tidsram (Vergragt & Quist 2011). Det finns dock kritiker som hävdar att stora förändringar är en naturlig del av samhällsutvecklingen, och att prediktiva scenarier därmed bortser från samhällets instabilitet och brister (Vergragt & Quist 2011). En ytterligare risk är att de kan bli självuppfyllande eftersom utvecklingen anpassas till den förutspådda riktningen, vilket begränsar möjligheterna till större förändringar (Börjeson et al. 2006). Dessutom kan planering baserad på prognoser leda till att problemen endast åtgärdas på kort sikt, eftersom de underliggande strukturerna förblir oförändrade och kan ge upphov till framtida problem (Robèrt et al. 2002).

Explorativa scenarier utforskar ett brett spektrum av möjliga utfall genom att analysera trender och osäkerheter (Börjeson et al. 2006) för att förutse oväntade händelser och stimulera kreativt tänkande (Vergragt & Quist 2011). De kan bidra till förändring genom att öka medvetenheten och påverka människors vilja att sträva mot eller undvika vissa framtidsscenarier (Vergragt & Quist 2011). Tidsramen är längre än för prediktiva scenarier, vilket möjliggör större strukturella förändringar (Börjeson et al. 2006).

Normativa scenarier beskriver en önskvärd framtid och fokuserar på hur den kan uppnås (Börjeson et al. 2006). De är särskilt lämpliga för hållbarhetsfrågor eftersom hållbarhet är en normativ idé om en önskvärd framtid (Vergragt & Quist 2011). Normativa scenarier kan delas in i två underkategorier: *bevarande* och *transformerade* scenarier. Bevarande scenarier utgår från att den nuvarande situationen kan anpassas för att nå målet, medan transformerande scenarier används när de befintliga samhällsstrukturerna är en del av problemet och behöver förändras (Börjeson et al. 2006). Klimat- och hållbarhetsfrågor utmanar det moderna samhället, vilket kan göra dem obekväma att hantera (Kairos Future 2018). Därför kan en transformerande metodik behövas för att möta dessa utmaningar.

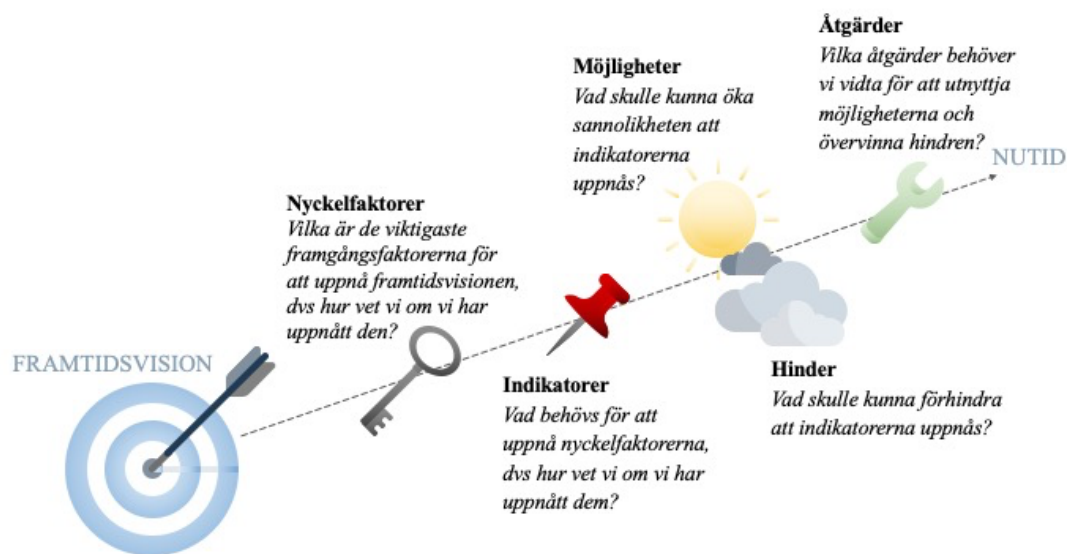
2.3.1 Backcasting

Mot bakgrund av ovanstående valdes *backcasting*, en normativ transformerande scenariometod, för att undersöka vägen mot en hållbar hantering av vatten och avlopp 2070. Backcasting utgår från en framtidsvision och arbetar bakåt från visionen till nutid för att identifiera de åtgärder som krävs för att förverkliga den (Vergragt & Quist 2011). Därmed antas att framtiden kan påverkas genom dagens beslut, till skillnad från prognoser som syftar till att förutsäga framtiden baserat på nuvarande trender. Metoden är särskilt lämplig för att hantera komplexa utmaningar där befintliga trender, planering och åtgärder utgör en del av problemet (Robèrt et al. 2002). Med andra ord är den lämplig för hantera utmaningar där nuvarande trender endast bör påverka omställningens takt och omfattning initialt, men inte förändringens riktning (Robèrt et al. 2002). Vanligtvis sträcker sig backcastingstudier över en tidsperiod på 50 år (Vergragt & Quist 2011), vilket också används i denna studie på grund av VA-infrastrukturens långa livslängd. Detta tidsperspektiv möjliggör också betydande förändringar inom teknik, livsstil samt kulturella normer och värderingar, samtidigt som det är inom en överskådlig framtid (Vergragt & Quist 2011). Det finns olika varianter och tillämpningar av backcasting, och i denna studie tillämpades en anpassad version av metoden *backcasting wheel* (Bengston et al. 2020) i form av en workshop.

3. METOD

Metoden för denna studie var en anpassad version av *backcasting wheel*, där en workshop genomfördes som en del av processen. Detta kompletterades med beräkningar och analyser för att undersöka förutsättningarna 2070, samt effekterna av olika åtgärder.

Backcasting wheel (Bengston et al. 2020) är en metod för att överbrygga klyftan mellan en framtidsvision och den nuvarande situationen. Metoden utgår från en framtidsvision och arbetar sedan stegvis bakåt mot nutid genom att identifiera nyckelfaktorer, indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder (Bengston et al. 2020), enligt Figur 10.



Figur 10. Illustration av metoden *backcasting wheel*, som utgår från en framtidsvision med stegvis rörelse mot nutid genom att identifiera nyckelfaktorer, indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder. Baserad på Bengston et al. (2020).

Backcasting wheel är en deltagandeprocess som tillämpades i ett workshopformat för denna studie. Metoden utgår från en fördefinierad framtidsvision för att ge en gemensam målsättning. Denna vision specificeras sedan genom att identifiera nyckelfaktorer och indikatorer (Bengston et al. 2020). Framtidsvisionen kan utformas på olika sätt, exempelvis som en bred och långsiktig vision eller som ett viktigt mål (Bengston et al. 2020). För denna studie användes en bred vision som bygger på det övergripande målet om en hållbar framtid. Visionen lyder:

”Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat.”

Syftet med visionen var att fokusera på VA-systemets roll i en hållbar framtid utan att begränsa eller styra riktningen. För att ge studien en tidsram, och på grund av VA-infrastrukturens långa livslängd, definierades framtiden till 2070. För att begränsa studien, och för att urbaniseringen är en av de utmaningar som VA-sektorn står inför, fokuserar den på staden. Visionen är inte nödvändigtvis begränsad till Uppsala tätort, vilket främjar fritt tänkande bortom Uppsalas specifika förutsättningar. Vidare inkluderar visionen klimatets påverkan för att ta hänsyn till de förändrade förutsättningar som klimatförändringarna medför.

Utöver framtidsvisionen kan det även vara fördelaktigt att definiera nyckelfaktorerna innan den deltagande processen för att frigöra mer tid för de övriga stegen (Bengston et al. 2020). På grund av att den planerade workshoppen var begränsad till två timmar nyttjades denna möjlighet genom att på förhand arbeta fram förslag på nyckelfaktorer och indikatorer.

3.1 INFÖR WORKSHOPPEN – IDENTIFIERING AV NYCKELFAKTORER OCH INDIKATORER

Inför workshoppen identifierades förslag på nyckelfaktorer och indikatorer för ett hållbart VA-system 2070, baserat på de planetära gränserna (Rockström et al. 2009), den sociala grunden i hållbarhetsmunken, FN:s globala hållbarhetsmål (UNDP u.å.) och Sveriges miljömål (Sveriges miljömål u.å.). Dessutom användes Svenskt Vattens Hållbarhetsindex (Svenskt Vatten 2023) som en referensram. I följande avsnitt presenteras de föreslagna nyckelfaktorerna och indikatorerna, samt kopplingen till olika hållbarhetsmål och ramverk. Dessa förslag skickades sedan ut till deltagarna inför workshoppen.

3.1.1 ”VA-systemet tillhandahåller säkert vatten”

Den första identifierade nyckelfaktorn är att *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten*. Detta är en grundläggande uppgift för VA-sektorn och en mänsklig rättighet som ingår i den sociala grunden i hållbarhetsmunken. Dessutom fastställer *Lagen om allmänna vattentjänster* (LAV) att kommunen är skyldig att tillhandahålla tillräckliga mängder säkert vatten för hushållsändamål (Nordström et al. u.å.). De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten*.

Planetära gränser & social grund	Vatten
FN:s globala hållbarhetsmål	6. Rent vatten och sanitet för alla 6.1 säkert dricksvatten för alla
Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	Hälsomässigt säkert vatten (Hållbara tjänster för brukare) Vattenkvalitet (Hållbara tjänster för brukare)

Parametern *Hälsomässigt säkert vatten* i Svenskt Vattens Hållbarhetsindex avser den mikrobiologiska statusen, medan *Vattenkvalitet*, omfattar den faktiska och upplevda vattenkvaliteten (Svenskt Vatten 2023).

Indikator

Den föreslagna indikatorn för denna nyckelfaktor är att *Dricksvattnet uppfyller dagens kvalitetskrav samt ytterligare krav med avseende på mikroföroreningar* för att ta hänsyn till nuvarande och framtida föroreningar.

3.1.2 ”Vattenanvändningen i staden är hållbar”

Nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar* avser att det finns tillräckliga vattenresurser för att tillgodose behoven. De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 4.

Tabell 4. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar*.

Planetära gränser & social grund	Sötvattenanvändning
FN:s globala hållbarhetsmål	6. Rent vatten och sanitet för alla 6.1 säkert dricksvatten för alla 6.2 säkra tillgången till sanitet, hygien och toaletter för alla 6.4 effektivisera vattenanvändning och säker vattenförsörjning 6.5 integrerad förvaltning av vattenresurser 9. Hållbar industri, innovationer och infrastruktur 9.1 skapa hållbara, motståndskraftiga och inkluderande infrastrukturer 9.4 uppgradera all industri och infrastruktur för ökad hållbarhet 13. Bekämpa klimatförändringarna 13.2 integrera åtgärder mot klimatförändringar i politik och planering
Sveriges miljö kvalitetsmål	9. Grundvatten av god kvalitet 15. God bebyggd miljö
Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	VA-planering (Hållbara tjänster för brukare) Vattentillgång (Miljömässig hållbarhet) VA-anläggningens status (Hållbara resurser)

Parametern *Vattentillgång* i Svenskt Vattens hållbarhetsindex innebär att säkerställa långsiktig tillgång till dricksvatten, inklusive en regional vattenförsörjningsplan och skydd av vattentäkter. *VA-planering* innebär att ha en långsiktig kapacitet och beredskap för att möta framtida behov och utmaningar, såsom befolkningstillväxt, skärpta eller förändrade krav, utökat verksamhetsområde eller anslutning av nya områden (Svenskt Vatten 2023). *VA-anläggningens status* avser nuvarande tillstånd och omfattar ekonomisk planering, investeringsbehov, samt status och förnyelsetakt för ledningsnätet. Miljö kvalitetsmål 9. *Grundvatten av god kvalitet* avser kvalitet och kvantitet, och 15. *God bebyggd miljö* innefattar att vatten används på ett effektivt och resursbesparande sätt.

Indikator

Den föreslagna indikatorn *Dricksvattenanvändningen är 50 L per person och dag* är baserad på målet enligt 50L Home Coalition, som syftar till att begränsa vattenförbrukningen till 50 liter per person och dygn (50L Home Coalition 2020).

3.1.3 ”VA-systemet bidrar inte till övergödning”

Nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning* föreslås eftersom Sverige behöver minska utsläppen av näringsämnen till sjöar, vattendrag och hav (Sveriges miljömål 2023c). Detta gäller framför allt inom jordbruket, men även VA-sektorn behöver minska utsläppen och förbättra reningen av dagvatten i tätorter (Sveriges miljömål 2023c). De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 5.

Tabell 5 Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning*.

Planetära gränser & social grund	Kvävecykel och fosforcykel
FN:s globala hållbarhetsmål	14. Hav och marina resurser 14.1 minska föroreningarna i haven 14.2 skydda och återställ ekosystem
Sveriges miljökvalitetsmål	7. Ingen övergödning 8. Levande sjöar och vattendrag 10. Hav i balans samt levande kust och skärgård

Indikator

De föreslagna indikatorerna avser kväve och fosfor, eftersom det är förhöjda halter av dessa näringsämnen som orsakar övergödning. Lokala gränsvärden beräknades baserat på konceptet kritisk belastning, se avsnitt 3.3.1 *Kritisk belastning för kväve och fosfor i Fyrisåns avrinningsområde*. Dessa indikatorer är därmed specifika för Fyrisåns avrinningsområde där Uppsala tätort är belägen.

- *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år*
- *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år*
- *Växtnäringen i avloppet recirkuleras till 70 procent*

3.1.4 ”VA-systemet sprider minimalt med föroreningar”

En ytterligare föreslagen nyckelfaktor är att *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar*. De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar*.

Planetära gränser & social grund	Kemiska föroreningar
FN:s globala hållbarhetsmål	3. God hälsa och välbefinnande 3.9 minska antalet sjukdoms- och dödsfall till följd av skadliga kemikalier och föroreningar

Tabell 6. (fortsättning).

FN:s globala hållbarhetsmål	6. Rent vatten och sanitet för alla 6.2 säkra tillgången till sanitet, hygien och toaletter för alla 6.3 förbättra vattenkvalitet och avloppsrening samt öka återanvändning 6.6 skydda och återställ vattenrelaterade ekosystem 11. Hållbara städer och samhällen 11.6 minska städernas miljöpåverkan 12. Hållbar konsumtion och produktion 12.4 ansvarsfull hantering av kemikalier och avfall 14. Hav och marina resurser 14.1 minska föroreningarna i haven 14.2 skydda och återställ ekosystem 15. Ekosystem och biologisk mångfald 15.1 bevara, restaurera och säkerställ hållbart nyttjande av ekosystem på land och i sötvatten
Sveriges miljökvalitetsmål	4. Giftfri miljö 8. Levande sjöar och vattendrag 9. Grundvatten av god kvalitet 10. Hav i balans samt levande kust och skärgård
Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	Miljökrav (Miljömässig hållbarhet)

Parametern *Miljökrav* i Svenskt Vattens Hållbarhetsindex inkluderar bland annat miljöaspekter relaterade till bräddning och dagvattenhantering från förorenade ytor (Svenskt Vatten 2023). Nyckelfaktorn bidrar även till flera av de strategier som EU antagit för att hantera kemikalier och läkemedel.

Indikator

Den föreslagna indikatorn är att *Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp.*

3.1.5 "VA-systemet är klimatresilient"

Nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatresilient* förslås eftersom klimatförändringarna medför förändrade förhållanden som kräver att VA-systemet anpassas för att undvika potentiella problem. Klimatanpassning är en högst aktuell fråga och det är viktigt att undersöka sårbarheten och utveckla en tydlig strategi för att säkra infrastruktur mot översvämningar vid nybyggnation och ombyggnation (Svenskt Vatten 2023). Behovet är påtagligt i större städer och tätorter. De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 7.

Tabell 7. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatre resilient*.

FN:s globala hållbarhetsmål	11. Hållbara städer och samhällen 11.5 Mildra de negativa effekterna av naturkatastrofer 11.b Implementera strategier för inkludering, resurseffektivitet och katastrofriskreducering. 13. Bekämpa klimatförändringarna 13.1 Stärk motståndskraften mot och anpassningsförmågan till klimatrelaterade katastrofer 13.2 Integrera åtgärder mot klimatförändringar i politik och planering
Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	Klimatanpassning och översvämningssäkerhet (Hållbara tjänster för brukare) Driftstabilitet (Hållbara resurser)

Parametern *Klimatanpassning och översvämningssäkerhet* i Svenskt Vattens Hållbarhetsindex innebär att bedöma samhällets beredskap och sårbarhet för översvämningar till följd av regn eller höga vattennivåer (Svenskt Vatten 2023). *Driftstabilitet* avser förmågan att kontinuerligt tillhandahålla vattentjänster samt ha beredskap för att hantera situationer där dessa tjänster inte kan levereras (Svenskt Vatten 2023).

Indikator

Indikatorerna för denna nyckelfaktor är baserade på att VA-systemet ska klara av att hantera de extremväder som klimatförändringarna medför, utan att det påverkar dess tjänster och funktion. De föreslagna indikatorerna är:

- *VA-systemet har kapacitet att hantera fler och kraftigare skyfall (100-årsregn) utan bräddning*
- *VA-systemet har kapacitet att hantera längre perioder med torka*
- *Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar*

3.1.6 "VA-systemet är klimatneutralt"

Den sista föreslagna nyckelfaktorn är att *VA-systemet är klimatneutralt*. Riksdagen har antagit ett klimatpolitiskt ramverk som innebär att Sverige ska uppnå nettonollutsläpp av växthusgaser senast 2045. Detta är en stor utmaning men det kan också leda till positiva synergieffekter, såsom renare luft och en säkrare energiförsörjning (Sveriges miljömål 2023a). De hållbarhetsmål och ramverk som har en särskilt tydlig koppling till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 8.

Tabell 8. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatneutralt*.

Planetära gränser & social grund	Klimatpåverkan
FN:s globala hållbarhetsmål	13. Bekämpa klimatförändringarna
Sveriges miljökvalitetsmål	1. Begränsad klimatpåverkan

Indikator

Den föreslagna indikatorn för denna nyckelfaktor är baserad på definitionen av klimatneutralitet och lyder: *VA-systemet producerar minst lika mycket energi som det förbrukar.*

3.1.7 Utskick till workshopdeltagare

För att ge workshopdeltagarna möjlighet att påverka de föreslagna nyckelfaktorerna och indikatorerna, sammanställdes de i en enkät som skickades ut innan workshoppen. Deltagarna fick möjlighet att lämna synpunkter och föreslå ytterligare nyckelfaktorer och indikatorer med uppmaningen att fokusera på den miljömässiga dimensionen av hållbarhet. Dessutom uppmanades de att markera vilka nyckelfaktorer som de anser är särskilt viktiga för ett hållbart VA-system. Enkäten som skickades ut till deltagarna presenteras i Bilaga D, tillsammans med den ifyllda enkäten efter att deltagarna hade lämnat sina synpunkter. De nyckelfaktorer som minst en av deltagarna markerat som särskilt viktig var följande:

Utvalda nyckelfaktorer

- VA-systemet tillhandahåller säkert vatten
- Vattenanvändningen i staden är hållbar
- VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin
- VA-systemet bidrar inte till övergödning
- VA-systemet sprider minimalt med föroreningar
- VA-systemet är klimatrezilient

Även följande nyckelfaktorer lämnades som förslag, antingen inför workshoppen eller av deltagarna, men utelämnades i den fortsatta studien:

Utelämnade nyckelfaktorer

- VA-systemet är klimatneutralt
- Vattentjänsterna tillhandahålls till en kostnad som alla i samhället har råd att betala
- Det finns en långsiktig planering för VA-systemets och stadens förvaltning och utveckling

Jämfört med enkäten som skickades ut till deltagarna har nyckelfaktorn *VA-systemet* är *klimatneutralt* utelämnats och *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin* har tillkommit som en av de viktigaste nyckelfaktorerna.

3.1.8 "VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin"

Nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin* har, liksom de andra nyckelfaktorerna, kopplingar till flera hållbarhetsmål och ramverk. De som har en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn presenteras i Tabell 9.

Tabell 9. Hållbarhetsmål och ramverk med en särskilt tydlig relation till nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin*.

Planetära gränser & social grund	Energi Livsmedel
FN:s globala hållbarhetsmål	2. Ingen hunger 2.4 hållbar livsmedelsproduktion och motståndskraftiga jordbruksmetoder 3. God hälsa och välbefinnande 3.9 minska antalet sjukdoms- och dödsfall till följd av skadliga kemikalier och föroreningar 6. Rent vatten och sanitet för alla 6.3 förbättra vattenkvalitet och avloppsrening samt öka återanvändning 7. Hållbar energi för alla 7.2 öka andelen förnybar energi i världen 7.3 fördubbla ökningen av energieffektivitet 11. Hållbara städer och samhällen 11.6 minska städernas miljöpåverkan 11.a främja nationell och regional utvecklingsplanering 12. Hållbar konsumtion och produktion 12.2 hållbar förvaltning och användning av naturresurser 12.4 ansvarsfull hantering av kemikalier och avfall 12.5 minska mängden avfall markant 15. Ekosystem och biologisk mångfald 15.1 bevara, restaurera och säkerställ hållbart nyttjande av ekosystem på land och i sötvatten
Sveriges miljökvalitetsmål	15. God bebyggd miljö
Svenskt Vattens Hållbarhetsindex	Hushållning med ändliga resurser (Miljömässig hållbarhet) Hushållning med energi (Miljömässig hållbarhet)

Hushållning med ändliga resurser i Svenskt Vattens Hållbarhetsindex avser fosforåtervinningen från avloppsvatten till jordbruksmark, användningen av fosfor och ett systematiskt uppströmsarbete. Parametern *Hushållning med energi* fokuserar på elförbrukning och biogasproduktion (Svenskt Vatten 2023). Miljökvalitetsmål 15. *God bebyggd miljö* inkluderar anpassning av infrastrukturen för minskad resurs- och energianvändning. Eftersom den cirkulära ekonomin även inkluderar energiåtervinning och energiproduktion, relaterar det även till *energi* i den sociala grunden i mitten av hållbarhetsmunken. Dessutom påverkar det *livsmedel* eftersom återvinning av växtnäring är viktigt för livsmedelssystemet.

3.2 WORKSHOP

Under workshoppen som ägde rum i april 2023 deltog sju experter inom vatten- och avloppsfrågor från SLU, Ecoloop och Stockholm Vatten och Avfall. Workshoppen inleddes med en diskussion om den föreslagna framtidsvisionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*, vilken godkändes som utgångspunkt för workshoppen. Workshoppen fokuserade sedan på de nyckelfaktorer som minst en av experterna hade bedömt som extra viktig för ett hållbart VA-system. Nyckelfaktorerna och tillhörande indikatorer togs upp för diskussion för att säkerställa att de är tydliga och precisa. Vissa formuleringar justerades efter synpunkter från deltagarna och ytterligare indikatorer adderades, togs bort eller flyttades till en annan nyckelfaktor.

Diskussionen fortsatte sedan för att identifiera möjligheter, hinder och åtgärder. I detta sammanhang definieras möjligheter som faktorer som kan öka sannolikheten att uppnå indikatorerna, medan hinder kan förhindra deras uppfyllelse (Bengston et al. 2020). Exempel på externa faktorer som kan fungera som möjligheter och hinder är ny teknik, sociala förändringar och ekonomiska faktorer (Bengston et al. 2020). För att dra nytta av möjligheterna och övervinna hindren behöver sedan konkreta åtgärder identifieras (Bengston et al. 2020). Resultaten av diskussionerna dokumenterades och sammanställdes i ett träd-diagram som alla deltagare kunde se och påverka under hela workshoppen. På grund av den begränsade tidsramen var det inte möjligt att gå igenom hela processen ända fram till åtgärder för samtliga nyckelfaktorer.

Efter workshoppen kompletterades därför resultaten med ytterligare möjligheter, hinder och åtgärder baserat på diskussionen under workshoppen och med stöd av litteraturen. Det vidarearbetade materialet skickades sedan till deltagarna för deras synpunkter och eventuella ytterligare förslag. Metoden *backcasting wheel* kan resultera i en betydande mängd detaljerad information, och olika visualiseringstekniker, till exempel träd-diagram, flödesscheman eller färgkodning, kan användas för att tydliggöra resultaten (Bengston et al. 2020). I detta fall utökades träd-diagrammet som skapades under workshoppen för att presentera resultaten för deltagarna.

Träd-diagrammet omvandlades också till tabeller, som även de skickades till workshopdeltagarna. Syftet var att ge deltagarna möjlighet att göra en individuell prioritering av åtgärderna på en skala från 1 till 5, baserat på deras kritiska och brådskande karaktär (Bengston et al. 2020):

Bedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär

- Hur kritisk/betydelsefull åtgärden är på en skala 1–5 där:
 - 5 = kritisk
 - 1 = icke-kritisk
- Hur brådskande åtgärden är på en skala 1–5 där:
 - 5 = brådskande
 - 1 = inte brådskande

Fyra av workshopdeltagarna deltog i denna bedömningsprocess. Medelvärdet ger en uppfattning om åtgärdernas prioritet, medan det lägsta och högsta värdet indikerar spridningen i experternas bedömningar. Resultatet av expertbedömningen presenteras i sin helhet i Bilaga E.

3.3 BERÄKNINGAR

Beräkningar utgjorde en del av att definiera indikatorer, beräkna förutsättningarna 2070 samt för att uppskatta effekten av olika åtgärder med Uppsala som fallstudie. De grundar sig på faktorer som är specifika för Uppsala tätort och ska därför betraktas som exempel. Kompletterande material till beräkningarna presenteras i Bilaga F, och en sammanställning av indata och samtliga beräkningar presenteras i Bilaga G.

3.3.1 Kritisk belastning för kväve och fosfor i Fyrisåns avrinningsområde

De kväve- och fosformängder som ingår i indikatorerna för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning* är specifika för Fyrisåns avrinningsområde. Mängderna är baserade på konceptet kritisk belastning och följer samma beräkningsmetod som beskrivs av Ryberg et al. (2020).

Fyrisåns avrinningsområde, där Uppsala tätort är belägen, omfattar en yta på 199 000 hektar. För denna studie antogs samma kritiska kvävebelastning som användes av Ryberg et al. (2020), det vill säga 5 kilogram per hektar och år. Detta gav att den kritiska kvävebelastningen för hela Fyrisåns avrinningsområde är 995 ton kväve per år. Det är dock fler aktiviteter än VA som bidrar till kväveutsläppen i området. För att beräkna den mängd som tilldelas VA-företaget användes samma resonemang som tillämpades av Ryberg et al. (2020).

VA-företaget tilldelades samma andel av den totala belastningen som den andel av invånarnas utgifter som går till VA-företagets tjänster. Ryberg et al. (2020) undersökte ett VA-företag i Danmark och fann att denna andel är 1,6 procent. För denna studie antogs samma andel för Sverige, vilket innebär att ett VA-företag inom Fyrisåns avrinningsområde tilldelas 15,9 ton kväve per år. Tabell 10 ger en sammanställning av ingående data och resultatet av den uppskattade kvävemängden.

Tabell 10. Kritisk kvävebelastning för Fyrisåns avrinningsområde.

Kritisk kvävebelastning för Fyrisåns avrinningsområde	
Kritisk kvävebelastning (kg/ha/år)	5
Area Fyrisåns avrinningsområde (ha)	199 000
Kritisk kvävebelastning för Fyrisåns avrinningsområde (ton/år)	995
VA-företagets del av kritisk kvävebelastning (ton/år)	15,9

Den kritiska belastningen för fosfor beräknades på motsvarande sätt. Ryberg et al. (2020) antog att den kritiska belastningen för fosfor är samma som för kväve, men med hänsyn till att fosfor har en högre övergödningspotential. Fosfor har 12,2 gånger högre övergödningspotential än kväve, baserat på Yossapol et al. (2002), vilket gav att den kritiska belastningen är 0,41 kilogram per hektar och år. För hela Fyrisåns avrinningsområde motsvarar detta 82 ton per år och mängden som tilldelas VA-företaget är 1,3 ton per år. Tabell 11 ger en sammanställning av ingående data och resultatet av den uppskattade fosformängden.

Tabell 11. Kritisk fosforbelastning för Fyrisåns avrinningsområde.

Kritisk fosforbelastning för Fyrisåns avrinningsområde	
Kritisk fosforbelastning (kg/ha/år)	0,41
Area Fyrisåns avrinningsområde (ha)	199 000
Kritisk fosforbelastning för Fyrisåns avrinningsområde (ton/år)	82
VA-företagets del av kritisk fosforbelastning (ton/år)	1,3

Således är VA-företagets del av den kritiska belastningen för Fyrisåns avrinningsområde 15,9 ton kväve och 1,3 ton fosfor. Uppsala Vatten hanterar dock inte VA för alla invånare inom avrinningsområdet, men för denna studie antogs att detta är fallet. För vidare resonemang och motivering till detta antagande hänvisas till Bilaga F.1.

3.3.2 Uppskattning av antal invånare i Uppsala tätort år 2070

För att uppskatta antalet invånare i Uppsala tätort 2070 användes en framskrivning av invånarantalet i Uppsala kommun 2070, kombinerat med antagandet att fördelningen mellan invånare i kommunen och tätorten är samma som 2021. År 2021 hade Uppsala kommun 237 596 invånare (SCB 2023b) och av dessa bodde 181 807 personer i Uppsala tätort (Uppsala kommun 2022), vilket motsvarar 77 procent. Enligt SCB:s framskrivning har Uppsala kommun 322 591 invånare 2070 (SCB 2022b), och med samma fördelning gav detta att invånarantalet i Uppsala tätort är 246 845 personer 2070, se Tabell 12 för en sammanställning.

Tabell 12. Antal invånare i Uppsala kommun respektive Uppsala tätort 2021 samt en uppskattning av motsvarande värden 2070.

Invånare i Uppsala	År 2021	År 2070
Uppsala kommun (personer)	237 596	322 591
Uppsala tätort (personer)	181 807	246 845

För att uppskatta antalet invånare i de sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna, utgick beräkningarna från det genomsnittliga antalet personer per hushåll. Uppsala planerar för 21 500 bostäder i de aktuella områdena (Uppsala kommun 2021) och i genomsnitt bor det 2,1 personer per hushåll i Uppsala kommun, vilket även gäller för hela Sverige (SCB 2023a). Om detta genomsnitt tillämpas på de sydöstra stadsdelarna, inklusive Bergsbrunna, skulle det innebära cirka 45 150 invånare i området.

3.3.3 Utsöndrad mängd kväve och fosfor

Vidare beräknades hur stora mängder kväve och fosfor som behöver hanteras från Uppsala tätort 2070. Enligt Jönsson et al. (2005) är kväve och fosfor i hushållsavlloppsvatten fördelat på olika avloppsfraktioner enligt Tabell 13. Fosformängden i gråvatten justerades ner från 0,68 gram till 0,24 gram per person och dygn enligt författarens kommentar. Denna justering gjordes eftersom 0,68 gram per person och dygn var det gällande värdet innan fosfor förbjöds i tvättmedel.

Tabell 13. Genererad kväve- och fosformängd fördelat på olika avloppsfraktioner (Jönsson et al. 2005).

Kväve och fosfor i olika avloppsfraktioner	Urin	Fekalier & toalettpapper	Gråvatten	Hushålls-avloppsvatten (totalt)
Mängd kväve (g/p,d)	11	1,5	1,53	14,03
Mängd fosfor (g/p,d)	0,9	0,5	0,24	2,08

Som en jämförelse beräknades även den utsöndrade kväve- och fosformängden baserat på den konsumerade proteinmängden, samt baserat på antal anslutna personer och inkommande mängder till Kungsängsverket, se Bilaga F.2. Dessa beräkningar gav mängder i samma storleksordning. Därefter beräknades den totala utsöndrade mängden kväve och fosfor för Uppsala tätort 2070, baserat på mängd per person enligt Jönsson et al. (2005), se Bilaga F.3.

3.3.4 Reningsgrad för olika grader av utsortering

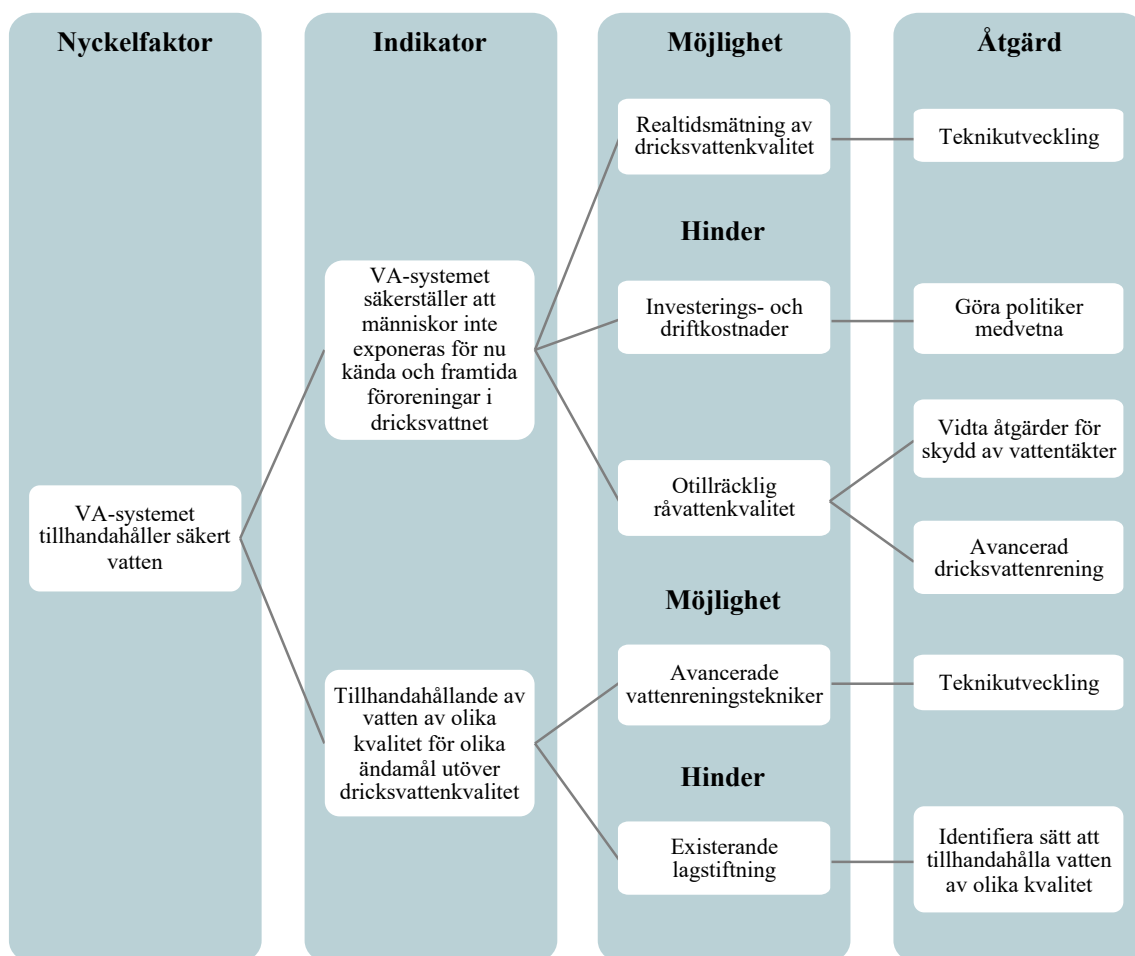
För att undersöka hur separering av olika avloppsfraktioner kan bidra till att avlasta Kungsängsverket år 2070, beräknades återstående kväve- och fosformängder vid olika utsorteringsgrader. Dessutom beräknades krävd reningsgrad för att begränsa utsläppen till VA-företagets andel av den kritiska belastningen, se Bilaga F.4.

4. RESULTAT OCH DISKUSSION

Detta avsnitt är indelat efter de nyckelfaktorer som enligt expertbedömningen är extra viktiga för att uppnå framtidsvisionen: "Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat". För varje nyckelfaktor presenteras ett trädidiagram som sammanfattar de indikatorer som identifierades under workshopen. Dessutom visas de faktorer som utgör hinder respektive möjligheter för varje indikator, samt föreslagna åtgärder för att nyttja möjligheterna och övervinna hindren. Resultaten diskuteras i relation till andra studier och målsättningar i direkt anslutning till deras presentation. Dessutom redovisas den genomsnittliga expertbedömningen av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär på en skala 1 till 5, i anslutning till varje indikator.

4.1 "VA-SYSTEMET TILLHANDAHÅLLER SÄKERT VATTEN"

Nyckelfaktorn *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten* fokuserar på vattenkvalitet, medan nyckelfaktorn som presenteras i avsnitt 3.1.2 "*Vattenanvändningen i staden är hållbar*" avser vattenkvantitet. Under workshopen identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder för denna nyckelfaktor, enligt Figur 11. Dessa har sedan beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet.



Figur 11. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten*.

4.1.1 Indikator – VA-systemet säkerställer att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten* kan vara att *VA-systemet säkerställer att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 14.

