

Dricksvattendistributionen med framtidens elsystem

The water distribution in tomorrow's energy landscape



David Lindblom¹, Daniel Iggröm², Victor Pelin³, Björn Possling⁴, Johan Spännare⁵, Marinette Hagman⁶

¹David Lindblom, DHI, dali@dhigroup.com, ²Daniel Iggröm, Öresundskraft, daniel.iggstrom@oresundskraft.se,

³Victor Pelin, VA Syd, victor.pelin@vasyd.se, ⁴Björn Possling, DHI, bpo@dhigroup.com, ⁵Johan Spännare, DHI, jsp@dhigroup.com,

⁶Marinette Hagman, DHI, mhag@dhigroup.com

Sammanfattning

Utmaningar i elsystemet, förändrade elprismodeller och behovet av att hushålla med energi kommer i allt högre grad att påverka och engagera VA-organisationer. Artikeln sammanfattar ett utvecklingsprojekt finansierat av Svenskt Vatten (Hagman et al., 2024) som undersökt hur VA-organisationer, med fokus på dricksvattendistribution, kan möta dessa förändringar. Genom att utnyttja digitalisering, tillgängliga anläggningsdata och ett ökat fokus på energianvändning, finns möjligheter att effektivisera och styra elanvändningen mer flexibelt än idag. För att detta ska bli verklighet krävs digital mognad, ökat engagemang och kompetensutveckling inom branschen.

Projektet visar att det genom kartläggning och analys av distributionssystem går att identifiera effektivitetsvinster. En fallstudie av Helsingborgs dricksvattensystem demonstrerar hur energi kan sparas och driftoptimering görs utan att tumma på leveranssäkerheten. Många system har redan inbyggd redundans, som reservoar och reservkraft, vilka kan nyttjas smartare – exempelvis genom att anpassa driftstrategier efter elmarknadens prissignaler.

Med stöd av digitala verktyg, hydrauliska modeller och förändrade elprisregler finns goda förutsättningar att minska energianvändningen och öka flexibiliteten i VA-sektorns elförbrukning.

Abstract

Challenges in the electricity system, changes in pricing models, and the growing need to use energy efficiently will increasingly impact and engage water and wastewater (WWS) utilities. This article summarises a development project funded by Svenskt Vatten (Hagman et al., 2024), which explored how WWS organisations, focusing on water distribution, can respond to these evolving conditions. By leveraging digitalisation, available asset data, and an increased focus on energy consumption, there are clear opportunities to improve efficiency and introduce more flexible electricity usage. Realising this potential will require greater digital maturity, active engagement, and targeted competence development within the sector.

The project demonstrates that by mapping and analysing distribution systems, efficiency gains can be identified. A case study of the Helsingborg drinking water system shows that energy savings and operational optimisation are achievable without compromising service reliability. Many systems already include built-in redundancies, such as reservoirs and backup power, which can be utilised more strategically, for example, by adapting operational strategies in response to electricity market price signals.

With the support of digital tools, hydraulic models, and changed electricity pricing regulations, water utilities are well-positioned to reduce energy use and enhance operational flexibility, contributing to both cost efficiency and greater resilience.

Key words: Digitalisation, energy efficiency, water distribution, energy transition

Leveranssäkerheten i elsystemet

VA-systemen är energikrävande och förbrukar cirka 1 % av Sveriges totala årliga elförbrukning (Lingsten et al, 2013). Globalt är siffran större och uppgår till cirka 4 % av världens elanvändning (IEA, 2016). Med hänsyn till de utmaningar elförsörjningen står inför, samtidigt som klimatomställningen förväntas innebära en kraftigt ökande elektrifiering behöver även VA-kollektivet bidra till en smartare elanvändning. Dessutom är vi övertygade om att många VA-system har rum för energioptimering av driften och att incitamenten för att genomföra detta kommer att stärkas inom en snar framtid med nya prismodeller för elanvändning.

Inom ett utvecklingsprojekt i Svenskt Vattens regi har vi undersökt möjligheterna till smartare drift och energieffektivisering i dricksvattendistributionen. Fokus har legat på att beskriva potentialen och utmaningarna med effektstyrning i VA-systemet, i ljuset av elsystemets utmaningar och kommande regulatoriska förändringar som kan påverka VA-huvudmannen. Bedömningarna bygger på teoretisk analys och en fallstudie av NSVA:s distributionssystem i Helsingborg.

