
Svenskt Vatten

UTVECKLING

Rapport

Nr 2024-10

Dricksvattensystemets möjliga bidrag till stadens elförsörjning

Marinette Hagman

Victor Pelin

Daniel Iggström

David Lindblom

Björn Possling

Johan Spännare

Svenskt Vatten

UTVECKLING

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

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

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se

RAPPORTENS TITEL	Dricksvattensystemets möjliga bidrag till stadens elförsörjning
TITLE OF THE REPORT	The potential contribution of the drinking water system to the city's electricity supply
FÖRFATTARE	Marinette Hagman, DHI Sverige AB, Victor Pelin, NSVA, Daniel Iggström, Öresundskraft, David Lindblom, Björn Possling och Johan Spännare, DHI Sverige AB
RAPPORTNUMMER	2024-10
ANTAL SIDOR	37
SAMMANDRAG	Kan dricksvattensystemet använda elenergi på ett smartare sätt och kanske bidra till leveranssäkerheten i elsystemet? Rapporten visar att det här kan vara möjligt med hjälp av den senaste tekniken inom digitalisering. Dricksvattensystemen kan använda elenergi på ett mer effektivt och flexibelt sätt än i dag, och på så sätt jämnar ut toppar av effektbrist. Men det kräver hög digital mognad och kompetensnivå i VA-organisationen.
SUMMARY	Can the drinking water system use electrical energy in a smarter way and perhaps contribute to the reliability of the electricity system? The report shows that this may be possible with the help of the latest technology. Drinking water systems can utilize electrical energy in a more efficient and flexible manner than today, thereby smoothing out peaks of power shortage. However, this requires high digital maturity and competence within the water and wastewater organizations.
SÖKORD	Digitalisering, energieffektivisering, dricksvattendistributionssystem
KEYWORDS	Digitalization, energy efficiency, drinking water distribution system
MÅLGRUPPER	Experter som arbetar med energibesparing inom VA-organisationer, strateger, drift- och budgetansvariga
RAPPORT	Finns att hämta hem som pdf från Vattenbokhandeln. https://vattenbokhandeln.svensktvatten.se/
UTGIVNINGÅR	2024
UTGIVARE	©Svenskt Vatten AB
REFERENS	Hagman M., Pelin V., Iggström D., Lindblom D., Possling B. och Spännare J. (2024). <i>Dricksvatten-systemets möjliga bidrag till stadens elförsörjning</i> . SVU-rapport 2024-10. Stockholm: Svenskt Vatten.

Om projektet

PROJEKTNUMMER	23-104
PROJEKTETS NAMN	Dricksvattensystemets möjliga bidrag till stadens elförsörjning
PROJEKTETS FINANSIERING	Svenskt Vatten Utveckling, NSVA, Öresundskraft och DHI Sverige AB

Förord

Smart elanvändning inom vatten och avlopp (VA) ligger i tiden. FN:s hållbarhetsmål 7 om hållbar energi åt alla och flera delmål där under har tydliga kopplingar till smartare elanvändning. Många städer och VA-organisationer har eller håller på att sätta upp klimat- och energimål för sin verksamhet, mål som på flera håll pekar ut riktningen för att arbeta med och utvärdera olika möjligheter att styra och effektivisera effektbehovet i staden.

Energisystemen står inför stora utmaningar precis som VA-systemen. Samtidigt ser vi omfattande möjligheter med digitaliseringen som tydligt kan bidra till effektivare drift, bättre utnyttjande av resurser samt skapa en smartare och mer hållbar stad. Frågan är dock hur stor nytta vi kan skapa med hjälp av digitaliseringens möjligheter, vilken energieffektiviseringspotential som finns i VA-systemen och framför allt var ska man börja för att utveckla en smartare stad. Med dessa frågor som utgångspunkt gick representanter från NSVA, Öresundskraft och DHI ihop och definierade detta projekt.

Målgruppen för projektet är experter som arbetar med energibesparing på VA-bolag och kommuners tekniska förvaltningar, strateger och driftpersonal som vill arbeta mot en smartare och hållbarare stad med fokus på att energieffektivisera sin dricksvattendistribution.

En förutsättning för projektet har varit den värdefulla kunskap om energibranschen som Öresundskraft har bidragit med tillsammans med inspel från Andreas Lupander på E.ON. Tack för detta. Vi vill samtidigt rikta ett stort tack till hela referensgruppen bestående av Mårten Grönqvist och Simon Granath, VA SYD, Magnus Ek, Sydvatten, Mats Henriksson, MIVA, Thomas Pettersson, Chalmers, och Walter Jonasson, VAKIN, som bidragit med värdefulla inspel och lärorika diskussioner under projektets gång.

Avslutningsvis vill vi även tacka personal på NSVA som har ställt upp i workshops och med värdefullt underlag till rapporten: Jan Olsson, Sami Keränen, Sven Bengtsson, Björn Nilsson, Pernilla Jägerfall och Hans Hallkvist.

Författarna

Innehåll

Förord.....	2
Sammanfattning.....	4
Summary	5
Begreppsförklaringar.....	6
1 Inledning.....	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Projektets syfte.....	7
1.3 Avgränsningar.....	8
2 Elsystemets utmaningar	9
2.1 Elkostnader	10
2.2 Efterfrågeflexibilitet som ett verktyg.....	11
2.3 Aggregering	12
2.4 Flexibilitetsmarknader.....	13
3 Energikartläggning av dricksvattensystemet	14
3.1 Underlag.....	14
3.2 Tillförd energi	15
3.3 Vattenförbrukning och energiförluster	15
3.4 Nyckeltal och sammanställning	17
4 Förslag till energieffektivisering.....	18
4.1 Flödesbaserad tryckstyrning	18
4.2 Reservoarhantering	20
4.3 Optimering, verkningsgrad	20
4.4 Förbrukningsprognoser och smart drift.....	20
5 Effektflexibilitet i dricksvattenförsörjning	22
5.1 Reservkraft.....	22
5.2 Högreservoarvolym	23
6 Fallstudie Helsingborg.....	28
6.1 Helsingborgs elförsörjning.....	28
6.2 Helsingborgs vattenförsörjning.....	28
6.3 Elstrategi och nedsäkring.....	29
6.4 Tidigare arbete (lågzon, flödesreglerad TS).....	30
7 Den framtida staden – diskussion och fortsatt arbete	34
8 Medskick till vattenaktörer	36
Referenser	37

Sammanfattning

Kan dricksvattensystemet använda elenergi på ett smartare sätt och kanske bidra till leveranssäkerheten i elsystemet? Rapporten visar att det här kan vara möjligt med hjälp av den senaste tekniken inom digitalisering. Dricksvattensystemen kan använda elenergi på ett mer effektivt och flexibelt sätt än i dag, och på så sätt jämnar ut toppar av effektbrist. Men det kräver hög digital mognad och kompetensnivå i VA-organisationen.