Tabell 14. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *VA-systemet säkerställer att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Brådskande	Totalt
Realtidsmätning av dricksvattenkvalitet	Teknikutveckling	4,3	3,8	8,0
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Brådskande	Totalt
Investerings- och driftkostnader	Göra politiker medvetna	2,8	4,0	6,8
Otillräcklig råvattenkvalitet	Vidta åtgärder för skydd av vattentäkter	3,8	3,8	7,5
	Avancerad dricksvattenrening	4,0	3,5	7,5

Dricksvatten kan bli förorenat av kemiska, mikrobiologiska och radioaktiva ämnen. Mikrobiologiska föroreningar utgör den största risken och kan leda till magsjuka, illamående, feber samt allvarliga organskador och i extrema fall dödsfall (Livsmedelsverket u.å.). Livsmedelsverket framhåller spridningen av mikroorganismer som en hotande faktor i Sverige, och smittorisken bedöms vara högre idag än vid konstruktionen av många av Sveriges vattenverk. Även kemiska föroreningar kan vara skadliga för hälsan, men effekten är vanligtvis mindre akut än för de mikrobiologiska föroreningarna, vilket gör dem svårare att upptäcka (Livsmedelsverket 2019).

Trenden är att gränsvärdena för dricksvatten gradvis skärps och att fler ämnen inkluderas. Kemikalier visar sig ofta vara mer skadliga än tidigare bedömt, eftersom kunskapen om deras långtidseffekter ökar (Europeiska miljöbyrå 2017). Dessutom kan klimatförändringarna leda till spridning av nya mikroorganismer med potentiella hälsorisker (Livsmedelsverket 2019). Med förbättrade mätmetoder och ökad kunskap om riskerna är det troligt att nya ämnen kräver behandling i framtiden (Carlsson et al. 2017). Det är därför nödvändigt att regelbundet revidera gränsvärdena och vidta åtgärder vid behov.

Detta exemplifieras av det reviderade dricksvattendirektivet, som trädde i kraft 2023, och som inkluderar nya och strängare vattenkvalitetsnormer för bland annat mikroplaster och hormonstörande ämnen (Europeiska kommissionen 2021). Andra ämnen som också omfattas av krav på kontroll och rening enligt det reviderade direktivet är uran, bisfenol A och mikrocystin-LR, där det senare kan bildas vid algblooming (EU-parlamentet & Europeiska unionens råd 2020). Även PFAS (poly- och perfluorerade alkylsubstanser) har uppmärksammats på senare tid för de potentiella skadliga effekterna. Livsmedelsverket har därför fastställt nya krav för rening av fyra olika PFAS-ämnen i dricksvatten som ska gälla från och med januari 2026 (Livsmedelsverket 2022).

Utöver att hantera specifika ämnen inkluderar dricksvattendirektivet också begränsningar för vilka material som får komma i kontakt med dricksvattnet (EU-parlamentet & Europeiska unionens råd 2020). Detta för att förhindra problem som mikrobiell tillväxt och läckage av föroreningar från de material som används i VA-systemet.

Möjlighet – Realtidsmätning av dricksvattenkvalitet

En möjlighet för att säkerställa att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet är att mäta vattenkvaliteten i realtid. Idag utförs regelbundna kontroller för att säkerställa hög vattenkvalitet i de allmänna vattenanläggningarna (Malmquist & Stenström u.å.). Kontrollerna sker vanligtvis genom manuell provtagning och laboratorieanalys (Chandrappa et al. 2017). Detta är en tidskrävande och kostsam process, vilket begränsar möjligheten att göra kontinuerliga mätningar (Chandrappa et al. 2017). Genom realtidsmätning av vattenkvaliteten kan eventuella föroreningar upptäckas i ett tidigare skede. Detta möjliggör omedelbara insatser för att förhindra spridning och informera berörda parter om situationen och riskerna.

Åtgärd – Teknikutveckling

En förutsättning för att införa realtidsmätning är tillgång till lämplig teknik. Det finns redan tekniker för realtidsmätning av vattenkvalitet, men vidare teknikutveckling behövs för att kunna utöka användningen och inkludera fler parametrar (Chandrappa et al. 2017). Avloppsvatten kan även användas som en indikator för övervakning av folkhälsan, vilket föreslås i det reviderade avloppsdirektivet. Regelbundna mätningar av hälsoparametrar möjliggör tidig upptäckt av sjukdomsutbrott och identifiering av potentiella risker för epidemi eller pandemi (Europeiska kommissionen 2022b). För att övervaka hälsoparametrar behövs dessutom samarbete mellan myndigheter som är ansvariga för avloppsrening respektive folkhälsa (Europeiska kommissionen 2022b).

Hinder – Otillräcklig råvattenkvalitet

En faktor som kan utgöra ett hinder för att säkerställa att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet är försämrad råvattenkvalitet. I allmänhet är den kommunala dricksvattenkvaliteten i Sverige hög (Malmquist & Stenström u.å.), men om råvattenkvaliteten försämras kommer det kräva en mer omfattande och kostsam reningsprocess, och därmed göra produktionen av säkert dricksvatten till en utmaning. Råvattenkvaliteten kan exempelvis försämrars på grund av kemikalieanvändning i samhället, klimatförändringar och ett överdrivet vattenuttag. Föroreningar som finns i marken kan läcka ut och förorena yt- och grundvatten, och denna risk ökar med ökad nederbörd och översvämningar (Livsmedelsverket 2019).

Risken för föroreningar kan också öka i samband med jordskred och ras, vilket kan frigöra föroreningar som tidigare varit stabilt bundna i marken (Livsmedelsverket 2019). Dessutom kan perioder av långvarig torka leda till lägre grundvattennivåer, vilket resulterar i högre koncentrationer av kemikalier i vattnet och därmed försämrad råvattenkvalitet (Europeiska miljöbyrå 2017). Vidare kan ett överuttag av grundvatten i kustområden leda till saltvatteninträngning, det vill säga att havsvatten tränger in och förorenar grundvattnet. Flera av de vattentäkter som används av Uppsala Vatten är påverkade av miljöföroreningar (Uppsala Vatten 2021).

Åtgärd – Vidta åtgärder för skydd av vattentäkter

En åtgärd för att övervinna hindret med otillräcklig råvattenkvalitet är att vidta åtgärder för att skydda vattentäkterna. En god råvattenkvalitet skapar förutsättningar för en mindre omfattande och säker vattenbehandling (Ursing et al. u.å.), och det är generellt mer fördelaktigt att arbeta förebyggande än att behandla vattnet efter att det har förorenats. Eftersom råvattenkvaliteten påverkas av ett flertal faktorer, såsom klimatförändringar, skadliga kemikalier och vattenanvändning, behövs åtgärder inom flera olika områden för att skydda vattentäkterna. Denna åtgärd har därmed en tydlig koppling till flera av de andra nyckelfaktorerna.

Åtgärd – Avancerad dricksvattenrening

En ytterligare åtgärd för att hantera en försämrad råvattenkvalitet är att implementera avancerade metoder för dricksvattenrening. Även om omedelbara åtgärder vidtas för att skydda vattentäkterna kan befintliga föroreningar påverka vattenkvaliteten under lång tid (Livsmedelsverket 2019). När råvattenkvaliteten förändras kan de befintliga reningsteknikerna vara otillräckliga. Då kan det behövs andra tekniker och behandlingsmetoder än de som dominerar idag, inte nödvändigtvis bara avancerade reningsmetoder.

Kemiska föroreningar i vattnet kan nämligen minska effektiviteten av ozon, klor och UV-ljus, som används för desinficering (Livsmedelsverket 2019). Ett annat problem är att ozonbaserade reningstekniker kan bryta ner organiskt material till kortare kolföreningar, vilket ger näring till mikroorganismer i ledningsnätet. Många av Sveriges vattenverk är inte utformade för att behandla mikroorganismer och den nuvarande kloreringsprocessen har begränsad effekt på protozoer och virus (Livsmedelsverket 2019). Höga tillsatser av klor i vatten som innehåller betydande mängder organiskt material riskerar även att bilda cancerframkallande ämnen (Livsmedelsverket 2019). Klor spelar dock fortsatt en roll för att upprätthålla vattenkvaliteten efter reningen och under transporten genom ledningsnätet.

De traditionella reningsmetoderna med filtrering och kemisk rening är inte heller helt hållbara. Detta eftersom de är kostsamma och kräver användning av kemikalier, exempelvis aluminium, där det saknas effektiva metoder för att separera kemikalierna från det slam som bildas vid reningen (Nordström et al. u.å.).

Hinder – Investerings- och driftkostnader

Ett ytterligare hinder är att det ofta krävs initiala investeringskostnader och kontinuerliga driftkostnader. Exempelvis kan implementering av avancerade reningstekniker innebära en högre kostnad för installation och drift. Åtgärder för att exempelvis skydda vattentäkter kan även stå i konflikt med andra ekonomiska intressen.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

För att övervinna de ekonomiska hindren behöver politiker vara medvetna om situationen och vidta åtgärder. Politiker har möjlighet att styra utvecklingen i en riktning som minskar behovet av omfattande vattenrening, genom att till exempel skapa ekonomiska incitament för att minska utsläppen, eller genom att införa strängare krav. En annan möjlighet är att öka medvetenheten hos allmänheten och andra intressenter om behovet av att minska föroreningsutsläppen genom utbildning och informationskampanjer. På detta sätt kan kostnaderna för att tillhandahålla ett säkert dricksvatten minska. Det är viktigt att notera att även alternativet att inte agera medför kostnader på kort och/eller lång sikt.

4.1.2 Indikator – Tillhandahållande av vatten av olika kvalitet för olika ändamål utöver dricksvattenkvalitet

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet tillhandahåller säkert vatten* kan vara att *VA-systemet tillhandahåller vatten av olika kvalitet för olika ändamål utöver dricksvattenkvalitet*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådska karaktär, presenteras i Tabell 15.

Tabell 15. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Tillhandahållande av vatten av olika kvalitet för olika ändamål utöver dricksvattenkvalitet*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådska karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Brådska	Totalt
Avancerade vattenreningstekniker	Teknikutveckling	2,7	2,7	5,3
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Brådska	Totalt
Existerande lagstiftning	Identifiera sätt att tillhandahålla vatten av olika kvalitet	4,3	4,3	8,5

Städer runt om i världen står inför betydande utmaningar till följd av en ökande efterfrågan på dricksvatten och problem med vattenbrist. För att uppnå hållbar vattenförsörjning överväger många städer att återanvända eller återvinna vatten (Garner et al. 2014). Återvunnet vatten kan användas för olika ändamål, såsom bevattning, för industriellt bruk eller som dricksvatten. Kraven på vattenkvaliteten beror på användningsområdet, och endast en mindre del av den totala vattenmängden behöver uppfylla dricksvattenkvalitet (Nordström et al. u.å.). För att tillhandahålla vatten av olika kvalitet behöver reningsverken anpassas för att uppfylla specifika kvalitetskrav för varje användningsområde (Garner et al. 2014).

Möjlighet – Avancerade vattenreningstekniker

En reningsprocess som är anpassad till vattenkällan och som uppfyller specifika kvalitetskrav för olika ändamål är mer resurs- och kostnadseffektiv. Detta eftersom vattnet inte renas till en onödigt hög kvalitet för ändamålet. Exempelvis krävs olika reningstekniker för att behandla avloppsvatten jämfört med regnvatten, och olika reningsgrad för dricksvatten jämfört med bevattningsvatten.

Åtgärd – Teknikutveckling

En åtgärd för att nyttja möjligheten att använda specialiserade reningstekniker är att bedriva forskning och kontinuerligt utveckla mer effektiva, hållbara och kostnads-effektiva reningstekniker. Detta skapar förutsättningar för att tillhandahålla säkert vatten av olika kvaliteter som är anpassade för olika ändamål.

Hinder – Existerande lagstiftning

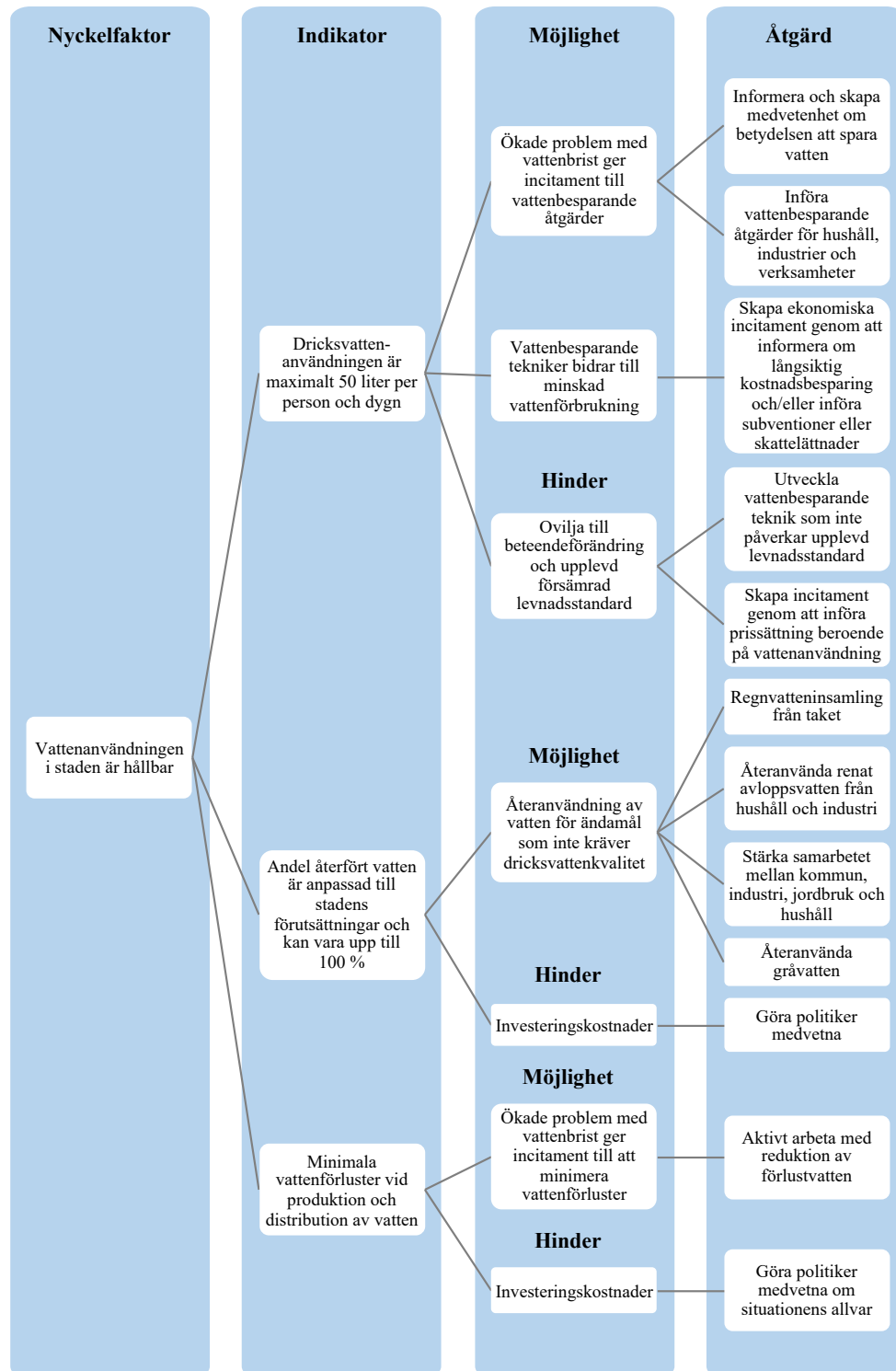
Lagstiftningen betraktas ofta som begränsande när det gäller användningen av vatten av annan kvalitet än dricksvattenkvalitet, känt som tekniskt vatten (Johansson et al. 2022). Även om det inte finns direkta hinder i lagstiftningen, saknas det tydliga riktlinjer och regelverk när det gäller kvalitetskrav, ansvar och ekonomiska aspekter som främjar återvinning av vatten. Enligt *lagen om allmänna vattentjänster* (LAV) ska det levererade vattnet i princip vara av dricksvattenkvalitet, och vattenproducenter är inte skyldiga att tillhandahålla tekniskt vatten. Även om kommuner och VA-huvudmän har möjlighet att leverera tekniskt vatten, är det ofta brist på ekonomiska incitament och det finns osäkerheter om ansvar och de ekonomiska och organisatoriska konsekvenserna (Johansson et al. 2022).

Åtgärd – Identifiera sätt att tillhandahålla vatten av olika kvalitet

För att hantera de juridiska frågorna behöver myndigheter och VA-sektorn samarbeta (Johansson et al. 2022). En möjlig åtgärd är att utöka LAV för att inkludera tekniskt vatten som en del av vattenförsörjningen, utöver dricksvatten, avloppsvatten och dagvatten. Detta skulle kräva en lagändring, till exempel genom att inkludera tekniskt vatten i definitionen ”vatten lämpligt för normal hushållsanvändning” (Johansson et al. 2022).

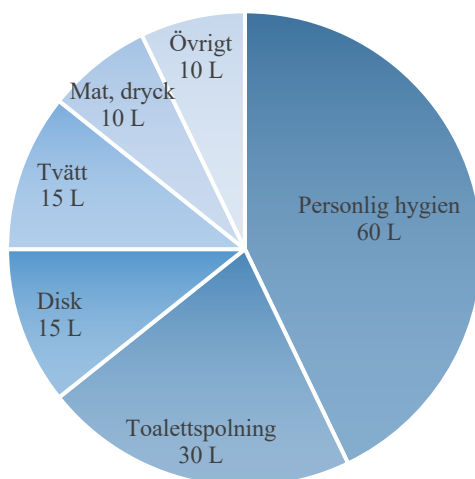
4.2 "VATTENANVÄNDNINGEN I STADEN ÄR HÅLLBAR"

Nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar* fokuserar på vattenkvantitet, medan avsnitt 4.1 "*VA-systemet tillhandahåller säkert vatten*" avser vattenkvalitet. För denna nyckelfaktor identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder under workshopen, enligt Figur 12. Varje punkt har beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet och presenteras i efterföljande avsnitt.



Figur 12. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar*.

Vatten är en livsnödvändig resurs för alla levande organismer, och människor kan endast överleva i 2–4 dagar utan tillgång till vatten (Malmquist & Stenström u.å.). Dricksvatten är det mest kritiska och människan behöver cirka 2 liter vatten per dygn (Nordström et al. u.å.), men det används också för olika hushållsändamål. I genomsnitt förbrukar en person i ett svenskt hushåll 140 liter vatten per dygn (Svenskt Vatten 2021), och fördelningen för olika ändamål presenteras i Figur 13.



Figur 13. Genomsnittlig vattenförbrukning per person och dygn i svenska hushåll 2021. Baserad på data från Svenskt Vatten (2021).

Den genomsnittliga vattenanvändningen i svenska hushåll har minskat från över 200 liter per person och dygn i slutet av 1990-talet, till den nuvarande nivån på 140 liter per person och dygn (Svenskt Vatten 2022b). Enligt historiska data från *Svenskt Vattens Statistik System* (VASS) har hushållens dricksvattenförbrukning minskat med ungefär 1 procent per år (Carlsson et al. 2017). För att minska belastningen på vattenresurserna och VA-systemet bör vattenanvändningen gå ner ytterligare.

Det är inte längre hållbart att betrakta rent vatten som en outtömlig resurs. Det finns endast ett begränsat antal vattendrag och sjöar som är lämpliga för dricksvattenförsörjning med avseende på flöde, kvalitet och geografiskt läge i förhållande till befolkningen (Nordström et al. u.å.). Med en ökande global befolkning minskar den tilldelade mängden sötvatten per person (Nordström et al. u.å.), och för att minska dricksvattenanvändningen krävs en kombination av åtgärder för vattenbesparing och användning av alternativa vattenkällor (Frihammar & Barup 2021).

4.2.1 Indikator – Dricksvattenanvändningen är maximalt 50 liter per person och dygn

En indikator för nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar* kan vara att *Dricksvattenanvändningen är maximalt 50 liter per person och dygn*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 16.

Tabell 16. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Dricksvattenanvändningen är maximalt 50 liter per person och dygn*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Ökade problem med vattenbrist ger incitament till vattenbesparande åtgärder	Informera och skapa medvetenhet om betydelsen att spara vatten	4,0	3,8	7,8
	Införa vattenbesparande åtgärder för hushåll, industrier och verksamheter	4,5	3,3	7,8
Vattenbesparande tekniker bidrar till minskad vattenförbrukning	Skapa ekonomiska incitament genom att informera om långsiktig kostnadsbesparing och/eller införa subventioner eller skattelättnader	4,3	3,8	8,0
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Ovilja till beteendeförändring och upplevd försämrad levnadsstandard	Utveckla vattenbesparande teknik som inte påverkar upplevd levnadsstandard	4,3	3,3	7,5
	Skapa incitament genom att införa prissättning beroende på vattenanvändning	4,5	3,3	7,8

Samhället bör tillhandahålla 20–50 liter vatten per person och dygn för att täcka hushållens grundläggande behov, enligt FN-organet UN-Water (Nordström et al. u.å.). Idag är det inte bara politiken som tar ledningen mot en mer hållbar utveckling genom offentliga initiativ, utan även stora delar av näringslivet inser att frågan blir alltmer betydande ur konkurrenssynpunkt (Kairos Future 2018). Ett exempel på ett initiativ för att begränsa vattenförbrukningen är *50L Home Coalition*, där IKEA och andra aktörer deltar (50L Home Coalition 2020). 50L Home Coalition är ett globalt samarbete där företag, innovatörer, beslutsfattare, forskare och samhällen samverkar för att förändra hushållens vatten- och energianvändning. Målet är att begränsa vattenförbrukningen till 50 liter per person och dygn samt att integrera hushållens vattenkonsumtion i städernas strategier för vatten, klimat och hållbarhet (50L Home Coalition 2020).

Möjlighet – Ökade problem med vattenbrist ger incitament till vattenbesparande åtgärder

En möjlighet för att begränsa dricksvattenanvändningen till maximalt 50 liter per person och dygn är att nyttja de incitament som uppstår till följd av vattenbrist. Tillgången till dricksvatten förväntas minska på grund av klimatförändringarna (Stensen et al. 2019). Dessutom leder överuttag av grundvatten till en ökad förlust av landbaserat vatten till havet, och stora vattenmagasin och ett intensivt jordbruk resulterar i en ökad avdunstning (Ursing et al. u.å.).

Tillgången till vatten och dess kvalitet har en direkt påverkan på vattenförbrukningen (Nordström et al. u.å.), och ett konkret exempel på hur vattenbrist kan fungera som en stark drivkraft är Kapstaden. Vattenförbrukningen i Kapstaden minskade från 150 till 50 liter per person och dygn under en period av allvarlig vattenbrist mellan 2015 och 2018 (Malm et al. 2019). Ett annat exempel är att flera länder, till exempel Israel och Australien, främjar återvinning av grävatten för att ersätta dricksvatten när det är lämpligt på grund av vattenbrist (Yu et al. 2013).

Det finns även områden i EU som lider av permanent eller tillfällig vattenbrist (Europeiska kommissionen 2022b). Sverige har historiskt sett haft god tillgång till dricksvatten och det har varit relativt billigt att producera, men på grund av klimatförändringarna har förhållandena förändrats med torka, vattenbrist och rekordlåga grundvattennivåer i vissa delar av landet (Malm et al. 2019). Under den torra sommaren 2018 blev behovet av vattenbesparing tydligt när flera vattenverk i Sverige hade svårt att producera tillräckligt med dricksvatten. För att hantera den akuta vattenbristen införde över 100 svenska kommuner vattenrestriktioner, exempelvis i form av bevattningsförbud (Malm et al. 2019). Flera kommuner har även en långsiktig ambition att minska den genomsnittliga dricksvattenanvändningen, däribland Uppsala, vars mål är att komma ner till 100 liter per person och dygn (Uppsala Vatten 2020). För att uppnå effektiv vattenanvändning i hushållen och det urbana vattensystemet som helhet, krävs innovativa lösningar och förändrade beteendemönster (50L Home Coalition 2020).

Åtgärd – Informera och skapa medvetenhet om betydelsen att spara vatten

En möjlig åtgärd för att främja en ansvarsfull vattenanvändning är att informera och skapa medvetenhet om betydelsen av att spara vatten. Genom att utbilda och inspirera människor till en förändrad syn på vatten kan beteendeförändringar främjas (50L Home Coalition 2020). Även Uppsala Vatten lyfter att vattenanvändningen kan minskas genom att informera och delge tips om vattenbesparande åtgärder (Uppsala Vatten 2020).

Åtgärd – Införa vattenbesparande åtgärder för hushåll, industrier och verksamheter

Ett annat sätt att minska vattenförbrukningen är att implementera vattenbesparande åtgärder för hushåll, industrier och olika verksamheter. Industrin står för den största andelen av den totala vattenanvändningen i Sverige, och 95 procent av vattnet hämtas från industriernas egna vattentäkter, främst ytvatten (Nordström et al. u.å.). Majoriteten av industrierna har dock ett begränsat vattenbehov som kan förses av kommunerna (Nordström et al. u.å.). Uppsala Vatten producerar årligen 19 miljoner kubikmeter dricksvatten för att förse drygt 210 000 personer i kommunen med vatten, och 10 procent går till industrier (Uppsala Vatten 2022b).

Den genomsnittliga dricksvattenanvändningen i Uppsala 2019–2021 var 135 liter per person och dygn (Uppsala Vatten 2021, 2023b). För Uppsala tätort motsvarar detta knappt 9 miljoner kubikmeter 2021 och uppskattningsvis 12 miljoner kubikmeter 2070, på grund av befolkningstillväxt. Om hushållen inför vattenbesparande åtgärder för att begränsa dricksvattenanvändningen till Uppsalas mål på 100 liter per person och dygn, skulle hushållsförbrukningen 2070 kunna hållas på samma nivå som 2021, trots befolkningstillväxt. Om dricksvattenanvändningen begränsas ytterligare till 50 liter per person och dygn skulle det resultera i 4,5 miljoner kubikmeter vatten per år. En sammanställning presenteras i Tabell 17.

Tabell 17. Dricksvattenanvändning för Uppsala tätort 2070 med varierande genomsnittlig användning per person.

Dricksvattenanvändning för Uppsala tätort 2070			
Dricksvattenanvändning (l/p,d)	135	100	50
Totalt för Uppsala tätort 2070 (m ³ /år)	12 163 270	9 009 830	4 504 915

Vattenförbrukningen skulle kunna minska betydligt jämfört med dagens nivå om insatser på hushållsnivå kombineras med vattenbesparande åtgärder och ökad återanvändning av vatten inom industrin, samt minskade vattenförluster vid produktionen och distributionen av vatten.

Möjlighet – Vattenbesparande tekniker bidrar till minskad vattenförbrukning

En möjlighet för att begränsa dricksvattenanvändningen till 50 liter per person och dygn är att använda vattenbesparande tekniker. Det kan vara teknik som bidrar till en lägre vattenförbrukning eller system som möjliggör recirkulering, återanvändning eller återvinning av vatten. Effekten av vattenbesparande tekniker är tydlig vid jämförelse av vattenanvändningen mellan olika boendeformer, särskilt mellan äldre flerbostadshus och nybyggda enfamiljshus (Nordström et al. u.å.). Enfamiljshus har vanligtvis lägre vattenanvändning på grund av vattenbesparande tekniker och separat debitering för vatten. Hushållens vattenförbrukning förväntas minska betydligt om de äldre flerbostadshusens vattensystem byts ut (Nordström et al. u.å.). Läs mer om potentialen med vattenbesparande tekniker under avsnitt 4.6.2 *Indikator – VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka.*

Åtgärd – Skapa ekonomiska incitament genom att informera om långsiktig kostnadsbesparing och/eller införa subventioner eller skattelättnader

För att främja införandet av vattenbesparande tekniker krävs det stimulansåtgärder, till exempel skatter och subventioner (Ursing et al. u.å.). Incitamenten till att spara vatten kan till exempel öka genom att sätta ett högre pris på vatten, eller genom att subventionera vattenbesparande tekniker. Digitalisering kan också spela en roll genom att konsumenter kan övervaka sin vattenanvändning i realtid, vilket i sin tur kan öka medvetenheten om den egna förbrukningen och bidra till minskad vattenanvändning (Uppsala Vatten 2021).

Hinder – Ovilja till beteendeförändring och upplevd försämrad levnadsstandard

Ett hinder mot att minska vattenförbrukningen är en eventuell ovilja till beteendeförändring. Att förändra invanda beteendemönster kan vara en utmaning, särskilt om det upplevs leda till en försämrad levnadsstandard.

Åtgärd – Utveckla vattenbesparande teknik som inte påverkar upplevd levnadsstandard

Genom att vidareutveckla vattenbesparande tekniker som har minimal påverkan på människors livsstil, kan känslan av att behöva göra uppoffringar minska. Målet för *50L Home Coalition* är just att minska vattenanvändningen utan att kompromissa med livskvaliteten (50L Home Coalition 2020). Uppsala Vatten lyfter också betydelsen av vattenbesparande tekniker och deltar därför i utredningar och samarbeten för att vidareutveckla tekniken (Uppsala Vatten 2020).

Åtgärd – Skapa incitament genom att införa prissättning beroende på vattenanvändning

En åtgärd för att skapa incitament till att minska vattenanvändningen kan vara att införa en prissättning som varierar beroende på vattenförbrukningen. Detta kan exempelvis vara att en vattenförbrukning över en viss nivå ger ett högre enhetspris. Detta var en viktig åtgärd för att minska vattenförbrukningen i Kapstaden. Staden införde en modell där priset ökade med 390 procent för den vattenförbrukning som översteg 50 liter per person och dygn (Malm et al. 2019). Detta tar hänsyn till sociala aspekter genom att hushåll med lägre vattenförbrukning belönas med ett lägre vattenpris, medan hushåll med hög vattenförbrukning, vilket belastar vattenresurserna mer, får ett högre pris.

4.2.2 Indikator – Andel återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent

En indikator för nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar* kan vara att *Andel återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådslande karaktär, presenteras i Tabell 18.

Tabell 18. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Andel återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådslande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds- kande	Totalt
Återanvändning av vatten för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet	Regnvatteninsamling från taket	3,3	2,8	6,0
	Återanvända renat avloppsvatten från hushåll och industri	4,3	3,3	7,5
	Stärka samarbetet mellan kommun, industri, jordbruk och hushåll	3,5	3,5	7,0
	Återanvända grävatten	4,3	3,0	7,3
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds- kande	Totalt
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	4,3	4,3	8,6

Lämpligheten att använda återvunnet vatten för urbant bruk beror på olika faktorer, såsom det lokala klimatet, geografiska förhållanden, befintlig infrastruktur och ekonomiska förutsättningar (Sokolow et al. 2016). Ett exempel på en stad som återvinner allt avloppsvatten är Singapore, där det behandlade vattnet blandas med vatten för hushållsändamål i en reservoar (Sokolow et al. 2016). I ett traditionellt linjärt vattensystem används vattnet vanligtvis bara en gång, men för att resurseffektivisera behöver även använt vatten och alternativa vattenkällor nyttjas. Detta bidrar till minskat uttag av sötvatten, minskad användning av kemikalier och energi samt jämnare produktion och förbrukning av dricksvatten (Frihammar & Barup 2021).

Möjlighet – Återanvändning av vatten för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet

En möjlighet för att använda vattnet flera gånger, eller nyttja alternativa vattenkällor, är att använda det för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet. I Sverige levererar VA-organisationerna nästan uteslutande vatten av dricksvattenkvalitet, vilket används för ändamål såsom bevattning, toalettspolning, industriella processer och tvätt, där vatten av lägre kvalitet skulle kunna användas (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Den ökande belastningen på centraliserade VA-system har ökat intresset för att återanvända vatten (Yu et al. 2013). För att åstadkomma detta behövs centraliserade och decentraliserade lösningar som är anpassade efter vattnets användningsområde (Frihammar & Barup 2021). Valet av den mest lämpliga vattenkällan beror på situationen och förhållandena på platsen.

Åtgärd – Regnvatteninsamling från taket

Även om användning av regnvatten inte klassas som återanvändning, erbjuder det en alternativ vattenkälla som kan minska dricksvattenförbrukningen. Regnvatten kan användas direkt som exempelvis dricksvatten eller infiltreras i marken för att bilda grundvatten, vilket även minskar risken för översvämningar och erosion.

Regnvatteninsamling är en decentraliserad lösning och även småskaliga system på lokal nivå kan ha betydande inverkan på den totala dricksvattenanvändningen (Zeisl et al. 2018). Genom att använda regnvatten på ett konservativt sätt kan dricksvattenförbrukningen potentiellt minska med upp till 25 procent, och med omfattande implementering av regn- och grävattenanvändning kan minskningen uppgå till 60 procent (Zeisl et al. 2018). Uppsala Vatten undersöker möjligheten att samla in och använda regnvatten för att ersätta dricksvatten vid bevattning, toalettspolning och fordonstvätt (Uppsala Vatten 2021). Det är dock viktigt att vara medveten om att användning av vatten av lägre kvalitet för toalettspolning kan påverka acceptansen för återanvändning av växtnäring från avloppsvatten.

Åtgärd – Återanvända renat avloppsvatten från hushåll och industri

En betydande vattenresurs som kan användas är avloppsvattnet som genereras från hushåll och industrier. I Sverige samlar reningsverken in över 1 miljard ton avloppsvatten varje år, vilket gör vatten till reningsverkens största resurs (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). EU-kommissionen föreslår att medlemsstaterna bör främja säker återanvändning av renat avloppsvatten från reningsverk för att minska beroendet av yt- och grundvatten (Europeiska kommissionen 2022b). För att minska användningen av dricksvatten inom industrin kan en del av dricksvattnet ersättas med vatten av lägre kvalitet, såsom återvunnet vatten (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Stärka samarbetet mellan kommun, industri, jordbruk och hushåll

En åtgärd för att öka återanvändningen av vatten som inte kräver dricksvattenkvalitet, är att stärka samarbetet mellan kommuner, industrier, jordbruk och hushåll. Använt vatten från hushåll skulle exempelvis kunna användas i industrin eller för bevattning inom jordbruket, men detta kräver samordning. På grund av bristande kunskap är det också vanligt att instinktivt avvisa återvunnet vatten (Hou et al. 2020). Studier visar att de viktigaste faktorerna som påverkar allmänhetens acceptans är källan till vattnet, behandlingssystemet, kvaliteten, priset och eventuella hälsorisker (Hou et al. 2020). Politiker kan bidra till att minska allmänhetens negativa inställning till återvunnet vatten genom att informera om riskerna och öka medvetenheten om vattenbesparing och ansvaret för miljön (Hou et al. 2020).

Åtgärd – Återanvända gråvatten

Gråvatten utgör cirka 75 procent av hushållsavloppsvattnet (Eriksson et al. 2002) och det är en resurs som kan användas för att minska dricksvattenförbrukningen. Sammansättningen varierar beroende på vattenkällan samt livsstilen och användningen av kemiska produkter i hushållet. Gråvatten kan bland annat användas för toalettspolning, fordonstvätt och bevattning av allmänna grönområden och privata trädgårdar (Eriksson et al. 2002). Dessutom kan gråvatten användas för att skapa eller bevara våtmarker, eller för infiltration i marken. Det finns dock en risk för ansamling av föroreningar, exempelvis från tvättmedel, och alkaliniteten kan påverka växtligheten negativt (Eriksson et al. 2002). Att använda vatten av lägre kvalitet för toalettspolning kan också begränsa möjligheterna till att återvinna växtnäringen i avloppet.

Hinder – Investeringskostnader

För att öka vattenåteranvändningen krävs initiala investeringar i infrastruktur (Sokolow et al. 2016). Investeringsbehovet varierar beroende på vilken typ av vattenkälla som används och ändamålet för det behandlade vattnet.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

För att överkomma det hinder som investeringskostnader kan utgöra, behöver politiker bli medvetna om behovet av att återanvända vatten och vilka fördelar det kan ge. En effektivare vattenanvändning ger ekonomiska och miljömässiga fördelar, eftersom vattnets väg genom ett vattensystem är en kostsam process som ger upphov till koldioxidutsläpp (50L Home Coalition 2021). Dessutom bidrar det till att minska belastningen på de centraliserade anläggningarna (Yu et al. 2013) och därmed även behovet av investeringar för att öka kapaciteten. Vidare är det möjligt att undvika kommunala ledningsnät för återvunnet vatten genom lokala behandlingssystem för gråvatten i hushållen eller på fastighetsnivå. Förutom att skapa ekonomiska incitament, spelar politiken en viktig roll för att öka acceptansen för återanvändning av vatten och för att bidra till ett paradigmskifte (Yu et al. 2013).

4.2.3 Indikator – Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten

En indikator för nyckelfaktorn *Vattenanvändningen i staden är hållbar* kan vara att det är *Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 19.

Tabell 19. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och bråds-kande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Ökade problem med vattenbrist ger incitament till att minimera vattenförluster	Aktivt arbeta med reduktion av förlustvatten	4,5	4,5	9,0
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna om situationens allvar	4,0	4,8	8,8

Hushållens dricksvattenförbrukning har minskat, men minskningen inte lika tydlig när det gäller vattenförluster och industriell användning (Carlsson et al. 2017). Även om varje enskild läcka kan verka försumbar, ackumuleras förlusterna över tid (Malm et al. 2019). Exempelvis kan tre små hål, inte större än knappnålshuvuden, resultera i ett dagligt läckage på 1 kubikmeter vatten vid normalt vattentryck på 40 meter vattenpelare (Svenskt Vatten 2022b). Vattenförlusterna har dock synliggjorts tack vare att övervakningsmetoderna för att kontrollera läckaget i VA-systemen har utvecklats (EU-parlamentet & Europeiska unionens råd 2020). Sveriges vattenförluster från dricksvattennätet är relativt stora och uppgick till 17 procent av den totala levererade vattenvolymen 2021, vilket motsvarar en daglig förlust på 5,1 liter vatten per meter ledning (Svenskt Vatten 2022b).