Elsystemet måste användas mer effektivt

Elanvändningen i Sverige väntas öka kraftigt, framför allt på grund av industrins och transportsektorns elektrifiering till följd av bland annat nationella klimatmål och lokala klimat- och energiplaner. Samtidigt beräknas två tredjedelar av dagens elproduktionskapacitet nå sin förväntade livslängd fram till 2045. För att omställnings- och elektrifieringsplaner-

na ska kunna förverkligas finns alltså ett enormt investeringsbehov i både elproduktion och utbyggnad av elnät för att transportera elen. Om utbyggnaden av elproduktion och elnät halkar efter kommer elektrifieringen att bromsas, vilket förutom att skapa ett mer ansträngt elsystem också innebär att klimatmålen äventyras.

Förutom att bygga ut elproduktion och elnät måste elsystemet användas mer effektivt för att elektrifieringen och omställningen ska bli ekonomiskt och miljömässigt hållbar. Historiskt sett har elproduktionen planerats utifrån elanvändningen, men i ett elsystem som består av mer förnybara och väderberoende kraftslag kommer elanvändningen i högre grad anpassa sig utifrån tillgänglig elproduktion. Energieffektivisering kan på kort sikt bidra till elektrifieringen genom att frigöra utrymme i elnätet och göra så att den befintliga elproduktionskapaciteten räcker till fler. Från ett elsystemperspektiv behöver man förutom att se till hur mycket el som används under ett år, också studera när elen används under året och dygnet samt var användningen sker. Detta för att el som energibärare inte går att lagra i elnätet, utan måste användas i samma stund som den produceras.

Nationellt har elsystemet ett flertal utmaningar framåt som bland andra är effekttillräcklighet och balansering av ett elsystem med mycket väderberoende elproduktion. Elnätet som är en stor del av elsystemet har sina utmaningar med långa ledtider för utbyggnad när kapaciteten inte räcker till.

Elektrifieringen sker till stor del långt ute i elnäten hos konsumenter och på regional nivå, där det existerande elnätet oftast inte är anpassat för att ta emot en

1 Utmaningar

Utmaning

Kort sikt

Medelsikt

Lång sikt

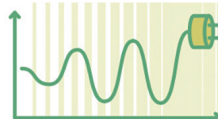
Balansering av ett elsystem med stor mängd väderberoende elproduktion över alla tidsskalor (sekunder till år) – ett väldigt stort behov av flexibilitet finns.

Prisdynamik på elmarknaderna. Mer volatila elpriser samt osäkerhet kring utveckling av elpriset.

Regulatoriska utmaningar kring att skapa långsiktiga spelregler för elmarknadens aktörer.

Utbyggnad av elnät och elproduktion i tillräcklig takt för att möjliggöra elektrifieringen.

Tekniska utmaningar som följer av ett elsystem som har en stor andel väderberoende.



Figur 1. Elsystemets övergripande utmaningar på kort, medel och lång sikt (Hagman et al., 2024).

stor andel elbilar, solceller och batterilager. Detta genererar ett stort behov av investeringar och teknisk utveckling, för att stärka elnätet och öka utnyttjandegraden av elnätet. Genom satsningar på digitalisering skulle nyttjandegraden kunna öka markant. Det finns dock fortfarande regionala och lokala utmaningar med långa ledtider för att utbyggnad av elnät ska ske, detta kommer ta lång tid. Det riskerar i sig att försena omställningen till ett mer elektrifierat samhälle.

Utmaningarna för elsystemet sammanfattas i figur 1.

Effektavgifter premierar flexibel elanvändning

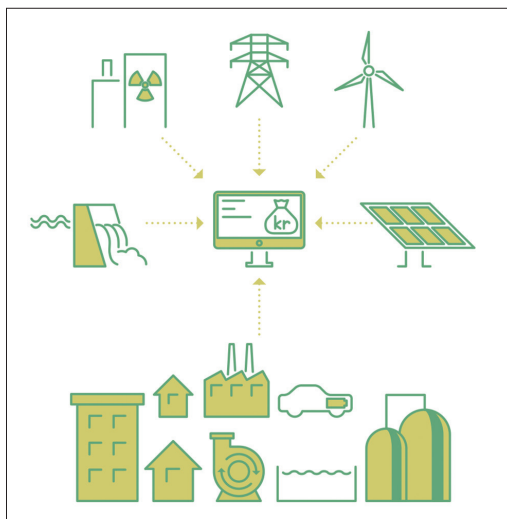
VA-huvudmannen, liksom andra företagskunder betalar för den el de använder, kostnaden för elinfrastrukturen samt skatter och statliga avgifter. Effektavgifter ska tas ut av elnätsbolagen mot alla kunder i EU från och med 1 januari 2027 och innebär att det kommer