Rapporten innehåller bland annat en sammanställning av det svenska elsystemets utmaningar med kraftigt ökad elektrifiering, ökande andel väderberoende energikällor och kapacitetsbrist i elnäten. Elproduktion och elanvändning måste hela tiden balanseras. Flexibla elkunder som kan styra sin elanvändning till tidpunkter som är gynnsamma för elnät och elproduktion är en del av lösningen. Elkunder kan välja att frivilligt ändra sin elanvändning antingen genom att styra elanvändningen efter prissignaler (implicit efterfrågefleksibilitet) eller genom att bjuda ut flexibilitetstjänster på en marknad (explicit efterfrågefleksibilitet).

Genom en energikartläggning med Helsingborg som fallstudie har eleffektiviseringspotentialen beräknats, och olika driftscenarier har testats i den digitala demostaden Testköping. Det konstateras att genom kartläggning av dricksvattensystemet går det att spara energi och driva systemen på ett mer optimalt sätt utan att riskera leveranssäkerheten till slutkund.

I de flesta dricksvattensystem finns det reservoarer och reservkraft som kan användas för att trycksätta systemet vid bortfall av elförsörjning till pumpning. Denna inbyggda redundans ger möjlighet till flexibilitet att tidvis pausa eller minska effektuttaget genom att låta systemet drivas med reservkraft eller självfall från högreservoarer. Det kan frigöras elenergi för försäljning på en marknad genom till exempel ändrad pumpstrategi eller genom att provkörning av reservkraft förläggs till timmar då elsystemet har effektbrist. Ett sätt att effektivisera elanvändningen är att tillåta lägre nivåer i både hög- och lågreservoarer under perioder med låg vattenanvändning och därmed mindre behov av avbrottsvolym.

VA-branschen genomgår just nu en våg av digitalisering där energioptimering och effektfleksibilitet bör vara en aspekt för att på sikt minska tröskeln för den här typen av styrning. En förutsättning är att man mäter kontinuerligt och använder data från systemet i VA-organisationen. Med hjälp av hydrauliska modeller kan man göra beräkningar och ta välinformerade beslut.

För att vattendistributionssystemet ska kunna användas på framtidens flexibilitetsmarknad måste det utvecklas affärsmodeller som ger lönsamhet som kan motivera för VA-huvudmannen att ha beredskap för den här typen av användning av systemet. Med stigande elpriser och elnätsavgifter finns det tydliga incitament för att arbeta med att effektivisera och minska elanvändningen.

Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp (NSVA), Öresundskraft och DHI har genomfört projektet tillsammans. Förhoppningen är att VA-organisationer ska inspireras av rapporten och börja arbeta med energifrågan mer systematiskt. Smart elanvändning inom VA ligger i tiden med tanke på FN:s hållbarhetsmål och städernas klimat- och energimål.

Summary

Can the drinking water system use electrical energy in a smarter way and possibly contribute to the reliability of the electricity system? The report shows that this may be possible with the help of the latest technology. Drinking water systems can utilize electrical energy in a more efficient and flexible manner than today, thereby smoothing out peaks of power shortage. However, this requires high digital maturity and competence within the water and wastewater organization.

The report includes a compilation of the Swedish electricity system's challenges with significantly increased electrification, a growing share of weather-dependent energy sources, and capacity shortages in the electrical grids. Electricity production and consumption must constantly be balanced. Flexible electricity consumers who can control their electricity usage at times favorable for the grid and electricity production are part of the solution. Electricity consumers can choose to voluntarily change their electricity usage either by managing usage based on price signals (implicit demand flexibility) or by offering flexibility services in a market (explicit demand flexibility).

Through an energy mapping with Helsingborg as a case study, the electricity efficiency potential has been calculated, and various operational scenarios have been tested in the digital demo city of Testköping. It is noted that through the mapping of the drinking water system, energy can be saved and systems can be operated in a more optimal way without risking delivery reliability to the end consumer.

In most drinking water systems, there are reservoirs and backup power that can be used to pressurize the system in the event of a power outage for pumping. This built-in redundancy provides the flexibility to temporarily pause or reduce power output by allowing the system to be operated with backup power or gravity flow from higher reservoirs. This can release electrical energy for sale on a market by, for example, changing the pumping strategy or by scheduling backup power testing during hours when the electricity system faces a power shortage. One way to optimize electricity usage is to allow lower levels in both high and low reservoirs during periods of low water usage and thus less need for interruption volume.

The water and wastewater industry is currently undergoing a wave of digitalization where energy optimization and power flexibility should be aspects to ultimately lower the threshold for this type of control. A prerequisite is to continuously measure and use data from the system within the water and wastewater organization. With the help of hydraulic models, calculations can be made and well-informed decisions can be taken. To enable the water distribution system to be used in the future flexibility market, business models must be developed that provide profitability to motivate the water and wastewater authority to be prepared for this type of system usage. With rising electricity prices and grid fees, there are clear incentives to work on streamlining and reducing electricity consumption.

Nordvästra Skånes Vatten och Avlopp (NSVA), Öresundskraft, and DHI have carried out the project together. The hope is that water and wastewater organizations will be inspired by the report and start working more systematically with the energy issues. Smart electricity usage within water and wastewater is certainly part of the solution to meet the UN's sustainability goals and the cities' climate and energy goals.

Begreppsförklaringar

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

Digitalisering handlar om att använda digitala teknologier för att omvandla och förbättra processer, tjänster eller produkter. Det kan möjliggöra för utökad mätning, insamling av data i realtid, hantering av stora datamängder och komplexa beräkningar.

Effektavgifter liknas vid en trängselavgift för elnätet, och innebär att du får betala mer om du använder mycket el under enskilda timmar.

Effektbrist: när den el som levereras till nätet i ett område inte räcker för att möta elbehovet.

Effektprissättning är prissättning baserat på det faktiska uttaget av el.

Efterfrågefleksibilitet är en frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under kortare eller längre perioder till följd av någon typ av incitament (Energimarknadsinspektionen, 2016).

Elenergi är när det över lång tid förbrukas mer el än det produceras.

Elhandelskostnad: kostnaden för produktionen av elen som används.

Elnätskostnad innefattar kostnaden för elnätet som transporterar elen som används.

Elnätstariff: företagsspecifik elnätskostnad som varierar i storlek och form givet storlek på säkring.

Erforderligt tryck hos abonnenter i vattendistributionssystemet motsvarar det av VA-huvudmannen förutbestämda tryck som krävs för god och säker vattenförsörjning.

Explicit efterfrågefleksibilitet innebär att flexibiliteten i effektuttaget paketeras och budas in på en marknadsplats för flexibilitet.

Implicit efterfrågefleksibilitet innebär att styra effektuttaget efter prissignaler från elhandels- eller elnätskostnaden, även kallad prisbaserad efterfrågefleksibilitet.

Kapacitetsbrist: när det finns fysiska begränsningar som gör att inte tillräckligt med effekt kan överföras mellan där el produceras och där el används.

SCADA är ett system för övervakning, styrning och datainsamling (Supervisory Control And Data Acquisition).

Säkringsstorlek. En säkring ger kunden rätt att under alla timmar ta ut en bestämd mängd el som bestäms av säkrings storlek. Vad som definitionsmässigt är en mindre aktör varierar beroende på nätbolag men vanligtvis handlar det om anläggningar under 80–250 Ampere.