Möjlighet – Ökade problem med vattenbrist ger incitament till att minimera vattenförluster

En möjlighet är att ökade problem med vattenbrist ger incitament till att minimera vattenförlusterna. Allt fler områden står inför problem med vattenbrist, och det gäller även i Sverige. Eftersom Sverige har haft god tillgång till vatten har frågor om dricksvattenförluster inte prioriterats, men det blir allt viktigare att åtgärda detta (Malm et al. 2019). Dessutom medför skärpta vattenkvalitetskrav ökade kostnader för vattenrening, vilket ytterligare ökar incitamentet att minimera vattenförlusterna (Malm et al. 2019). Vattenläckor i sig riskerar dessutom att försämra vattenkvaliteten (Uppsala Vatten 2020).

Åtgärd – Aktivt arbeta med reduktion av förlustvatten

Vattenförlusterna i ledningsnätet påverkas av åtgärder som aktiv läcksökning, snabb och kvalitativ reparation, tryckreglering samt effektiv förvaltning av ledningsnätet och kapitalet (Taylor & Manager u.å.). För att göra systemet mer resurseffektivt och undvika överuttag av dricksvattenresurser, är det nödvändigt att utvärdera och åtgärda vattenläckage över en viss nivå (EU-parlamentet & Europeiska unionens råd 2020). Enligt dricksvattendirektivet bör vattenleverantörer använda exempelvis *infrastrukturläckageindexet* (ILI) för att bedöma vattenläckaget och potentialen att minska förlusterna. ILI är ett mått på hur väl de faktiska vattenförlusterna hanteras, det vill säga förhållandet mellan de nuvarande och de oundvikliga vattenförlusterna per år (Taylor & Manager u.å.).

Uppsala Vatten ansvarar för det allmänna ledningsnätet för dricksvatten och avloppsvatten i Uppsala, vilket innebär att förvalta och säkerställa dess funktion och livslängd. Genom detta ansvar kan Uppsala Vatten bidra till en minskad vattenförbrukning, genom att exempelvis minska vattenförlusterna i ledningsnätet (Uppsala Vatten 2020). I Uppsala har den årliga vattenförlusten varierat mellan 14 och 26 procent av den producerade mängden under det senaste decenniet, och målet är att begränsa vattenförlusterna till maximalt 15 procent 2050 (Uppsala Vatten 2023b). Vattenförlusterna har dock ökat från 20,1 procent 2021 till 21,9 procent 2022, där en omfattande vattenläcka sannolikt är del av förklaringen (Uppsala Vatten 2023b).

En procentuell vattenförlust anger andelen av det producerade vattnet som når användarna, men det ger ingen rättvis bild av ledningsnätets kvalitet. Detta eftersom vattenförlusterna relateras till konsumtionen, och ett långt ledningsnät kan få en hög procentuell vattenförlust trots hög kvalitet på ledningsnätet (Malm et al. 2019). För att få en mer rättvis bild kan vattenförlusten beräknas i förhållande till ledningslängden (Malm et al. 2019). Uppsala Vatten producerar årligen 19 miljoner kubikmeter vatten som transporteras genom ett ledningsnät med en total längd på 65 mil, vilket motsvarar avståndet mellan Uppsala och Oslo (Uppsala Vatten 2022b). Under antagande att mängden producerat vatten och ledningslängden är samma 2070, innebär det en tillåten årlig vattenförlust på 2 850 000 kubikmeter eller 4 385 kubikmeter per kilometer. Detta motsvarar en vattenförlust på 12,0 liter per meter och dygn. En sammanställning av Uppsalas vattenförlust i förhållande till ledningslängd presenteras i Tabell 20.

Tabell 20. Vattenförluster för dricksvattenledningarna i Uppsala.

Vattenförluster	
Genomsnittlig dricksvattenproduktion (m ³ /år)	19 000 000
Ledningsnätets totala längd (km)	650
Mål för maximal årlig vattenförlust 2050 (%)	15
Maximal vattenförlust 2050 för att nå målet (m ³ /år)	2 850 000
Vattenförlust i förhållande till ledningslängd (m ³ /km)	4 385
Vattenförlust i förhållande till ledningslängd (l/m,d)	12,0

Om läckaget istället skulle begränsas till 5,1 liter per meter och dygn, vilket är genomsnittet i Sverige, skulle den totala vattenförlusten vara 1 209 975 kubikmeter per år, vilket motsvarar 6,4 procent av Uppsalas totala dricksvattenproduktion. Detta skulle innebära en vattenbesparing på 1 640 025 kubikmeter per år jämfört med målet att begränsa vattenanvändningen till 15 procent. Om den framtida vattenförbrukningen antas vara 50 liter per person och dygn skulle detta motsvara drygt 246 personers årliga vattenförbrukning. Förutsättningarna för att begränsa vattenförlusterna varierar dock mellan olika kommuner på grund av faktorer som ledningsnätets längd och det nödvändiga trycket i systemet (Malm et al. 2019).

Vattenförlusterna kan minskas genom att snabbt identifiera, lokalisera och åtgärda läckor i ledningssystemet och dess komponenter samt genom tryckreducering och förnyelse av ledningsnätet (Malm et al. 2019). För att effektivisera och underlätta processen utvecklas ny teknik, såsom smarta vattenmätare, trycksensorer i ledningsnätet och lösningar som använder maskininlärning (Malm et al. 2019). Uppsala Vatten arbetar med aktiv läcksökning för att tidigt upptäcka läckor och byter ut ledningar med hög läckagerisk i förebyggande syfte (Uppsala Vatten 2023b). De äldsta ledningarna är från 1920-talet, och majoriteten är tillverkade av järn eller plast (Uppsala Vatten 2022b). Nästan 100 läckor upptäcks och åtgärdas varje år på Uppsalas allmänna vattennät, medan eventuella läckor på privata ledningar behöver hanteras av fastighetsägaren (Uppsala Vatten 2020). För att effektivisera och strukturera dessa insatser har Uppsala Vatten påbörjat ett arbete för att digitalisera vattenledningsnätet (Uppsala Vatten 2023b).

Enligt Uppsala Vatten behöver 0,4 procent av ledningsnätet förnyas varje år baserat på beräkningar av ledningarnas material, ålder och förväntad livslängd (Uppsala Vatten 2023a). Den genomsnittliga förnyelsetakten för vattenledningsnätet i Sverige är 0,5 procent, men trots de åtgärder som vidtas är resultaten otillräckliga för att minska vattenförlusterna i någon betydande omfattning (Carlsson et al. 2017). Förnyelsetakten bör vara 0,7 procent fram till 2080, och dessa siffror baseras på en kontinuerlig utbyggnad av ledningsnätet, vilket innebär en lägre förnyelsetakt (Carlsson et al. 2017). Den för låga takten av infrastrukturförnyelse innebär att en del av underhållsbehovet skjuts på framtiden (Carlsson et al. 2017).

Hinder – Investeringskostnader

Ett hinder för att minimera vattenförlusterna vid produktion och distribution av vatten är att det innebär betydande investeringskostnader. För att säkerställa att VA-ledningsnätet fungerar korrekt och har en lång livslängd krävs förnyelseåtgärder, såsom renovering eller omläggning (Uppsala Vatten 2020). Uppsala Vatten beräknas investera nästan 1,35 miljarder kronor under perioden 2022–2024, där 54 procent avser investeringar i VA-ledningar (Uppsala Vatten 2023b). Enligt Uppsala Vatten bör förnyelsebudgeten fördelas relativt jämnt över åren för att möjliggöra långsiktig resursplanering (Uppsala Vatten 2020). På EU-nivå förväntas vattenavgifterna öka med i genomsnitt 2,3 procent senast 2040, med viss variation mellan medlemsstaterna (Europeiska kommissionen 2022b). De ökade investeringsbehoven ger också upphov till nya arbetstillfällen, vilket är en positiv effekt, men det utgör samtidigt en utmaning eftersom arbetskraften är begränsad (Carlsson et al. 2017).

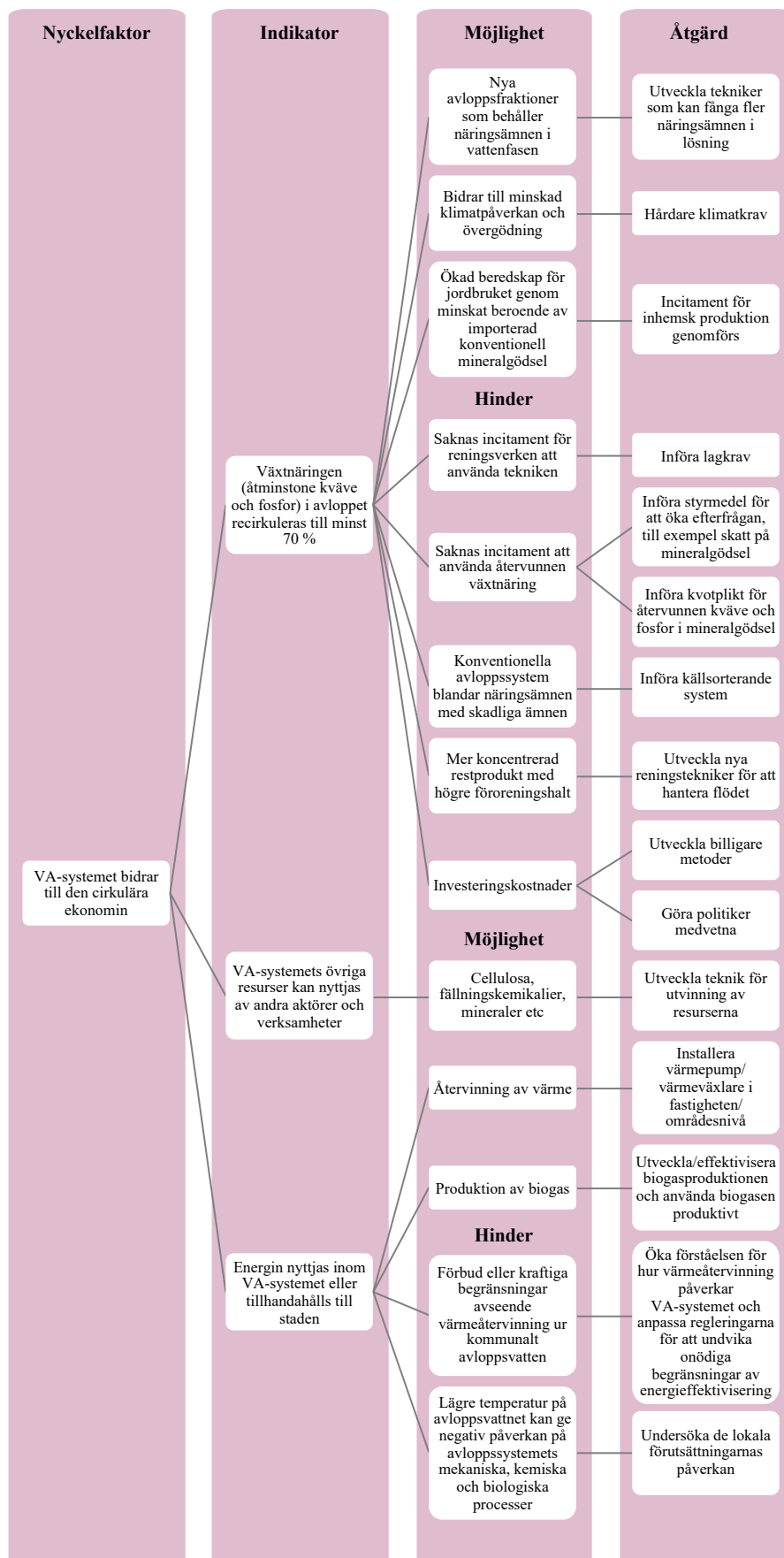
Åtgärd – Göra politiker medvetna om situationens allvar

Det finns en risk för att nödvändiga investeringar inom infrastrukturen nedprioriteras när vård- och omsorgsbehoven ökar till följd av en åldrande befolkning och ett ökat födelsetal (Kairos Future 2018). Det är därför viktigt att göra politiker medvetna om situationens allvar och belysa att vattenförluster medför kostnader som kan undvikas genom lämpliga åtgärder. Om kommunpolitikerna inte ger VA-organisationerna nödvändiga resurser för att renovera och uppgradera vatteninfrastrukturen, kommer det leda till betydande samhällskostnader till följd av läckage, bristande vattenförsörjning och förorenat vatten (Svenskt Vatten 2023). Vattenförluster resulterar i produktion och distribution av onödigt mycket vatten, vilket innebär ökade driftkostnader på grund av pumpning, kemikalieförbrukning och en ökad mängd slam i vattenverken (Malm et al. 2019). Dessutom kan läckt dricksvatten rinna in i lägre liggande avloppsledningar, vilket innebär att mer avloppsvatten måste behandlas vid avloppsreningsverken.

År 2021 levererade Sveriges kommuner 0,9 miljarder kubikmeter dricksvatten men behandlade 1,3 miljarder kubikmeter avloppsvatten (Svenskt Vatten 2022b). Mängden förbrukat dricksvatten och behandlat avloppsvatten borde teoretiskt vara lika stora och skillnaden beror främst på att det läcker in grundvatten, dräneringsvatten och dricksvatten i avloppsledningarna, så kallat tillskottsvatten (Svenskt Vatten 2022b). År 2021 var det 36 kubikmeter tillskottsvatten per kilometer ledning och dygn, men den årliga variationen är stor eftersom mängden påverkas av nederbörden och grundvattennivåerna (Svenskt Vatten 2022b). Genom att minska vattenförlusterna minskar även risken för problem relaterade till vattenbrist, låga grundvattennivåer, torka eller stora läckor, eftersom systemets kapacitet att hantera förändringar ökar (Malm et al. 2019). Stora vattenförluster kan också påverka behovet av att utöka eller etablera nya vattentäkt och vattenverk.

4.3 "VA-SYSTEMET BIDRAR TILL DEN CIRKULÄRA EKONOMIN"

För att uppnå visionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*, är det avgörande att *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin*. För denna nyckelfaktor identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder under workshoppen, enligt Figur 14. Varje punkt har beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet och presenteras i efterföljande avsnitt.



Figur 14. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin*.

Det är nödvändigt att samhället övergår från en linjär ekonomi, där resurser omvandlas till avfall, till en cirkulär ekonomi där resurserna ingår i ett kretslopp (Mulder 2019). Detta är viktigt för att förhindra resursbrist och de prisökningar som detta skulle medföra (Mulder 2019). Enligt handlingsplanen för den cirkulära ekonomin behöver även avloppssektorn integreras mer effektivt inom ramen för den cirkulära ekonomin (Europeiska kommissionen 2022b).

VA-sektorn står för ett av de största samhällsflödena av näring och energi. Reningsverken tar varje år emot över 1 miljard ton avloppsvatten från tätorter, vilket kan jämföras med anläggningsindustrin som hanterar 100–200 miljoner ton resurser, eller gruvindustrin som hanterar 100 miljoner ton gruvavfall (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Avloppsvatten innehåller flera resurser som kan återanvändas och återvinnas inom ramen för en cirkulär ekonomi, och därigenom bidra till ett hållbart samhälle under vardagliga förhållanden och i beredskapsläge. Denna potential nyttjas inte fullt ut idag, och målet bör vara att omvandla dagens reningsverk till resursverk som producerar näringsämnen, biogas, värme samt vatten av olika kvaliteter anpassade efter olika ändamål (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

4.3.1 Indikator – Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin* kan vara att *Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 21.

Tabell 21. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Nya avloppsfraktioner som behåller näringsämnena i vattenfasen	Utveckla tekniker som kan fånga fler näringsämnena i lösning	3,3	3,5	6,8
Bidrar till minskad klimatpåverkan och övergödning	Hårdare klimatkrav	3,3	2,8	6,0
Ökad beredskap för jordbruket genom minskat beroende av importerad konventionell mineralgödsel	Incitament för inhemsk produktion genomförs	4,0	4,3	8,3

Tabell 21. (fortsättning).

Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Saknas incitament för reningsverken att använda tekniken	Införa lagkrav	4,3	4,3	8,5
Saknas incitament att använda återvunnen växtnäring	Införa styrmedel för att öka efterfrågan, till exempel skatt på mineralgödsel	4,3	4,0	8,3
	Införa kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel	4,8	3,8	8,5
Konventionella avloppssystem blandar näringsämnen med skadliga ämnen	Införa källsorterande system	5,0	4,3	9,3
Mer koncentrerad restprodukt med högre föroreningshalt	Utveckla nya reningstekniker för att hantera flödet	3,8	3,5	7,3
Investeringskostnader	Utveckla billigare metoder	3,5	3,3	6,8
	Göra politiker medvetna	3,5	3,3	6,8

Det är särskilt viktigt att återvinna kväve och fosfor från avloppsvattnet eftersom de är viktiga näringsämnen för jordbruket (Europeiska kommissionen 2022b). Dessutom bör organiskt material, kalium, svavel och flera andra mikronäringsämnen återföras till jordbruksmarken (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Möjlighet – Ökad beredskap för jordbruket genom minskat beroende av importerad konventionell mineralgödsel

En möjlighet som kan skapa incitament för att öka återvinningen av växtnäring från avloppet, är att det bidrar till en ökad beredskap för jordbruket genom att minska beroendet av importerad konventionell mineralgödsel. Katastrofer, exempelvis att det blir brist på resurser som skulle kunna återvinnas från avloppsvatten, kan fungera som incitament för förändring och nya innovationer (Mulder 2019).

Kväve och fosfor är viktiga näringsämnen för växternas tillväxt och därmed för livsmedelsproduktionen (Bailey et al. 2020). För att tillföra dessa ämnen till jordbruksmark har användningen av mineralgödsel ökat avsevärt, och det har blivit nödvändigt för att upprätthålla dagens intensiva matproduktion (Kjerstadius et al. 2015). Cirka 80 procent av det växttillgängliga kvävet som används på jordbruksmark kommer från importerad mineralgödsel (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Sverige är beroende av import för all mineralgödsel och är därmed sårbart för handelsrestriktioner och stängda gränser. Detta blev tydligt under 2021 när bristen på naturgas ledde till höga priser och begränsad produktionen av mineralgödsel.

Genom att återvinna växtnäringsämnen skulle Sverige bli mer självförsörjande och mindre beroende av importerad mineralgödsel, vilket minskar sårbarheten i livsmedelskedjan (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Incitament för inhemsk produktion genomförs

För att nyttja möjligheten att betrakta frågan om växtnäringsåtervinning ur ett beredskapsperspektiv, behövs åtgärder för att stärka incitamenten för inhemsk produktion av gödsel. Det krävs sannolikt politisk styrning för att åstadkomma detta.

Möjlighet – Nya avloppsfraktioner som behåller näringsämnen i vattenfasen

En möjlighet för att recirkulera växtnäring är att återanvända avloppsvatten utan att först separera ut näringsämnen och organiskt material från vattenfasen (Andersson et al. 2016). Det näringsrika vattnet kan användas för gödsling och bevattning av jordbruksmark, skogsmark och grönområden i urbana miljöer (Andersson et al. 2016). Detta minskar investeringsbehovet och energiförbrukningen eftersom näringsämnena och det organiska materialet inte behöver separeras från vattnet (Andersson et al. 2016).

Åtgärd – Utveckla tekniker som kan fånga fler näringsämnen i lösning

För att använda nya avloppsfraktioner som behåller näringsämnen i vattenfasen, behöver teknik utvecklas som tillåter detta. Risken med att behålla näringsämnen i vattenfasen är att det blir en mycket utspädd produkt och därmed en stor volym som behöver hanteras. Transportkostnaderna riskerar därför att överstiga värdet av näringen. Av denna anledning behöver distributionssystemet utvecklas, alternativt att tekniken resulterar i en mer koncentrerad produkt. Även en lägre vattenförbrukning och källsorterande avloppssystem kan bidra till detta, eftersom det ger ett mer koncentrerat avloppsvatten.

Möjlighet – Bidrar till minskad klimatpåverkan och övergödning

En möjlig drivkraft till att öka näringsåtervinningen är att det bidrar till minskad negativ klimatpåverkan och en lägre risk för övergödning. Produktionen av mineralgödsel står för cirka 1,2 procent av de globala växthusgasutsläppen (Andersson et al. 2016). Det är framför allt kväveproduktionen som bidrar till dessa utsläpp eftersom naturgas används i Haber-Bosch processen, men transporten av 30 miljoner ton fosfatmalm är inte försumbar (Andersson et al. 2016). Dessutom riskerar de fosfathaltiga bergarterna att utarmas och användningen av mineralfosfor är därmed inte hållbar (Sengupta et al. 2015). De lättillgängliga källorna förväntas vara uttömda inom 45–100 år om utvinningen fortsätter i samma takt (Sengupta et al. 2015). Detta resulterar också i en produkt med lägre kvalitet på grund av lägre fosforhalt och högre föroreningsnivåer (Sengupta et al. 2015). Genom att minska användningen av mineralgödsel minskar utsläppen av växthusgaser från produktionsprocessen och transportererna (Kjerstadius et al. 2017).

Förutom klimatpåverkan kan en överdriven användning av mineralgödsel även bidra till övergödning. Haber-Bosch processen ökar mängden reaktivt kväve i vattnet och atmosfären vilket orsakar miljöproblem. Genom att återvinna växtnäringen minskar behovet av att tillföra mer kväve och fosfor till systemet.

Åtgärd – Hårdare klimatkrav

För att öka näringsåtervinningen är en möjlig åtgärd att införa strängare krav på minskad klimatpåverkan och övergödning. Det kan då bli nödvändigt att öka återvinningen av växtnäring för att klara kraven.

Hinder – Saknas incitament för reningsverken att använda tekniken

Trots att tekniken för återvinning av växtnäring redan finns och kontinuerligt utvecklas, saknas incitament för reningsverken att implementera tekniken (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). För närvarande använder reningsverk i Sverige huvudsakligen biologiska processer med mikroorganismer för att avlägsna kväve från avloppsvattnet, med mindre fokus på återanvändning (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Införa lagkrav

En åtgärd för att få reningsverken att implementera teknik för näringsåtervinning kan vara att införa lagkrav. VA-organisationernas uppdrag bör utökas till att främja cirkularitet och långsiktig hållbarhet (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Det pågår arbete på EU-nivå för att främja näringsåtervinning och EU-kommissionen ska fastställa minimikrav för återvinningsgraden av näringsämnen, exempelvis för fosfor som är ett kritiskt ämne (Europeiska kommissionen 2022b). Dessutom utvecklas en handlingsplan för integrerad hantering av näringsämnen (Europeiska kommissionen 2021).

Hinder – Saknas incitament att använda återvunnen växtnäring

Ett ytterligare hinder är att det saknas incitament att använda återvunnen växtnäring. För att implementera system för näringsåtervinning är det nödvändigt att det finns en efterfrågan från jordbrukssektorn att använda återvunnen näring som gödningsmedel (Kärrman et al. 2017). För närvarande finns det ingen marknad för de resurser som kan utvinnas från avloppsvatten, och den politiska ambitionen att övergå till en cirkulär ekonomi är inte tillräckligt hög för att driva på förändring inom detta område (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Dessutom utgör äldre EU-lagstiftning ett hinder genom att fokusera på näringens ursprung istället för dess kvalitet. Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA (2021) har därför förslagit till regeringen att driva på förändringar i EU-lagstiftningen om gödsel, för att kvaliteten ska vara den avgörande faktorn istället för dess ursprung.

Åtgärd – Införa styrmedel för att öka efterfrågan, till exempel skatt på mineralgödsel

För att öka efterfrågan på återvunna näringsämnen krävs styrmedel (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). En möjlig åtgärd är att utreda återinförandet av skatt på mineralgödselkväve för att öka konkurrenskraften för återvunnet kväve (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Det är också sannolikt att priset på mineralgödsel stiger i framtiden eftersom de fossila bränslena som används för att producera mineralgödselkväve håller på att ta slut, och de fosforresurser som används riskerar att utarmas (Kjerstadius et al. 2015). Detta kan på sikt ge ekonomiska incitament att använda återvunnen näring.

Återvunnet kväve skulle även kunna få ett mervärde på marknaden om det finns en efterfrågan från producenter av klimatsmarta grödor (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Det är också troligt att en kombination av mineralisk och organisk näring är mer gynnsam för jorden jämfört med ren mineralgödsel. Detta eftersom det i högre grad liknar de naturliga förhållanden som växter och mikroorganismer är anpassade för (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Införa kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel

En åtgärd för att öka användningen av återvunnen näring i gödsel kan vara att införa en kvotplikt. Idag finns det inga incitament för mineralgödselmarknaden att använda återvunnen växtnäring. Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA (2021) har därför föreslagit för regeringen att införa en kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel. Det föreslagna delmålet är att minst 15 procent av kvävet och 50 procent av fosfor ska återföras till livsmedelsproduktionen till 2030.

Hinder – Konventionella avloppssystem blandar näringsämnen med skadliga ämnen

Ett hinder mot att återvinna näringsämnen från avloppsvattnet är att de konventionella avloppssystemen blandar näringsämnen med skadliga ämnen. Detta begränsar möjligheten att använda näringen i jordbruket på grund av säkerhetsrisker (Almqvist et al. 2007). En betydande mängd avloppsslam deponeras därför istället för att användas på ett mer resurseffektivt sätt (Almqvist et al. 2007). Separerade avloppsströmmar med höga koncentrationer av skadliga ämnen kan behandlas på ett riktat sätt, men detta är inte möjligt när avloppsvatten från olika källor blandas (Kjerstadius et al. 2015).

Åtgärd – Införa källsorterande system

En åtgärd för att undvika att blanda näringsämnen med skadliga ämnen, är att införa källsorterande system som separerar olika avloppsfractioner vid källan. Implementering av källsorterande system kan bidra till att uppfylla framtida krav på ökad näringsåtervinning (Kärrman et al. 2017). Konventionella system möjliggör en total kväveåtervinning på 1524 gram per person och år, medan källsorterande system kan ge 4933 gram från klosettatten, grävatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015).

Om de nya stadsdelarna i sydöstra Uppsala och Bergsbrunna implementerar ett konventionellt respektive ett källsorterande avloppssystem med avancerad näringsåtervinning, uppskattas kväveåtervinningen enligt Tabell 22. Genom att använda källsorterande avloppssystem kan kväveåtervinningen öka från 27 procent med konventionella system, till 89 procent av hushållens totala potential från allt genererat klosettatten, grävatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015).

Tabell 22. Kväveåtervinning från ett konventionellt jämfört med ett källsorterande avloppssystem för de nya bostäderna i sydöstra Uppsala och Bergsbrunna, baserat på Kjerstadius et al. (2015).

Kväveåtervinning	Konventionellt system	Källsorterande system*
Kväveåtervinning per person (g/p,år)	1524	4933
Total kväveåtervinning för sydöstra Uppsala (ton/år)	68,8	222,7

*Vakuumbaserat källsorterande avloppssystem med avancerad näringsåtervinning, med anaeroba membranbioreaktorer följt av omvänd osmos.

För fosfor möjliggör konventionella avloppssystem återvinning av 686 gram per person och år, medan källsorterande avloppssystem kan ge 732 gram per person och år från klosettatten, grävatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015). Under antagande att alla nya bostäder i de sydöstra stadsdelarna och Bergsbrunna implementerar ett konventionellt respektive ett källsorterande avloppssystem med avancerad näringsåtervinning, uppskattas fosforåtervinningen enligt Tabell 23. Genom att använda källsorterande avloppssystem kan fosforåtervinningen öka från 86 procent med konventionella system till 92 procent av hushållens totala potential från allt genererat klosettatten, grävatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015).

Tabell 23. Fosforåtervinning från ett konventionellt jämfört med ett källsorterande avloppssystem för de nya bostäderna i sydöstra Uppsala och Bergsbrunna, baserat på Kjerstadius et al. (2015).

Fosforåtervinning	Konventionellt system	Källsorterande system*
Fosforåtervinning per person (g/p,år)	686	732
Total fosforåtervinning för sydöstra Uppsala (ton/år)	31,0	33,0

*Vakuumbaserat källsorterande avloppssystem med avancerad näringsåtervinning, med anaeroba membranbioreaktorer följt av omvänd osmos.

Genom att implementera källsorterande avloppssystem, som behandlar klosettatten, grävatten och matavfall separat, kan indikatorn om 70 procent återvunnen växtnäring uppnås. Beräkningarna inkluderar även näringen från hushållens matavfall.

Hinder – Mer koncentrerad restprodukt med högre föroreningshalt

Ett hinder mot att recirkulera växtnäringen i avloppet är att den återstående restprodukten är mer koncentrerad och kan ha en högre föroreningshalt.

Åtgärd – Utveckla nya reningstekniker för att hantera flödet

En åtgärd för att övervinna detta hinder är att utveckla nya reningstekniker som kan hantera detta flöde.

Hinder – Investeringskostnader

Ett ytterligare hinder är att implementering av tekniker för näringsåtervinning innebär initiala investeringskostnader. Hur omfattande investeringsbehovet är beror till stor del på val av system och reningsverkens befintliga system. Exempelvis innebär implementering av källsorterande system en större initial investering, eftersom det kräver ny infrastruktur för att separera avloppsflödena vid källan, jämfört med mindre anpassningar av det befintliga reningsverket. Vid val av system är det dock viktigt att utvärdera med ett längre tidsperspektiv genom att inte enbart ta hänsyn till de direkta investeringskostnaderna, utan även inkludera alternativkostnader och nyttor. Exempelvis kan en högre grad av näringsåtervinning leda till minskad användning av mineralgödsel, vilket kan ge positiva miljömässiga och samhällsekonomiska fördelar på längre sikt.

Åtgärd – Utveckla billigare metoder

En möjlig åtgärd för att övervinna det hinder som investeringsbehovet kan utgöra är att utveckla mer kostnadseffektiva metoder för näringsåtervinning. Det kan exempelvis vara metoder som är kompatibla med den befintliga reningsprocessen på reningsverken. Detta kan möjliggöra en ökad grad av näringsåtervinning, även inom en mer begränsad budget och tidsram. Risken är dock att det begränsar hur hög grad av näringsåtervinning som är möjlig att uppnå.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

För att investeringskostnader inte ska utgöra ett hinder för näringsåtervinning, kan en åtgärd vara att göra politiker medvetna. Genom att exempelvis tillhandahålla forskningsresultat om de miljömässiga och samhällsekonomiska fördelarna är det möjligt att skapa en politisk vilja att stödja initiativ för näringsåtervinning. Det behövs en starkare styrning med institutionella instrument och en aktiv offentlig sektor som samarbetar över olika sektorer för att etablera resursåtervinning (Andersson et al. 2016). Detta eftersom flera olika sektorer behöver involveras, såsom vatten, avlopp, avfall, energi, industri, jordbruk och hushåll. Denna åtgärd har även kopplingar till flera av de andra möjligheterna och hindren som presenterats under detta avsnitt, eftersom politiker kan främja näringsåtervinning genom lagstiftning, regleringar och subventioner.

4.3.2 Indikator – VA-systemets övriga resurser kan nyttjas av andra aktörer och verksamheter

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin* kan vara att *VA-systemets övriga resurser kan nyttjas av andra aktörer och verksamheter*. Identifierade möjligheter och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 24.

Tabell 24. Identifierade möjligheter och åtgärder för indikatorn *VA-systemets övriga resurser kan nyttjas av andra aktörer och verksamheter*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Cellulosa, fällnings-kemikalier, mineraler etc.	Utveckla teknik för utvinning av resurserna	2,5	2,3	4,8

Avloppsvatten innehåller fler resurser än vatten, näringsämnen och energi, som skulle kunna utvinnas och återanvändas för att minska resursförbrukningen. Dessa resurser är inte alltid till nytta inom VA-sektorn, men skulle kunna användas av andra aktörer och verksamheter.

Möjlighet – Cellulosa, fällningskemikalier, mineraler etc.

En möjlighet för att främja en cirkulär ekonomi inom VA-sektorn och nyttja VA-systemets övriga resurser genom att utvinna och återanvända dessa. Det finns ett flertal värdefulla resurser i avloppsvattnet, till exempel metaller och cellulosa, som skulle kunna återvinnas (Mulder 2019).

Åtgärd – Utveckla teknik för utvinning av resurserna

För att återvinna resurser, såsom cellulosa, fällningskemikalier och mineraler, krävs utveckling av tekniker och metoder för effektiv utvinning och återanvändning. Detta kommer troligen kräva samarbete mellan offentliga och privata aktörer samt att politiken stödjer sådana initiativ.

4.3.3 Indikator – Energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin* kan vara att *Energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 25.

Tabell 25. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Återvinning av värme	Installera värmepump/värmeväxlare i fastigheten/områdesnivå	3,3	3,3	6,5
Produktion av biogas	Utveckla/effektivisera biogasproduktionen och använda biogasen produktivt	3,5	3,8	7,3
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Förbud eller kraftiga begränsningar avseende värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten	Öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet och anpassa reglerna för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering	4,0	4,8	8,8
Lägre temperatur på avloppsvattnet kan ge negativ påverkan på avloppssystemets mekaniska, kemiska och biologiska processer	Undersöka de lokala förutsättningarnas påverkan	3,3	4,3	7,7

Avloppsvatten innehåller energi i form av värme som skulle kunna återvinnas, samt energi i form av organiskt material som kan användas för biogasproduktion. Energin kan användas för de energikrävande processerna inom VA-systemet, till exempel för reningsprocessen, pumpning, distribution och uppvärmning, och därmed bidra till en mer självförsörjande VA-sektor. En annan möjlighet är att energin bidrar till stadens energiförsörjning, i form av exempelvis fordonsgas, uppvärmning eller för industriella ändamål, vilket minskar beroendet av fossila bränslen.

Möjlighet – Återvinning av värme

En möjlighet för att använda energin inom VA-systemet är att utvinna värmen i avloppsvattnet. Avloppsvatten innehåller en betydande mängd värmeenergi och kan därför utgöra en värdefull energikälla. Varmvattenanvändningen varierar betydligt i svenska hushåll, men energianvändningen uppskattas ligga mellan 780–1150 kWh per person och år, och en stor del av denna energi hamnar i avloppsvattnet (Arnell et al. 2021). I Sverige skulle värmen från avloppsvattnet kunna producera 7,5 TWh per år, vilket motsvarar 850 kWh per person och år, eller uppskattningsvis 15–20 procent av den totala värmeenergin som används i hushållen (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Vattenfalls värmeproduktion till Uppsala är 1500 GWh per år, och 2–3 procent av värmen återvinns från avloppsvatten (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Installera värmepump/värmeväxlare i fastigheten/områdesnivå

En möjlig åtgärd för att återvinna värmen från avloppsvattnet är att installera värmeväxlare eller värmepumpar. Värmeåtervinning kan ske på olika platser längs vägen från fastigheten till avloppsreningsverket (Arnell et al. 2021):

Värmeåtervinning

- Komponentnivå – exempelvis från dusch, disk- och tvättmaskin.
- Fastighetsnivå – från separerat gråvatten eller från samlat avloppsvatten.
- Kvarters- eller stadsdelsnivå – från ledningsnätet.
- Avloppsreningsverket – från renat avloppsvatten innan utsläpp till recipient.

Det mest energieffektiva alternativet är att använda värmen direkt i hushållen, till exempel genom att förvärma duschvatten, istället för att släppa ut värmen i avloppssystemet (Mulder 2019). Den återvunna värmeenergin är som störst när den utvinns från duschvatten och kan uppgå till 120–220 kWh per person och år (Arnell et al. 2021). Detta kan jämföras med 95–185 kWh per person och år från det samlade avloppsvattnet på fastighetsnivå (Arnell et al. 2021). Värmen i avloppsvattnet kan även användas för uppvärmning av exempelvis kontorsbyggnader och simbassänger (Mulder 2019). Värmeåtervinning från renat avloppsvatten kräver användning av värmepumpar för att kunna användas som fjärrvärme (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Värmeåtervinningen blir effektivare med separata jämfört med kombinerade ledningssystem, eftersom svalare regnvatten inte blandas med resten av avloppsvattnet och sänker temperaturen (Mulder 2019). Vidare är det ännu mer effektivt att separera klosettvattnet och gråvattnet, eftersom gråvattnet är varmare och innehåller mindre föroreningar. Det är även möjligt att nyttja kalla avloppsflöden eftersom det är temperaturskillnaden som är viktig. Avloppsvatten kan därför användas i värmesystem och kylsystem, antingen för att värma upp något som är kallare eller kyla ner något som är varmare (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Möjlighet – Produktion av biogas

En annan möjlighet är att använda avloppsreningsprocessen för att producera biogas (Mulder 2019). Organiskt material som avlägsnas från avloppsvattnet i form av slam, kan genomgå en anaerob rötningsprocess för att producera biogas. Varje person som är ansluten till ledningsnätet bidrar årligen med 100 kWh, vilket motsvarar 10 liter diesel (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). I Sverige rötas 90 procent av allt avloppsslam, vilket bidrar till resursåtervinning, gödsel för jordbruket, minskade utsläpp och gröna arbetstillfällen (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Avloppsreningsverken i Sverige står för 35 procent av biogasproduktionen och är därmed en av de största producenterna i landet (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021).