vara dyrare att använda mycket el under timmar då elsystemet är som mest ansträngt.

Att med prissignaler försöka styra elanvändningen kallas för efterfrågeflexibilitet (Carlén et al., 2023). En elkund kan vara flexibel i sin användning av elen genom att flytta den, minska den, eller öka den för anpassning mot prissignaler på marknaden. Elanvändningen kan styras genom att erbjuda ersättning för användning av el när det finns gott om kapacitet i elnätet, och/eller genom bestraffning med dyrare kostnad för elanvändning tider då det råder begränsad kapacitet i elnätet.

Aggregering möjliggör effektivt utnyttjande

Aggregering innebär att små energiresurser samlas ihop och styrs tillsammans så att deras sammanlagda effekt blir större än för de enskilda energiresursernas, se figur 2. Aggregering möjliggör att energiresurser



Figur 2. Aggregering av flera små energiresurser kan tillsammans agera motsvarande som en stor energiresurs på elmarknaden. Exempelvis har i figuren pumpar, bilbatterier, byggnader mm. samlats och motsvarar tillsammans lika stor energimängd som en ensam stor energiresurs (Hagman et al., 2024).

som annars hade varit för små för att delta på en elmarknad, kan göra det när deras bidrag slagits ihop till en gemensam resurs. För den enskilda el-användaren möjliggörs kostnadsbesparing och intäktsgenerering genom att användaren blir en del av marknaden (Energimarknadsinspektionen, 2024).

Aggregering av energiresurser kan göras inom ett avgränsat område, som exempelvis inom en industrianläggning, men används vanligtvis för större områ-

den än så, exempelvis inom en stad eller inom ett elområde där energiresurserna är distribuerade över ett större geografiskt område. Inom VA-branschen finns det goda möjligheter att aggregera mindre enheter som exempelvis pumpar och reservkraft inom en och samma anläggning. Möjligheten att praktiskt genomföra detta begränsas dock både tekniskt och administrativt i dagsläget. En förutsättning för aggregering är att de individuella energiresurserna kan ta emot styr-sig-naler och leverera mätdata tillbaka till ett digitalt system, ett exempel på detta kan vara mätning av momentan elförbrukning.

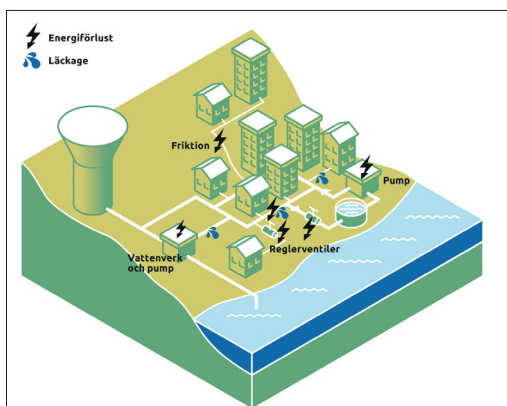
Energikartläggning är en bra början

För att bedöma och identifiera möjliga sätt att bidra till mindre och smartare elanvändning i distributionssystemet behövs kunskap om hur systemet har presterat innan, presterar just nu och hur det skulle presterar vid förändrade driftssituationer. En början till att bygga upp denna kunskap är att kartlägga och analysera hur energi tillförs och lämnar systemet. Tillförd energi utgörs normalt av trycksättning via pumpning, men kan också utgöras av lägesenergi till följd av högt beläget vattenverk med möjlighet att trycksätta distributionssystemet via självfall. Den tillförda energin lämnar sedan systemet som vattenförbrukning, förluster vid pumpning, förluster via motstånd i ledningsnätet, som läckage, samt vid reducering av tryck/flöde, se figur 3.