Tryckförluster uppstår vid vattnets rörelse i ledningsnätet. Storleken är beroende av flödes hastigheten och motståndet i ledningen, dvs ledningens råhet.

Vattenbalans innebär en uppställning och uppdelning av vatten mellan producerat, uppmätt konsumtion/uttag och omätt konsumtion/uttag (vilket innefattar läckage).

Överföringsavgift speglar kostnaden av den el som försvinner i form av värme när elen transporteras till elanvändaren.

Överskjutande tryck hos abonnent avser tryck som överstiger det av VA-huvudmannen förutbestämda tryck som krävs för god och säker vattenförsörjning.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

VA-systemen är energikrävande och 1,2 TWh elenergi åtgår för att driva befintliga VA-system i Sverige (Lingsten et al. 2013) vilket motsvarar cirka 1 % av Sveriges totala årliga elförbrukning. Internationellt står VA-försörjningen för 4 % av världens elanvändning (IEA 2016). Vi vet också att systemen inte drivs på det mest energieffektiva sättet i dag, vilket borde vara en självklarhet i strävan mot det smarta och hållbara samhället.

Sveriges elförsörjning står inför stora utmaningar samtidigt som klimatomställningen innebär en kraftigt ökad elektrifiering framöver i kombination med en ökande andel förnybara energikällor. En stor utmaning är kapacitetsbristen i elnäten, både i transmissionsnätet som utgör det nationella stamnätet och i distributionsnäten som utgör regionala och lokala elnät. Flexibla elkunder som kan styra sin elförbrukning till tidpunkter som är gynnsamma för elnät och elproduktion är en del av lösningen på problemet.

Digitaliseringen möjliggör en optimering av VA-systemen som inte var möjlig tidigare. Exempelvis har vi nu möjlighet att mäta mer, datorkraften är större och kommunikationen snabbare än tidigare. Givet digitaliseringen kan VA-systemen både energieffektiviseras och utgöra en tillgång för leveranssäkerheten i elsystemet. Energibranschens utveckling och deras nya affärsmodeller för effektstyrning gör det samtidigt möjligt och lönsamt för andra aktörer att bidra till en balansering av elförbrukningen.

I det smarta och hållbara samhället ska vi såklart nyttja vattenresursen varsamt men vi behöver dessutom optimera distributionen och driften av VA-systemen så att elförbrukningen i samhället i stort optimeras och miljöbelastningen minimeras.

Smart elanvändning inom VA ligger i tiden. FN:s hållbarhetsmål 7 om hållbar energi åt alla och flera delmål där under har tydliga kopplingar till smartare elanvändning. Många städer och VA-organisationer har eller håller på att sätta upp klimat- och energimål för sin verksamhet som på flera håll pekar ut riktningen för att arbeta med och utvärdera olika möjligheter att styra och effektivisera effektbehovet i staden.

1.2 Projektets syfte

Projektets syfte var att genom en förstudie kartlägga möjligheter och utmaningar för kommunala VA-aktörer att bidra till effektbalansering av elnätet med effektstyrning av i första hand dricksvattendistributionen. Följande frågor ställdes:

- Kan VA-systemen energioptimeras och även nyttjas för att bidra till att balansera elbehovet i samhället i stort?
- Vad skulle en sådan optimering kräva och vilka incitament finns för att sätta i gång arbetet?

Tekniken är mogen och möjliggör användandet av realtidsmodeller och realtidsmätning för att generera driftprognoser med syfte att optimera driften av hela dricksvattendistributionen mot å ena sidan en mer robust styrstrategi i perioder av hög vattenförbrukning och mot å andra sidan en mer energismart styrning när driftsituationen tillåter det.

Denna rapport syftar till att beskriva både möjligheter och utmaningar med att nyttja dricksvattendistributionskedjan för effektstyrning samt potentialen för energioptimering av dricksvattendistributionen. En viktig del är att bidra med generell kunskap till den digitaliseringsutveckling av VA-verksamheten som nu sker i landet, för att möjliggöra ett framtida samspel med energisystemet, där och om det är lämpligt.

Läsaren introduceras till elsystemets utmaningar och till framtida regulatoriska förändringar som kan komma att påverka VA-verksamheten. Efterföljande avsnitt presenterar hur VA-huvudmannen kan genomföra en kartläggning för att förstå energianvändningen i det egna systemet och ger förslag på effektiviseringsåtgärder. Läsaren ges också insyn i hur VA-systemet genom primärt två olika åtgärder skulle kunna utgöra stöd till elnätsägare vid effektbrist. Projektets resonemang implementeras på och exemplifieras med en fallstudie över NSVA:s distributionssystem i Helsingborgs kommun.

1.3 Avgränsningar

Projektets syfte är delvis att lära sig om elmarknaden och hur VA-branschen kan interagera med densamma i en framtida smart och hållbar stad där trenden går mot en ökad elektrifiering för att klara omställning mot ett hållbarare samhälle. För att inte starta med ett för komplext VA-system och därmed tappa fokus, avgränsas projektet till att i första hand studera elanvändningen och effektiviseringen av dricksvattendistributionen som en möjliggörare till en smartare stad. Helsingborgs dricksvattendistribution används som fallstudie. I Helsingborgs vattenverk finns inga energikrävande reningssteg i processen utöver UV-ljus och grundvattenpumpning, vilket förenklar systembilden.

I projektet tar vi ej heller hänsyn till elens kvalitet som utgör ytterligare utmaningar för elsystemet. Elektricitet och elförsörjning har ett flertal egenskaper som avgör dess kvalitet. Det kan exempelvis handla om spänningskvalitet och övertoner, svängmassa och reaktiv effekt. Vi berör ej dessa begrepp i projektet utan avgränsar oss till att resonera utifrån energi och effekt.

2 Elsystemets utmaningar

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 elektrifieringsplanerna 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, samt skapa ett mer ansträngt elsystem.

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. 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 dock 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 effekt-tillräcklighet 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.

En stor del av omställningen och elektrifieringen sker långt ute i elnäten hos konsumenterna och på regional nivå. Det existerande elnätet är oftast inte anpassat för att ta emot en 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 utnyttjandegraden 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.

Sammanfattningsvis kan elsystemets övergripande utmaningar delas in i fem delar, vilka illustreras i Figur 2.1.

Balansering av elsystemet. Tidigare styrdes elsystemet enbart av elförbrukningen, men på medel och lång sikt blir vi mer beroende av att elproduktionen består av en stor mängd väderberoende produktionskällor som spänner över olika tidsskalor, från sekunder till år. Detta kommer kräva ett stort behov av flexibilitet som man behöver kunna möta både tekniskt och regulatoriskt.

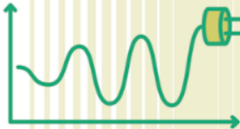
Prisdynamik på elmarknaderna. Mer fluktuerande elpriser är att vänta. Samtidigt finns en stor osäkerhet kring utvecklingen av elpriset som bland annat beror av det globala orosläget.

Regulatoriska utmaningar. I det framtida systemet ser vi många helt nya aktörer som bidrar med elproduktion som exempel via solceller, batterilager, elbilar mm. Samtidigt behövs också aktörer för utjämning av kapacitetstoppar, det skulle exempelvis kunna vara VA-branschen, privatpersoner och företag. Detta kräver utveckling av nya regler för att alla dessa ska kunna agera på den framtida elmarknaden.