Åtgärd – Utveckla/effektivisera biogasproduktionen och använda biogasen produktivt

För att nyttja potentialen för biogas maximalt är en åtgärd att utveckla och effektivisera biogasproduktionen. Trots att biogasanvändningen i Sverige har ökat, har den inhemska produktionen nästan avstannat och istället importeras dubbelsubventionerad biogas (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Det finns potential att öka biogasproduktionen med 20–30 procent till 2030 genom att exempelvis behandla mer organiskt avfall från externa källor (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Dessutom kan källsorterande system öka biogasproduktionen med 70 procent jämfört med konventionella system (Kjerstadius et al. 2015). Vidare är det viktigt att den producerade biogasen används på ett produktivt sätt. Idag facklas, det vill säga förbränns, en del av den biogas som produceras på avloppsreningsverken.

Hinder – Förbud eller kraftiga begränsningar avseende värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten

En utmaning för värmeåtervinning från kommunalt avloppsvatten är att flera städer har förbud eller kraftiga begränsningar för detta på fastighetsnivå i *Allmänna bestämmelser för VA-anläggning* (Arnell et al. 2021). Dessutom kan det finnas andra intressenter som påverkas negativt av värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten. Om den inkommande värmen till ett kraftvärmeverk minskar, kan det påverka produktionen av el och värme och därmed få ekonomiska konsekvenser för energibolaget (Arnell et al. 2021). Dessutom påverkas energisystemet av att den återvunna värmen kan ersätta andra energikällor (Arnell et al. 2021).

Åtgärd – Öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet och anpassa regleringarna för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering

För att kunna anpassa regleringarna och undvika onödiga begränsningar av energieffektiviseringen, är det viktigt att öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar avloppsreningssystemet (Arnell et al. 2021). Eftersom det är kunderna som betalar för uppvärmningen av vattnet bör det utredas om det är motiverat att hindra dem från att återvinna energi från avloppsvattnet, om det inte kan påvisas att värmeåtervinningen har en negativ inverkan på avloppsreningen (Arnell et al. 2021).

Hinder – Lägre temperatur på avloppsvattnet kan ge negativ påverkan på avloppssystemets mekaniska, kemiska och biologiska processer

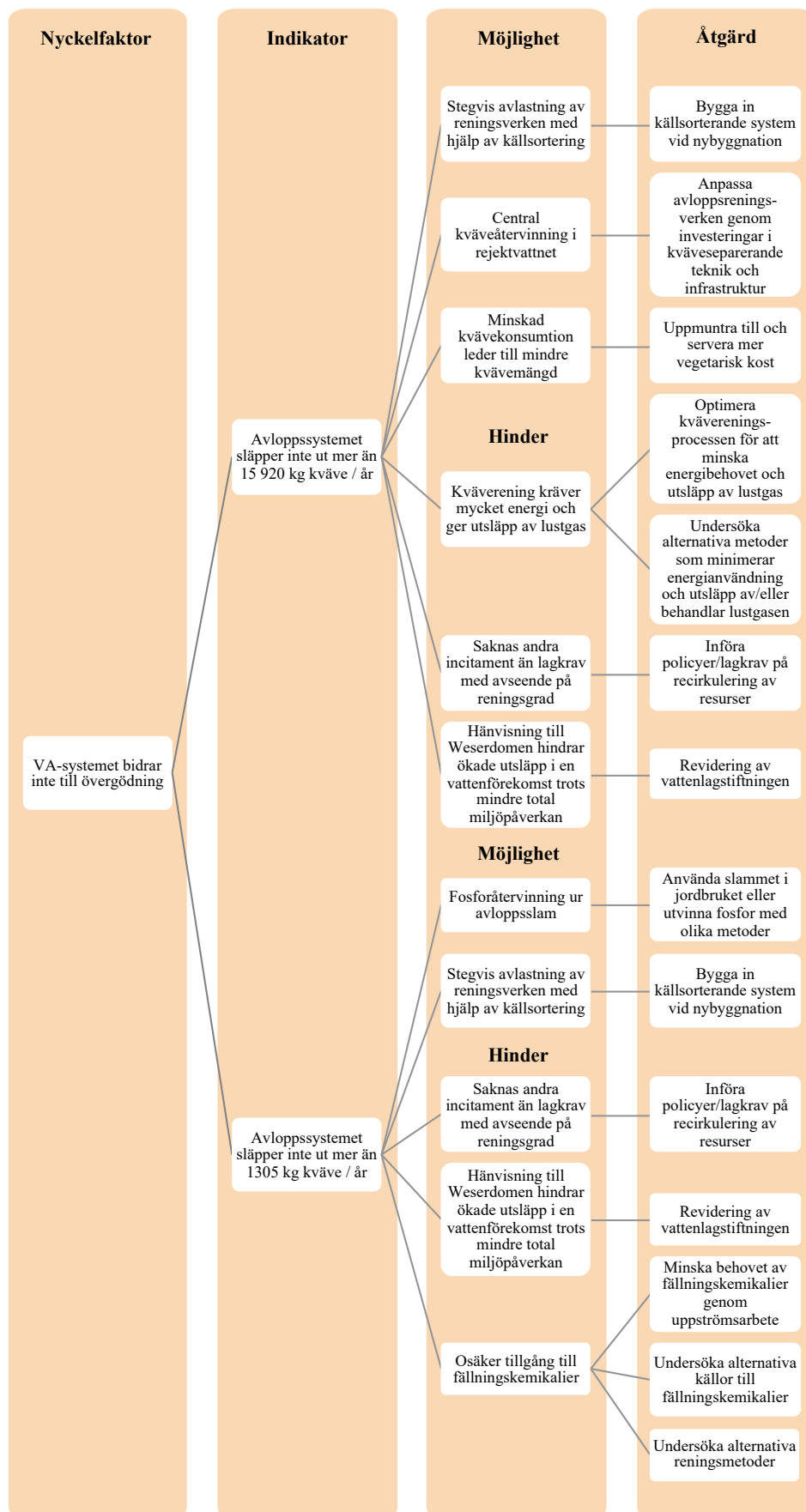
Ytterligare en utmaning för värmeåtervinning från avloppsvatten är den potentiella negativa påverkan på avloppssystemets mekaniska, kemiska och biologiska processer. En lägre temperatur på det inkommande avloppsvattnet kan resultera i sämre rening och ökade utsläpp av exempelvis kväve (Arnell et al. 2021). Ett svalare avloppsvatten kan även öka risken för fettproppar i ledningarna, och dessutom kan driftskostnaderna öka på grund av ett ökat energi- och kemikaliebehov (Arnell et al. 2021).

Åtgärd – Undersöka de lokala förutsättningarnas påverkan

Vilken effekt som en lägre temperatur på avloppsvattnet får på reningsprocessen beror på de specifika förhållandena på platsen (Arnell et al. 2021). Det utgående avloppsvattnet från lägenhetsbyggnader har i genomsnitt en temperatur på 18–25 °C (Arnell et al. 2021). Hur mycket avloppsvattnets temperatur sjunker till följd av värmeåtervinning beror på temperaturskillnaden i värmeväxlaren och effektiviteten hos utrustningen. Det sker också värmeförluster i ledningsnätet, men hur stora dessa är varierar beroende på nätets storlek och skick. Simuleringar visar att installation av värmeväxlare i duschar sänker temperaturen på utgående avloppsvatten från byggnaden med i genomsnitt 1,5–4,2 °C per år (Arnell et al. 2021). Värmväxling av det samlade avloppsvattnet från byggnaden leder till en temperatursänkning på upp till 2,3 °C, men under vintern kan det uppgå till 3,4 °C (Arnell et al. 2021).

4.4 "VA-SYSTEMET BIDRAR INTE TILL ÖVERGÖDNING"

För att uppnå visionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*, är en avgörande nyckelfaktor att *VA-systemet bidrar inte till övergödning*. Detta avsnitt fokuserar på utsläpp av kväve och fosfor medan andra typer av föroreningar behandlas i avsnitt 4.5 "*VA-systemet sprider minimalt med föroreningar*". Vidare behandlas återvinning av växtnäringsämnen i avsnitt 4.3.1 *Indikator – Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent*. För denna nyckelfaktor identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder under workshoppen, enligt Figur 15. Varje punkt har beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet och presenteras i efterföljande avsnitt.



Figur 15. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning*.

Övergödning innebär en ökad koncentration av näringsämnen i vatten, främst kväve och fosfor, vilket stör balansen i vattenekosystemen och leder till försämrad vattenkvalitet. Detta riskerar att skada ekosystemen och kan göra vattenresurser olämpliga som dricksvattenkällor, samtidigt som näringsämnena inte används på ett effektivt sätt.

Avloppsvatten innehåller en betydande mängd näringsämnen, inklusive kväve och fosfor, som måste hanteras på ett sätt som inte bidrar till övergödning. För att Uppsalas VA-systemet inte ska bidra till övergödning bör kväveutsläppen till Fyrisåns avrinningsområde begränsas till cirka 15,9 ton per år och fosforutsläppen till cirka 1,3 ton per år.

4.4.1 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning* kan vara *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år*. Observera att detta värde är specifikt för Uppsala. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådslande karaktär, presenteras i Tabell 26.

Tabell 26. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådslande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds- lande	Totalt
Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering	Bygga in källsorterande system vid nybyggnation	4,5	4,3	8,8
Central kväveåtervinning i rejektvattnet	Anpassa avloppsreningsverken genom investeringar i kväveseparerande teknik och infrastruktur	3,8	4,3	8,0
Minskad kvävekonsumtion leder till mindre kvävemängd	Uppmuntra till och servera mer vegetarisk kost	1,5	3,0	4,5

Tabell 26. (fortsättning).

Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Kväverening kräver mycket energi och ger utsläpp av lustgas	Optimera kvävereningsprocessen för att minska energibehovet och utsläpp av lustgas	3,0	4,0	7,0
	Undersöka alternativa metoder som minimerar energianvändning och utsläpp av/eller behandlar lustgasen	3,5	3,5	7,0
Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad	Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser	4,5	5,0	9,5
Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan	Revidering av vattenlagstiftningen	4,3	3,5	7,8

Uppsala tätort ligger i Fyrisåns avrinningsområde, och det lokala gränsvärdet för den maximala kvävemängd som kan släppas ut i området är 995 ton per år, baserat på en kritisk kvävebelastning på 5 kilogram per hektar och år. Av detta tilldelas VA-företaget en årlig kvävemängd på 15,9 ton, baserat på hur stor andel av inkomsten som spenderas på VA-tjänster, enligt beräkningsmetoden i Ryberg et al. (2020).

För närvarande överskrider Kungsängsverket i Uppsala den tilldelade kvävemängden som får släppas ut baserat på kritisk belastning. Med en förväntad befolkningsökning fram till 2070 kommer dessutom den genererade kvävemängden att öka. För att begränsa kväveutsläppen till den tilldelade mängden krävs att 99 procent av det genererade kvävet avlägsnas 2070. En sammanställning av kväveflödet presenteras i Tabell 27.

Tabell 27. Inkommande och utgående kvävemängd och reningsgrad för Kungsängsverket i Uppsala idag, jämfört med 2070 års målvärden.

Kväve	Idag*	År 2070
Inkommande kvävemängd (ton/år)	943	1264
Utgående kvävemängd (ton/år)	190	15,9
Reningsgrad (%)	80	99

* Medelvärde för Kungsängsverket i Uppsala 2019–2021.

Möjlighet – Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering

En möjlighet för att minska kväveutsläppen är att stegvis avlasta reningsverken med hjälp av källsorterande avloppssystem. För att undvika övergödning bör näringsämnen i avloppsvattnet återföras till jordbruksmarken och ingå i ett kretslopp (Almqvist et al. 2007). Återvunnet kväve från avloppet kan ersätta mineralgödselkväve, vilket minskar behovet av att binda kväve från atmosfären och därmed tillföra reaktivt kväve. Ett sätt att effektivisera näringsåtervinningen är att implementera källsorterande system som separerar olika avloppsfraktioner vid källan istället för att blanda dem i samma ledning (Kärrman et al. 2017). Klosettatten innehåller betydande mängder näringsämnen och organiskt material men det är en relativt liten volym, medan gråvatten har låga halter av näringsämnen och organiskt material men det utgör en relativt stor volym (Kärrman et al. 2017). Genom att separera urin, fekalier och gråvatten och behandla dem separat kan resurserna användas mer effektivt. Källsorterande system kan fungera som ett alternativ eller komplement till konventionell avloppsbehandling (Kärrman et al. 2017).

Åtgärd – Bygga in källsorterande system vid nybyggnation

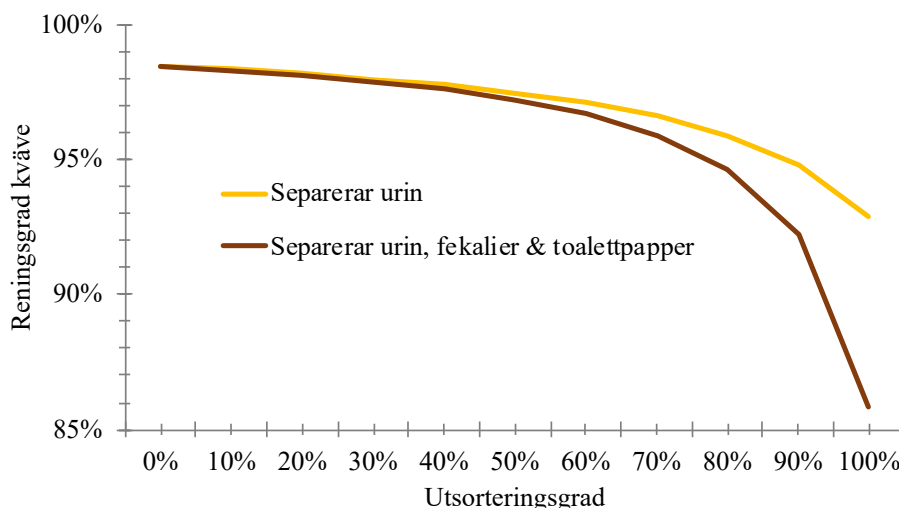
En åtgärd för att nyttja potentialen för källsorterande system är att integrera dessa vid nybyggnation eller renovering av befintlig VA-infrastruktur (Kärrman et al. 2017). Implementering av källsorterande system kan vara utmanande på grund av behovet att anpassa infrastrukturen, särskilt i stadsmiljöer där infrastrukturen är integrerad i staden. En gemensam faktor för de områden i Sverige där källsorterande system har införts är att frågan prioriterades tidigt i planeringsprocessen genom att fastställa tydliga mål för kretsloppsanpassning (Kärrman et al. 2017).

Implementering av källsorterande system i Uppsalas sydöstra stadsdelar, inklusive Bergsbrunna, kan bidra till att avlasta reningsverket. Den totala kvävemängden för Uppsala tätort 2070 uppskattas till 1264 ton per år. Om källsorterande avloppssystem implementeras i de sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna, där klosettatten och gråvatten omhändertas lokalt, avlastas reningsverket med 231 ton kväve per år. Detta innebär att den återstående mängden som går in i reningsverket, förutsatt att resterande delar av Uppsala tätort har konventionella avloppssystem, är 1033 ton per år. En sammanställning presenteras i Tabell 28.

Tabell 28. Uppskattade kvävemängder 2070 för Uppsala tätort och Uppsalas sydöstra stadsdelar inklusive Bergsbrunna, fördelat på olika avloppsfraktioner.

Kväve i olika avloppsfraktioner	Urin	Fekalier & toalettpapper	Gråvatten	Hushålls-avloppsvatten (totalt)
Genererad mängd (kg/p, år)	4	0,5	0,6	5,1
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	991	135	138	1264
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	181	25	25	231
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	810	110	113	1033

För att begränsa utgående kvävemängd till 15,9 ton krävs då en reningsgrad på 98,5 procent. Om även andra delar av Uppsala tätort implementerar källsorterande system kan reningsgraden för att uppnå 15,9 ton kväve i utgående vatten sänkas. Krävd reningsgrad 2070 för Uppsala tätort, exklusive de sydöstra stadsdelarna och Bergsbrunna, för olika utsorteringsgrad presenteras i Figur 16.



Figur 16. Reningsgrad som krävs för att uppnå 15,9 ton kväve per år i utgående vatten 2070, om allt avloppsvatten från sydöstra stadsdelarna källsorteras och hanteras lokalt, och resterande delar av Uppsala tätort har olika utsorteringsgrad.

Om de sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna omhändertar allt hushållsavloppsvatten lokalt och Uppsala tätort källsorterar all urin, fekalier och toalettpapper återstår kvävemängden i gråvattnet, det vill säga 113 ton vilket kräver en reningsgrad på 85,9 procent för att begränsa den utgående kvävemängden till 15,9 ton per år. Kungsängsverket har idag en reningsgrad på 80 procent.

Möjlighet – Central kväveåtervinning i rejektvattnet

En annan möjlighet för att minska kväveutsläppen är att använda central kväveåtervinning i rejektvattnet. Idag avlägsnas kvävet i avloppsvattnet främst genom biologisk rening, men ett alternativ är att återvinna kvävet från det vatten som avlägsnas från rötat avloppsslam, det så kallade rejektvattnet. För närvarande leds rejektvattnet tillbaka in i reningsprocessen men det innehåller nästan lika mycket kväve som slammet (Malovanyy et al. 2022). Genom att återvinna kvävet från rejektvattnet minskar den mängd kväve som behöver avskiljas i den biologiska reningen och kvävet kan istället ingå i en gödselprodukt (Malovanyy et al. 2022).

Åtgärd – Anpassa avloppsreningsverken genom investeringar i kväveseparerande teknik och infrastruktur

För att nyttja möjligheten till central kväveåtervinning i rejektvattnet är en möjlig åtgärd att anpassa avloppsreningsverken genom investeringar i kväveseparerande teknik och infrastruktur. De tekniker som finns i fullskala är ammoniakstripping och kontaktmembran, men det finns även andra metoder som har potential för kväveåtervinning, såsom indunstning och destillation (Malovanyy et al. 2022).

Möjlighet – Minskad kvävekonsumtion leder till mindre kvävemängd

En annan möjlighet är att anpassa kosten för att minska den utsöndrade kvävemängden. Eftersom den utsöndrade kvävemängden kan uppskattas baserat på den konsumerade proteinmängden (Jönsson et al. 2004), leder minskad proteinkonsumtion till en lägre utsöndrad kvävemängd. Det har påvisats att det finns ett samband mellan högre inkomst och ökat proteinintag, vilket leder till ökad utsöndring av kväve och fosfor (Van Puijenbroek et al. 2015).

Åtgärd – Uppmuntra till och servera mer vegetarisk kost

En möjlig åtgärd är att uppmuntra till, och servera mer vegetarisk kost. Huruvida en vegetarisk kost leder till en mindre utsöndrad kvävemängd är dock inte fastställt.

Hinder – Kväverening kräver mycket energi och ger utsläpp av lustgas

Ett hinder mot att minska kväveutsläppen kan vara att den biologiska kvävereningsprocessen som används idag ger lustgasutsläpp och förbrukar mycket energi för att omvandla kväve i vattnet till luftkväve (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Ökade krav på kväverening leder till högre elförbrukning och att mer etanol/metanol behöver tillsättas som kolkälla till den biologiska processen (Svenskt Vatten 2022a). Det kan därför vara utmanande för reningsverken att uppnå krav på reningsgrad, energiförbrukning och klimatpåverkan inom ramen för de befintliga systemen.

Åtgärd – Optimera kvävereningsprocessen för att minska energibehovet och utsläpp av lustgas

För att undvika att högre grad av kväverening sker på bekostnad av ökad klimatpåverkan är en möjlig åtgärd att optimera kvävereningsprocessen för att minska energibehovet och lustgasutsläppen. Reningsverkens främsta möjlighet att minska den negativa klimatpåverkan är genom att anpassa kvävereningsprocessen (Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA 2021). Dessutom är det viktigt att minska utsläppen av metangas som uppstår vid långtidslagring av slam. Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA (2021) har föreslagit att krav på mätning och begränsning av lustgasutsläppen från kvävereningen i avloppsreningsverk bör undersökas.

Åtgärd – Undersöka alternativa metoder som minimerar energianvändning och utsläpp av/eller behandlar lustgasen

En annan möjlig åtgärd är att undersöka alternativa metoder för kväverening som minimerar energianvändningen och lustgasutsläppen, alternativt behandlar lustgasen. Ett exempel är källsorterande system med kväveåtervinning, vilket kan minska klimatpåverkan med 24–58 kilogram koldioxidekvivalenter per person och år jämfört med konventionella system (Kjerstadius et al. 2017). Den minskade klimatpåverkan beror huvudsakligen på ökad biogasproduktion, minskade utsläpp av lustgas från avloppsbehandlingen och minskad användning av mineralgödsel där naturgas används i tillverkningsprocessen (Kjerstadius et al. 2017).

Ett annat exempel är att använda naturbaserade lösningar som ett alternativ eller komplement. Det reviderade avloppsdirektivet riskerar dock att begränsa denna möjlighet eftersom definitionerna av reningsbegreppen inte inkluderar nya metoder och tekniker (Svenskt Vatten 2022a). Dessutom bygger kraven på utsläppskontroll på att kontrollen sker vid ett konventionellt reningsverk (Svenskt Vatten 2022a).

Hinder – Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad

Ett annat hinder mot att begränsa kväveutsläppen till den kritiska belastningen är att det saknas andra incitament än lagkrav för att minska utsläppen. Om lagstiftningen är det enda incitamentet måste den vara tillräckligt effektiv. Det föreslagna reviderade avloppsdirektivet föreslår strängare gränsvärden för kväverening, enligt Tabell 29, eftersom teknikutvecklingen har lett till att de tidigare gränsvärdena blivit föråldrade (Europeiska kommissionen 2022b).

Tabell 29. Gränsvärden för kväveutsläpp från reningsverk med kväverening, föreslagna i det reviderade avloppsdirektivet (Europeiska kommissionen 2022a)

Parameter	Koncentration (mg/l)	Minsta procentuell reduktion* (%)
Kväve totalt	6	85

* I förhållande till inflödet belastning.

En utmaning är att de föreslagna gränsvärdena från EU-kommissionen inte tar hänsyn till de lokala förhållandena eller utsläppsmängden. Enligt Naturvårdsverkets bedömning skulle de skärpta reningskraven för kväve ge betydande miljöfördelar i södra Sverige, medan skillnaderna i norra Sverige är marginella (Regeringskansliet 2022). Ett utsläppskrav på 6 milligram kväve per liter i norra Europa tar inte hänsyn till det kalla klimatet och är ineffektivt med avseende på kostnader och klimat (Svenskt Vatten 2022a). De lägre temperaturerna i norra Sverige medför högre kostnader för reningsverken (Regeringskansliet 2022) eftersom kväverenande mikroorganismer blir lågaktiva.

De föreslagna kraven på kväverening bedöms vara den mest kostsamma delen av förslaget för VA-huvudmännen (Regeringskansliet 2022). Kostnaderna för kväverening enligt det föreslagna avloppsdirektivet har beräknats till 3–5 miljarder kronor per år i Sverige, där mer än hälften av investeringarna inte ger någon nytta för havsmiljön (Svenskt Vatten 2022a). Exempelvis är inte Bottenviken och Bottenhavet bedömda som kvävekänsliga havsområden (Svenskt Vatten 2022a). Av förslaget framgår även att det inte är tillåtet att tillgodoräkna kväveretention, det vill säga den kväverening som sker naturligt innan det når havet, vilket kommer innebära att flera svenska reningsverk skulle behöva mycket kostsam kväverening som inte ger någon miljönytta (Svenskt Vatten 2022a).

Åtgärd – Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser

Nuvarande lagar, regler och rutiner är inte anpassade för exempelvis källsorterande system, vilket i sig utgör ett hinder (Kärrman et al. 2017). Gränsvärden för halter eller procentuell reduktion kan vara missvisande vid införandet av vattenbesparande åtgärder eller källsorterande system, eftersom de resulterar i mindre volymer och därmed högre halter. Risken är att reningsverk behöver späda ut det utgående vattnet för att klara utsläppskraven avseende koncentration. En åtgärd kan vara att införa policyer eller lagkrav på recirkulering av resurser för att skifta fokus mot resursåtervinning istället för enbart rening.

Hinder – Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan

Ett hinder som kan begränsa möjligheten att minska de totala kväveutsläppen är hänvisning till Weserdomen. Weserdomen aktualiserades av en muddring i floden Weser där EU-domstolen visade att kravet om att inte försämra vattenkvaliteten i EU:s vattendirektiv är strängt. Försämringsförbudet i EU:s vattendirektiv förbjuder ökade utsläpp i en vattenförekomst, vilket innebär att det räcker att en kvalitetsfaktor försämras för att det ska betraktas som försämrad status. Resultatet av detta blir att moderna reningsverk nekas tillstånd på grund av ökade utsläpp till en recipient, även om detta innebär att de totala utsläppen till miljön som helhet minskar. När ett nytt reningsverk nekas tillstånd finns det risk för att de befintliga reningsverken tvingas släppa ut orenat avloppsvatten när befolkningen ökar på grund av kapacitetsbrist (Svenskt Vatten 2022a). Dessutom riskerar industrier och verksamheter som är anslutna till det kommunala VA-systemet att bli nekade fortsatt anslutning (Svenskt Vatten 2022a).

Åtgärd – Revidering av vattenlagstiftningen

En åtgärd för att övervinna detta hinder är att revidera vattenlagstiftningen. Försämringsförbudet beror inte på den svenska lagstiftningen, utan på EU:s vattendirektiv som därmed behöver förändras. I nuläget riskerar EU:s ramdirektiv för vatten och EU:s avloppsdirektiv att stå i motsats till varandra. EU-parlamentet uppmanade EU-kommissionen att utvärdera samspelet mellan dessa direktiv i sin resolution 9.12.2020, och att föreslå lagändringar vid behov. Veckan innan förslaget till det reviderade avloppsdirektivet presenterades, läckte ett utkast som inkluderade ett undantag, vilket tyder på att EU-kommissionen har identifierat problem i samspelet mellan de två direktiven (Svenskt Vatten 2022a). Undantaget inkluderades inte i det presenterade förslaget, vilket är en av de allvarligaste bristerna i avloppsdirektivet. När reningsverk som använder sig av den bästa tillgängliga reningstekniken blir otillåtna till följd av Weserdomen, kan det leda till mycket stora samhällsekonomiska kostnader (Svenskt Vatten 2022a). Vattenlagstiftningen behöver därmed revideras för att ta hänsyn till den totala nyttan för miljön som helhet.

4.4.2 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet bidrar inte till övergödning* kan vara *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år*. Observera att detta värde är specifikt för Uppsala. Detta avsnitt har flera paralleller med avsnitt 4.4.1. *Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 30.

Tabell 30. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och bråds-kande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Fosforåtervinning ur avloppsslam	Använda slammet i jordbruket eller utvinna fosfor med olika metoder	2,5	3,3	5,8
Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering	Bygga in källsorterande system vid nybyggnation	4,3	4,3	8,5
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad	Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser	4,5	5,0	9,5
Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan	Revidering av vattenlagstiftningen	4,3	3,5	7,8
Osäker tillgång till fällningskemikalier	Minska behovet av fällningskemikalier genom uppströmsarbete	4,0	3,7	7,7
	Undersöka alternativa källor till fällningskemikalier	4,5	4,5	9,0
	Undersöka alternativa reningsmetoder	4,0	3,5	7,5

Det lokala gränsvärdet för den maximala fosformängd som kan släppas ut i Fyrisåns avrinningsområde är 82 ton per år, baserat på en kritisk fosforbelastning på 0,41 kilogram per hektar och år (Ryberg et al. 2020). Av detta tilldelas VA-företaget en årlig fosformängd på 1,3 ton, baserat på hur stor andel av inkomsten som spenderas på VA-tjänster, enligt beräkningarna i Ryberg et al. (2020).

För närvarande överskrider Kungsängsverket i Uppsala den tilldelade fosformängden som får släppas ut baserat på kritisk belastning. Med en förväntad befolkningsökning fram till 2070 kommer dessutom den genererade fosformängden att öka. För att begränsa fosforutsläppen till den tilldelade mängden krävs att 99 procent av den utsöndrade fosfor avlägsnas 2070. Fosforflödet presenteras i Tabell 31.

Tabell 31. Inkommande och utgående fosformängd och reningsgrad för Kungsängsverket i Uppsala idag, jämfört med 2070 års målvärden.

Fosfor	Idag*	År 2070
Inkommande fosformängd (ton/år)	113	148
Utgående fosformängd (ton/år)	2,1	1,3
Reningsgrad (%)	98	99

* Medelvärde för Kungsängsverket i Uppsala 2019–2021.

Möjlighet – Fosforåtervinning ur avloppsslam

En möjlighet för att minska fosforutsläppen är att avskilja fosfor från avloppsvattnet i form av slam på samma sätt som sker idag. Fosfor fälls ut med hjälp av fällningskemikalier, vilket bildar ett näringsrikt slam som kan spridas på jordbruksmark. En annan möjlighet är att övergå till andra metoder som kan ge en högre reningsgrad.

Åtgärd – Använda slammet i jordbruket eller utvinna fosfor med olika metoder

För att nyttja möjligheten behöver dagens reningsmetoder effektiviseras för att öka reningsgraden. Genom att recirkulera fosfor minskar dessutom behovet av att tillföra jungfrulig fosfor. Detta leder till en minskad risk för övergödning eftersom mindre ny fosfor tillförs till systemet. Fosfor skulle även kunna utvinnas och återvinnas med andra metoder för att sedan användas inom jordbruket.

Möjlighet – Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering

En möjlighet för att minska fosforutsläppen är att stegvis avlasta reningsverken med hjälp av källsorterande avloppssystem. Genom att införa källsorterande system kan fosforåtervinningen öka med 0,30–0,38 kilogram per person och år jämfört med konventionella system (Kjerstadius et al. 2017). Den återvunna fosfor från avloppet kan ersätta mineralgödsel fosfor och minska behovet av att utvinna fosfor från berg och tillföra systemet. En cirkulär fosforhantering minskar därmed risken för övergödning. Dessutom kan urinen separeras från fekalerna med hjälp av urinseparerande toaletter, vilket är fördelaktigt eftersom urin har särskilt hög fosforhalt (Rose et al. 2015).

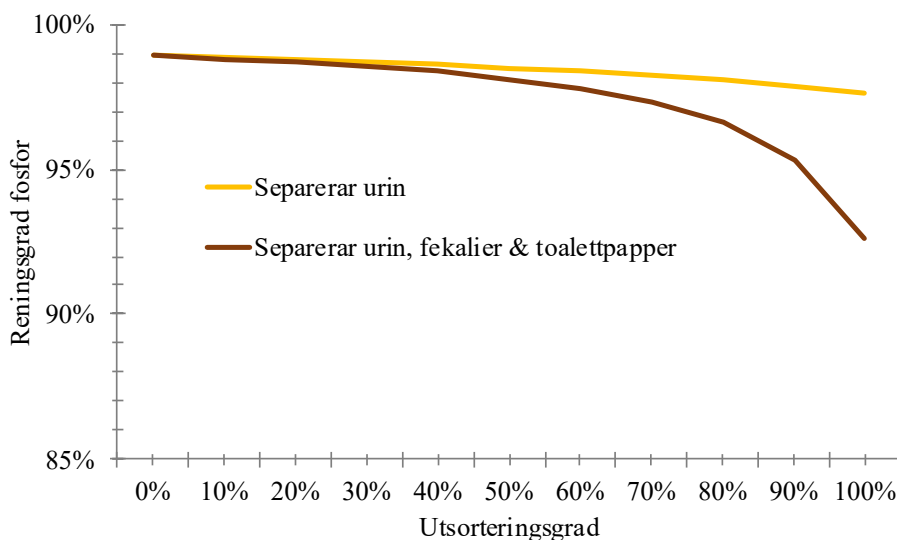
Åtgärd – Bygga in källsorterande system vid nybyggnation

Implementering av källsorterande system i Uppsalas sydöstra stadsdelar, inklusive Bergsbrunna, kan bidra till att avlasta reningsverket. År 2070 uppskattas den genererade fosformängden från Uppsala tätort till 148 ton per år. Om källsorterande avloppssystem implementeras i de sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna, där klosettatten och gråvatten omhändertas lokalt, avlastas reningsverket med 27 ton fosfor per år. Detta innebär att den återstående mängden som går in i reningsverket, förutsatt att resterande delar av Uppsala tätort har konventionella avloppssystem, är 121 ton per år. En sammanställning presenteras i Tabell 32.

Tabell 32. Uppskattade fosformängder 2070 för Uppsala tätort och Uppsalas sydöstra stadsdelar inklusive Bergsbrunna, fördelat på olika avloppsfraktioner

Fosfor i olika avloppsfraktioner	Urin	Fekalier & toalettpapper	Gråvatten	Hushålls-avloppsvatten (totalt)
Genererad mängd (kg/p, år)	0,33	0,18	0,09	0,60
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	81	45	22	148
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	15	8	4	27
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	66	37	18	121

För att begränsa utgående fosformängd till 1,3 ton krävs då en reningsgrad på 98,9 procent. Om även andra delar av Uppsala tätort implementerar källsorterande system kan reningsgraden för att uppnå 1,3 ton fosfor i utgående vatten sänkas ytterligare. Krävd reningsgrad 2070 för Uppsala tätort, exklusive de sydöstra stadsdelarna och Bergsbrunna, för olika utsorteringsgrad presenteras i Figur 17.



Figur 17. Reningsgrad som krävs för att uppnå 1,3 ton fosfor per år i utgående vatten 2070, om allt avloppsvatten från sydöstra stadsdelarna källsorteras och hanteras lokalt, och resterande delar av Uppsala tätort har olika utsorteringsgrad.

Om de sydöstra stadsdelarna inklusive Bergsbrunna omhändertar allt hushållsavloppsvatten lokalt och Uppsala tätort källsorterar all urin, fekalier och toalettpapper återstår fosformängden i gråvattnet, det vill säga 18 ton vilket kräver en reningsgrad på 92,6 procent för att begränsa den utgående fosformängden till 1,3 ton per år. Kungsängsverket har idag en reningsgrad på 98 procent.

Hinder – Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad

Ett hinder mot att minska fosforutsläppen till den kritiska fosforbelastningen är att det saknas andra incitament än lagkrav för att minska utsläppen. Om lagstiftningen är det enda incitamentet måste den vara tillräckligt effektiv. Det föreslagna reviderade avloppsdirektivet föreslår strängare gränsvärden för fosforrening, enligt Tabell 33, eftersom teknikutvecklingen har lett till att de tidigare gränsvärdena blivit föråldrade (Europeiska kommissionen 2022b).

Tabell 33. Gränsvärden för fosforutsläpp från reningsverk med fosforrening, föreslagna i det reviderade avloppsdirektivet (Europeiska kommissionen 2022a).

Fosfor	Koncentration (mg/l)	Minsta procentuell reduktion* (%)
Fosfor totalt	0,5	90

* I förhållande till inflödets belastning.

Sverige har redan strängare krav på fosforrening, vilket innebär att de föreslagna gränsvärdena inte förväntas ha någon betydande effekt (Regeringskansliet 2022). Förslaget betraktas dock som positivt ur ett europeiskt perspektiv (Regeringskansliet 2022). Svenskt Vatten (2022a) föreslår att avloppsdirektivet skärps ytterligare för reningsverk som behandlar avloppsvatten från motsvarande 100 000 personer. Detta skulle sannolikt ge större miljönytta för Östersjön, inte ge någon kostnad i Sverige och samtidigt innebära en låg kostnad för andra länder kring Östersjön (Svenskt Vatten 2022a).

Åtgärd – Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser

Se motsvarande avsnitt för kväve under 4.4.1 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år.

Hinder – Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan

Se motsvarande avsnitt för kväve under 4.4.1 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år.

Åtgärd – Revidering av vattenlagstiftningen

Se motsvarande avsnitt för kväve under 4.4.1 Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år.

Hinder – Osäker tillgång till fällningskemikalier

En faktor som kan utgöra ett hinder mot att minska fosforutsläppen är att tillgången till fällningskemikalier är osäker. Löst fosfor i avloppsvattnet kan avlägsnas genom kemisk fällning, vilket i vissa fall är den enklaste och billigaste metoden (Bailey et al. 2020). Vanliga fällningskemikalier är kalk, aluminiumsulfat och järnklorid (Bailey et al. 2020). Tillgången till fällningskemikalier påverkas dock av flera faktorer, inklusive geopolitiska händelser, vilket blev tydligt på grund av kriget i Ukraina.

Åtgärd – Minska behovet av fällningskemikalier genom uppströmsarbete

En möjlig åtgärd för att minska behovet av fällningskemikalier är att begränsa den mängd fosfor som behöver renas genom uppströmsarbete. Åtgärder kan exempelvis vara att införa källsorterande avloppssystem för att effektivisera reningsprocessen, förbättra gödselhanteringen inom jordbruket för att minska näringsläckaget eller främja en mer hållbar hantering av fosfor inom industrin.