För ett distributionssystem, eller delar av det, kan energiflöden – både tillförda och förlorade – kartläggas och användas för att bedöma hur effektivt energin utnyttjas. I många fall utgör pumpförluster den största energiförlusten, vilket motiverar en noggrann analys av verkningsgrad samt möjligheterna till mer energieffektiv styrning av pumpflödet.

För att säkerställa tillförlitlig leverans till abonnenterna krävs ett visst minimalt tryck i systemet. Samtidigt kan onödigt energiförbrukning ofta undvikas genom att inte hålla ett högre tryck än nödvändigt. En smartare styrning av pumpar – i kombination med en strategisk zonindelning av distributionsnätet – möjliggör en mer behovsanpassad tryckhållning. Det bidrar inte bara till lägre energianvändning, utan även till minskat läckage.

Genom att beräkna energitgången per levererad



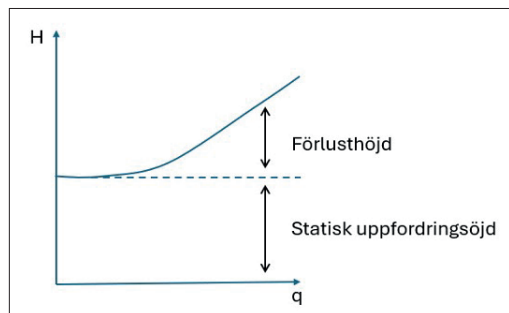
Figur 3. Schematisk bild över hur energi lämnar distributionssystemet via förluster vid pumpning, friktionsförlust, läckage och reducering av tryck och/eller flöden (Hagman et al., 2024).

kubikmeter vatten får man ett konkret nyckeltal som kan användas för att jämföra olika system eller delsystem. Detta ger ett kraftfullt verktyg för att identifiera de effektiviseringsåtgärder som har störst potential. En förutsättning för att genomföra energikartläggningen är tillgängliga och tillförlitliga data. För att beräkna tillförd och avgående energi behövs mätserier av tryck och flöden i systemets anläggningar, gärna energiförbrukning hos pumpar och hydrauliska beräkningar av friktionsförluster. Erfarenhetsmässigt har vi sett att den data som krävs ofta mäts, men att det saknas ett arbetssätt för att enkelt samla ihop och analysera data tillsammans. Ett mervärde av ökad digitalisering och enklare tillgång till SCADA-data (Supervisory Control And Data Acquisition) kommer på sikt förenkla analyser av systemets energiförbrukning.

Flödesbaserad tryckstyrning

Dricksvattenledningsnätet i en kommun är uppdelat i tryckzoner utifrån bland annat den lokala topografin i syfte att säkerställa ett bra men inte för högt tryck i ledningsnät och hos kunder. Till tryckzoner uppfordras vatten med pumpar där potentiell energi tillsätts för att säkerställa ett lämpligt tryck i kritiska punkter i zonen. Uppfordringshöjden väljs utifrån statisk uppfordringshöjd, det vill säga höjden på högsta tappstället i zonen, plus dynamisk uppfordringshöjd som beror på friktionsförluster i ledningsnätet, se figur 4. Friktionsförlusterna är i regel som störst när förbrukningen i zonen är som störst.

Tryckstegringsstationer som uppfordrar mot högzoner utan högreservoarer, så kallade "stumma tryckzoner", är i regel utrustade med frekvensomformare



Figur 4. En systemkurva beskriver förluster (ΔH) i ett trycksatt system som funktion av flödet (q) (modifierad efter VAV, 1985).

och styrs ofta för att hålla ett konstant utgående tryck. Det valda trycket sätts med marginal så att det oavsett tid på året och dygnet alltid är ett tillräckligt högt tryck i kritiska punkter i zonen. Eftersom den dynamiska uppfordringshöjden varierar med förbrukningen innebär det att man under stora delar av året har ett onödigt högt tryck i zonen och därmed tillsätter onödigt mycket potentiell energi med pumparna.

Flödesbaserad tryckstyrning innebär att man i stället har ett börvärde för utgående tryck som varierar efter en funktion av flödet genom anläggningen. Det innebär att kunderna i kritiska punkter längst ut i systemet har ett mer eller mindre konstant tryck och att trycket ut från tryckstegringsstationen då kan hållas lägre.