Utbyggnad av elnät och elproduktion kommer att krävas för att möjliggöra den elektrifiering som samhället efterfrågar. Denna kommer ta tid och kräver stora investeringar i både elnätet och i produktionsanläggningar.

Tekniska utmaningar. En följd av att elsystemet har stor andel väderberoende energikällor framöver och att fler olika aktörer kommer att verka i elsystemets ekosystem, kommer nya tekniska lösningar behöva utvecklas.

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 2.1

Elsystemets övergripande utmaningar på kort, medel- och lång sikt.

2.1 Elkostnader

Kundens kostnader för elsystemet kan delas in i tre huvudsakliga delar.

1. Elhandelskostnaden – kostnaden för produktionen av elen som används.
2. Elnätskostnaden – kostnaden för elnätet som transporterar elen som används.
3. Skatter och statliga avgifter – bland annat energiskatt, moms och elberedskapsavgift.

För företagskunder varierar kostnadsfördelningen mellan de tre punkterna ovan framför allt beroende på hur elintensiv företags verksamhet är.

Vad elsystemet är i behov av kommuniceras genom prissignaler. För elhandel publiceras priset inför morgondagen på marknadsplatsen Nordpool. På detta sätt kan aktörer som har möjligheten att vara flexibla med sin elanvändning välja när elen används och på det sättet undvika att förbruka el när det är dyrt. Det gäller dock att kunden har ett elhandelsavtal med timprissättning för att faktiska besparingar ska kunna uppnås.

För elnät kommuniceras prissignalerna i stället via en elnätstariff som är företags-specifik för varje elnätsbolag. Därför varierar denna i både storlek och form beroende på var elnätskunden är lokaliserad. För mindre kunder är merparten av kostnaden för elnätstariffen knuten till vilken säkringsstorlek som kunden har. En säkring ger kunden rätt att under alla timmar ta ut en bestämd mängd el som bestäms av säkringens storlek. Vad som definitionsmässigt är en mindre aktör varierar beroende på nätbolag

men vanligtvis handlar det om anläggningar under 80–250 ampere. Till kostnaden för säkring tillkommer också en överföringsavgift som ska spegla kostnaden av den el som försvinner i form av värme när elen transporteras till elanvändaren, så kallade nätförluster.

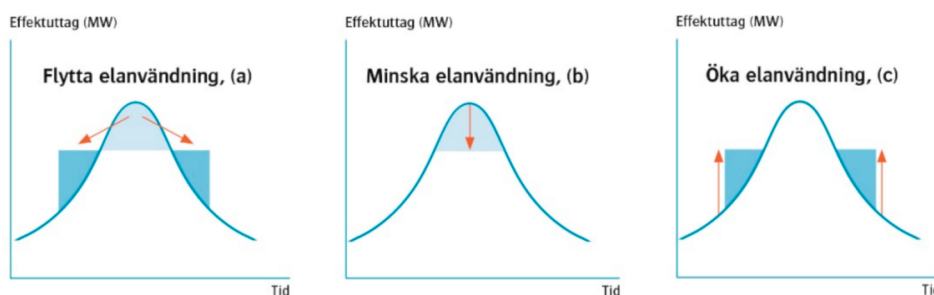
För större elanläggningar tillämpar de flesta elnätsföretag i dag helt eller delvis prissättning baserad på faktiska uttaget av el, så kallad effektprissättning. För att elektrifieringen ska bli hållbar måste det befintliga elnätet utnyttjas bättre. I dagsläget är det bara under de allra kallaste dagarna som elnätet används nära fullt ut. Därför måste alla elnätsbolag enligt ellagen införa så kallade effektagifter för alla sina kunder senast 1 januari 2027. Effektagifter kan liknas vid en trängselavgift för elnätet, och innebär att du får betala mer om du använder mycket el under enskilda timmar.

Elnätsbolaget är också skyldiga att samla in energiskatt, moms och ytterligare avgifter och skicka vidare dessa till staten.

2.2 Efterfrågefleksibilitet som ett verktyg

Efterfrågefleksibilitet innebär ”en frivillig ändring av efterfrågad elektricitet från elnätet under kortare eller längre perioder till följd av någon typ av incitament” (Carlén et al. 2023).

Det finns flera olika sätt att vara flexibel på enligt Figur 2.2. Antingen flyttas elförbrukningen i tid eller så minskas eller ökas den.



Figur 2.2

Olika former av efterfrågefleksibilitet (Alvehag et al. 2016).

Incitamenten till att vara flexibel med sin elanvändning kan både handla om kostnadsbesparingar genom att styra efter prissignaler från elhandels- eller elnätskostnaden, eller om intäktsmöjligheter genom att flexibiliteten paketeras och budas in på en marknadsplats för flexibilitet. Det förstnämnda brukar kallas prissbaserad eller *implicit efterfrågefleksibilitet* och det sistnämnda *explicit efterfrågefleksibilitet*. (Carlén et al. 2023)

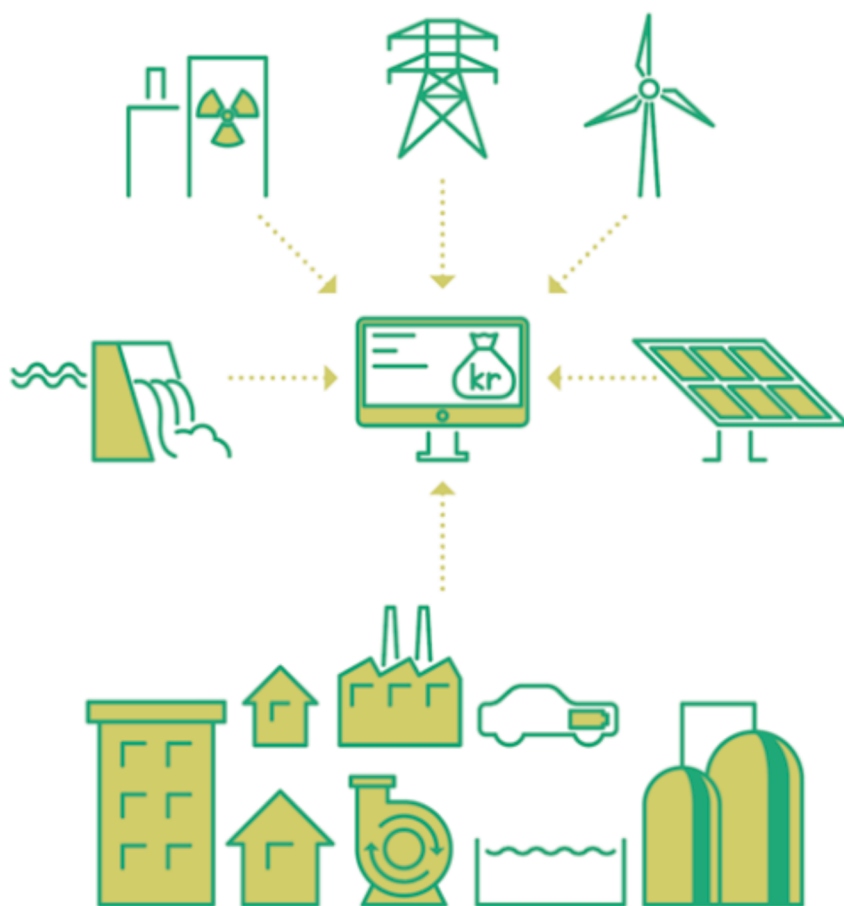
Mycket pekar på att förmågan till att vara flexibel kommer vara ett viktigt verktyg både för att undvika att elkostnaderna ökar och ett verktyg för att aktivt arbeta för att minska elkostnaderna för elanvändare framöver.