Åtgärd – Undersöka alternativa källor till fällningskemikalier

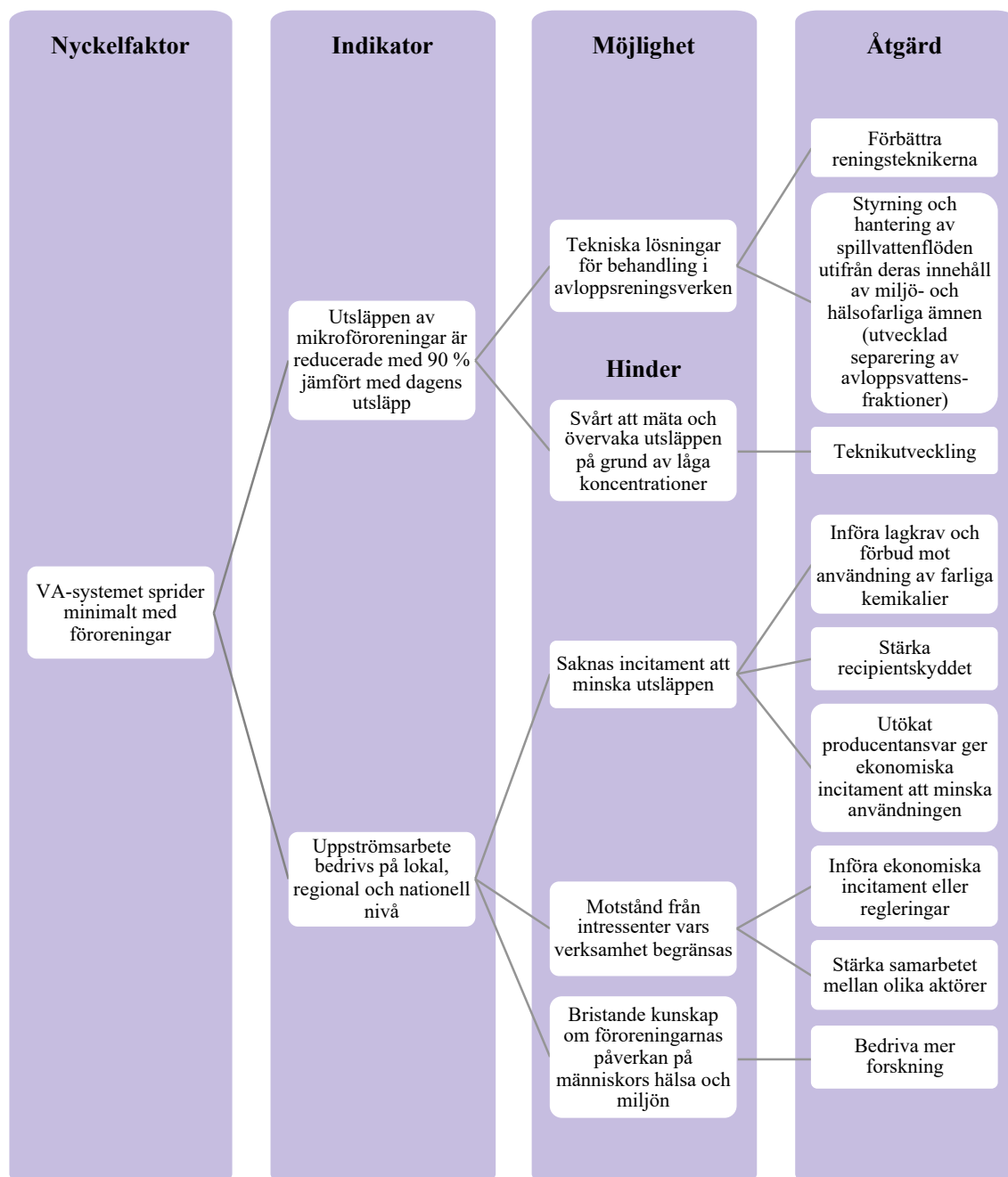
En annan åtgärd kan vara att undersöka alternativa källor till fällningskemikalier som kan utvinnas i Sverige och där tillgången är mer säker.

Åtgärd – Undersöka alternativa reningsmetoder

Dessutom kan alternativa reningsmetoder undersökas som inte kräver fällningskemikalier. Rening med fällningskemikalier kan öka slamm mängden med upp till 35 procent efter fällning och gör det opraktiskt att återanvända och återvinna fosfor från slammet (Bailey et al. 2020). Vid val av reningsmetod är det viktigt att beakta det utgående vattnets kvalitet, reningens kostnad samt resursförbrukning och växthusgasutsläpp (Åmand et al. 2016).

4.5 "VA-SYSTEMET SPRIDER MINIMALT MED FÖRORENINGAR"

För att uppnå visionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*, är det avgörande att *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar*. Detta avsnitt fokuserar på utsläpp av andra föroreningar än kväve och fosfor, som behandlas i avsnitt 4.4 "*VA-systemet bidrar inte till övergödning*". För denna nyckelfaktor identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder under workshoppen, enligt Figur 18. Varje punkt har beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet och presenteras i efterföljande avsnitt.



Figur 18. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar*.

Dagens avloppsrening är långt ifrån perfekt och reningsverken fortsätter att släppa ut fosfater, nitrater och organiskt material (Mulder 2019). De flesta oorganiska och flera organiska föreningar passerar rakt genom reningsverken. Dessutom finns det en risk för att nya kemikalier, även i små mängder, kan ha en negativ påverkan på avloppsreningsprocessen (Mulder 2019). Det finns många kemikalier i omlopp och idag är över 350 000 kemikalier eller kemikalieblandningar registrerade för produktion och användning globalt (Wang et al. 2020). Kemikalieindustrin är den näst största tillverkningsindustrin i världen, och produktionskapaciteten fördubblades mellan 2000 och 2017 (UN Environment 2019). En ytterligare fördubbling av försäljningen förväntas fram till 2030 jämfört med 2017 (UN Environment 2019).

Kraven på rening av avloppsvatten har gradvis blivit strängare, och denna trend förväntas fortsätta (Carlsson et al. 2017). Drivande faktorer kan vara *EU:s avloppsdirektiv*, *EU:s ramdirektiv för vatten* och *EU:s havsmiljödirektiv* samt *Baltic Sea Action Plan (BSAP)* (Carlsson et al. 2017). I slutet av 2022 presenterade EU kommissionen ett förslag på ändring av avloppsdirektivet, vilket ger en indikation om framtida krav. Ett förslag är att införa nya övervakningskrav för smittämnen, hälsoskadliga föroreningar, antibiotikaresistens och mikroplaster (Regeringskansliet 2022).

4.5.1 Indikator – Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar* kan vara att *Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådska karaktär, presenteras i Tabell 34.

Tabell 34. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådska karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Brådska	Totalt
Tekniska lösningar för behandling i avloppsreningsverken	Förbättra reningsteknikerna	4,8	4,0	8,8
	Styrning och hantering av spillvattenflöden utifrån deras innehåll av miljö- och hälsofarliga ämnen (utvecklad separering av avloppsvattensfraktioner)	3,5	3,5	7,0
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Brådska	Totalt
Svårt att mäta och övervaka utsläppen på grund av låga koncentrationer	Teknikutveckling	5,0	4,0	9,0

Mikroföroreningar är ämnen, inklusive deras nedbrytningsprodukter, som kan skada miljön eller människors hälsa även vid mycket låga koncentrationer (Europeiska kommissionen 2022b). Läkemedelsrester och mikroplaster är exempel på mikroföroreningar där riskmedvetenheten har ökat. Mikroplaster har påvisats i vatten över hela EU och det bör införas krav baserat på försiktighetsprincipen och en riskbaserad strategi (Europeiska kommissionen 2022b). EU-kommissionen anser även att det är viktigt att införa krav på läkemedelsrening (Regeringskansliet 2022), och det första steget är att behandla avloppsvattnet för att minska mängden som avges till råvattnet (Carlsson et al. 2017).

Europeiska kommissionen (2022b) föreslår nya gränsvärden för mikroföroreningar och att reningsverk som behandlar avloppsvatten från 100 000 personer eller mer ska utrustas med avancerad rening, det vill säga rening av mikroföroreningar. Dessa reningsverk står för en betydande del av utsläppen av mikroföroreningar och är tillräckligt stora för kostnadseffektiv behandling. Dessutom inkluderas mindre reningsverk som släpper ut i områden med risk för höga koncentrationer eller ansamling av mikroföroreningar, exempelvis recipienter för dricksvatten eller badvatten med låg utspädning. Föreslagna gränsvärden för utsläpp från reningsverk med avancerad rening, presenteras i Tabell 35.

Tabell 35. Föreslagna gränsvärden för utsläpp av mikroföroreningar från reningsverk med avancerad rening (Europeiska kommissionen 2022a).

Indikator	Minsta procentuellt avlägsnande (%)
Ämnen som kan förorena vatten även i låga koncentrationer	80

Syftet är att avskilja så många mikroföroreningar som möjligt, särskilt organiska mikroföroreningar som utgör en betydande del av föroreningarna och där det redan finns behandlingstekniker. De organiska mikroföroreningar som ska mätas delas in i två kategorier enligt Tabell 36. Det minsta procentuella avlägsnandet ska beräknas för minst sex ämnen med dubbelt så många från kategori 1 som från kategori 2 (Europeiska kommissionen 2022a).

Tabell 36. Föreslagna kategorier av organiska mikroföroreningar som ska mätas (Europeiska kommissionen 2022a).

Kategori 1 Ämnen som är mycket lätta att behandla:	Kategori 2 Ämnen som är lätta att bortskaffa:
• Amisulprid • Karbamazepin • Citalopram • Klaritromycin • Diklofenak • Hydroklortiazid • Metoprolol • Venlafaxin	• Benzotriazol • Kandesartan • Irbesartan • Blandning av 4-metylbenzotriazol och 6-metylbenzotriazol • Venlafaxin

Sveriges kapital- och driftkostnader för avancerad rening har beräknats till 0,5–1,5 miljarder kronor per år (Svenskt Vatten 2022a), men det förväntas ge positiv miljönytta i förhållande till kostnaderna, särskilt för större anläggningar med ekonomiska stordriftsfördelar (Regeringskansliet 2022). Den relativa miljönyttan beror dock på recipientens känslighet för mikroföroreningar (Regeringskansliet 2022).

Möjlighet – Tekniska lösningar för behandling i avloppsreningsverken

En möjlighet för att minska utsläppen av mikroföroreningar är att implementera tekniska lösningar i reningsverken för att avlägsna dem från avloppsvattnet.

Åtgärd – Förbättra reningsteknikerna

För att avlägsna mikroföroreningarna krävs effektiva reningstekniker. Det finns redan metoder för att behandla en del mikroföroreningar, men dessa behöver utvärderas och utvecklas. Avancerad rening innebär exempelvis en högre energiförbrukning, vilket står i motsats till det föreslagna kravet om energineutralitet (Svenskt Vatten 2022a). Trots detta förväntas avancerad rening ge en proportionell miljönytta för recipienterna (Svenskt Vatten 2022a), men det vore fördelaktigt om mindre energikrävande reningstekniker utvecklades. Dessutom kommer sannolikt ytterligare ämnen att kräva behandling framöver till följd av förbättrade mätmetoder och ökad kunskap om effekterna för miljön och människors hälsa (Carlsson et al. 2017), vilket kan kräva nya metoder.

Åtgärd – Styrning och hantering av spillvattenflöden utifrån deras innehåll av miljö- och hälsofarliga ämnen (utvecklad separering av avloppsvattensfraktioner)

En annan möjlig åtgärd är att styra och hantera spillvattenflöden utifrån deras innehåll av miljö- och hälsofarliga ämnen. Exempelvis kan avloppet från olika industriella processer separeras för att möjliggöra riktade behandlingstekniker som kan öka effektiviteten och minska kostnaderna för reningen.

Hinder – Svårt att mäta och övervaka utsläppen på grund av låga koncentrationer

Ett hinder mot att avlägsna mikroföroreningar är att det är svårt att mäta och övervaka utsläppen på grund av de låga koncentrationerna.

Åtgärd – Teknikutveckling

För att möjliggöra mätning och övervakning av mikroföroreningar i låga koncentrationer behöver teknikerna vara tillräckligt känsliga. Detta kräver utveckling av känsliga sensorer som kan mäta låga koncentrationer på ett tillförlitligt sätt.

4.5.2 Indikator – Uppströmsarbete bedrivs på lokal, regional och nationell nivå

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet sprider minimalt med föroreningar* kan vara att *Uppströmsarbete bedrivs på lokal, regional och nationell nivå*. Identifierade hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 37.

Tabell 37. Identifierade hinder och åtgärder för indikatorn *Uppströmsarbete bedrivs på lokal, regional och nationell nivå*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådsakande karaktär.

Hinder	Åtgärd	Kritisk	Brådsakande	Totalt
Saknas incitament att minska utsläppen	Införa lagkrav och förbud mot användning av farliga kemikalier	4,8	4,8	9,5
	Stärka recipientskyddet	2,8	2,5	5,3
	Utökat producentansvar ger ekonomiska incitament att minska användningen	4,0	4,5	8,5
Motstånd från intressenter vars verksamhet begränsas	Införa ekonomiska incitament eller regleringar	3,8	4,3	8,0
	Stärka samarbetet mellan olika aktörer	4,3	4,5	8,8
Bristande kunskap om föroreningarnas påverkan på människors hälsa och miljön	Bedriva mer forskning	3,5	3,8	7,3

Samhällets förmåga att bedöma och övervaka riskerna med nya kemiska substanser är otillräcklig, och det krävs omedelbara åtgärder för att minska produktionen och utsläppen (Persson et al. 2022). För att begränsa de negativa effekterna och undvika okända hot i framtiden bör hanteringen av nya kemiska substanser utgå från förebyggande åtgärder och försiktighetsprincipen (Persson et al. 2022). Förebyggande åtgärder kan delas in i sex olika typer och presenteras i prioriteringsordning (Niemczynowicz 1993):

Förebyggande åtgärder

- Förebyggande åtgärder vid all mänsklig verksamhet på land och till havs, det vill säga vid föroreningskällan.
- On-site-behandling och återanvändning nära produktionen.
- Off-site-behandling och återanvändning.
- On-site eller off-site-koncentrering och lagring.
- Rening vid småskaliga reningsverk med hjälp av ny lågteknologisk teknik.
- Högteknologisk behandling vid utsläppspunkten.

Förebyggande åtgärder vid föroreningskällan har högst prioritet medan högteknologisk behandling vid reningsverkens utsläppspunkt har lägst prioritet. Även Svenskt Vatten (2022a) välkomnar ett uppströmsperspektiv, eftersom det är förorenaren som skapar många av problemen nedströms. Reningsverken ska istället kunna fokusera på att rena de ämnen som inte kan påverkas uppströms, såsom kväve och fosfor från hushållen.

Hinder – Saknas incitament att minska utsläppen

Ett hinder mot uppströmsarbete är att det saknas incitament att minska utsläppen. VA-huvudmannen har ett intresse av minskade utsläpp och exempelvis Uppsala Vatten arbetar med åtgärder uppströms för att minska föroreningarna vid källan (Uppsala Vatten 2021). En VA-huvudman har dock begränsade möjligheter att påverka uppströms och det behövs därför åtgärder på flera nivåer. Föroreningar transporteras dessutom över landsgränserna genom vindar, hav, floder och handel, och för att uppnå en giftfri miljö är det därför viktigt med gemensamma åtgärder (Europeiska kommissionen 2021).

Åtgärd – Införa lagkrav och förbud mot användning av farliga kemikalier

En åtgärd för att övervinna detta hinder är att införa lagkrav och förbud mot användningen av farliga kemikalier. En drivkraft för detta kan vara EU:s *nollföroreningsvision* för 2050. Denna syftar till att uppnå en föroreningsnivå i vatten, luft och mark som inte bedöms vara skadlig för människans hälsa eller ekosystemen, och som är inom planetens gränser (Europeiska kommissionen 2021). För att uppnå detta bör EU vidta ett flertal åtgärder fram till 2030 för att exempelvis minska förlusten av näringsämnen, halvera användningen av antimikrobiella läkemedel till produktionsdjur och vattenbruk, halvera risken och användningen av bekämpningsmedel, halvera plastavfallet i haven och minska utsläppen av mikroplast med 30 procent (Europeiska kommissionen 2021). För att främja ett giftfritt materialkretslopp och öka cirkulariteten är det också viktigt att designa produkter, material och kemikalier med fokus på maximal hållbarhet och säkerhet under hela livscykeln (Europeiska kommissionen 2021).

Åtgärd – Stärka recipientskyddet

En annan åtgärd för att minska föroreningarna kan vara att stärka recipientskyddet. Detta kan exempelvis vara genom strängare regleringar av föroreningsutsläpp, både gällande mängder och typ av ämnen. Det är dock viktigt att regleringar för recipienter som tar emot renat avloppsvatten är effektiva och ser till miljön som helhet för att inte få samma följder som Weserdomen. Läs mer om Weserdomen under avsnitt 4.4.1

Indikator – Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år.

Åtgärd – Utökat producentansvar ger ekonomiska incitament att minska användningen

Ett sätt att skapa ekonomiska incitament för minskad användning av skadliga kemikalier är att införa ett utökat producentansvar. Implementering av avancerad rening innebär ökade kostnader för installation av ny reningsutrustning och övervakning (Europeiska kommissionen 2022b). För att finansiera detta är ett förslag i det reviderade avloppsdirektivet att införa ett utökat producentansvar för läkemedel och kosmetiska produkter, som är de främsta källorna till mikroföroreningar.

Detta är i linje med principen om att förorenaren betalar och innebär att producenter, importörer och distributörer av produkter som i slutet av sin livscykel ger upphov till mikroföroreningar i avloppsvatten, är skyldiga att bidra till kostnaderna för den avancerade reningen. Den ekonomiska avgiften för förorenaren bör baseras på produktmängden och restprodukternas toxicitet (Europeiska kommissionen 2022b). Undantag ges om mängden produkt som släpps ut på marknaden understiger 2 ton per år eller om tillverkaren kan bevisa att produkten inte ger upphov till mikroföroreningar i avloppsvatten (Europeiska kommissionen 2022b).

Systemet liknar det befintliga systemet för fast avfall och ger incitament att introducera färre skadliga produkter på marknaden och att utveckla mer miljövänliga alternativ. Det påskyndar även utvecklingen av läkemedel som kan brytas ned enklare, även i normala reningsverk (Svenskt Vatten 2022a). Ett utökat producentansvar innebär också att kravet på avancerad rening inte belastar skattebetalarna eller påverkar vattenavgifterna. Enligt Svenskt Vatten (2022a) behöver dock förslaget villkor justeras för att finansieringen ska räcka. För att undersöka om fler produkter bör inkluderas på listan som omfattas av utökat producentansvar ska avloppsdirektivet utvärderas senast 2030 och 2040 (Europeiska kommissionen 2022b).

Hinder – Motstånd från intressenter vars verksamhet begränsas

Ett hinder mot uppströmsarbete är att det kan finnas ett motstånd från intressenter vars verksamheter begränsas. Det kan exempelvis vara på grund av ökade kostnader för att förändra produkten och kemikalieanvändningen.

Åtgärd – Införa ekonomiska incitament eller regleringar

En möjlig åtgärd för att övervinna detta hinder är att införa ekonomiska incitament eller regleringar för att minska föroreningsutsläppen. Det finns därmed flera kopplingar till det föregående hindret att det *Saknas incitament att minska utsläppen* och de åtgärder som presenteras där.

Åtgärd – Stärka samarbetet mellan olika aktörer

Dessutom kan ett stärkt samarbete mellan olika aktörer bidra till ett minskat motstånd. Genom samordning mellan olika aktörer, såsom industri, kommun och jordbrukare, kan exempelvis avfallet från en aktör bli till en resurs för en annan. Ett stärkt samarbete ger även möjlighet till erfarenhetsutbyte om hur föroreningarna kan minskas.

Hinder – Bristande kunskap om föroreningarnas påverkan på människors hälsa och miljön

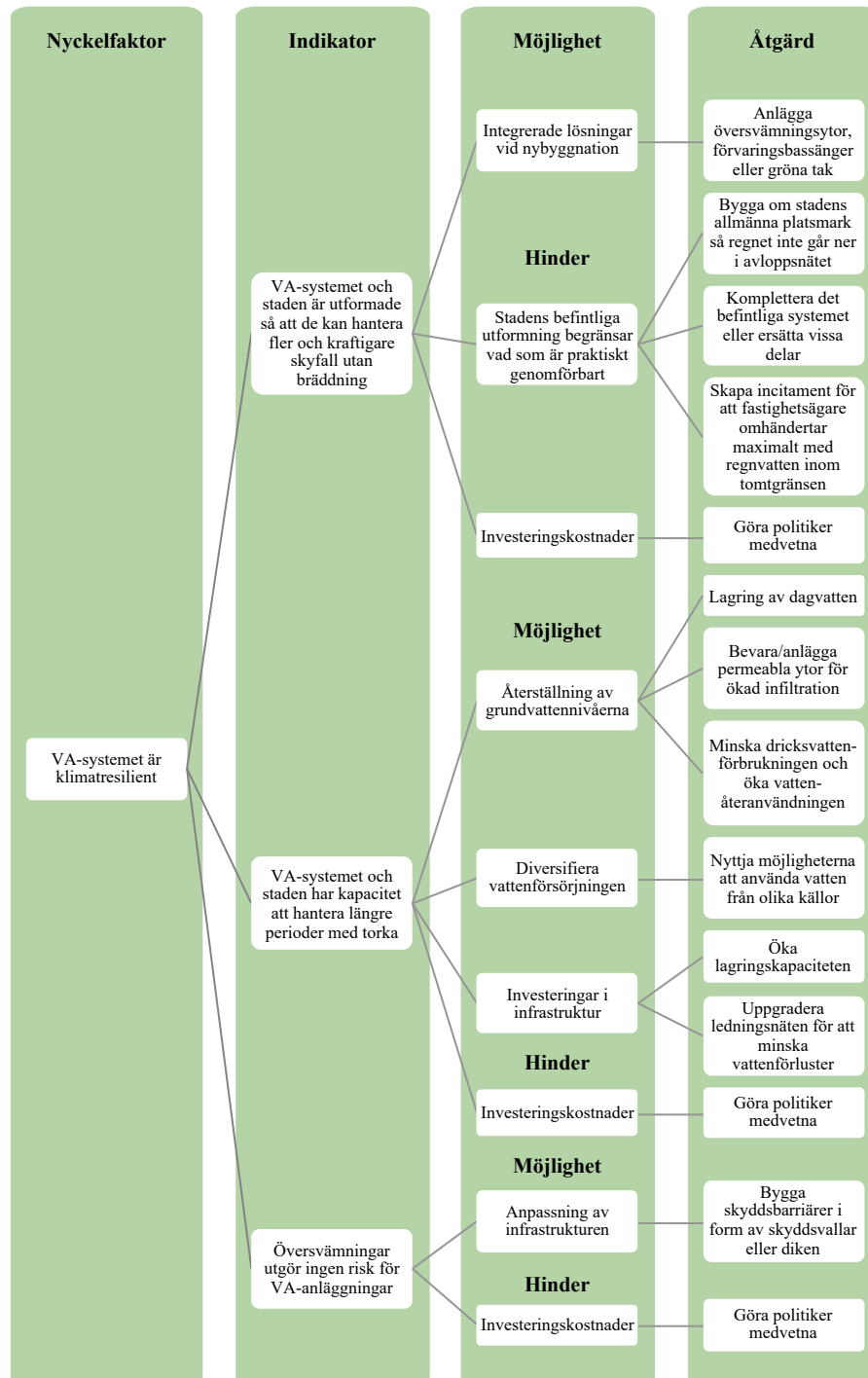
Ett hinder är att det saknas kunskap om alla föroreningars påverkan på människors hälsa och miljön. Detta gör det svårt att avgöra vilka föroreningar som bör prioriteras. Forskningen har historiskt sett fokuserat på att fördjupa kunskapen om kemikalier med kända risker. Detta har lämnat en kunskapslucka för ämnen med potentiella risker, samt riskerna förknippade med låg men långvarig exponering (Europeiska miljöbyrån 2017). Det är vanligt att kemikalier visar sig vara mer skadliga än tidigare bedömt på grund av ökad kunskap om bland annat långtidseffekterna (Europeiska miljöbyrån 2017).

Åtgärd – Bedriva mer forskning

En åtgärd för att öka kunskapen om föroreningars påverkan på människors hälsa och miljön är att bedriva mer forskning. För att fylla den kunskapslucka som har uppstått, bör forskningen fokusera på att undersöka ämnen med potentiella, men ej säkerställda, risker. Dessutom bör effekten av låg men långvarig exponering undersökas, samt vad effekterna blir av den kombination av kemikalier som människan och miljön exponeras för.

4.6 "VA-SYSTEMET ÄR KLIMATRESILIENT"

För att uppnå visionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*, är det avgörande att *VA-systemet är klimatreilient*. Detta avsnitt fokuserar på klimatanpassning men är också nära kopplat till 4.2 "*Vattenanvändningen i staden är hållbar*". För denna nyckelfaktor identifierades indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder under workshoppen, enligt Figur 19. Varje punkt har beskrivits och/eller exemplifierats under efterarbetet av workshopmaterialet och presenteras i efterföljande avsnitt.



Figur 19. Översikt över de indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder som identifierades för nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatreilient*.

Frågan om klimatförändringarna handlar inte längre om ifall de ska inträffa, utan snarare om hur kraftfulla de kommer att bli (Kairos Future 2018). Klimatförändringarna resulterar i en ökad frekvens och intensitet av extrema väderhändelser, såsom kraftigare skyfall och längre perioder av torka (Mulder 2019). Effekterna är märkbara redan idag genom ökad översvämningssrisk, ökat behov av bräddning och ökad förorenings-spridning i orenat regnvatten på grund av dagvattenavrinning i tätbebyggda områden (Europeiska kommissionen 2022b). År 2021 noterades en tredubbling av antalet källaröversvämningar i Sverige jämfört med föregående år, vilket tyder på ett förändrat nederbördsmonster (Svenskt Vatten 2022b). Enligt förslaget till det reviderade avloppsdirektivet måste de reningsverk som byggs vara utformade för att klara av de normala klimatförhållandena på platsen, inklusive variationer i belastning under olika årstider, för att skydda miljön och människors hälsa (Europeiska kommissionen 2022b). Detta innebär att design, konstruktion, drift och underhåll av reningsverken måste vara anpassade till klimatförändringarnas påverkan.

4.6.1 Indikator – VA-systemet och staden är utformade så att de kan hantera fler och kraftigare skyfall utan bräddning

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatrezilient* kan vara att *VA-systemet och staden är utformade så att de kan hantera fler och kraftigare skyfall utan bräddning*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådsakande karaktär, presenteras i Tabell 38.

Tabell 38. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *VA-systemet och staden är utformade så att de kan hantera fler och kraftigare skyfall utan bräddning*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådsakande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Brådsakande	Totalt
Integrerade lösningar vid nybyggnation	Anlägga översvämningssytor, förvaringsbassänger eller gröna tak	4,8	4,0	8,8
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Brådsakande	Totalt
Stadens befintliga utformning begränsar vad som är praktiskt genomförbart	Bygga om stadens allmänna platsmark så regnet inte går ner i avloppsnätet	5,0	3,8	8,8
	Komplettera det befintliga systemet eller ersätta vissa delar	4,3	2,7	7,0
	Skapa incitament för att fastighetsägare omhändertar maximalt med regnvatten inom tomtgränsen	4,3	4,3	8,5
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	3,7	4,3	8,0

Kraftigare skyfall och en ökad andel hårdgjorda ytor resulterar i en större mängd dagvatten som kan överbelasta VA-systemen och orsaka utsläpp av orenat avloppsvatten, så kallad bräddning (Mulder 2019). År 2021 bräddades nästan 19 miljoner kubikmeter orenat avloppsvatten i Sverige, vilket motsvarar 1,4 procent av det behandlade vattnet (Svenskt Vatten 2022b). Ett vägledande mål är att begränsa bräddningen till högst 1 procent av insamlade avloppsvattnet under torra väderförhållanden (Europeiska kommissionen 2022b).

Möjlighet – Integrerade lösningar vid nybyggnation

En möjlighet för att eliminera behovet av bräddning är att integrera lösningar för att hantera fler och kraftigare skyfall vid nybyggnation. Kraftig nederbörd riskerar särskilt att överbelasta reningsverk som är anslutna till kombinerade ledningssystem, vilket leder till bräddning av orenat avloppsvatten och utsläpp av föroreningar (Mulder 2019). En lösning är att dela upp ledningssystemet med separat behandling av dagvatten och övrigt avloppsvatten, men övergången till ett separat system har gått extremt långsamt (Mulder 2019). Som en följd av detta förekommer fortfarande utsläpp av orenat avloppsvatten, och reningsprocessen blir ineffektiv på grund av en varierande nederbörds mängd. Fler och kraftigare skyfall tvingar dock städerna att förbättra dräneringssystemet och påskynda övergången till separerade ledningssystem för att undvika problem (Mulder 2019). Det finns flera olika möjligheter för att separera dagvattnet från resterande avloppsvatten och minska de negativa effekterna av kraftig nederbörd.

Åtgärd – Anlägga översvämningsytor, förvaringsbassänger eller gröna tak

Åtgärder för att hantera skyfall kan exempelvis vara att anlägga översvämningsytor, förvaringsbassänger eller gröna tak (Mulder 2019). Gröna städer har en positiv effekt genom ökad kapacitet att hantera nederbörd och ger därmed mindre förorenings-spridning (Europeiska kommissionen 2022b). Uppsala kommun planerar att anlägga parker med infiltrationsytor, skapa möjlighet till infiltrering på gatorna genom mycket grönska och anlägga vattenreservoarer för skyfall i de sydöstra stadsdelarna (Uppsala kommun 2021).

Hinder – Stadens befintliga utformning begränsar vad som är praktiskt genomförbart

Den befintliga infrastrukturen och de misstag som gjordes tidigt i stadsutvecklingen, begränsar möjligheterna till tekniska förändringar i de tätbefolkade centrala delarna (Niemczynowicz 1993). Eftersom ledningsnätet är integrerat i staden är det kostsamt och svårt att ersätta de kombinerade ledningarna med separata ledningar för dagvatten och övrigt avloppsvatten (Mulder 2019).

Åtgärd – Bygga om stadens allmänna platsmark så regnet inte går ner i avloppsnätet

En åtgärd kan vara att bygga om stadens allmänna platsmark så att nederbörden inte belastar avloppsledningsnätet. I förslaget till det reviderade avloppsdirektivet föreslås att tätorter med en befolkning på minst 100 000 personer ska upprätta integrerade avloppsvattenplaner (Europeiska kommissionen 2022b). Förebyggande åtgärder ska prioriteras, exempelvis genom att använda naturliga processer för att samla in och absorbera nederbörd istället för att belasta avloppsledningsnätet. Detta kan ske genom att öka andelen genomsläppliga ytor genom att bevara eller anlägga grönområden och/eller diken, vilket även bidrar till att höja grundvattennivåerna (Andersson et al. 2016).

Åtgärd – Komplettera det befintliga systemet eller ersätta vissa delar

Även om det finns begränsningar för vad som är praktiskt genomförbart i en stad är det möjligt att komplettera eller ersätta delar av det befintliga systemet (Niemczynowicz 1993). De föreslagna kraven på avloppsvattenplaner i avloppsdirektivet anger att lösningarna ska anpassas till de lokala förhållandena och optimera användningen av befintlig infrastruktur för insamling, lagring och rening av avloppsvatten för att minimera utsläpp av orenat avloppsvatten till recipienten (Europeiska kommissionen 2022a). Utvecklingen bör främst ske genom användning av grön infrastruktur, och grå infrastruktur bör endast användas i undantagsfall (Europeiska kommissionen 2022b). Exempel på grön infrastruktur är våtmarker för vattenrening, bevuxna diken och dammar för vattenlagring, vilket dessutom främjar biologisk mångfald (Europeiska kommissionen 2022a). Målet är att minska spridningen av föroreningar, såsom näringsämnen, organiskt material och mikroplaster, i dagvatten och vid bräddning (Europeiska kommissionen 2022b). Återanvändning av vatten bör också beaktas vid utformningen när detta är relevant.

Andra åtgärder för att minska behovet av bräddning är att regelbundet spola ledningsnätet och avlägsna rötter och fett för att förhindra igensättningar (Uppsala Vatten 2020). Det är också viktigt att övervaka vattennivåerna vid pumpstationerna för att förhindra bräddning på grund av fel, strömavbrott eller överbelastning (Uppsala Vatten 2020). En annan åtgärd är att begränsa mängden tillskottsvatten, vilket annars ökar belastningen på reningsverken (Uppsala Vatten 2020).

Åtgärd – Skapa incitament för att fastighetsägare omhändertar maximalt med regnvatten inom tomtgränsen

En åtgärd för att minska riskerna till följd av skyfall är att skapa incitament för fastighetsägare att omhänderta maximalt med regnvatten inom tomtgränsen. Incitamenten kan exempelvis vara att erbjuda ekonomiska fördelar eller att införa regleringar. Om fastighetsägare omhändertar nederbörden inom tomtgränser minskar risken för att avloppssystemet överbelastas, eftersom en mindre mängd vatten behöver hanteras av det allmänna VA-systemet. Detta kan även bidra till att öka användningen av regnvatten som en alternativ vattenkälla.

Hinder – Investeringskostnader

Ett hinder är att krav på minskad bräddning i avloppssystemet innebär att det behövs en högre kapacitet och därmed behov av investeringar (Carlsson et al. 2017). För att VA-systemet ska uppnå strikta krav på minskad bräddning krävs ombyggnation till separerade ledningssystem (Carlsson et al. 2017). Även åtgärder för att öka stadens kapacitet att hantera nederbörd innebär investeringskostnader.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

En åtgärd är att göra politiker medvetna om investeringsbehovet. Dessutom är det viktigt att belysa att även om övergången från kombinerade till separerade ledningssystem medför betydande initiala investeringar, blir kostnaderna måttliga om de fördelas över infrastrukturens långa livslängd (Mulder 2019). Även andra åtgärder som bidrar till att avlasta avloppsnätet, exempelvis mer grön infrastruktur, minskar också översvämningsrisken och kostnaderna för att reparera skadorna.

4.6.2 Indikator – VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatreliant* kan vara att *VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 39.

Tabell 39. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Återställning av grundvattennivåerna	Lagring av dagvatten	3,0	2,3	5,3
	Bevara/anlägga permeabla ytor för ökad infiltration	4,0	2,8	6,8
	Minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen	4,8	3,5	8,3
Diversifiera vattenförsörjningen	Nyttja möjligheterna att använda vatten från olika källor	4,0	3,0	7,0
Investeringar i infrastruktur	Öka lagringskapaciteten	3,3	2,3	5,7
	Uppgradera ledningsnäten för att minska vattenförluster	4,5	4,0	8,5
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	4,0	4,0	8,0

Under längre perioder med torka minskar grundvattennivåerna, vilket kan leda till vattenbrist och försämrad råvattenkvalitet (Uppsala Vatten 2021) eftersom kemikaliekoncentrationen i vattnet ökar (Europeiska miljöbyrå 2017). Torka kan också ge sättningar i marken, vilket i sin tur kan orsaka läckage i vattenledningarna (Uppsala Vatten 2021).

Möjlighet – Återställning av grundvattennivåerna

En möjlighet för att öka kapaciteten att hantera längre perioder med torka är att återställa grundvattennivåerna. Infiltration av nederbörd i marken bidrar till att fylla på markvattenförrådet, så kallat grönt vatten, varifrån växterna får sitt vatten (Ursing et al. u.å.). Överskottsvattnet rör sig neråt i marken och bildar grundvatten, så kallat blått vatten (Ursing et al. u.å.). Åtgärder för att återställa grundvattennivåerna minskar dessutom risken för översvämningar samtidigt som det skyddar byggnader, infrastruktur, träd och buskage från skador relaterade till torka (Mulder 2019).

Åtgärd – Lagring av dagvatten

En åtgärd för att bidra till att återställa grundvattennivåerna är att fördröja och lagra dagvattnet. Detta gör att vattnet hinner infiltrera och bilda grundvatten istället för att enbart rinna av på ytan.

Åtgärd – Bevara/anlägga permeabla ytor för ökad infiltration

Ett annat sätt är att bevara de befintliga permeabla ytorna och anlägga fler ytor för att öka infiltrationen av vatten i marken, exempelvis genom att omvandla hårdgjorda ytor.

Åtgärd – Minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen

En viktig aspekt av att återställa grundvattennivåerna är att minska grundvattenuttaget. Detta kan ske genom åtgärder för att minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen. Den genomsnittliga dricksvattenanvändningen i Sverige är 140 liter per person och dygn (Svenskt Vatten 2021) och ett sätt att minska vattenförbrukningen är att använda olika vattenbesparande tekniker.

En vattencirkulerande dusch kan spara upp till 90 procent av duschvattnet, beroende på duschtid och duschvattnets föroreningsnivå (Orbital Systems u.å.). Ett vattenbesparande munstycke till vattenkranen sparar upp till 95 procent vatten i mistläge och 66 procent i sprayläge jämfört med en vanlig kran (IKEA 2022). En vattenbesparande diskmaskin sparar 40 procent med automatisk inställning och 50 procent i ekoläge, medan vattenbesparande tvättmaskiner sparar 10–20 procent jämfört med mindre effektiva maskiner (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). För vattenbesparande toaletter används 4 liter för en stor spolning och 2 liter för en liten spolning (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021). En person tömmer normalt tarmen 1 gång per dygn och blåsan 6 gånger per dygn (Rose et al. 2015), vilket ger 1 stor spolning och 6 små spolningar per dygn, totalt 16 liter per person och dygn för toalettspolning.