I vissa tryckzoner är den dynamiska uppfordringshöjden en betydande del av den totala uppfordringshöjden. Praktiska exempel från Helsingborg har visat exempel på 40 % energibesparing och ett jämnare tryck hos kund som ett resultat av implementering av flödesbaserad tryckstyrning.

Dricksvattendistributionen kan bidra till en effektflexibilitetsmarknad

Som tidigare beskrivits kommer elsystemets utmaningar leda till nya prismodeller för att kunna styra elanvändningen efter tillgänglig kapacitet i elnätet eller mängden el som produceras för tillfället, så kallad efterfrågefleksibilitet. Enskilda elnätscunders förbrukning/produktion kan grupperas och ses som en gemensam tillgänglig resurs för balansering av elnätet, så kallad aggregering.

Pumpning av vatten utgör den största posten för elanvändning och uppgår till 50 % av distributionssystemets totala elanvändning där pumpning ut från vattenverk är dryga 2,5 gånger större än pumpning ute i nätet (Lingsten et al., 2008). En större del av distributionssystemets elanvändning skulle därmed kunna tillgängliggöras som efterfrågefleksibilitet i elsystemet om vattenverkets pumpning tilläts kunna styras av signaler från elsystemet.

I dricksvattensystem finns reservoarer och reservkraft tillgängliga för att trycksätta systemet vid pumpbortfall. Denna inbyggda redundans skapar en flexibilitet som, beroende på systemens utformning, kan utnyttjas för att periodvis pausa eller minska effektuttaget. Det kan ske genom drift med reservkraft eller



genom självfall från högreservoar. Detta innebär ett nytt förhållningssätt till driftscenarier som idag betraktas som sällanhändelser och främst används som sista utväg för att säkra leveransförmågan. Potentialen att frigöra effekt genom att ersätta pumpning får anses god, särskilt med tanke på att pumpning står för en betydande del av dricksvattenssystemets totala elanvändning. Hur mycket effekt som faktiskt kan frigöras beror dock på hur pumpningen styrs – om den är jämnt fördelad över dygnet eller varierar – samt vilken anläggning som avses.

En grundförutsättning för att sådana åtgärder ska kunna realiseras är att flexibiliteten ges en plats på en framtida flexibilitetsmarknad, och att det finns regulatoriska incitament som gör det ekonomiskt motiverat för VA-huvudmannen att ha beredskap, verktyg och driftstrategier för att möjliggöra och genomföra dessa åtgärder.

Även om det enskilda bidraget från ett VA-system kan te sig marginellt i jämförelse med andra elförbrukare i elsystemet, kan en aggregering av denna typ av flexibilitet – tillsammans med andra aktörer – resultera i ett samlat bidrag som är tillräckligt stort för att spela en relevant roll på elmarknaden, ur ett lokalt eller regionalt energiperspektiv.

Digitalisering bör inkludera energioptimering

Med digitaliseringen som möjliggörare, med utbyggnad av mätning och ökad insamling och användning av vattenförbrukningsdata, sensordata och elförbrukningsdata, ökar möjligheterna att väga in och optimera mot energianvändning för VA-organisationerna. Det finns dessutom teknisk potential att VA-anläggningar kan komma att delta på en flexibilitetsmarknad

för el. Provkörning av reservkraft skulle exempelvis kunna göras i samspel med effektutnyttjandet i elnätet. Att styra pumpar efter elprissignaler bedöms inte som lika självklart. Många faktorer ska samspela för att möjliggöra ett informationsutbyte mellan VA-systemen och el-systemen och är sannolikt ej ekonomiskt försvarbara i dagsläget. Men då förändring av kostnadsmodeller för el står inför dörren kan förutsättningarna komma att ändras. Därför bör VA-organisationernas utvecklingsarbete inkludera förberedelse för ett nytt elsystemlandskap och inkludera energimedvetenhet i driften av systemen. En bra början för distributionssystemen är att med hjälp av mätning av elförbrukning och hydrauliska modeller kartlägga elanvändningen för att kunna effektivisera och på sikt eventuellt anpassa driften till prissignaler i elsystemet.

Medskick till vattenaktörer

Det genomförda utvecklingsprojektet kan sammanfattas i en rad punkter riktade till VA-branschen, med en förhoppning om att energioptimering samt en anpassning till ett nytt elsystemlandskap inkluderas i digitaliseringen av branschen.