Framtidens elsystem kommer behöva använda sig av flexibla resurser i en mycket högre utsträckning än vad som sker i dag, både från flexibel produktion, flexibel efterfrågan och energilagring. Många av de energiresurser som tillkommer i och med elektrifiering och omställning (t.ex. elbilar, elektrolysörer och batterilager) tillhör en så kallad beteendestyrd last varför det finns en inneboende möjlighet till flexibilitet för dessa energiresurser.

I de flesta elnät är det största behovet att kunderna antingen flyttar eller minskar sin elkonsumtion under vissa tidpunkter, men i framtiden kommer det sannolikt även att finnas ett behov att öka sin elkonsumtion under vissa tidpunkter för att ta vara på ett under vissa tidpunkter överflöd av förnybar elproduktion.

2.3 Aggregering

Aggregering innebär att små energiresurser samlas ihop och styrs tillsammans så att deras sammanlagda effekt blir större än för de enskilda energiresursernas. Aggregering möjliggör att energiresurser som annars hade varit för små för att delta på en elmarknad, nu kan göra det när de samlats så som Figur 2.3 visar. Det blir ett verktyg för att öka efterfrågefleksibiliteten. På så sätt frigörs potentialen i dessa små energiresurser, vilket kan gynna hela elsystemet.



Figur 2.3

Aggregering av flera små energiresurser kan tillsammans agera motsvarande som en stor energiresurs på elmarknaden. Exempelvis har här pumpar, bilbatterier, byggnader m.m. samlats och motsvarar tillsammans lika stor energimängd som en ensam stor energiresurs.

Aggregering av energiresurser kan göras inom ett avgränsat område som exempelvis inom en industrianläggning, men används vanligtvis för större områden 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, men fortfarande är möjligheterna mellan olika anläggningar små då de begränsas både tekniskt och administrativt.

En förutsättning för aggregering är att de individuella energiresurserna kan ta emot styrsignaler och leverera mätdata tillbaka till ett digitalt system, ett exempel på detta kan vara mätning av momentan elförbrukning.

Aggregering är både en viktig nyckel för att öka flexibiliteten i elsystemet, och utgör också en möjlighet för kostnadsbesparing och intäktsgenerering för den enskilda elanvändaren (Energimarknadsinspektionen 2024). Det finns dock fortfarande hinder för att potentialen i aggregering av mindre energiresurser ska kunna frigöras. Dessa

hinder är såväl ekonomiska, tekniska som administrativa. I skrivande stund pågår arbete både på europeisk och nationell nivå med framtagande av ny lagstiftning som ska underlätta för aggregerade energiresurser att göra nytta i elsystemet (Hellberg et al. 2023).

2.4 Flexibilitetsmarknader

Explicit flexibilitet kan handlas upp på flera olika sätt och för olika syften, aggregerat eller enskilt. Målsättningen är att anskaffningen ska ske marknadsbaserat när det är möjligt, och där är just flexibilitetsmarknad den mest marknadsbaserade metoden.

Svenska kraftnät handlar upp stödtjänster som behövs för balansering av elsystemet. För lokala och regionala elnätbolag har däremot flexibilitetsmarknader blivit synonymt med lokala flexibilitetsmarknader där aktörer som ligger inom ett visst geografiskt område kan sälja sin flexibilitet till nätbolaget för att hantera kapacitetsproblem, eller så kallade flaskhalsar, inom nätet eller mot överliggande nät.

Lokala flexibilitetsmarknader är ännu i sin linda både i Sverige och Europa, men väntas bli en viktig pusselbit i elektrifieringen och energiomställningen. I Sverige har pilotprojekt testats under de senaste åren i olika former i bland annat Stockholm (SthlmFlex), Uppsala (CoordiNet), Skåne (Coordinet, SWITCH) och Göteborg (Effekthandel Väst).

I dag är i princip alla befintliga lokala flexibilitetsmarknader så kallade sällan-marknader. Till skillnad från Svenska kraftnät som behöver balansera elsystemet varje timme året om, har elnätbolag problem mer sällan när det kommer till flaskhalsar i elnätet, ofta vid så kallade tioårsvintrar när elförbrukningen är väldigt hög.

Genom pilotprojekten har ett flertal hinder och utmaningar identifierats för lokala flexibilitetsmarknader. Dessa är allt från tekniska till administrativa, ekonomiska och regulatoriska och finns både för nätbolag som vill köpa flexibilitet och för dem som vill sälja sin flexibilitet. Liksom för aggregering pågår det ett intensivt arbete både på nationell och europeisk nivå för att undanröja dessa hinder. Ett fokusområde är att exempelvis sänka trösklarna för deltagande på en flexmarknad genom att sänka miniminivåerna för deltagande som flexkund till 100 kW.

3 Energikartläggning av dricksvattensystemet

För att kunna bedöma dricksvattensystemens eventuella potential att bidra till mindre och smartare elanvändning, samt att utvärdera olika driftscenarion och styrningars effekt på elförbrukningen, behöver man först förstå hur energitillförseln och energiförlusterna ser ut i systemet. En bra början för att åstadkomma detta är att kartlägga hur energi kommer in i och hur den lämnar dricksvattendistributionssystemet. En översiktlig energikartläggning kan sedan ligga till grund för bedömning av potentialen att energieffektivisera och systemets möjlighet till eventuellt bidrag på en flexmarknad.

I detta kapitel beskrivs var energi tillförs och lämnar dricksvattendistributions-systemet. Samtidigt beskrivs en metod för hur man kan uppskatta storleken på energiförluster i systemet. Generellt kan energin som tillförs dricksvattensystemet mätas eller beräknas som tillförd effekt från pumpning i kilowatt, kW. Energin som tillförs, finns lagrad i och lämnar systemet kan beräknas utifrån flöde och tryckförändring enligt nedan.

$$\text{EKVATION 1: } E = m \times g \times \Delta h$$

$$\text{EKVATION 2: } P = q \times \rho \times g \times \Delta h$$

E : Tillförd potentiell energi [J]

g : Tyngdaccelerationen (9,8) [m/s²]

Δh : Förändring i trycknivå [m]

P : Effekt [W]