Vattenförbrukningen för toalettspolning varierar dock beroende på system. Vakuumtoaletter använder 0,5–0,7 liter per spolning för att skölja toalettskålen, medan urinseparerande toaletter använder 0,1–0,2 liter per liten spolning, och en urinseparerande torrtoalett förbrukar endast vatten för att skölja urinskålen (Avloppsguiden u.å.). Den genomsnittliga vattenförbrukningen i Sverige idag, jämfört med ett scenario med vattenbesparande tekniker, presenteras i Tabell 40. I beräkningarna används den högsta vattenbesparingen i intervallet, med tanke på att tekniken troligen utvecklas till 2070. Vidare antas att vattenanvändningen för personlig hygien enbart utgörs av dusch och att vattenförbrukningen för mat- och dryck samt övrigt, förblir oförändrad. För toalettspolning presenteras ett intervall för vattenanvändningen, från vakuumtoaletter till snålpolande toaletter.

Tabell 40. Genomsnittlig dricksvattenanvändning i Sverige idag jämfört med vattenbesparande tekniker, fördelat på olika användningsområden (Svenskt Vatten 2021).

Dricksvattenanvändning i Sverige	Genomsnitt idag	Med vattenbesparande tekniker
Personlig hygien (l/p,d)	60	6
Toalettspolning (l/p,d)	30	3,5–16
Disk (l/p,d)	15	7,5
Tvätt (l/p,d)	15	13,5
Mat och dryck (l/p,d)	10	10
Övrigt (l/p,d)	10	10
Total dricksvattenanvändning (l/p,d)	140	50,5–63

Med vattenbesparande tekniker och genom att övergå till vakuumtoaletter skulle vattenförbrukningen kunna begränsas till drygt 50 liter per person och dygn. Utan skiftet till vakuumtoaletter eller torrtoaletter är troligen inte dagens vattenbesparande tekniker tillräckligt effektiva för att nå denna nivå. Det krävs därför teknikutveckling och komplement genom ytterligare åtgärder, såsom beteendeförändringar och användning av alternativa vattenkällor, exempelvis gråvatten eller regnvatten. Detta kopplar även till avsnitt 4.2 *”Vattenanvändningen i staden är hållbar”*.

Möjlighet – Diversifiera vattenförsörjningen

En möjlighet för att kunna hantera längre perioder med torka är att diversifiera vattenförsörjningen. Ungefär hälften av det kommunala dricksvattnet i Sverige kommer från ytvatten och den andra hälften från grundvatten eller konstgjorda grundvattenkällor (Malmquist & Stenström u.å.). Mindre tätorter använder vanligtvis grundvatten medan större tätorter ofta behöver använda ytvatten för att få tillräckliga volymer (Nordström et al. u.å.). Medelstora tätorter kan använda konstgjord infiltration, till exempel genom rullstensåsar, vilket är en del av vattenförsörjningen i Uppsala.

Jämfört med ytvatten har grundvatten oftast en låg och jämn temperatur, samt låga halter av organiska ämnen och mikroorganismer (Ursing et al. u.å.). Grundvattentäkter är vanligtvis bättre skyddade mot föroreningar än ytvattentäkter, men om förorening ändå uppstår kan det vara svårare att upptäcka och åtgärda (Ursing et al. u.å.). Ytvattentäkter har generellt sett högre kapacitet jämfört med grundvattentäkter, men behandlingen av ytvatten kan vara mer utmanande och den resulterande vattenkvaliteten kan vara mindre tillfredsställande jämfört med vatten från grundvattenkällor (Ursing et al. u.å.). Det är oftast mer kostnadseffektivt att producera dricksvatten från grundvatten än från ytvatten tack vare att grundvatten vanligtvis är av god kvalitet och endast kräver liten eller ingen behandling (Nordström et al. u.å.). Kostnaden för nästa generation av vatteninfrastruktur förväntas dock vara 2–3 gånger högre på grund av att de mest tillgängliga vattenkällorna redan används (Ursing et al. u.å.).

Åtgärd – Nyttja möjligheterna att använda vatten från olika källor

En åtgärd för att diversifiera vattenförsörjningen är att nyttja möjligheten att använda olika vattenkällor. Flera faktorer måste beaktas vid val av en ny kommunal vattentäkt, inklusive kapacitet i förhållande till behov, vattenkvalitet, skydd mot föroreningar samt sårbarhet vid kris- och krigssituationer (Ursing et al. u.å.). Innan beslut fattas om att använda en ny kommunal vattentäkt krävs omfattande undersökningar enligt Livsmedelsverkets *Föreskrifter om dricksvatten*. Stora vattentäkter bör studeras under minst ett år för att identifiera eventuella variationer i kapacitet och kvalitet (Ursing et al. u.å.). Det krävs dessutom tillstånd enligt miljöbalken för etablering av en ny vattentäkt för att skydda fastighetsägares intressen och samhällsintressen (Ursing et al. u.å.).

Dessutom finns det möjlighet att använda regnvatten och återanvända eller återvinna avloppsvatten för att diversifiera vattenförsörjningen. Alternativa vattenresurser bidrar till att öka motståndskraften i vattenförsörjningssystemet (Zeisl et al. 2018). En diversifierad dricksvattenförsörjning bidrar även till ökad beredskap och säkerhet, eftersom fler vattenkällor gör systemet mindre sårbart.

Möjlighet – Investeringar i infrastruktur

En möjlighet för att öka kapaciteten att klara av längre perioder med torka, är att investera i infrastruktur. Detta kan exempelvis vara investeringar för att öka lagringskapaciteten eller genom att uppgradera ledningsnäten för att minska dricksvattenförlusterna.

Åtgärd – Öka lagringskapaciteten

En åtgärd kan vara att öka lagringskapaciteten genom att exempelvis bygga dammar för att lagra vatten i områden där vattentillgången varierar kraftigt (Ursing et al. u.å.).

Åtgärd – Uppgradera ledningsnäten för att minska vattenförluster

En annan åtgärd kan vara att uppgradera ledningsnätet för att minimera vattenförlusterna. Mer om detta i avsnitt 4.2.3 *Indikator – Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten*.

Hinder – Investeringskostnader

Ett hinder är att det krävs initiala investeringar för att öka kapaciteten att hantera längre perioder med torka. Hur stora dessa investeringar är beror bland annat på typ av åtgärd och de lokala förhållandena.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

En åtgärd är att göra politiker medvetna om situationen och vikten av att anpassa VA-systemet och staden för att kunna hantera längre perioder med torka. För att öka medvetenheten behövs ett kunskapsutbyte mellan forskare och politiker för att politiker ska förstå situationen bättre och därmed kunna stödja nödvändiga investeringar på ett effektivt sätt. Även om flera av åtgärderna innebär en initial investering kan det vara kostnadseffektivt på längre sikt. I en situation med vattenbrist finns det inte heller något annat val än att göra investeringar för att minska problematiken.

4.6.3 Indikator – Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar

En indikator för nyckelfaktorn *VA-systemet är klimatrelient* kan vara *Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar*. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär, presenteras i Tabell 41.

Tabell 41. Identifierade möjligheter, hinder och åtgärder för indikatorn *Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar*, samt en expertbedömning av åtgärdernas kritiska och brådskande karaktär.

Möjlighet	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Anpassning av infrastrukturen	Bygga skyddsbarriärer i form av skyddsvallar eller diken	3,3	3,0	6,3
Hinder	Åtgärd	Kritisk	Bråds-kande	Totalt
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	3,8	3,5	7,3

Klimatförändringarna medför en ökad risk för översvämning av reningsverk som är belägna nära kusten eller intill insjöar på grund av förhöjda vattennivåer (Carlsson et al. 2017). Det är viktigt att ha beredskap och en strategi för att vidta nödvändiga åtgärder, samt att undvika att skapa nya sårbara områden (Svenskt Vatten 2023). Översvämningensrisken kan hanteras genom att anpassa infrastrukturen men det innebär investeringskostnader.

Möjlighet – Anpassning av infrastrukturen

En möjlighet är att anpassa infrastrukturen för att den ska klara översvämningar utan att ta skada.

Åtgärd – Bygga skyddsbarriärer i form av skyddsvallar eller diken

En möjlig åtgärd för att hantera den ökade översvämningensrisken är att bygga skyddsbarriärer, exempelvis skyddsvallar eller diken (Ursing et al. u.å.). Om detta inte är möjligt eller tillräckligt för att skydda anläggningen kan den behöva flyttas till en säkrare plats med lägre översvämningensrisk.

Hinder – Investeringskostnader

Anpassningar för att klara av översvämningar medför investeringskostnader vilket kan utgöra ett hinder.

Åtgärd – Göra politiker medvetna

För att övervinna det hinder som investeringskostnader kan utgöra behöver politiker bli medvetna om situationen och investeringsbehovet. Det är viktigt att belysa att även alternativet att inte agera kan vara förenat med betydande framtida kostnader vid en översvämning.

5. SAMMANFATTANDE DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Resultaten har diskuterats i direkt anslutning till deras presentation, medan detta avsnitt ger en sammanfattande diskussion och slutsatser. Fokus ligger på backcasting som metodik och vilka möjligheter, hinder och åtgärder som återkommer för flera nyckelfaktorer och indikatorer. Vidare diskuteras de åtgärder som experter bedömer som mest kritiska och brådskande, samt effekterna av åtgärderna med Uppsala tätort som fallstudie. Därefter presenteras ett framtidsscenario baserat på studiens resultat och vilka konsekvenser detta skulle få för VA-systemet. Slutligen föreslås ytterligare studier och rekommendationer för att öka möjligheterna att uppnå ett hållbart VA-system.

5.1 METODEN BACKCASTING

Denna studie har tillämpat en backcastingmetodik för att identifiera nyckelfaktorer, indikatorer, möjligheter, hinder och åtgärder för att uppnå framtidsvisionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*. En framtidsvision kan utvecklas på global eller lokal nivå, och en central fråga är vem som ska definiera visionen (Vergragt & Quist 2011). I denna studie har en generell vision använts där hållbarhet är det övergripande målet, och nyckelfaktorerna har baserats på samhällets överenskomna hållbarhetsmål och ramverk. Detta innebär dock tolkningar av hur hållbarhetsmålen relaterar till VA. Dessutom har studien avgränsats till att fokusera på de miljömässiga aspekterna, men för att få ett helhetsperspektiv bör även de sociala och ekonomiska dimensionerna omfattas i högre grad. Backcasting är en iterativ process som i teorin kan vara oändligt lång, men tid och resurser begränsar vad som är praktiskt genomförbart (Vergragt & Quist 2011). För denna studie var backcastingworkshopen två timmar och mer tid hade möjliggjort fler iterationer och en djupare analys.

Backcasting är en normativ scenariometod, men det hade även varit möjligt att använda prediktiva eller explorativa scenarier för att undersöka framtidens VA-system. Valet av scenariometod kan leda till olika slutsatser. Om studien istället hade tillämpat en prediktiv scenariometod hade den utgått från historiska data för att försöka förutsäga framtiden. Nästa steg hade varit att planera hur det befintliga systemet behöver anpassas för att möta den mest sannolika utvecklingen. Prediktiva scenarier kan därför bli självuppfyllande. Detta skulle även kunna sägas om normativa scenarier, men skillnaden är utvecklingsriktningen medvetet pekas ut istället för att baseras på nuvarande trender.

Det är dock viktigt att undvika att skapa alltför orealistiska visioner eller fastna i nuvarande begränsningar (Vergragt & Quist 2011). Detta är generellt en utmaning för både experter och andra intressenter (Vergragt & Quist 2011). I denna studie har relativt ambitiösa mål satts upp och det kan därför vara en stor utmaning att uppnå visionen. Även om det kan kräva betydande samhällsförändringar bör det inte vara ouppnåeligt. Det hade varit möjligt att vara mer visionär för att utforska nya vägar framåt, men det är en fin balans mellan visionärt och orealistiskt.

Det finns dock risker med att fastställa långsiktiga mål eftersom målen och de möjliga alternativen kan förändras över tid (Börjeson et al. 2006). Förändringar av samhället och klimatet skapar nya förutsättningar som kan leda till nya möjligheter och hinder som kan vara svåra att föreställa sig idag. Visionen kan därför behöva anpassas över tid. Dessutom finns det flera osäkerheter som påverkar beräkningarna av de framtida förhållandena och åtgärdernas effekter. Detta eftersom studien blickar 50 år framåt i tiden vilket medför ett flertal antaganden och osäkerheter i de data som beräkningarna baseras på. Mot bakgrund av detta förutsätter inte metoden att en grupp experter eller intressenter ska utforma en slutgiltig framtidsvision eller väg för att uppnå den. Istället kan den fungera som vägledning och främja samarbete mellan olika aktörer och ge en djupare förståelse för frågan (Vergragt & Quist 2011).

5.2 RESULTAT FRÅN BACKCASTING

Flera experter inom vatten- och avloppsfrågor deltog i en backcastingworkshop som utgick från framtidsvisionen: *Hållbar hantering av vatten och avlopp i staden år 2070, under ett förändrat klimat*. Utifrån denna vision identifierades nyckelfaktorer, det vill säga centrala egenskaper hos ett hållbart VA-system i en urban miljö 2070, med fokus på de miljömässiga aspekterna. Följande nyckelfaktorer valdes ut som de mest centrala:

Nyckelfaktorer

- VA-systemet tillhandahåller säkert vatten
- Vattenanvändningen i staden är hållbar
- VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin
- VA-systemet bidrar inte till övergödning
- VA-systemet sprider minimalt med föroreningar
- VA-systemet är klimatesilient

För varje nyckelfaktor identifierades indikatorer för att tydliggöra målen. Vidare undersöktes faktorer i dagens samhälle som antingen utgör möjligheter eller hinder för att uppnå varje indikator, samt förslag på åtgärder för att nyttja möjligheterna och övervinna hindren. Experterna bedömde även åtgärdernas kritiska respektive brådskande karaktär på en skala 1 till 5. Nedan presenteras de åtgärder som i genomsnitt tilldelades minst 4 för både kritisk och brådskande, kategoriserade efter tillhörande nyckelfaktor:

Nyckelfaktorer och de högst prioriterade åtgärderna

- VA-systemet tillhandahåller säkert vatten
 - Identifiera sätt att tillhandahålla vatten av olika kvalitet
- Vattenanvändningen i staden är hållbar
 - Aktivt arbeta med reduktion av förlustvatten
 - Göra politiker medvetna
- VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin
 - Införa källsorterande system

- Öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet och anpassa regleringarna för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering
- Införa lagkrav
- Incitament för inhemsk produktion genomförs
- Införa kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel
- Införa styrmedel för att öka efterfrågan, till exempel skatt på mineralgödsel
- VA-systemet bidrar inte till övergödning
 - Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser
 - Bygga in källsorterande system vid nybyggnation
 - Undersöka alternativa källor till fällningskemikalier
- VA-systemet sprider minimalt med föroreningar
 - Införa lagkrav och förbud mot användning av farliga kemikalier
 - Teknikutveckling
 - Stärka samarbetet mellan olika aktörer
 - Förbättra reningsteknikerna
 - Utökat producentansvar ger ekonomiska incitament att minska användningen
- VA-systemet är klimatrezilient
 - Anlägga översvämningssytor, förvaringsbassänger eller gröna tak
 - Bygga om stadens allmänna platsmark så regnet inte går ner i avloppsnätet
 - Uppgradera ledningsnäten för att minska vattenförluster
 - Skapa incitament för att fastighetsägare omhändertar maximalt med regnvatten inom tomtgränsen
 - Minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen

Dessa åtgärder bör enligt expertbedömningen få högsta prioritet i arbetet mot ett hållbart VA-system, eftersom de bedöms vara både kritiska och brådskande. Gemensamt för många av de högst prioriterade åtgärderna är att de på olika sätt bidrar till att minska belastningen på VA-systemen. Flera av åtgärderna berör exempelvis minskad dricksvattenförbrukning och ökad återanvändning av vatten. Existerande lagstiftning kan dock utgöra ett hinder för att tillhandahålla vatten av olika kvalitet utöver dricksvattenkvalitet. En prioriterad åtgärd är därför att identifiera sätt att tillhandahålla säkert vatten genom att exempelvis anpassa lagstiftningen. Det krävs också investeringar för att återanvända vatten, och experterna bedömde att det är viktigt att politiker blir medvetna om behovet för att möjliggöra effektiva styrmedel.

En annan viktig aspekt är att minska vattenförlusterna vid produktion och distribution av vatten. Även här är en prioriterad åtgärd att göra politiker medvetna om behovet för att möjliggöra de investeringar som krävs. Åtgärder som minskar dricksvattenförbrukningen och ökar återanvändningen av vatten ger flera fördelar genom att minska belastningen på vattenresurserna, vattenverken och avloppsreningsverken. Detta minskar behovet av att utöka kapaciteten i VA-systemen, trots befolkningstillväxt.

En annan faktor som utmärker flera av de högst prioriterade åtgärderna är att de inte bara faller under VA-huvudmannens ansvar, utan även involverar andra aktörer och samhället i stort. Det skulle exempelvis innebära mycket omfattande kostnader om enbart VA-systemen ska öka kapaciteten för att hantera skyfall utan bräddning. Därför inkluderas även staden för att belysa att kommunen och fastighetsägare behöver göra lokala anpassningar för att omhänderta dagvatten. Det kan exempelvis innebära ombyggnation av allmän platsmark och integrerade lösningar vid nybyggnation, såsom översvämningsområden och förvaringsbassänger. Detta bidrar till att avlasta avloppsnätet och skydda omkringliggande bebyggelse mot översvämningar.

Även flera av de högst prioriterade åtgärderna för att minska spridningen av föroreningar fokuserar på att avlasta VA-systemen. Genom uppströmsåtgärder kan utsläppen minska vid källan, vilket reducerar behovet av avancerade reningstekniker innan utsläppspunkten. Införande av lagkrav och förbud mot skadliga kemikalier, tillsammans med ett utökat producentansvar, skapar incitament för producenter att minska utsläppen och övergå till mer hållbara alternativ. Samtidigt bedömer experterna att det är kritisk och brådskande att stärka samarbetet mellan olika aktörer och utveckla effektiva tekniker för att övervaka och avskilja mikroföroreningar som redan finns i miljön, samt de föroreningar som inte kan undvikas.

En annan högt prioriterad och återkommande åtgärd är att implementera källsorterande avloppssystem. Experterna bedömde detta som särskilt kritiskt och brådskande för att VA-systemet ska bidra till den cirkulära ekonomin och för att undvika övergödning. Konventionella avloppssystem blandar näringsämnen med skadliga ämnen, medan källsorterande avloppssystem separerar och behandlar olika avloppsfractioner separat. Detta kan bidra till att öka mängden växtnäring som recirkuleras till jordbruket och minska behovet av att tillföra konventionell mineralgödsel till ekosystemet. Implementering av källsorterande avloppssystem är särskilt relevant vid nybyggnation eftersom det kräver en anpassad infrastruktur, men det kan även övervägas vid större renoveringar.

Andra högt prioriterade åtgärder för att öka näringsåtervinningen från avloppsvatten är att införa lagkrav och olika styrmedel, exempelvis en kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel. Detta syftar till att få reningsverken att implementera teknik för näringsåtervinning och öka efterfrågan och användningen av återvunna näringsämnen. För att begränsa fosforutsläppen är det också kritiskt och brådskande att undersöka alternativa källor till fällningskemikalier, eftersom tillgången är osäker och det riskerar att uppstå brist.

En annan aspekt av en cirkulär ekonomi är att energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden. Det finns dock förbud eller kraftiga begränsningar för värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten på grund av risken för negativ påverkan för VA-systemet. För att detta inte ska utgöra ett hinder är en prioriterad åtgärd att öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet. Regleringarna behöver sedan anpassas för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering.

Studien inkluderade även beräkningsexempel för att undersöka effekten av olika åtgärder. För beräkningarna användes Uppsala tätort som fallstudie. Dessutom undersöktes effekten av Uppsala Vattens egna målsättningar, för att kunna jämföra dessa med de föreslagna åtgärderna.

5.3 UPPSALA TÄTORT SOM FALLSTUDIE

Uppsala kommun och Uppsala Vatten har ett flertal mål för att främja hållbarhet och vidtar åtgärder för att uppnå dessa. Uppsala Vatten arbetar utifrån en vision och fyra målområden (Uppsala Vatten 2023a):

Uppsala Vattens vision och målområden

Vision: *"Rent vatten, smarta kretslopp för hållbart liv i ett växande Uppsala."*

Målområden:

- Hållbar VA- och avfallsförsörjning
 - Bolaget ska ha en långsiktig och säker leverans av dricksvatten samt omhändertagande av dag- och spillvatten.
 - Bolaget ska säkra kapacitet och kostnadseffektivitet i sina anläggningar för att möjliggöra en fortsatt utveckling av Uppsala.
- Cirkulär resursanvändning
 - Bolaget ska skapa förutsättningar för ett långsiktigt cirkulärt Uppsala med förebyggande arbete i fokus.
 - Bolaget ska se avfall, dricksvatten och spillvatten som en resurs.
- Långsiktigt klimatarbete
 - Bolaget ska minska sina utsläpp av växthusgaser.
 - Bolagets anläggningar ska vara rustade för miljö- och klimatförändringar.
- Effektiv organisation
 - Bolaget ska ha en ekonomisk styrning och uppföljning som bidrar till god ekonomisk hushållning.
 - Kund- och intresseperspektivet ska genomsyra hela bolaget.
 - Bolaget ska vara en attraktiv arbetsgivare.

Det finns flera likheter mellan nyckelfaktorerna i denna studie och Uppsala Vattens målområden och bolagsmål. Exempel på gemensamma faktorer är fokus på hållbarhet, en cirkulär resursanvändning och klimatreiliens. En tydlig skillnad är att Uppsala Vattens målområden även inkluderar ekonomiska och organisatoriska aspekter i högre grad än denna studie. Dessutom skiljer sig kategoriseringen av de olika målen. En anledning till detta kan vara att Uppsala Vatten även ansvarar för avfallshantering, vilket ger ytterligare en dimension. En annan anledning kan vara att många faktorer påverkar varandra, vilket kan leda till olika uppdelningar.

Denna studie undersöker framtiden 2070, medan Uppsala Vatten planerar fram till 2050, det vill säga samma period som kommunens översiktsplan, samtidigt som de blickar mot 2100 (Uppsala Vatten 2023a). Uppsala Vatten uttrycker också att de vill minska kunskapsglappet mellan nutid och framtid. Backcasting är en lämplig metod för att undersöka långa tidsperioder och överbrygga klyftan mellan den nuvarande situationen och framtidsvisionen. Dessutom kan metoden ge vägledning och bidra till ett ökat samarbete.

En vidare arbetsrekommendation är därför att Uppsala Vatten gör en genomgripande backcasting med utgångspunkt i denna studie. Studien inkluderar beräkningsexempel med Uppsala tätort som fallstudie för att illustrera hur olika åtgärder kan bidra till att uppnå ett hållbart VA-system. Genom att identifiera och kvantifiera ytterligare åtgärder och analysera deras effekt, kan Uppsala Vatten undersöka hur deras arbetssätt behöver utvecklas för att förverkliga framtidsvisionen.

Befolkningsprognosen för Uppsala kommun är tydligt accelererande och kommunen planerar därför att expandera genom tätare bebyggelse och nybyggnation. Detta innebär att kapaciteten i VA-systemet behöver öka för att möta det växande behovet av dricksvattenproduktion och avloppshantering. Kungsängsverket är dock nära den belastning som det har tillstånd för, och redan idag pumpas vatten från Fyrisån till infiltrationsbäddar på rullstensåsarna för att kunna öka dricksvattenproduktionen. Det tillåtna grundvattenuttaget förväntas dock vara uppnått inom tio år.

För att minska belastningen på VA-systemet har Uppsala som mål att begränsa dricksvattenanvändningen till 100 liter per person och dygn. Genom att uppnå detta mål skulle dricksvattenanvändningen för Uppsala tätort 2070 kunna hållas på samma nivå som 2021, trots befolkningsökning. Om 50L Home Coalition blir framgångsrika i sin strävan att minska hushållens vattenanvändning till 50 liter per person och dygn, skulle dricksvattenanvändningen i Uppsala tätort 2070 kunna halveras jämfört med 2021, trots en ökande befolkning. Det finns därmed stor potential att minska belastningen på VA-systemet genom åtgärder som minskar dricksvattenförbrukningen. För att ytterligare minska belastningen på vattenresurserna behöver även industrin införa vattenbesparande åtgärder och öka användningen av återvunnet vatten.

En annan särskilt kritisk och brådskande åtgärd enligt expertbedömningen är att uppgradera ledningsnäten för att reducera mängden förlustvatten. Uppsala Vatten redovisar vattenförlusterna som andelen av den producerade mängden dricksvatten som når konsumenten. Detta ger dock ingen rättvis bild av ledningsnätets kvalitet, och en rekommendation är därför att ange vattenförlusterna som mängd förlustvatten per meter dricksvattenledning (Malm et al. 2019). Om Uppsala Vatten når sitt mål att begränsa vattenförlusterna till 15 procent 2050 skulle det innebära en vattenförlust på 12,0 liter per meter vattenledning och dygn. Detta är mer än dubbelt så mycket som den genomsnittliga vattenförlusten i Sverige. Genom att begränsa vattenförlusterna till genomsnittet skulle det ge en vattenbesparing motsvarande 246 personers årliga vattenförbrukning, förutsatt att den framtida dricksvattenanvändningen är 50 liter per person och dygn.

Uppsala Vatten har bedömt att 0,4 procent av ledningsnätet behöver förnyas årligen, vilket är lägre än den genomsnittliga förnyelsetakten i Sverige, och lägre än det som Svenskt Vatten rekommenderar för att väsentligt minska vattenförlusterna. Det är värt att notera att förutsättningarna för att reducera mängden förlustvatten varierar mellan olika kommuner, men att genomsnittet i Sverige ger en nivå att jämföra med. Eftersom Uppsala överstiger genomsnittet kan det finnas skäl att utvärdera om målvärdet är tillräckligt ambitiöst för att reducera vattenförlusterna i någon betydande omfattning.

För att VA-systemet ska vara klimatrezilient bedömde experterna att det är kritiskt och brådskande att staden vidtar åtgärder för lokal hantering av dagvatten. En av de högst prioriterade åtgärderna var att integrera lösningar vid nybyggnation, exempelvis översvämningssytor och förvaringsbassänger. Uppsala planerar att genomföra sådana åtgärder i de sydöstra stadsdelarna genom integrerade lösningar för att hantera dagvatten, samt gröna infiltrationsytor och vattenreservoarer för skyfall. Uppsala Vatten arbetar även med uppströmsåtgärder för att minska mängden föroreningar, även om de som VA-huvudman har begränsade möjligheter att påverka och ställa krav.

Dessutom undersökte studien effekten av att implementera källsorterande avloppssystem. Utsläppen från Kungsängsverket uppfyller dagens tillståndskrav för kväve och fosfor, men överskrider VA-företagets andel av den kritiska belastningen för Fyrisåns avrinningsområde. Att begränsa utsläppen till denna nivå är utmanande redan idag och det förväntas vara ännu svårare 2070 på grund av att befolkningstillväxt medför ökade kväve- och fosformängder i hushållsavloppsvattnet.

Om källsorterande avloppssystem implementeras i de sydöstra stadsdelarna, inklusive Bergsbrunna, och allt avloppsvatten omhändertas lokalt bidrar det till att avlasta Kungsängsverket. Uppsala Vatten planerar att bygga ett nytt avloppsreningsverk för de sydöstra stadsdelarna. Målet är att det ska vara mer resurseffektivt än det befintliga reningsverket, och benämns som ett resursverk (Uppsala Vatten 2023a). Om även övriga delar av Uppsala tätort separerar all urin och fekalier återstår endast näringsämnena i gråvattnet. Detta innebär att den krävda reningsgraden för Uppsala tätort 2070, exklusive de sydöstra stadsdelarna, går från 98,5 procent till 85,9 procent för kväve och från 98,9 procent till 92,6 procent för fosfor. Kungsängsverket har idag en reningsgrad på 80 procent för kväve och 98 procent för fosfor.

Reningsgraden för kväve behöver då vara något högre än det föreslagna värdet i det reviderade avloppsdirektivet på 85 procent. För fosfor kan reningsgraden understiga Kungsängsverkets nuvarande reningsgrad. Den stora utmaningen är dock att separera all urin och fekalier i en stad med befintlig VA-infrastruktur som inte är anpassad för detta. Om källsorterande avloppssystem endast implementeras i delar av Uppsala tätort skulle det vara svårt att begränsa utsläppen till den kritiska belastningen. Alternativet att inte implementera källsortering innebär dock att utsläppskraven blir ännu mer utmanande.

En annan viktig aspekt är att källsorterande avloppssystem möjliggör effektivare resursåtervinning och därmed en högre grad av näringsåterföring till jordbruksmark. Om källsorterande avloppssystem implementeras i Uppsalas sydöstra stadsdelar skulle kväveåtervinningen öka från 27 procent med ett konventionellt avloppssystem till 89 procent av kväveinnehållet i hushållsavloppsvattnet, inklusive matavfall. Detta motsvarar 222,7 ton kväve per år som kan återföras till jordbruksmark. För fosfor kan återvinningen öka från 86 till 92 procent, vilket motsvarar 33,0 ton per år. För att VA-systemet ska bidra till den cirkulära ekonomin är en föreslagen indikator att åtminstone kväve och fosfor i avloppet ska recirkuleras till minst 70 procent. Källsorterande avloppssystem är därför en förutsättning för att uppnå detta för kväve.

Genom att återföra växtnäring till jordbruksmark minskar dessutom behovet av att tillföra reaktivt kväve till miljön och fosfor utvunnet från berg i form av konventionell mineralgödsel. Källsorterande avloppssystem kan därmed bidra till att minska den totala mängden näringsämnen som är i omlopp och därigenom minska risken för övergödning.

Baserat på nuvarande utvecklingstrender kommer inte Uppsala tätort att uppnå de föreslagna nyckelfaktorerna och indikatorerna i denna studie. Exempelvis föreslår studien att vattenanvändningen begränsas till 50 liter per person och dygn, medan Uppsalas målsättning är 100 liter. Även målet att begränsa vattenförlusterna till 15 procent är inte att betrakta som att minimera vattenförlusterna. Detta eftersom det innebär en dubbelt så hög vattenförlust som genomsnittet i Sverige baserat på dricksvattennätets längd. Trots att åtgärder vidtas för att omhänderta dagvatten lokalt är åtgärderna begränsade till stadens allmänna platsmark. För att avlasta avloppsnätet ytterligare behöver även fastighetsägare vidta åtgärder för att omhänderta maximalt med nederbörd inom tomtgränsen. Vidare skulle det krävas betydande insatser för att begränsa kväve- och fosforutsläppen till 15,9 ton respektive 1,3 ton. Dessutom behöver källsorterande avloppssystem implementeras för att recirkulera minst 70 procent av kväve och fosfor i avloppsvattnet. För att uppnå den föreslagna framtidsvisionen 2070 behöver omställningen ske i en snabbare takt och med högre målsättningar än vad Uppsala har idag.

5.4 FRAMTIDSVISIONEN

Baserat på studiens resultat presenteras här en övergripande vision för en potentiell framtid om 50 år, det vill säga 2070. Detta för att bredda diskussionen och inkludera fler åtgärder än de som experterna bedömde som mest kritiska och brådskande. Om de föreslagna åtgärderna vidtas för att skapa ett hållbart VA-system, skulle det kunna bidra till att följande scenario realiserar.

År 2070 har Sverige 12,6 miljoner invånare till följd av en ökad livslängd och en högre andel utrikesfödda. Städerna har expanderat genom tätare bebyggelse och nya stadsdelar. Ett exempel är Uppsala som har vuxit till 350 000 invånare.

Klimatförändringarna har medfört en ökning av extremväder, men VA-systemet och staden är anpassade för att hantera dessa utmaningar. Nybyggda stadsdelar har integrerade lösningar för kraftigare skyfall, exempelvis översvämningsytor, förvaringsbassänger och gröna tak. Befintliga stadsdelar har anpassats genom ombyggnation av den allmänna platsmarken, och fastighetsägare omhändertar maximalt med nederbörd inom tomtgränsen. Tack vare dessa åtgärder för att avlasta avloppsnätet har behovet av bräddning eliminerats. Dessutom skyddas infrastrukturen mot översvämnningar med hjälp av skyddsvallar och diken.

Tillgången till dricksvatten i Sverige har påverkats negativt på grund av längre perioder av torka. Trots lägre tillgång till dricksvatten och en större befolkning är vattenbrist inget problem. Detta tack vare en hållbar dricksvattenanvändning som är begränsad till maximalt 50 liter per person och dygn. Målet har uppnåtts genom vattenbesparande åtgärder, såsom vattenbesparande teknik och beteendeförändringar genom en ökad medvetenhet om vikten av att spara vatten. Risken för vattenbrist har även skapat incitament till att minimera vattenförlusterna vid produktion och distribution av vatten. Åtgärderna har minskat trycket på vattenresurserna, vattenverken och avloppshanteringen. Detta har lett till att flera städer inte har behövt utöka kapaciteten trots befolkningstillväxt. Dessutom övervakas dricksvattenkvaliteten i realtid tack vare teknikutveckling.

För att återställa grundvattennivåerna har exempelvis de permeabla ytorna i staden bevarats och kompletterats med ytterligare ytor för ökad infiltration. Vattenförsörjningen har även diversifierats och vatten nyttjas från olika källor. Andelen återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent. Regnvatten samlas in från taken och renat avloppsvatten från hushåll och industri används för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet. Grävatten separeras när det är möjligt för effektivare behandling och återanvändning. Tidigare lagstiftning har anpassats för att inte utgöra ett hinder mot återanvändning av vatten.

Samhället har övergått till en cirkulär ekonomi för att hantera problem med resursbrist och klimatförändringar. Begynnande brist på resurser som skulle kunna återvinnas ur avloppsvattnet, har lett till att avloppsreningsverken har omvandlats till resursverk. Minst 70 procent av växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) recirkuleras till jordbruksmark. Detta har möjliggjorts genom implementering av källsorterande avloppssystem som separerar olika avloppsfractioner vid källan. På så vis blandas inte näringsämnen med skadliga ämnen, vilket möjliggör en högre återvinningsgrad. Där detta system inte finns på plats nyttjas central kväveåtervinning i rejektvattnet.

Dessutom har lagkrav och styrmedel införts för att öka näringsåtervinningen och efterfrågan på återvunnen näring. Exempel på detta är en kvotplikt för återvunnen näring i mineralgödsel och skatt på konventionell mineralgödsel. En högre grad av näringsåtervinning har ökat beredskapen för jordbruket genom att minska beroendet av importerad konventionell mineralgödsel, samt bidragit till minskad övergödning. Vidare används VA-systemets övriga resurser av olika aktörer och verksamheter, exempelvis cellulosa, fällningskemikalier och mineraler.

Utsläppskraven för avloppsvatten är anpassade efter de lokala förutsättningarna och ligger på en samhällsekonomiskt effektiv nivå som inte skadar miljön eller människors hälsa. Vattenlagstiftningen har reviderats för att hänvisning till Weserdomen inte ska hindra ökade utsläpp i en recipient trots mindre total miljöpåverkan. Vidare har behovet av fällningskemikalier minskat genom uppströmsarbete och dessutom finns det alternativa reningsmetoder. Det finns även fler källor till fällningskemikalier, vilket har säkrat tillgången och minskat den geopolitiska risken.

Vattenkvaliteten för dricksvatten och badvatten har förbättrats genom minimerade utsläpp av föroreningar. Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med utsläppen för 50 år sedan. Avloppsvattnet återspeglar samhällets konsumtionsmönster och beteenden, och förändringar av dessa har minskat reningsbehovet. Uppströmsåtgärder på lokal, regional och nationell nivå har reducerat utsläppen genom lagkrav och förbud mot användning av skadliga kemikalier och ett utökat producentansvar. Detta har kombinerats med effektivare reningsprocesser för de föroreningar som redan finns i miljön eller som inte kan undvikas. Teknikutveckling och ökad kunskap har möjliggjort noggrann övervakning av mikroföroreningar, trots låga koncentrationer.

Vidare nyttjas energin inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden. Tidigare förbud och begränsningar av värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten har reglerats för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering. Detta tack vare ökad förståelse för hur en lägre temperatur och de lokala förutsättningarna påverkar avloppssystemets mekaniska, kemiska och biologiska processer.

Värmepumpar/ värmeväxlare har därför kunnat installeras vid fastigheterna, alternativt på områdesnivå för att återvinna värme från avloppsvatten. Dessutom har biogasproduktionen effektiviserats och biogasen används på ett produktivt sätt.

Omställningen till ett mer hållbart VA-system har i många fall krävt initiala investeringar, men politikerna har varit medvetna om problemen och engagerat sig och infört effektiva styrmedel. De ekonomiska bedömningarna har även inkluderat alternativkostnader, och de nödvändiga investeringarna har därför bedömts vara samhällsekonomiska.

Genom integrerade lösningar för cirkularitet och klimatanpassning har samhället skapat ett hållbart VA-system som hanterar de utmaningar som en större befolkningensmängd, urbanisering och klimatförändringarna har medfört. VA-systemet och samhället i stort har minskat utsläppen av föroreningar och främjat återvinning och återanvändning av resurser. Detta har även ökat beredskapen och minskat den geopolitiska risken.

5.5 KONSEKVENSER AV VISIONEN FÖR VA-SEKTORN

Gemensamt för flera av de föreslagna åtgärderna är att de minskar belastningen på VA-systemet genom att inkludera fler aktörer utöver VA-sektorn. Trots detta innebär uppfyllande av visionen konsekvenser för VA-sektorn och dessutom kan åtgärder som minskar belastningen i sig leda till förändrade förhållanden som VA-sektorn behöver anpassa sig till.