- Framtidens energisystem kommer vara mer volatil än dagens. Större uppmärksamhet och uppföljning av elförbrukning kommer därför bli viktigare. För att undvika högre kostnader och för att hitta källor till besparingar behöver VA-branschen låta dessa aspekter ta mer plats.

- Ett första steg mot energieffektivisering och anpassning till framtidens prismodeller för energiförbrukning är att kartlägga energianvändningen i VA-systemens anläggningar med en energi- och effektkartläggning.

- En betydande del av energin som används i dricks-vattendistribution går förlorad, främst genom ineffektiv pumpning och för högt tryck hos användarna. Genom att identifiera och analysera dessa energiförluster kan systemet optimeras för att bli mer energieffektivt.

- I framtiden kan VA-systemen komma att spela en aktiv roll på elmarknader för effektflexibilitet. Genom att till exempel använda reservkraft eller tillfälligt utnyttja lagrad vattenvolym i reservoarer kan man minska behovet av pumpning, det vill säga minska el-användandet, när elsystemet är hårt belastat.

- Med tillgång till prognoser för vattenförbrukning och elpriser kan VA-organisationer planera sin drift smartare. Det möjliggör att tillfälligt pausa pumpdrift under effektoppar utan att äventyra systemets säkerhet eller redundans.

- Med rådande prismodeller för el-användning saknas tillräckliga ekonomiskt incitament att jobba med implicit flexibilitet, särskilt om elpriset är säkrat på förhand.

- Den ökade digitaliseringen öppnar upp för mer avancerad styrning och effektivisering av energianvändningen i staden. Genom att kombinera hydrauliska modeller med insamlade mätdata kan man fatta välgrundade, datadrivna beslut för att optimera systemet.

Referenser

- Alvehag K., Werther Öhling L., Östman K., Broström E., Strömbäck E., Klasman B. och Lahti M Morén G. (2016). Åtgärder för ökad efterfrågeflexibilitet i det svenska elsystemet. Ei R2016:15. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen.
- Carlén A., Gränsmark P., Johansson M., Radkova J. och Öhrlund I. (2023). Konsumenter och efterfrågeflexibilitet En nulägesbeskrivning och åtgärdsförslag för ökad flexibilitet. Rapport Ei R2023:04. Eskilstuna: Energimarknadsinspektionen.
- Energimarknadsinspektionen (2024). Oberoende aggregatorer. <https://ei.se/bransch/flexibilitet-i-elsystemet/kundens-bidrag-till-efterfrageflexibilitet/oberoende-aggregatorer> [2025-08-07]
- Hagman, M., Pelin, P., Iggström, D., Lindblom, D., Possling, B., Spännare, J. (2024). Dricksvattensystemets möjliga bidrag till stadens elförsörjning. SVU 2024-10. Stockholm: Svenskt Vatten.
- International Energy Agency (2016). World Energy Outlook 2016. Paris: IEA Publications.
- Lingsten A., Lundkvist M. och Hellström D. (2013). VA-verkens energianvändning 2011. SVU-rapport 2013-17. Stockholm: Svenskt Vatten.
- Lingsten A. och Lundkvist M. (2008). Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning. SVU-rapport 2008-01. Stockholm: Svenskt Vatten.
- Svenskt Vatten (2020). P114 Distribution av dricksvatten. Stockholm: Svenskt Vatten.
- VAV (1985). P57 Tryckstegringsstationer. Stockholm: VAV.

EXPERTER PÅ BIOLOGISK AVLOPPSVATTENRENING

Oavsett om det gäller Veolias AnoxKaldnes biologiska processer eller andra processer erbjuder Veolia omfattande laboratorietjänster för att optimera och felsöka biologiska processer:

- Ackrediterade tester för nedbrytbarhet och toxicitet av vatten och kemikalier, t.ex. nitrifikationshämningstester
- Metanpotential-test (BMP)
- Simulering av biofilmsprocesser i labbskala
- Diagnostisk mikroskopering av aktivslam- och biofilmsprocesser

Vi kan även stödja vid felsökning, optimering och byggnation av biofilmsbaserade teknologier samt erbjuder kurser inom biologisk avloppsvattenrening.

Kontakta oss!

eva.tykesson@veolia.com



Läs mer här!