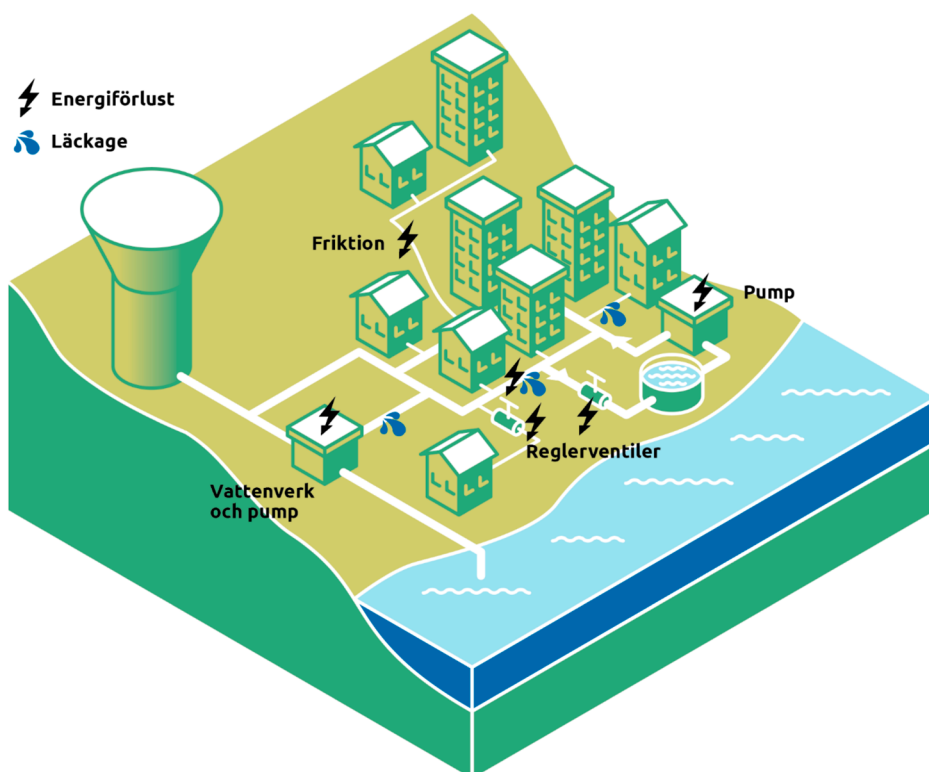
q : Flöde [l/s]

ρ : Densitet för vatten (1,0) [kg/l]

3.1 Underlag

Pålitliga SCADA-data är fundamentalt för att kartlägga energin i dricksvattensystemet. Med hjälp av kontinuerlig mätning av tryck och flöden i systemet och från anläggningar kan den hydrauliska energin som tillförs och som går förlorad bestämmas. Utöver flöde och tryck bör även energiförbrukningen hos varje pump mätas och lagras, detta ger i sin tur möjlighet att utvärdera pumparnas verkningsgrad och därmed hur effektiv styrstrategin är ur energisynpunkt.

Utöver data från SCADA-systemet, ger en hydraulisk beräkningsmodell möjlighet till att skapa förståelse för hur stor del av energin som lämnar systemet i form av friktionsförluster och vattenförbrukning. För att närmare kartlägga energin i distributionssystemet kan energin delas upp i tillförd energi i form av pumpning eller lägesenergi, och i poster för hur energi lämnar systemet via förlust vid pumpning, läckage, vattenförbrukning, friktionsförluster, samt tryck- och flödesreducering. De olika posterna för var energin lämnar distributionssystemet illustreras i Figur 3.1.



Figur 3.1

Schematisk bild över hur energi lämnar distributionssystemet via förluster vid pumpning, friktionsförlust, läckage och reducering av tryck och/eller flöden.

3.2 Tillförd energi

Den tillförda energin kommer normalt från pumpning, men kan också komma till systemet naturligt som lägesenergi, om vattenverket är högt beläget i förhållande till distributionssystemet. För kartläggning i större sammanhängande system kan det också vara nödvändigt att avgränsa det specifika området man undersöker och genomföra kartläggningar för olika delar av systemet var för sig. Då behöver den inkommande hydrauliska energin beräknas.

Den tillförda hydrauliska energin via pumpning beräknas enligt Ekvation 1, där förändring i trycknivå, beräknas som anläggningens uppforderingshöjd, det vill säga skillnaden i den trycknivå som mäts direkt före och direkt efter pumpen.

3.3 Vattenförbrukning och energiförluster

Energien lämnar systemet som vattenförbrukning, förluster vid pumpning, friktionsförluster i ledningsnätet, läckage samt vid tryck- och flödesreducering. Förlusterna i pumpar och motorer är ofta den största posten av förlorad energi i distributionssystemet. Pumparnas verkningsgrad är det vanligaste måttet på hur stor denna förlust är och anges normalt av pumptillverkaren. Med verkningsgrad avses kvoten mellan den nyttiga utvunna energin och den tillförda energin, se Ekvation 3.

EKVATION 3:
$$\eta = \frac{E_n}{E_t}$$

För pumpning innebär den tillförda energin uppmätt elförbrukning, och den utvunna energin är den hydrauliska energin för den tryckhöjda massan vatten, enligt Ekvation 1. Om den tillförda energin till en pump eller uppsättning pumpar loggas och lagras kan verkningsgraden beräknas och energiförlusterna i pump och motor erhållas. Med

ett känt samband mellan flöde och pumpens effektivitet kan verkningsgraden för olika flödessituationer också beräknas med en hydraulisk modell. Detta kan nyttjas för att prova hur olika styrstrategier och åtgärder påverkar pumparnas effektivitet.

Ytterligare en post för utgående energi är läckage, då energin går förlorad med det vatten som läcker ut ur systemet. Med en enkel vattenbalans, det vill säga differensen mellan vattenflödet in och ut ur systemet där läckaget uppskattats i procent av producerat vatten, kan man förenklat också uppskatta energin som går förlorad. Andelen läckage av inkommande vattenflöde kan översättas till andelen energi som förloras genom läckage. Exempelvis motsvarar 10 % läckage att 10 % av den tillförda energin förloras som läckage. Värt att notera är att ju högre trycket är i systemet, desto högre energiförlust per volym läckage genereras.

Energi lämnar även distributionssystemet i form av vattenförbrukning där den utgående energin är proportionerlig mot det tillgängliga trycket i uttagspunkten precis som för läckaget. Det tillgängliga trycket hos systemets abonnenter måste vara tillräckligt högt för säker och god försörjning. Givet en rad faktorer som topografi och lokala friktionsförluster kommer det tillgängliga vattentrycket att variera för olika abonnenter i respektive tryckzon i systemet. Detta innebär att en abonnent kan ha erforderligt tryck, medan en annan kan ha ett högre tryck än vad som krävs för säker och god försörjning. Trycken inom en tryckzon kan därför delas in i två kategorier: erforderligt tryck och överskjutande tryck. I vissa fall kan trycket inom zonen regleras för att minska andelen överskjutande tryck i syfte att minska energiförlusten. Genom att skapa mindre tryckzoner med anpassat tryck kan andelen överskjutande tryck minskas och därmed minskar också energiförlusten. Andelen överskjutande tryck kan beräknas för ett helt system med exempelvis en hydraulisk modell givet att ett acceptabelt minsta servistryck hos abonnenterna definierats av VA-huvudmannen. Utan en hydraulisk modell kan energiförluster till följd av vattenförbrukning hos abonnenter beräknas med Ekvation 1, genom att uppskatta medelförbrukningen inom ett område och medeltrycket hos abonnenter.