En växande befolkning och ökad frekvens av skyfall ger en ökad mängd avloppsvatten. För att hantera detta behöver antingen VA-systemets kapacitet öka, eller så behöver belastningen minska. Volymen avloppsvatten kan reduceras genom vattenbesparande åtgärder, högre grad av återanvändning och återvinning av vatten, samt åtgärder för lokal hantering av dagvatten. Samtidigt är det inte önskvärt för VA-huvudmannen att vattenförbrukningen minskar alltför kraftigt eftersom detta skapar problem med långa uppehållstider i ledningssystemet. Detta kan dock bli en verklighet som VA-sektorn behöver anpassa sig till, även om de själva inte skulle arbeta för en så omfattande minskning av vattenförbrukningen. Anledningen är att det finns andra aktörer som verkar för detta och som inte har VA-huvudmannaperspektivet, och därmed inte tar hänsyn till effekterna på VA-systemet. Om exempelvis 50L Home Coalition blir framgångsrika i sin strävan mot en vattenanvändning på 50 liter per person och dygn, kommer VA-huvudmannen tvingas anpassa systemet till ett lägre flöde.

Det andra alternativet, det vill säga att utöka kapaciteten, medför betydande investeringskostnader. Detta är ett återkommande hinder för ett flertal nyckelfaktorer. Eftersom förnysetakten av den föråldrade infrastrukturen inte är tillräckligt hög idag, innebär det att en del av underhållsbehovet skjuts på framtiden (Carlsson et al. 2017). Detta i kombination med behovet av ökad kapacitet, förbättrad klimatesiliens, minskad klimatpåverkan och en förbättrad reningsprocess, innebär att det kommer bli utmanande för VA-sektorn att finansiera alla åtgärder som krävs för att uppnå visionen. Detta gör det ännu viktigare att undersöka sätt att minska belastningen genom system- och beteendeförändringar.

För att övervinna det hinder som investeringskostnaderna kan innebära är en vanligt förekommande åtgärd att göra politiker medvetna om situationen och investeringsbehovet. Detta eftersom det generellt krävs krav eller ekonomiska incitament för att åstadkomma en förändring. Politiker behöver därför vara informerade och engagerade i frågan för att kunna utforma effektiva lagar och styrmedel. Detta kan bidra till samhällsförändringar och ställa krav på VA-sektorn och andra aktörer som påverkar VA-systemet. Det är dock avgörande att lagstiftningen styr i en hållbar riktning, och framför allt att den inte gör att olika intressen blir oförenliga. Ett exempel på detta är Weserdomen och flera aktörer har även uppmärksammat att vissa delar av förslaget om ett reviderat avloppsdirektiv kan få negativa samhällsekonomiska konsekvenser och effekter för miljön (Svenskt Vatten 2022a). Detta belyser vikten av att anpassa åtgärderna efter de lokala förutsättningarna och att det inte finns en lösning som passar för alla situationer och förhållanden.

Vidare innebär visionen en övergång till en cirkulär ekonomi. Genom att effektivisera resursanvändningen kan mängden avfall och avlopp reduceras, och det som traditionellt betraktats som avfall kan istället användas som en resurs. En generell kritik mot bland annat vatten- och avloppshantering är dock att de är konstruerade som linjära flöden, istället för cirkulära flöden som naturliga processer (Wilsenach & Van Loosdrecht, 2004). För att öka graden av näringsåtervinning behövs därför en omfattande förändring av de konventionella avloppssystemen. Det mesta av dricksvattnet som används inom hushållen fungerar idag som transportmedium för bland annat urin, fekalier, smuts och rengöringsmedel (Wilsenach & Van Loosdrecht, 2004). Detta resulterar i en försämrad vattenkvalitet och utspädning av koncentrerat avfall, vilket begränsar möjligheterna till återvinning. Dessutom behöver vattnet renas igen genom en kostsam och resurskrävande process (Wilsenach & Van Loosdrecht, 2004).

Anledningen till att systemet är utformat på detta vis är att utvecklingen av avloppshantering har skett stegvis genom historien, som svar på de problem som uppstått i takt med samhällsutvecklingen (Wilsenach & Van Loosdrecht, 2004). Redan under antiken byggde romarna vattenbaserade avloppssystem, men denna kunskap gick förlorad. Det var först under 1800-talet som moderna avloppssystem introducerades som ett resultat av urbaniseringen och de ökade sanitära problemen, inklusive sjukdomar och epidemier som hotade att utplåna hela städer (Mulder 2019). Införande av avloppssystem medförde en förbättrad folkhälsa genom att minska spridningen av sjukdomar och epidemier, men det gav istället upphov till nya problem (Mulder 2019). Obehandlat avloppsvatten släpptes rakt ut i recipienten, och i takt med utbyggnaden av systemet ökade näringsbelastningen, vilket orsakade problem med övergödning (Almqvist et al. u.å.). Detta innebar att vattnet inte längre kunde användas som dricksvatten eller för bevattning (Mulder 2019), och av den anledningen byggdes flera reningsverk under mitten av 1900-talet (Almqvist et al. u.å.).

Den befintliga infrastrukturen som växt fram genom historien skapar både möjligheter och hinder. Med ett reaktivt förhållningssätt med utgångspunkt i det befintliga systemet, riskerar samhället att lägga stora resurser på att underhålla och anpassa ett system som kanske i grunden behöver ersättas av en mer resurseffektiv helhetslösning. Istället för att släcka bränder, eller i detta fall laga läckor, kanske det krävs en grundläggande förändring av hela systemet och samhället i stort.

Även om det centraliserade vattenbaserade avloppssystemet har blivit normen för många samhällen globalt, ifrågasätter flera forskare om konventionella avloppssystem är en hållbar lösning (Wilsenach & Van Loosdrecht, 2004). För att möta dagens och framtida utmaningar är det nödvändigt att bredda perspektivet för att se helheten, istället för att enbart fokusera på att lösa varje enskilt problem isolerat från resten av systemet. Backcastingmetoden kan bidra till att hitta nya vägar framåt, eftersom den utgår från visionen istället för den nuvarande situationen.

Åtgärder för att uppnå framtidsvisionen innefattar att hantera befintliga och akuta problem samt att arbeta förebyggande. Detta är en utmaning för VA-sektorn, men även för samhället i stort. Studien visar på att det finns ett flertal åtgärder som kan vidtas för att möta de utmaningar som VA-systemet står inför. Det behövs exempelvis investeringar i infrastruktur och teknik, samt politisk vilja och engagemang för att utarbeta effektiva lagar och styrmedel. Vidare är det nödvändigt med samverkan mellan olika aktörer, såsom VA-huvudmän, kommuner, myndigheter, forskare, jordbrukare och allmänheten. För att möjliggöra ett hållbart VA-system i en urban miljö år 2070, under ett förändrat klimat kan inte hela ansvaret läggas på VA-sektorn utan hela samhället behöver vidta åtgärder.

5.6 FORTSATTA STUDIER OCH REKOMMENDATIONER

Denna studie täcker ett brett ämnesområde med många påverkande faktorer, och har därför inte möjlighet att ge en detaljerad redogörelse för varje faktor. Fördjupade studier behövs för att undersöka sambanden mellan olika faktorer och identifiera ytterligare relevanta åtgärder som kan bidra till ett hållbart VA-system. Dessutom behöver de sociala och ekonomiska aspekterna inkluderas i högre grad.

Resultaten från fallstudien i Uppsala kan delvis generaliseras och tillämpas på andra städer som står inför liknande utmaningar. Föreställningen om en lösning som passar överallt, oberoende av de lokala förutsättningarna, behöver dock överges. Varje stad har sina unika förutsättningar som måste beaktas. Trots detta finns det möjlighet att dra nytta av de identifierade nyckelfaktorerna, indikatorerna, möjligheterna, hindren och åtgärderna, men framför allt av den backcastingmetod som tillämpades.

Som tidigare nämnts är en vidare arbetsrekommendation att Uppsala Vatten gör en genomgripande backcasting, och samma rekommendation ges även till Svenskt Vatten. Detta för att skapa en gemensam bild av vägen mot en önskvärd framtid. För att sedan åstadkomma verklig förändring är det avgörande att resultaten tillämpas och att arbetet inleds för att vidta de åtgärder som krävs idag. Av denna anledning bör nyckelpersoner som kan genomföra planen vara med i backcastingprocessen. Rekommendationen riktar sig även till andra sektorer utöver VA-sektorn. Detta eftersom backcasting kan vara en lämplig metod även för andra områden i samhället där det är nödvändigt att bredda perspektivet för att se helheten och nya vägar framåt, istället för att begränsas av det befintliga systemet.

REFERENSER

- 50L Home Coalition (2020). *Global Coalition unites to tackle the urban water crisis and address climate change through public-private collaboration*. <https://50lhome.org/global-coalition-unites/> [2023-02-03].
- 50L Home Coalition (2021). *A Circular Water Future*. <https://50lhome.org/project/a-circular-water-future-white-paper-on-water-reuse/> [2023-02-03].
- Almqvist, H., Andersson, Å., Jensen, A. & Jönsson, H. (2007). *Sammansättning och flöden på BDT-vatten, urin, fekalier och fast organiskt avfall i Gebers*. Svenskt Vatten Utveckling, 2007 (05).
- Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. & Trimmer, C. (2016). *Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: From Waste Disposal to Resource Recovery*. Nairobi och Stockholm: UNEP och Stockholm Environment Institute.
- Arnell, M., Saagi, R., Wärff, C., Ahlström, M. & Jeppsson, U. (2021). *Värmeåtervinning ur avloppsvatten: Energiåtervinning och påverkan på avloppssystemet*. Svenskt Vatten Utveckling, 2021 (26).
- Avloppsguiden (u.å.). *Toaletter*. <https://avloppsguiden.se/informationssidor/toaletter/> [2023-05-21].
- Azote för Stockholm Resilience Centre, Stockholms universitet, baserad på analys av Richardson et al 2023. (2023). *Planetary boundaries*. <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html> [2023-12-10].
- Bailey, O., Zlatanovic, L., van der Hoek, J.P., Kapelan, Z., Blokker, M., Arnot, T. & Hofman, J. (2020). *A Stochastic Model to Predict Flow, Nutrient and Temperature Changes in a Sewer under Water Conservation Scenarios*. Water, 12 (4).
- Balmér, P. (u.å.). *Avlopp*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/avlopp> [2023-03-10]
- Bengston, D.N., Westphal, L.M. & Dockry, M.J. (2020). *Back from the Future: The Backcasting Wheel for Mapping a Pathway to a Preferred Future*. World Futures Review, 12 (3), 270–278.
- Börjeson, L., Höjer, M., Dreborg, K.H., Ekvall, T. & Finnveden, G. (2006). *Scenario types and techniques: Towards a user's guide*. Futures, 38 (7), 723–739.
- Brundtlandkommissionen (1987). *Our Common Future*.
- Carlsson, H., Haraldsson, M., Kärrman, E., Lidström, V., Lundh, M., Malm, A., Malmström, H., Pendrill, L., Rönnbäck, M., Sjögren, L. & Svensson, G. (2017). *Investeringsbehov och framtida kostnader för kommunalt vatten och avlopp*. Svenskt Vatten.
- Chandrappa, S., Dharmanna, L., Shyama Srivatsa Bhatta U, V., Sudeeksha Chiploonkar, M., Suraksha M, N. & Thrupthi, S. (2017). *Design and Development of IoT Device to Measure Quality of Water*. International Journal of Modern Education and Computer Science, 9 (4), 50–56.
- Clement, V., Rigaud, K.K., de Sherbinin, A., Jones, B., Adamo, S., Schewe, J., Sadiq, N. & Shabahat, E. (2021). *Groundswell: Acting on Internal Climate Migration Part II*. International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank.
- Eriksson, E., Auffarth, K., Henze, M. & Ledin, A. (2002). *Characteristics of grey wastewater*. Urban Water, 4 (1), 85–104.

- EU-parlamentet & Europeiska unionens råd (2020). *Europaparlamentets och rådets direktiv (EU) 2020/2184 av den 16 december 2020 om kvaliteten på dricksvatten (omarbetning)*. Europeiska unionens officiella tidning.
- Europeiska kommissionen (2021). *Vägen till en frisk planet för alla EU-handlingsplan: Med sikte på nollförorening av luft, vatten och mark*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0400> [2023-03-13].
- Europeiska kommissionen (2022a). *Bilagor till Förslag till Europaparlamentets och rådets direktiv om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (omarbetning)*. Bryssel. [2023-02-09].
- Europeiska kommissionen (2022b). *Förslag till Europaparlamentets och rådets direktiv om rening av avloppsvatten från tätbebyggelse (omarbetning)*. Bryssel. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/?uri=CELEX:52022PC0541> [2023-02-09].
- Europeiska miljöbyrån (2017). *Chemicals for a Sustainable Future: Report of the EEA Scientific Committee Seminar*. Europeiska unionens publikationsbyrå.
- Expertgruppen för Hållbar och Cirkulär VA (2021). *Dagens reningsverk - morgondagens resursverk*. Delegationen för cirkulär ekonomi.
- Frihammar, E. & Barup, J. (2021). *Vilket vatten till vad? Hållbar vattenförsörjning genom användning av alternativa vattenkällor*. Svenskt Vatten Utveckling, 2021 (20).
- Garner, E., Zhu, N., Strom, L., Edwards, M. & Pruden, A. (2014). *A human exposome framework for guiding risk management and holistic assessment of recycled water quality*. Environmental Science: Water Research & Technology, 2, 580.
- Havs- och vattenmyndigheten (2023). *Ansvar för vatten – vem gör vad?* <https://www.havochvatten.se/miljopaverkan-och-atgarder/miljopaverkan/vattenbrist/ansvar-for-vatten---vem-gor-vad.html> [2023-05-30].
- Holm, C. & Schulte-Herbrüggen, H. (2021). *Vattenbesparande åtgärder: Exempelsamling för kommuner och hushåll*. Ecoloop och WRS.
- Hoorneweg, D., Hosseini, M., Kennedy, C. & Behdadi, A. (2016). *An urban approach to planetary boundaries*. Ambio, 45 (5), 567.
- Hou, C., Fu, H., Liu, X. & Wen, Y. (2020). *The effect of recycled water information disclosure on public acceptance of recycled water - Evidence from residents of Xi'an, China*. Sustainable Cities and Society, 61, 102351.
- IKEA (2022). *IKEA ÅBÄCKEN – An innovative nozzle to help save water at home*. <https://about.ikea.com/en/behind-scenes/innovation-technology/2022/08/23/ikea-abacken-an-innovative-nozzle-to-help-save-water-at-home> [2023-04-25].
- Johansson, M., Albinsson, M. & Regnell, F. (2022). *Juridiska utmaningar när avloppsvatten blir tekniskt vatten*. Svenskt Vatten Utveckling, 2022 (3).
- Jönsson, H., Baky, A., Jeppsson, U., Hellström, D., & Kärrman, E. (2005). *Composition of urine, faeces, greywater and biowaste for utilisation in the URWARE model*.
- Jönsson, H., Richert Stinzing, A., Vinnerås, B. & Salomon, E. (2004). *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production*. Stockholm Environment Institute.
- Kairos Future (2018). *Svenskt Vatten: Omvärldsanalys inom ramen för framarbetande av ny verksamhetsstrategi*.
- Kärrman, E., Kjerstadius, H., Davidsson, Å., Hagman, M. & Dahl, S. (2017). *Källsorterande system för spillvatten och matavfall: Erfarenheter, genomförande, ekonomi och samhällsnytta*. Svenskt Vatten Utveckling, 2017 (04).

- Kjerstadius, H., Bernstad Saraiva, A., Spångberg, J. & Davidsson (2017). *Carbon footprint of urban source separation for nutrient recovery*. Journal of Environmental Management, 197, 250–257.
- Kjerstadius, H., Haghatafshar, S. & Davidsson, A. (2015). *Potential for nutrient recovery and biogas production from blackwater, food waste and greywater in urban source control systems*. Environmental Technology (United Kingdom), 36 (13), 1707–1720.
- Kvarnström, E., Arnell, M., Sörelus, H. & Klingberg, J. (2021). *Hållbarhetsindex och FN:s hållbarhetsmål: Förslag på vägar framåt för den svenska VA-branschen*. Svenskt Vatten Utveckling, 2021 (23).
- Livsmedelsverket (2019). *Handbok för klimatanpassad dricksvattenförsörjning*. https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/dricksvattenproduktion/kaskad-handbok-for-klimatanpassning_dricksvattenproduktion [2023-06-03].
- Livsmedelsverket (2022). *Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten*. Livsmedelsverkets författningssamling, 2022 (12). <https://www.livsmedelsverket.se/om-oss/lagstiftning1/gallande-lagstiftning/livsfs-202212> [2023-03-02].
- Livsmedelsverket (u.å.). *Mikrobiologisk förorening*. https://www.livsmedelsverket.se/foretagande-regler-kontroll/dricksvattenproduktion/kaskad-handbok-for-klimatanpassning_dricksvattenproduktion/konsekvenser_av_ett_forandrat_klimat/mikrobiologisk-foroerening [2023-05-31].
- Malm, A., Axell, L., Svensson, G. & Røstum, J. (2019). *Vattenförluster från ledningsnätet - beräkningsverktyg för en hållbar nivå*.
- Malmquist, J. & Stenström, T. (u.å.). *Dricksvatten*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/dricksvatten> [2023-05-31].
- Mulder, K. (2019). *Future options for sewage and drainage systems three scenarios for transitions and continuity*. Sustainability, 11 (5), 1383.
- Naturvårdsverket (u.å.a). *Avloppshantering och miljömålsarbetet*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/avlopp/avloppshantering-och-miljomalsarbetet/> [2023-06-03].
- Naturvårdsverket (u.å.b). *Sveriges miljömål*. <https://www.naturvardsverket.se/om-miljoarbetet/sveriges-miljomal/> [2023-05-30].
- Niemczynowicz, J. (1993). *New Aspects of Sewerage and Water Technology*. Ambio, 22 (7), 449–455.
- Nordström, A., Forsman, A., Swahn, J.-Ö., Warell, J. & Stenström, T. (u.å.). *Vattenförsörjning*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vattenforsorjning> [2023-05-27].
- Orbital Systems (u.å.). *Tekniken bakom ditt duschsystem*. <https://orbital-systems.com/sv/teknologin/> [2023-05-21].
- Persson, L., Carney Almroth, B.M., Collins, C.D., Cornell, S., de Wit, C.A., Diamond, M.L., Fantke, P., Hassellöv, M., MacLeod, M., Ryberg, M.W., Søgaard Jørgensen, P., Villarrubia-Gómez, P., Wang, Z. & Hauschild, M.Z. (2022). *Outside the Safe Operating Space of the Planetary Boundary for Novel Entities*. Environmental Science & Technology, 56 (3), 1510–1521.
- Persson, L.M., Breitholtz, M., Cousins, I.T., De Wit, C.A., MacLeod, M. & McLachlan, M.S. (2013). *Confronting Unknown Planetary Boundary Threats from Chemical Pollution*. Environmental Science and Technology, 47 (22), 12619–12622.

- Van Puijenbroek, P.J.T.M., Bouwman, A.F., Beusen, A.H.W. & Lucas, P.L. (2015). *Global implementation of two shared socioeconomic pathways for future sanitation and wastewater flows*. Water Science and Technology, 71 (2), 227–233.
- UN Environment (2019). *Global Chemicals Outlook II - From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- Regeringskansliet (2016). *Att förändra vår värld: Agenda 2030 för hållbar utveckling*. <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-for-hallbar-utveckling/> [2023-03-17].
- Regeringskansliet (2022). *Faktabromemoria 2022/23: FPM21: Ett reviderat avloppsdirektiv*. <https://www.regeringen.se/faktabromemoria/2022/12/202223fpm21/> [2023-06-03]
- Robèrt, K.H., Schmidt-Bleek, B., Aloisi De Larderel, J., Basile, G., Jansen, J.L., Kuehr, R., Price Thomas, P., Suzuki, M., Hawken, P. & Wackernagel, M. (2002). *Strategic sustainable development - selection, design and synergies of applied tools*. Journal of Cleaner Production, 10 (3), 197–214.
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., III Chapin, F.S., Lambin, E., M. Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H.J., Nykvist, B., A. de Wit, C., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., K. Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., W. Corell, R., J. Fabry, V., Hansen, J., Walker, B., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P. & Foley, J. (2009). *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*. Ecology and Society, 14 (2).
- Rose, C., Parker, A., Jefferson, B. & Cartmell, E. (2015). *The Characterization of Feces and Urine: A Review of the Literature to Inform Advanced Treatment Technology*. Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 45 (17), 1827–1879.
- Ryberg, M.W., Bjerre, T.K., Nielsen, P.H. & Hauschild, M.Z. (2020). *Absolute sustainability assessment of a Danish utility company*. Journal of Industrial Ecology.
- SCB (2021). *Sveriges framtida befolkning 2021 - 2070*. Demografiska rapporter, 2021 (1). <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/publikationer/sveriges-framtida-befolkning-2021-2070/> [2023-03-06].
- SCB (2022a). *Folkmängd efter inrikes/utrikes född, ålder och kön. År 2022 - 2120*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0401_BE0401A/BefolkprognRevNb/?loadedQueryId=124264&timeType=top&timeValue=99 [2023-03-13].
- SCB (2022b). *Folkmängd efter region, inrikes/utrikes född, ålder och kön. År 2022 - 2070*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0401_BE0401A/BefProgRegFakN/ [2023-03-13].
- SCB (2023a). *Antal personer per hushåll efter region och år*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_HE_HE0111_HE0111A/HushallT29/table/tableViewLayout1/ [2023-05-22].
- SCB (2023b). *Folkmängden efter region, civilstånd, ålder och kön. År 1968 - 2022*. https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_BE_BE0101_BE0101A/BefolkningNy/table/tableViewLayout1/ [2023-03-06].
- Sengupta, S., Nawaz, T. & Beaudry, J. (2015). *Nitrogen and Phosphorus Recovery from Wastewater*. Current Pollution Reports, 1 (3), 155–166.

- De Smedt, P., Borch, K. & Fuller, T. (2013). *Future scenarios to inspire innovation*. Technological Forecasting and Social Change, 80 (3), 432–443.
- Sokolow, S., Godwin, H. & Cole, B.L. (2016). *Impacts of Urban Water Conservation Strategies on Energy, Greenhouse Gas Emissions, and Health: Southern California as a Case Study*. American Journal of Public Health, 106 (5), 941–948.
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., de Vries, W., de Wit, C.A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B. & Sörlin, S. (2015). *Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet*. Science, 347 (6223).
- Stensen, K., Krunegård, A., Rasmusson, K., Matti, B. & Hjerdt, N. (2019). *Sveriges vattentillgång utifrån perspektivet vattenbrist och torka - Delrapport 1 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter*. SMHI Hydrologi, 2019 (120).
- Svenskt Vatten (2021). *Dricksvattenfakta*. <https://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/> [2023-03-08]
- Svenskt Vatten (2022a). *Avloppsdirektiv med konsekvenser: Svenskt Vattens analys och värdering av EU-kommissionens förslag den 26 oktober 2022 till nytt avloppsdirektiv*.
- Svenskt Vatten (2022b). *Resultatrapport för VASS Drift 2021: Tillståndet i VA-Sverige*. Svenskt Vatten, R2022 (02).
- Svenskt Vatten (2023). *Resultatrapport för Hållbarhetsindex 2022*. Svenskt Vatten, R2023 (01).
- Sveriges miljömål (2023a). *Dagvattenhantering i befintlig bebyggelse*. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-befintlig-bebyggelse/> [2023-06-06].
- Sveriges miljömål (2023b). *Dagvattenhantering i ny eller ändrad bebyggelse*. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/dagvattenhantering-i-ny-eller-andrad-bebyggelse/> [2023-06-06].
- Sveriges miljömål (2023c). *Ingen övergödning*. <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/ingen-overgodning/> [2023-06-06]
- Sveriges miljömål (2023d). *Integrering av stadsgrönska och ekosystemtjänster i urbana miljöer*. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/integrering-av-stadsgronska-och-ekosystemtjanster-i-urbana-miljoer/> [2023-06-06].
- Sveriges miljömål (2023e). *Läkemedel i miljön*. <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/lakemedel-i-miljon/> [2023-06-06].
- Sveriges miljömål (u.å.). *Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/> [2023-06-06].
- Sverigesmiljomal.se (2020). *Grafisk profil för Sveriges miljömål*. <https://www.sverigesmiljomal.se/kontakt-och-material/grafisk-profil/> [2023-06-06].
- Taylor, R. & Manager, N. (u.å.). *What is the Infrastructure Leakage Index (ILI) and How Did Waitakere City Council Manage to Achieve an ILI of 1.0?* [2023-05-21].
- The Food and Agriculture Organization (u.å.). *FAOSTAT: Sweden*. <https://www.fao.org/faostat/en/#country/210> [2023-05-10].
- UN Environment (2019). *Global Chemicals Outlook II - From Legacies to Innovative Solutions: Implementing the 2030 Agenda for Sustainable Development*.
- UNDP (2023). *Logotyper*. <https://www.globalamalen.se/material/logotyper/> [2023-03-24]

- UNDP (u.å.). *Globala målen*. <https://www.globalamalen.se/om-globala-malen/> [2023-06-06]
- Uppsala kommun (2021). *Fördjupad översiktsplan för de Sydöstra stadsdelarna, inklusive Bergsbrunna*. KSN 2017 (0007).
- Uppsala kommun (2022). *Statistik om Uppsala kommun 2022*. <https://www.uppsala.se/contentassets/f09f9e6b994f41408c66064a2da8470b/statistik-2022-webb.pdf> [2023-04-24]
- Uppsala Vatten (2006). *Miljörapport 2005: Kungsängsverket, Uppsala*. Uppsala Kommun VA- och avfallskontoret, 2006 (919)
- Uppsala Vatten (2020). *Plan för den allmänna VA-anläggningen*.
- Uppsala Vatten (2021). *Affärsplan och budget 2022 - 2024*.
- Uppsala Vatten (2022a). *Miljörapport 2021 Kungsängsverket*.
- Uppsala Vatten (2022b). *Vattenverk*. <https://www.uppsalavatten.se/om-oss/vara-anlaggningar/vattenverk> [2023-05-21].
- Uppsala Vatten (2023a). *Affärsplan och budget 2023 - 2025*. Uppsala Vatten och Avfall AB, UVA-2022 (01410).
- Uppsala Vatten (2023b). *Års- och hållbarhetsredovisning 2022*. Uppsala Vatten och Avfall AB.
- Ursing, B., S. Parasnis, D., Grip, H., Olovsson, I., Swahn, J.-Ö., Björn, L.O., Tansjö, L., Falkenmark, M., Strömberg, R., Lundquist, S., Hillert, S. & Stenström, T. (u.å.). *Vatten*. Nationalencyklopedin. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/vatten> [2023-05-27].
- VA-Fakta (u.å.). *Om VA-Fakta*. <https://www.vafakta.se/om-va-fakta/> [2023-05-30].
- Vergragt, P.J. & Quist, J. (2011). *Backcasting for sustainability: Introduction to the special issue*. *Technological Forecasting and Social Change*, 78 (5), 747–755.
- Wang, Z., Walker, G.W., Muir, D.C.G. & Nagatani-Yoshida, K. (2020). *Toward a Global Understanding of Chemical Pollution: A First Comprehensive Analysis of National and Regional Chemical Inventories*. *Environmental Science and Technology*, 54 (5), 2575–2584.
- Wilsenach, J. A., & Van Loosdrecht, M. C. M. (2004). Effects of Separate Urine Collection on Advanced Nutrient Removal Processes. *Environmental Science and Technology*, 38(4), 1208–1215.
- WWF (2014). *Sammanfattning av Världsnaturfonden WWFs Living Planet Report 2014*. [2023-04-21].
- Yossapol, C., Axe, L., Watts, D., Caudill, R., Dickinson, D. & Mosovsky, J. (2002). *Carrying Capacity Estimates for Assessing Environmental Performance and Sustainability*. IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 32–37.
- Yu, Z.L.T., Rahardianto, A., Deshazo, J.R., Stenstrom, M.K. & Cohen, Y. (2013). *Critical Review: Regulatory Incentives and Impediments for Onsite Graywater Reuse in the United States*. *Water Environment Research*, 85 (7).
- Zeisl, P., Mair, M., Kastlunger, U., Bach, P.M., Rauch, W., Sitzenfrie, R. & Kleidorfer, M. (2018). *Conceptual Urban Water Balance Model for Water Policy Testing: An Approach for Large Scale Investigation*. *Sustainability*, 10 (3), 716.
- Åmand, L., Andersson, S., Arnell, M., Oliveira, F., Rahmberg, M. & Junestedt, C. (2016). *Nya utsläppskrav för svenska reningsverk - effekter på reningsverkens totala miljöpåverkan*. IVL Svenska Miljöinstitutet, B (2246).

BILAGOR

BILAGA A. INNEHÅLL I KLOSETTVATTEN

Detta avsnitt baseras på Rose et al. (2015) om inget annat anges. Avloppet från hushållen består av olika fraktioner, inklusive fekalier, urin, bad-, disk- och tvättvatten, samt eventuellt fast organiskt avfall om köksavfallskvarnar används (Almqvist et al. 2007). Dessa ursprungsfraktioner har varierande halter av näringsämnen, tungmetaller och andra föroreningar (Almqvist et al. 2007).

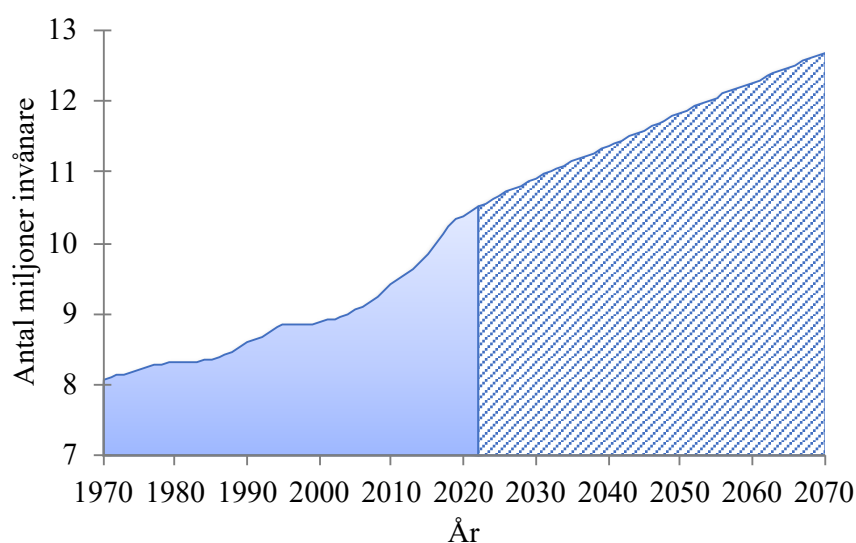
Mängden och sammansättningen av urin och fekalier varierar betydligt beroende faktorer som livsstil och konsumtion. Volymen och sammansättningen av urin påverkas av exempelvis vätskeintag, miljöfaktorer, fysisk aktivitet samt salt- och proteinkonsumtion. Den genomsnittliga mängden urin per person och dygn är 1,4 liter, och i genomsnitt tömmer en person blåsan 6 gånger per dygn. Urin består huvudsakligen av vatten (cirka 91–96 procent) samt salter, urea, organiska föreningar och ammonium i resterande del.

Mängden fekalier beror på matintag, kroppsvikt och kost, men i genomsnitt är det 128 gram per person och dygn. Friska personer tömmer tarmen i genomsnitt 1,10 gånger per dygn. Det finns en betydande skillnad i mängden fekalier mellan låg- och höginkomstländer, vilket kan förklaras av skillnader i kostens mängd icke-nedbrytbara fibrer. Fekalier består av 75 procent vatten och 25 procent fast material, varav 84–93 procent är organiskt material, huvudsakligen döda och levande bakterier. Återstående mängd utgörs av osmälta kolhydrater, proteiner, fibrer och fetter.

Sammansättningen av urin har studerats mer ingående än fekalier, främst på grund av dess potential som gödningsmedel inom jordbruket. Urin har höga halter av kväve, fosfor och kalium och innehåller färre patogena mikroorganismer än fekalier, vilket minskar riskerna. Den genomsnittliga mängden kväve som utsöndras i urinen är 10,7 gram per person och dag, jämfört med 1,8 gram kväve i fekalier, vilket endast motsvarar 14 procent av det totala utsöndrade kvävet. Kvävemängden i urin beror främst på proteinintaget, där högre proteinintag leder till mer kväve i urinen. Förutom urin och fekalier består klosettvatten också av vatten och toalettpapper. Vattnet kommer från urin och fekalier samt spolvattnet, och en person använder i genomsnitt 11,68–19,4 gram toalettpapper per dygn.

BILAGA B. BEFOLKNINGSUTVECKLING I SVERIGE

Sveriges befolkning förväntas öka med 2,2 miljoner människor, från 10,4 miljoner 2020 till 12,6 miljoner 2070 (SCB 2021). Prognoserna är baserade på antaganden om framtida födelsetal, dödlighet samt invandring och utvandring, men det är ingen sanning om hur det kommer att se ut. Befolkningen har ökat varje år mellan 1970 och 2020, med undantag för enstaka år, på grund av en högre födelsetakt än dödlighet, samt en positiv nettomigration (SCB 2021). Nettomigrationen har bidragit mer till befolkningsökningen än den naturliga folkökningen under nästan hela perioden, och detta förväntas även i framtiden. Mellan 2014 och 2018 ökade befolkningen med över 100 000 personer per år, vilket är den största ökningen någonsin sett till antal personer (SCB 2021). Framöver förväntas befolkningsökningen vara något långsammare (SCB 2021). Den historiska befolkningsutvecklingen i Sverige mellan 1970 och 2022 (SCB 2023b), samt en framskrivning till 2070 (SCB 2022a) presenteras i Figur B-1.



Figur B-1. Sveriges befolkningsutveckling från 1970 till 2022 (SCB 2023b), samt en framskrivning till 2070 (SCB 2022a).

Enligt prognosen för 2070 förväntas medellivslängden för kvinnor öka med 5,5 år och för män med 7,1 år (SCB 2021). Födelsetalet har minskat sedan 2016, och framöver förväntas kvinnor få sitt första barn senare i livet och antalet som inte får barn förväntas öka något. Vidare förväntas antalet utrikesfödda uppgå till 3 miljoner 2070, vilket motsvarar 24 procent av befolkningen (SCB 2021). Utvandringen från Sverige har också ökat, men inte i samma takt som invandringen.

Dessutom förväntas den äldre åldersgruppen öka i antal och utgöra en större andel av befolkningen, samtidigt som andelen utrikesfödda också ökar (SCB 2021). Prognosen förutsätter att dagens trender fortsätter och att samma regelverk gäller under hela perioden. Detta innebär att lagändringar som påverkar migrationen kan ha betydande effekter redan på kort sikt, vilket gör prognosen osäker (SCB 2021). Dessutom kommer uppskattningsvis 216 miljoner människor vara på flykt på grund av klimatförändringar fram till 2050 (Clement et al. 2021). Det finns möjlighet att minska antalet klimatflyktingar med 80 procent, det vill säga till 44 miljoner, genom att vidta åtgärder för att minska utsläppen av växthusgaser och återställa viktiga ekosystem (Clement et al. 2021).

BILAGA C. STATISTIK FÖR KUNGSÄNGSVERKET I UPPSALA

Den inkommande, utgående och bräddade volymen avloppsvatten för Kungsängsverket under perioden 2019–2021, samt beräknade medelvärden presenteras i Tabell C-1.

Tabell C-1. Inkommande, utgående och bräddad volym avloppsvatten vid Kungsängsverket i Uppsala (Uppsala Vatten 2022a).

Avloppsvatten	2019	2020	2021	Medelvärde
Inkommande mängd (m ³)	18 951 800	18 077 500	18 230 200	18 419 833
Utgående mängd (m ³)	18 951 800	18 077 500	18 230 200	18 419 833
Bräddning reningsverk (m ³)	200	0	0	67
Bräddning ledningsnät (m ³)	280	34	254	189

Inkommande och utgående kvävemängder och -halter vid Kungsängsverket i Uppsala mellan 2019 och 2021, samt beräknad reningsgrad och medelvärden för samma period, presenteras i Tabell C-2.

Tabell C-2. Inkommande och utgående kvävemängder och -halter vid Kungsängsverket i Uppsala mellan 2019 och 2021, samt beräknad reningsgrad och medelvärden för samma period (Uppsala Vatten 2022a).

Kväve	2019	2020	2021	Medelvärde
Inkommande mängd (ton/år)	940	960	930	943
Utgående mängd (ton/år)	210	180	180	190
Inkommande halt (mg/l)	50	53	51	51
Utgående halt (mg/l)	11	10	10	10
Reningsgrad (%)	78	81	81	80

Motsvarande värden för fosfor presenteras i Tabell C-3.

Tabell C-3. Inkommande och utgående fosformängder och -halter vid Kungsängsverket i Uppsala mellan 2019 och 2021, samt beräknad reningsgrad och medelvärden för samma period (Uppsala Vatten 2022a).

Fosfor	2019	2020	2021	Medelvärde
Inkommande mängd (ton/år)	110	110	120	113
Utgående mängd (ton/år)	2,1	1,9	2,4	2,1
Inkommande halt (mg/l)	5,8	6,1	6,6	6,2
Utgående halt (mg/l)	0,11	0,11	0,13	0,12
Reningsgrad (%)	98	98	98	98

BILAGA D. ENKÄT INFÖR WORKSHOPPEN

D.1 Enkät som skickades till deltagarna

Den enkät med föreslagna nyckelfaktorer och indikatorer som skickades till deltagarna innan workshoppen, presenteras i Figur D-1.

 Stjärna = extra viktig	 NYCKELFAKTOR <i>Vilka är de viktigaste framgångsfaktorerna för framtidsvisionen, dvs hur vet vi om vi har uppnått den?</i>	 INDIKATOR <i>Vad behövs för att uppnå nyckelfaktorn, dvs hur vet vi om vi har uppnått den?</i>
01	VA-systemet bidrar inte till övergödning	• Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kg N / år (baserat på kritisk belastning) • Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kg P / år (baserat på kritisk belastning) • Växtnäringen i avloppet recirkuleras till 70% • (Lägg till indikatorer här)
02	VA-systemet är klimatneutralt	• VA-systemet producerar minst lika mycket energi som det förbrukar • (Lägg till indikatorer här)
03	Vattenanvändningen i staden är hållbar	• Dricksvattenanvändningen är 50 L per person och dag (50 L Home Coalition) • (Lägg till indikatorer här)
04	VA-systemet sprider minimalt med föroreningar	• Utsläppen av mikroföroreningar är reducerade med 90% jämfört med dagens utsläpp • Uppströmsarbete...
05	VA-systemet tillhandahåller säkert vatten	• Dricksvattnet uppfyller dagens kvalitetskrav samt ytterligare krav med avseende på mikroföroreningar • (Lägg till indikatorer här)
06	VA-systemet är klimatesilient	• VA-systemet har kapacitet att hantera fler och kraftigare skyfall (100-årsregn) utan bräddning • VA-systemet har kapacitet att hantera längre perioder med torka • Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar • (Lägg till indikatorer här)
07	VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin	• (Lägg till indikatorer här)
08	(Lägg till nyckelfaktor här)	• (Lägg till indikatorer här)
09	(Lägg till nyckelfaktor här)	• (Lägg till indikatorer här)

Figur D-1. Enkät med föreslagna nyckelfaktorer och indikatorer som skickades ut till deltagarna innan workshoppen.

D.2 Ifylld enkät inför workshopen

Den ifyllda enkäten efter att deltagarna lämnat feedback, presenteras i Figur D-2.



Figur D-2. Ifylld enkät efter att deltagarna lämnat feedback.

BILAGA E. EXPERTBEDÖMNING

Tabell E-1 till Tabell E-15 i denna bilaga presenterar resultatet av expertbedömningen av hur kritiska respektive brådskande åtgärderna är.

Prioritering av åtgärder

- Hur kritisk/betydelsefull åtgärden är på en skala 1–5 där:
5 = kritisk
1 = icke-kritisk
- Hur brådskande åtgärden är på en skala 1–5 där:
5 = brådskande
1 = inte brådskande

Bedömningen genomfördes av fyra experter som betecknas *Exp. 1*, *Exp. 2*, *Exp. 3* och *Exp. 4*. För varje åtgärd presenteras experternas bedömning, medelvärde samt det lägsta och högsta värdet.

E.1 ”VA-systemet tillhandahåller säkert vatten”

Tabell E-1. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *VA-systemet säkerställer att människor inte exponeras för nu kända och framtida föroreningar i dricksvattnet*.

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Realtidsmätning av dricksvattenkvalitet	Teknikutveckling	4,3	3,0	5,0	3,8	3,0	5,0	5	3	3	3	4	4	5	5
Hinder															
Investerings- och driftkostnader	Göra politiker medvetna	2,8	1,0	5,0	4,0	3,0	5,0	1	4	4	4	5	5	1	3
Otillräcklig råvattenkvalitet	Vidta åtgärder för skydd av vattentäkter	3,8	2,0	5,0	3,8	2,0	5,0	2	2	3	3	5	5	5	5
	Avancerad dricksvattenrening	4,0	3,0	5,0	3,5	3,0	4,0	4	4	3	3	4	4	5	3

Tabell E-2. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Tillhandahållande av vatten av olika kvalitet för olika ändamål utöver dricksvattenkvalitet*.

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Avancerade vattenreningstekniker	Teknikutveckling	2,7	2,0	3,0	2,7	2,0	3,0	-	-	3	3	3	3	2	2
Hinder															
Existerande lagstiftning	Identifiera sätt att tillhandahålla vatten av olika kvalitet	4,3	4,0	5,0	4,3	4,0	5,0	4	4	4	4	4	4	5	5

E.2 ”Vattenanvändningen i staden är hållbar”

Tabell E-3. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Dricksvattenanvändningen är maximalt 50 liter per person och dygn.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Ökade problem med vattenbrist ger incitament till vattenbesparande åtgärder	Informera och skapa medvetenhet om betydelsen att spara vatten	4,0	2,0	5,0	3,8	3,0	5,0	2	5	4	4	5	3	5	3
	Införa vattenbesparande åtgärder för hushåll, industrier och verksamheter	4,5	3,0	5,0	3,3	3,0	4,0	5	4	3	3	5	3	5	3
Vattenbesparande tekniker bidrar till minskad vattenförbrukning	Skapa ekonomiska incitament genom att informera om långsiktig kostnadsbesparing och/eller införa subventioner eller skattelättnader	4,3	3,0	5,0	3,8	3,0	5,0	3	5	4	4	5	3	5	3
Hinder															
Ovilja till beteendeförändring och upplevd försämrad levnadsstandard	Utveckla vattenbesparande teknik som inte påverkar upplevd levnadsstandard	4,3	3,0	5,0	3,3	3,0	4,0	4	3	3	3	5	4	5	3
	Skapa incitament genom att införa prissättning beroende på vattenanvändning	4,5	3,0	5,0	3,3	3,0	4,0	5	4	3	3	5	3	5	3

Tabell E-4. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Andel återfört vatten är anpassad till stadens förutsättningar och kan vara upp till 100 procent.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Återanvändning av vatten för ändamål som inte kräver dricksvattenkvalitet	Regnvatteninsamling från taket	3,3	2,0	5,0	2,8	2,0	3,0	2	2	3	3	3	3	5	3
	Återanvända renat avloppsvatten från hushåll och industri	4,3	3,0	5,0	3,3	3,0	4,0	5	3	3	3	4	4	5	3
	Stärka samarbetet mellan kommun, industri, jordbruk och hushåll	3,5	3,0	4,0	3,5	3,0	4,0	3	4	3	3	4	4	4	3
	Återanvända gråvatten	4,3	3,0	5,0	3,0	2,0	4,0	5	2	3	3	4	4	5	3
Hinder															
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	4,3	3,0	5,0	4,3	4,0	5,0	3	5	4	4	5	4	5	-

Tabell E-5. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Minimala vattenförluster vid produktion och distribution av vatten.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Ökade problem med vattenbrist ger incitament till att minimera vattenförluster	Aktivt arbeta med reduktion av förlustvatten	4,5	4,0	5,0	4,5	4,0	5,0	5	4	4	4	4	5	5	5
Hinder															
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna om situationens allvar	4,0	3,0	5,0	4,8	4,0	5,0	3	5	4	4	4	5	5	5

E.3 ”VA-systemet bidrar till den cirkulära ekonomin”

Tabell E-6. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Växtnäringen (åtminstone kväve och fosfor) i avloppet recirkuleras till minst 70 procent.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Nya avloppsfraktioner som behåller näringsämnena i vattenfasen	Utveckla tekniker som kan fånga fler näringsämnena i lösning	3,3	2,0	4,0	3,5	2,0	5,0	4	5	4	4	2	2	3	3
Bidrar till minskad klimatpåverkan och övergödning	Hårdare klimatkrav	3,3	1,0	5,0	2,8	1,0	4,0	1	1	4	3	5	4	3	3
Ökad beredskap för jordbruket genom minskat beroende av importerad konventionell mineralgödsel	Incitament för inhemsk produktion genomförs	4,0	3,0	5,0	4,3	3,0	5,0	4	3	4	5	3	4	5	5
Hinder															
Saknas incitament för reningsverken att använda tekniken	Införa lagkrav	4,3	3,0	5,0	4,3	3,0	5,0	3	5	5	3	4	4	5	5
Saknas incitament att använda återvunnen växtnäring	Införa styrmedel för att öka efterfrågan, till exempel skatt på mineralgödsel	4,3	3,0	5,0	4,0	3,0	5,0	3	3	5	4	4	4	5	5
	Införa kvotplikt för återvunnen kväve och fosfor i mineralgödsel	4,8	4,0	5,0	3,8	3,0	5,0	5	4	5	3	4	3	5	5
Konventionella avloppssystem blandar näringsämnena med skadliga ämnen	Införa källsorterande system	5,0	5,0	5,0	4,3	3,0	5,0	5	5	5	5	5	4	5	3
Mer koncentrerad restprodukt med högre föroreningshalt	Utveckla nya reningstekniker för att hantera flödet	3,8	3,0	5,0	3,5	3,0	4,0	3	4	4	4	3	3	5	3
Investeringskostnader	Utveckla billigare metoder	3,5	3,0	4,0	3,3	1,0	4,0	3	4	4	4	4	4	3	1
	Göra politiker medvetna	3,5	2,0	5,0	3,3	1,0	4,0	2	4	4	4	5	4	3	1

Tabell E-7. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *VA-systemets övriga resurser kan nyttjas av andra aktörer och verksamheter.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Cellulosa, fällningskemikalier, mineraler etc	Utveckla teknik för utvinning av resursema	2,5	2,0	3,0	2,3	1,0	3,0	2	2	3	3	3	3	2	1

Tabell E-8. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Energin nyttjas inom VA-systemet eller tillhandahålls till staden.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Återvinning av värme	Installera värmepump/värmeväxlare i fastigheten/områdesnivå	3,3	2,0	5,0	3,3	2,0	4,0	2	3	4	4	5	4	2	2
Produktion av biogas	Utveckla/effektivisera biogasproduktionen och använda biogasen produktivt	3,5	2,0	5,0	3,8	3,0	5,0	2	3	3	3	4	4	5	5
Hinder															
Förbud eller kraftiga begränsningar avseende värmeåtervinning ur kommunalt avloppsvatten	Öka förståelsen för hur värmeåtervinning påverkar VA-systemet och anpassa regleringarna för att undvika onödiga begränsningar av energieffektivisering	4,0	2,0	5,0	4,8	4,0	5,0	2	5	4	4	5	5	5	5
Lägre temperatur på avloppsvattnet kan ge negativ påverkan på avloppssystemets mekaniska, kemiska och biologiska processer	Undersöka de lokala förutsättningarnas påverkan	3,3	2,0	4,0	4,3	4,0	5,0	2	5	4	4	4	4	-	-

E.4 "VA-systemet bidrar inte till övergödning"

Tabell E-9. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 15 920 kilogram kväve per år.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering	Bygga in källsorterande system vid nybyggnation	4,5	3,0	5,0	4,3	3,0	5,0	5	5	5	5	3	4	5	3
Central kväveåtervinning i rejektvattnet	Anpassa avloppsreningsverken genom investeringar i kväveseparerande teknik och infrastruktur	3,8	3,0	5,0	4,3	2,0	5,0	3	5	5	5	4	5	3	2
Minskad kvävekonsumtion leder till mindre kvävemängd	Uppmuntra till och servera mer vegetarisk kost	1,5	1,0	2,0	3,0	1,0	5,0	2	5	2	2	1	4	1	1
Hinder															
Kväverening kräver mycket energi och ger utsläpp av lustgas	Optimera kvävereningsprocessen för att minska energibehovet och utsläpp av lustgas	3,0	2,0	5,0	4,0	3,0	5,0	2	5	3	5	5	3	2	3
	Undersöka alternativa metoder som minimerar energianvändning och utsläpp av/eller behandlar lustgasen	3,5	2,0	4,0	3,5	2,0	5,0	4	2	4	4	4	5	2	3
Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad	Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser	4,5	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4	5	5	5	4	5	5	5
Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan	Revidering av vattenlagstiftningen	4,3	2,0	5,0	3,5	2,0	5,0	2	2	5	3	5	4	5	5

Tabell E-10. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Avloppssystemet släpper inte ut mer än 1305 kilogram fosfor per år.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådslande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Fosforåtervinning ur avloppsslam	Använda slammet i jordbruket eller utvinna fosfor med olika metoder	2,5	1,0	5,0	3,3	2,0	5,0	1	2	2	2	2	4	5	5
Stegvis avlastning av reningsverken med hjälp av källsortering	Bygga in källsorterande system vid nybyggnation	4,3	3,0	5,0	4,3	3,0	5,0	5	5	5	5	3	4	4	3
Hinder															
Saknas andra incitament än lagkrav med avseende på reningsgrad	Införa policyer/lagkrav på recirkulering av resurser	4,5	4,0	5,0	5,0	5,0	5,0	4	5	5	5	4	5	5	5
Hänvisning till Weserdomen hindrar ökade utsläpp i en vattenförekomst trots mindre total miljöpåverkan	Revidering av vattenlagstiftningen	4,3	2,0	5,0	3,5	2,0	5,0	2	2	5	3	5	4	5	5
Osäker tillgång till fällningskemikalier	Minska behovet av fällningskemikalier genom uppströmsarbete	4,0	3,0	5,0	3,7	3,0	4,0	5	4	3	3	4	4	-	-
	Undersöka alternativa källor till fällningskemikalier	4,5	4,0	5,0	4,5	4,0	5,0	5	5	4	4	4	4	5	5
	Undersöka alternativa reningsmetoder	4,0	3,0	5,0	3,5	2,0	5,0	4	2	4	4	3	3	5	5

E.5 ”VA-systemet sprider minimalt med föroreningar”

Tabell E-11. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Utsläppen av mikro-föroreningar är reducerade med 90 procent jämfört med dagens utsläpp.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådslande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Tekniska lösningar för behandling i avloppsreningsverken	Förbättra reningsteknikerna	4,8	4,0	5,0	4,0	3,0	5,0	5	3	4	4	5	4	5	5
	Styrning och hantering av spillvattenflöden utifrån deras innehåll av miljö- och hälsofarliga ämnen (utvecklad separering av avloppsvattensfraktioner)	3,5	1,0	5,0	3,5	1,0	5,0	5	5	5	5	3	3	1	1
Hinder															
Svårt att mäta och övervaka utsläppen på grund av låga koncentrationer	Teknikutveckling	5,0	5,0	5,0	4,0	3,0	5,0	5	3	5	4	5	4	5	5

Tabell E-12. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Uppströmsarbete bedrivs på lokal, regional och nationell nivå.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Hinder															
Saknas incitament att minska utsläppen	Införa lagkrav och förbud mot användning av farliga kemikalier	4,8	4,0	5,0	4,8	4,0	5,0	5	5	4	4	5	5	5	5
	Stärka recipientskyddet	2,8	1,0	5,0	2,5	1,0	5,0	2	2	3	2	5	5	1	1
	Utökad producentansvar ger ekonomiska incitament att minska användningen	4,0	3,0	5,0	4,5	3,0	5,0	3	5	4	3	4	5	5	5
Motstånd från intressenter vars verksamhet begränsas	Införa ekonomiska incitament eller regleringar	3,8	3,0	5,0	4,3	3,0	5,0	3	5	3	3	4	4	5	5
	Stärka samarbetet mellan olika aktörer	4,3	3,0	5,0	4,5	4,0	5,0	3	5	4	4	5	4	5	5
Bristande kunskap om föroreningarnas påverkan på människors hälsa och miljön	Bedriva mer forskning	3,5	2,0	5,0	3,8	3,0	5,0	2	3	4	4	5	5	3	3

E.6 ”VA-systemet är klimatresilient”

Tabell E-13. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *VA-systemet och staden är utformade så att de kan hantera fler och kraftigare skyfall utan bräddning.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Integrerade lösningar vid nybyggnation	Anlägga översvämningssytor, förvaringsbassänger eller gröna tak	4,8	4,0	5,0	4,0	2,0	5,0	4	2	5	5	5	4	5	5
Hinder															
Stadens befintliga utformning begränsar vad som är praktiskt genomförbart	Bygga om stadens allmänna platsmark så regnet inte går ner i avloppsnätet	5,0	5,0	5,0	3,8	3,0	5,0	5	3	5	3	5	4	5	5
	Komplettera det befintliga systemet eller ersätta vissa delar	4,3	3,0	5,0	2,7	2,0	3,0	3	3	5	3	5	2	-	-
	Skapa incitament för att fastighetsägare omhändertar maximalt med regnvatten inom tomtgränsen	4,3	2,0	5,0	4,3	3,0	5,0	2	3	5	5	5	4	5	5
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	3,7	2,0	5,0	4,3	4,0	5,0	2	4	4	4	-	-	5	5

Tabell E-14. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *VA-systemet och staden har kapacitet att hantera längre perioder med torka.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Återställning av grundvattennivåerna	Lagring av dagvatten	3,0	2,0	5,0	2,3	1,0	3,0	2	1	2	2	3	3	5	3
	Bevara/anlägga permeabla ytor för ökad infiltration	4,0	2,0	5,0	2,8	2,0	3,0	2	2	5	3	4	3	5	3
	Minska dricksvattenförbrukningen och öka vattenåteranvändningen	4,8	4,0	5,0	3,5	3,0	4,0	5	3	4	4	5	4	5	3
Diversifiera vattenförsörjningen	Nyttja möjligheterna att använda vatten från olika källor	4,0	3,0	5,0	3,0	3,0	3,0	5	3	3	3	3	3	5	3
Investeringar i infrastruktur	Öka lagringskapaciteten	3,3	2,0	5,0	2,3	2,0	3,0	2	2	-	-	3	2	5	3
	Uppgradera ledningsnäten för att minska vattenförluster	4,5	3,0	5,0	4,0	3,0	5,0	5	4	5	3	3	4	5	5
Hinder															
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	4,0	2,0	5,0	4,0	3,0	5,0	2	3	4	4	5	4	5	5

Tabell E-15. Expertbedömning av åtgärderna som är kopplade till indikatorn: *Översvämningar utgör ingen risk för VA-anläggningar.*

Möjlighet/Hinder	Åtgärd	Kritisk (K)			Brådskande (B)			Exp. 1		Exp. 2		Exp. 3		Exp. 4	
		Medel	Min	Max	Medel	Min	Max	K	B	K	B	K	B	K	B
Möjlighet															
Anpassning av infrastrukturen	Bygga skyddsbarriärer i form av skyddsvallar eller diken	3,3	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	3	3	3	3	4	3	-	-
Hinder															
Investeringskostnader	Göra politiker medvetna	3,8	1,0	5,0	3,5	1,0	5,0	1	1	4	4	5	4	5	5

BILAGA F. KOMPLETTERANDE MATERIAL TILL BERÄKNINGAR

F.1 Antagande om VA-företagets del av den kritiska belastningen i Fyrisåns avrinningsområde

För att uppskatta hur stor del av den kritiska belastningen, som exempelvis tilldelas Kungsängsverket, bör beräkningarna ta hänsyn till hur stor andel av befolkningen i avrinningsområdet som är anslutna till reningsverket. Senast tillgängliga data för befolkningen i Fyrisåns avrinningsområde är från 2005, och med hjälp av data för antalet anslutna till Kungsängsverket samma år kan andelen anslutna beräknas till 99,5 procent av befolkningen inom avrinningsområdet, se Tabell F-1.

Tabell F-1. Befolkning i Fyrisåns avrinningsområde och antalet anslutna till Kungsängsverket 2005.

Befolkning i Fyrisåns avrinningsområde och anslutna till Kungsängsverket 2005		Referens
Anslutna till Kungsängsverket 2005 (personer)	153 400	(Uppsala Vatten 2006)
Befolkning i Fyrisåns avrinningsområde 2005 (personer)	154 106	(SCB 2023a)
Andel av befolkning i Fyrisåns avrinningsområde som var anslutna till Kungsängsverket 2005 (%)	99,5	

Befolkningsmängden och Kungsängsverkets verksamhetsområde har dock förändrats sedan dess. Dessutom är det flera samhällen och en del av Uppsala stad som är anslutna till Kungsängsverket men som inte ligger inom avrinningsområdet. År 2005 behandlade Kungsängsverket avloppsvatten från Uppsala centralort med förortsområden samt tätorterna Bälinge och Lövstalöt. År 2021 var 190 573 personer anslutna till Kungsängsverket, som då behandlade avloppsvatten från Uppsala tätort med förortsområden samt tätorterna Bälinge, Lövstalöt, Gunsta, Länna, Almunge samt pumpat avloppsvatten från Jälla, Lindbacken, Vreta-Ytternäs, Uppsala-Näs/Bodarna och Skölsta (Uppsala Vatten 2022a). Av dessa ligger Vreta-Ytternäs, Uppsala-Näs/Bodarna och en del av Uppsala stad utanför Fyrisåns avrinningsområde. På grund av ett flertal osäkerheter och antaganden, förenklas beräkningarna genom antagandet att VA-företaget förser hela befolkningen i avrinningsområdet med VA.

F.2 Utsöndrad mängd kväve och fosfor baserad på proteinförsörjning och mätdata

Den totala mängden kväve och fosfor som utsöndras per person via urin och fekalier kan beräknas utifrån den konsumerade proteinmängden, enligt Ekvation 1 och Ekvation 2 (Jönsson et al. 2004).

Utsöndrad mängd kväve och fosfor baserad på proteinkonsumtion

$$N = 0,13 \cdot \text{totalt matprotein} \quad (1)$$

$$P = 0,011 \cdot (\text{totalt matprotein} + \text{vegetabiliskt protein}) \quad (2)$$

För konsumerade proteinmängder användes data från FN:s livsmedels- och jordbruksorganisation (FAO). Den genomsnittliga proteinförsörjningen i Sverige 2017–2019 var 106,3 gram per person och dygn, varav 67,7 gram animaliskt protein (The Food and Agriculture Organization u.å.). Ekvationerna ovan beräknar den utsöndrade mängden med hjälp av en faktor och ger således samma enhet som för proteinmängden. Detta resulterar i en kvävemängd på 13,8 gram per person och dygn och en fosformängd på 1,6 gram per person och dygn.

Som en jämförelse beräknades också den utsöndrade mängden kväve och fosfor baserat på antal anslutna personer och inkommande mängder till Kungsängsverket. År 2021 var 190 573 personer anslutna och den inkommande mängden kväve respektive fosfor var 930 ton respektive 120 ton (Uppsala Vatten 2022a). Detta ger att de utsöndrade mängderna var 13,4 gram kväve och 1,7 gram fosfor per person och dygn. Dessa mängder ligger nära resultatet från beräkningarna baserade på proteinförsörjningen. En sammanställning presenteras i Tabell F-2.

Tabell F-2. Utsöndrade mängder kväve och fosfor per person och dygn baserat på proteinförsörjning respektive inkommande mängder till Kungsängsverket 2021.

Utsöndrad mängd	Baserad på proteinintag	Baserad på inkommande mängd
Kväve (g/p,d)	13,8	13,4
Fosfor (g/p,d)	1,6	1,7

F.3 Utsöndrad mängd kväve och fosfor 2070 för Uppsala tätort

De genererade kväve- och fosformängderna för hela Uppsala tätort samt för de sydöstra stadsdelarna 2070, beräknades baserat på genererad mängd per person enligt Jönsson et al. (2005) och uppskattad befolkningsmängd 2070. Se Tabell F-3 för kväve och Tabell F-4 för fosfor.

Tabell F-3. Uppskattade kvävemängder 2070 för Uppsala tätort och Uppsalas sydöstra stadsdelar inklusive Bergsbrunna, fördelat på olika avloppsfractioner.

Kväve i olika avloppsfractioner	Urin	Fekalier & toalettpapper	Gråvatten	Hushålls-avloppsvatten (totalt)
Genererad mängd (kg/p,år)	4	0,5	0,6	5,1
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	991	135	138	1264
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	181	25	25	231
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	810	110	113	1033

Tabell F-4. Uppskattade fosformängder 2070 för Uppsala tätort och Uppsalas sydöstra stadsdelar inklusive Bergsbrunna, fördelat på olika avloppsfraktioner.

Fosfor i olika avloppsfraktioner	Urin	Fekalier & toalettpapper	Gråvatten	Hushålls-avloppsvatten (totalt)
Genererad mängd (kg/p,år)	0,33	0,18	0,09	0,60
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	81	45	22	148
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	15	8	4	27
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	66	37	18	121

F.4 Reningsgrad för att begränsa kväve- och fosforutsläppen till den kritiska belastningen vid olika utsorteringsgrader

För beräkningarna antogs att Uppsalas sydöstra stadsdelar, inklusive Bergsbrunna, omhändertar allt avloppsvatten lokalt. Mängderna utvärderades för separering av urin samt för separering av urin, fekalier och toalettpapper. Vidare beräknades krävd reningsgrad för att begränsa utsläppen till VA-företagets andel av den kritiska belastningen. Krävd reningsgrad för att begränsa kväveutsläppen till 15,9 ton beräknades vid olika utsorteringsgrader, enligt Tabell F-5.

Tabell F-5. Reningsgrad som krävs 2070 för att begränsa kväveutsläppen till 15,9 ton per år vid olika utsorteringsgrader för Uppsala tätort, exklusive de sydöstra stadsdelarna.

Separerar urin											
Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	1033	952	871	790	709	628	547	466	385	304	223
Reningsgrad (%)	98,5	98,3	98,2	98,0	97,8	97,5	97,1	96,6	95,9	94,8	92,9
Separerar urin, fekalier & toalettpapper											
Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	1033	941	849	757	665	573	481	389	297	205	113
Reningsgrad (%)	98,5	98,3	98,1	97,9	97,6	97,2	96,7	95,9	94,6	92,2	85,9

Krävd reningsgrad för att begränsa fosforutsläppen till 1,3 ton beräknades vid olika utsorteringsgrader, enligt Tabell F-6.

Tabell F-6. Reningsgrad som krävs 2070 för att begränsa fosforutsläppen till 1,3 ton per år vid olika utsorteringsgrader för Uppsala tätort, exklusive de sydöstra stadsdelarna.

Separerarar urin											
Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	121	114	107	101	94	88	81	74	68	61	54
Reningsgrad (%)	98,9	98,9	98,8	98,7	98,6	98,5	98,4	98,2	98,1	97,9	97,6
Separerarar urin, fekalier & toalettpapper											
Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	121	110	100	90	80	69	59	49	38	28	18
Reningsgrad (%)	98,9	98,8	98,7	98,5	98,4	98,1	97,8	97,3	96,6	95,3	92,6

BILAGA G. SAMMANSTÄLLNING AV INDATA OCH BERÄKNINGAR

PARAMETER	VÄRDE	BESKRIVNING/ REFERENS
Befolkning		
Uppsala kommun 2021 (p)	237 596	(SCB 2023b)
Uppsala tätort 2021 (p)	181 807	(Uppsala kommun 2022)
Andel av befolkning i kommunen som bor i tätorten 2021 (%)	77	
Uppsala kommun 2070 (p)	322 591	(SCB 2022b)
Uppsala tätort 2070 (p)	246 845	Antar samma fördelning mellan invånare i Uppsala kommun och tätort som 2021
Stadsdelar i sydöstra Uppsala inklusive Bergsbrunna (p)	45 150	Antar 2,1 personer per hushåll (SCB 2023a) och 21 500 bostäder (Uppsala kommun 2021)
Anslutna till Kungsängsverket 2021 (p)	190 573	(Uppsala Vatten 2022a)
Anslutna till Kungsängsverket 2005 (p)	153 400	(Uppsala Vatten 2006)
Befolkning i Fyrisåns avrinningsområde 2005 (p)	154 106	(SCB 2023a)
Andel av befolkning i Fyrisåns avrinningsområde som var anslutna till Kungsängsverket 2005 (%)	99,5	
Dricksvattenanvändning i Sverige		
Personlig hygien (l/p,d)	60	(Svenskt Vatten 2021)
Toalettspolning (l/p,d)	30	(Svenskt Vatten 2021)
Disk (l/p,d)	15	(Svenskt Vatten 2021)
Tvätt (l/p,d)	15	(Svenskt Vatten 2021)
Mat och dryck (l/p,d)	10	(Svenskt Vatten 2021)
Övrigt (l/p,d)	10	(Svenskt Vatten 2021)
Total dricksvattenanvändning (l/p,d)	140	(Svenskt Vatten 2021)
Vattenbesparande teknik		
Vattencirkulerande dusch (%)	90	Sparar upp till 90% vatten jämfört med en vanlig dusch (Orbital Systems u.å.)
Munstycke till vattenkran (%)	95	Sparar upp till 95% vatten i mistläge och 66% i sprayläge jämfört med en vanlig kran (IKEA 2022)

Vattenbesparande toalett (l/p,d)	16	Antar 1·4 liter för stor spolning + 6·2 liter för liten spolning per dygn (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021) (Rose et al. 2015)
Vattenbesparande diskmaskin (%)	50	Sparar 40% på auto och 50% på eko jämfört med diskmaskiner med sämre prestanda (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021)
Vattenbesparande tvättmaskin (%)	10	Sparar 10–20% jämfört med tvättmaskiner med sämre prestanda (Holm & Schulte-Herbrüggen 2021)

Dricksvattenanvändning i Sverige med vattenbesparande teknik

Personlig hygien (l/p,d)	6	Enbart dusch, högsta vattenbesparingen i intervallet
Toalettspolning (l/p,d)	3,5–16	Intervall från vakuumtoaletter till snålspolande toaletter
Disk (l/p,d)	7,5	Högsta vattenbesparingen i intervallet
Tvätt (l/p,d)	13,5	Högsta vattenbesparingen i intervallet
Mat och dryck (l/p,d)	10	Antar oförändrad förbrukning
Övrigt (l/p,d)	10	Antar oförändrad förbrukning
Total dricksvattenanvändning (l/p,d)	50,5–63	

Dricksvattenanvändning för Uppsala tätort 2070

Dricksvattenanvändning (l/p,d)	135	Genomsnitt Uppsala 2019–2021 (Uppsala Vatten 2021, 2023b)
Dricksvattenanvändning (l/p,d)	100	Uppsalas mål (Uppsala Vatten 2020)
Dricksvattenanvändning (l/p,d)	50	Mål 50L Home Coalition (50L Home Coalition 2020)
Totalt för Uppsala tätort 2070 med 135 l/p,d (m ³ /år)	12 163 270	Hushållningsanvändning för 246 845 personer
Totalt för Uppsala tätort 2070 med 100 l/p,d (m ³ /år)	9 009 830	Hushållningsanvändning för 246 845 personer
Totalt för Uppsala tätort 2070 med 50 l/p,d (m ³ /år)	4 504 915	Hushållningsanvändning för 246 845 personer

Vattenförluster

Ledningsnätets totala längd (km)	650	(Uppsala Vatten 2022b)
Mål för maximal årlig vattenförlust 2050 (%)	15	(Uppsala Vatten 2023b)
Total tillåten vattenförlust 2050 (m ³ /år)	2 850 000	15% vattenförlust
Vattenförlust i förhållande till ledningslängd (m ³ /km)	4 385	
Vattenförlust i förhållande till ledningslängd (l/m,d)	12,0	

Proteinförsörjning

Totalt matprotein (g/p,d)	106,3	Medelvärde Sverige 2017–2019 (The Food and Agriculture Organization u.å.)
Animaliskt protein (g/p,d)	67,7	Medelvärde Sverige 2017–2019 (The Food and Agriculture Organization u.å.)

Utsöndrad mängd

Kväve

Utsöndrad mängd baserad på proteinförsörjning (g/p,d)	13,8	N = 0,13 · totalt matprotein (Jönsson et al. 2004)
Utsöndrad mängd baserad på mätdata för Kungsängsverket (g/p,d)	13,6	Baserat på inkommande mängd 2019–2021 och antal anslutna till Kungsängsverket 2021

Fosfor

Utsöndrad mängd baserad på proteinförsörjning (g/p,d)	1,6	P = 0,011 · (totalt matprotein + vegetabiliskt protein) (Jönsson et al. 2004)
Utsöndrad mängd baserad på mätdata (g/p,d)	1,6	Baserat på inkommande mängd 2019–2021 och antal anslutna personer till Kungsängsverket 2021

Kungsängsverket

Kväve

Inkommande mängd (ton/år)	943	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)
Utgående mängd (ton/år)	190	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)

Halt i inkommande vatten (mg/l)	51	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)
Reningsgrad (%)	80	
<i><u>Fosfor</u></i>		
Inkommande mängd (ton/år)	113	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)
Utgående mängd (ton/år)	2	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)
Halt i inkommande vatten (mg/l)	6	Medelvärde för Kungsängsverket 2019–2021 (Uppsala Vatten 2022a)
Reningsgrad (%)	98	
Kväveåtervinning		
<i><u>Konventionellt avloppssystem</u></i>		
Återvinning per person med konventionellt system (g/p,år)	1524	Från klosettatten, gråvatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015)
Total återvinning med konventionellt system för sydöstra Uppsala (ton/år)	68,8	Antar 100% konventionellt system i de nya bostäderna
<i><u>Källsorterande avloppssystem</u></i>		
Återvinning per person med källsorterande system (g/p,år)	4933	Vakuumbaserat system med omvänd osmos (Kjerstadius et al. 2015)
Total återvinning med källsorterande system för sydöstra Uppsala (ton/år)	222,7	Antar 100% källsorterande system i de nya bostäderna
Fosforåtervinning		
<i><u>Konventionellt avloppssystem</u></i>		
Återvinning per person med konventionellt system (g/p,år)	686	Från klosettatten, gråvatten och matavfall (Kjerstadius et al. 2015)
Total återvinning med konventionellt system för sydöstra Uppsala (ton/år)	31,0	Antar 100% konventionellt system i de nya bostäderna
<i><u>Källsorterande avloppssystem</u></i>		
Återvinning per person med källsorterande system (g/p,år)	732	Vakuumbaserat system med omvänd osmos (Kjerstadius et al. 2015)
Total återvinning med källsorterande system för sydöstra Uppsala (ton/år)	33,0	Antar 100% källsorterande system i de nya bostäderna

Lokala gränsvärden		
Fyrisåns avrinningsområde (ha)	199 000	
Andel till VA-företag (%)	1,6	Antar att svenskarna lägger lika stor andel av utgifterna på VA-företagets tjänster som danskarna (Ryberg et al. 2020)
<i>Kväve</i>		
Kritisk belastning (kg/ha/år)	5	
Lokalt gränsvärde (ton/år)	995	Fyrisåns avrinningsområde · Kritisk belastning
VA-företagets andel av lokalt gränsvärde (ton/år)	15,9	Lokalt gränsvärde · Andel till VA-företag
<i>Fosfor</i>		
Kritisk belastning (kg/ha/år)	0,41	Fosfor har 12,2 gånger högre övergödningspotential än kväve. Baserat på (Yossapol et al. 2002)
Lokalt gränsvärde (ton/år)	82	Fyrisåns avrinningsområde · Kritisk belastning
VA-företagets andel av lokalt gränsvärde (ton/år)	1,3	Lokalt gränsvärde · Andel till VA-företag

Näringsinnehåll avloppsfraktioner

	Urin	Fekalier & toalett-papper	Gråvatten	Hushålls-avlopps-vatten (totalt)	
<i>Kväve</i>					
Genererad mängd (g/p,d)	11	1,5	1,53	14,03	(Jönsson et al. 2005)
Genererad mängd (kg/p,år)	4,0	0,5	0,6	5,1	
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	991	135	138	1264	Mängd för 246 845 p
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	181	25	25	231	Mängd för 45 150 p
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	810	110	113	1033	Mängd för 201 695 p

Fosfor

Genererad mängd (g/p,d)	0,9	0,5	0,24	2,08	(Jönsson et al. 2005) Fosformängden i gråvatten justerad från 0,68 g/p,d
Genererad mängd (kg/p,år)	0,33	0,18	0,09	0,60	
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070 (ton/år)	81	45	22	148	Mängd för 246 845 p
Genererad mängd i sydöstra stadsdelarna 2070 (ton/år)	15	8	4	27	Mängd för 45 150 p
Genererad mängd i Uppsala tätort 2070, utan sydöstra stadsdelarna (ton/år)	66	37	18	121	Mängd för 201 695 p

Återstående kvävemängd och krävd reningsgrad för utsläpp på 15,9 ton kväve för olika utsorteringsgrader

Separerar urin

Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	1033	952	871	790	709	628	547	466	385	304	223
Reningsgrad (%)	98,5	98,3	98,2	98,0	97,8	97,5	97,1	96,6	95,9	94,8	92,9

Separerar urin, fekalier & toalettpapper

Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	1033	941	849	757	665	573	481	389	297	205	113
Reningsgrad (%)	98,5	98,3	98,1	97,9	97,6	97,2	96,7	95,9	94,6	92,2	85,9

Återstående fosformängd och krävd reningsgrad för utsläpp på 1,3 ton fosfor för olika utsorteringsgrader

Separerar urin

Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	121	114	107	101	94	88	81	74	68	61	54
Reningsgrad (%)	98,9	98,9	98,8	98,7	98,6	98,5	98,4	98,2	98,1	97,9	97,6

Separerar urin, fekalier & toalettpapper

Utsortering (%)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Återstående mängd (ton/år)	121	110	100	90	80	69	59	49	38	28	18
Reningsgrad (%)	98,9	98,8	98,7	98,5	98,4	98,1	97,8	97,3	96,6	95,3	92,6