I alla ledningar där vatten transporteras kommer friktionsförluster uppstå, beroende på hastighet och ledningarnas råhet. Friktionsförlusten som innebär att energi lämnar systemet i form av värme manifesterar sig som förlorat tryck längs transportsträckan. Energiförlusten till följd av friktion i ledningarna kan uppskattas enkelt för enskilda ledningssträckningar utan påstick, t.ex. överföringsledningar, som skillnaden i trycknivå mellan två punkter. Normalt krävs dock en hydraulisk modell för att beräkna förlusterna i ett förgrenat ledningsnät för att fånga upp samspelet mellan förlust, flöde, hastighet, förbrukning och tryck. I ett väldimensionerat system bör andelen utgående energi till följd av friktionsförluster vara relativt liten vid normaldrift, men kan bli betydande under dimensionerande flöden.

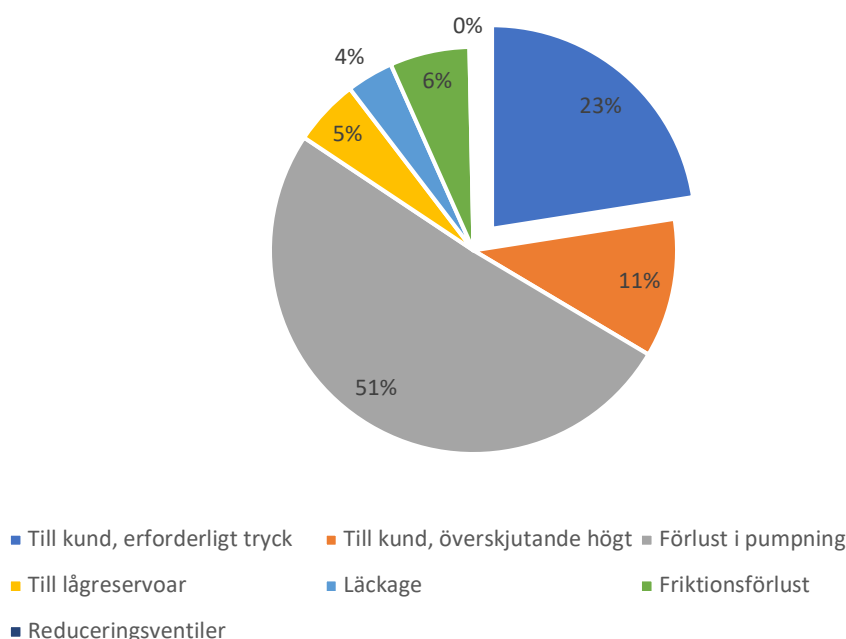
Energiförluster uppstår även när tryck eller flöde reduceras genom ventiler till lågzoner eller släpps i lågreservoarer. Att reducera ner till en lågzon på grund av terrängen är en nödvändig ”energiförlust”, då det högre trycket annars kan orsaka läckor och öka läckaget i befintliga otätheter och kunder i zonen annars fått uttag med en stor post överskjutande tryck.

I många fall används hela eller delar av lågreservoarer som en tillgänglig avbrottsvolym, där en viss procent måste omsättas varje dag, eller hela volymen ett visst antal gånger per vecka. Det konsumeras elektrisk energi när vatten pumpas ur lågreservoaren och vid påfyllning av reservoaren genom inflöde genom ventilerna. Mäts flödet genom ventilen och trycket före och efter ventilen kan energiförlusten uppskattas genom att använda trycknivåskillnaden. För en reservoar används trycknivån i lågreservoarens yta som trycknivå efter.

3.4 Nyckeltal och sammanställning

Efter att de olika posterna för var energi tillförs och lämnar distributionssystemet har fastställts och beräknats, kan en sammanställning göras med syfte att kunna identifiera var eventuella energisparande åtgärder kan vara motiverade. Ett intressant nyckeltal för jämförelse med andra system eller delar av system är vilken tillförd energi som använts per levererad kubikmeter vatten. En annan är hur stor andel av den totala mängden tillförd energi som lämnar systemet till kund som erforderligt tryck.

Det är dock mycket svårt att jämföra olika system i termer av tillförd eller utgående energi, då förutsättningar och val av avgränsning kan variera mycket. I stället kan fokus läggas på de hydrauliska förluster som uppstår inom ett system. Genom att beräkna de hydrauliska förlusterna, kan exempelvis en sammanställning av den utgående energin se ut som i Figur 3.2.



Figur 3.2

Utgående energi i vattendistributionssystemet.

Utifrån detta går det att se vilka poster i systemet som är störst och beroende på förutsättningarna vilka delar som har störst potential för effektiviseringsåtgärder. Ett system med stor andel överskjutande högt tryck kan kanske delas upp i flera zoner, alternativt kan kanske trycket till zoner utan reservoar sänkas på ett säkert sätt. Är förlusterna till lågreservoarer betydande går det kanske att utvärdera hur reservoarerna används.

I nästa kapitel ges några förslag på åtgärder med potential att minska energiförbrukningen.

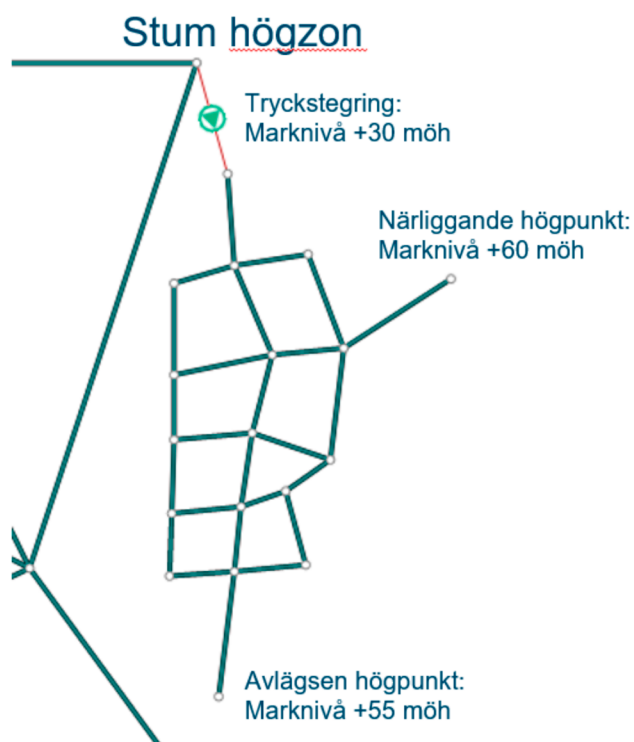
4 Förslag till energieffektivisering

I kapitlet ges ett antal principiella förslag på åtgärder med potential att minska eller skapa flexibilitet i energianvändningen. Varje åtgärd rankas efter potentialen att effektivisera energiförbrukningen respektive möjligheten till flexibelt användande.

4.1 Flödesbaserad tryckstyrning

Flödesbaserad tryckstegring kan användas för att minska andelen överskjutande högt tryck i en tryckzon. Principen för denna åtgärd är att låta det utgående trycket från en anläggning mot en stum zon regleras så att ett acceptabelt, men inte onödigt högt tryck, ges till alla kunder vid alla flödessituationer. Ett exempel på en stum högzon ges i Figur 4.1.

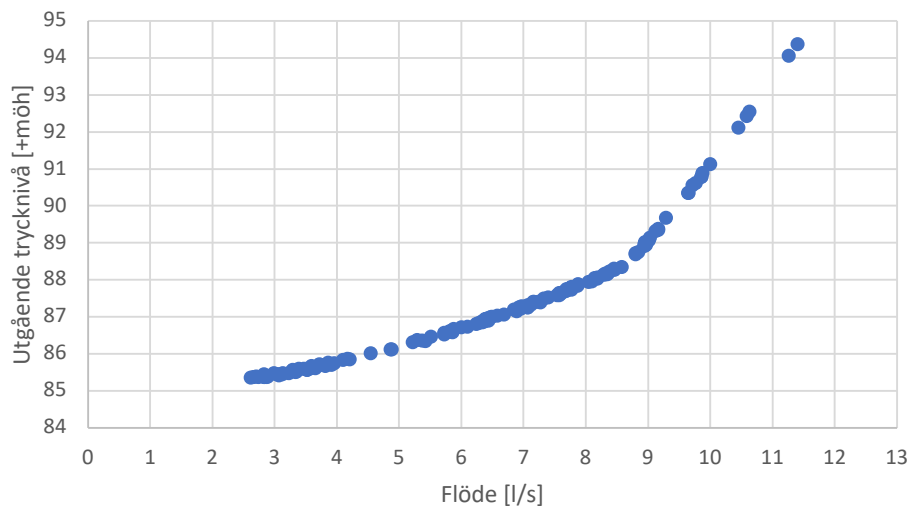
När tryckstegring för denna typ av område anläggs uppskattas friktionsförluster och flödessituationer så att pumpar och styrning ger ett acceptabelt tryck vid dimensionerande flöde. För att upprätthålla 25 mvp i marknivå i den avlägsna högpunkten i exemplet i Figur 4.1 vid dimensionerande flöde krävs en trycknivå på +95 möh från tryckstegringsstationen, eftersom förlusterna i ledningsnätet till punkten som högst blir 15 mvp ($55 + 25 + 15 = 95$).



Figur 4.1

Stum högzon, exempel från den digitala demomodellen Testköping.

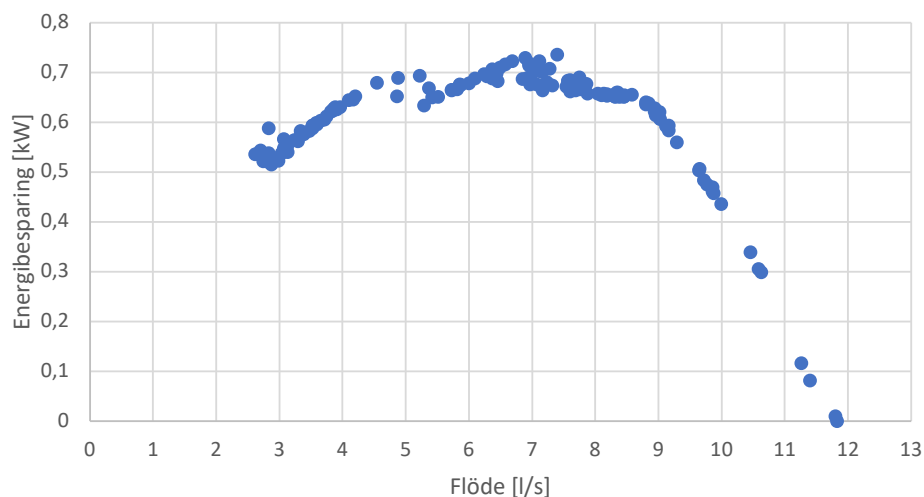
Om anläggningen inte tar hänsyn till flöde sätts den utgående trycknivån till +95 möh konstant, vilket ger överskjutande högt tryck vid lägre flöden. Driftsituationer med lägre flöden resulterande i stor andel överskjutande högt tryck kan utgöra så mycket som 99 % av tiden. Vid lägre flöden kan det i stället vara en annan punkt som behöver styra det utgående trycket. I exemplet finns en högre närliggande högpunkt på +60 möh. Som lägst kan den utgående trycknivån vara +85 möh, för att upprätthålla 25 mvp i denna punkt. Det går därför att styra anläggningens utgående tryck med hjälp av kurvan i Figur 4.2.



Figur 4.2

Exempel på hur utgående trycknivå kan regleras mot flöde.

Energibesparingen per liter vatten vid flödesbaserad tryckstyrning blir alltså större vid låga flöden, under nattetid och under lågförbrukningsperioder. Besparingen i kW blir dock större när flödet ökar (eftersom energiförbrukningen ökar med flödet) och är fortsatt hög en bra bit över medelflöde ca 6 l/s enligt resultat i Figur 4.3.



Figur 4.3

Besparad energi med det sänkta utgående trycket i kWh per timme för olika flödessituationer.

Sett över ett år skulle energiförbrukningen uppgå till ca 13 400 kWh med flödesbaserad tryckstyrning i stället för 19 100 kWh med konstant tryck från tryckstegringen. Motsvarande en besparing om ca 30 % av energiförbrukningen för högzonen.

Detta koncept är relativt enkelt och riskfritt att implementera. En utmaning ligger i att pumpar måste väljas så att de ger hög verkningsgrad även vid de lägre uppfordringshöjderna som kan krävas vid denna styrning. Utöver den direkta besparingen i pumpkostnader finns också en positiv effekt på läckage och risk för nya läckor med ett sänkt tryck. Åtgärden bedöms ha störst potential för energibesparing, men en bieffekt av att mest energi sparas under lägre flöden blir att det även är positivt för effektb sparing under effektbrist. Effektbrist uppstår oftast vid kallt väder, då vattenförbrukningen normalt inte är så stor.

4.2 Reservoarhantering

Förändrad drift av låg- och högreservoarer kan bidra till att effektivisera energianvändningen i distributionssystemet. Förändring av omsättning och nivåvariationer kan spara energi till exempel via styrningar som anpassar sig till rådande förbrukningsförhållanden. Ett exempel är att tillåta att nivå i både hög- och lågreservoarer hålls lägre under lågförbrukningsperioder, då volymen som krävs för kortare avbrott kan vara mindre. Rent konkret kan detta vara att under perioder med hög säkerhet och låg förbrukning minska nivån i en lågreservoar som främst används för avbrott, och därmed minska volymen som måste omsättas.

Även omsättningstiden i lågreservoarer påverkar energiförbrukningen eftersom påfyllning av reservoaren ofta innebär tryckreducering och att den potentiella energin sedan åter behöver tillsättas när vatten pumpas ur reservoaren. Att omsätta vattnet för ofta ger en onödigt kort omsättningstid och bör undvikas med hänsyn till energibehov. Behovet av omsättning kan med fördel anpassas efter vattnets temperatur. Även här kan utpumpning undvikas de timmar och dygn då effektbrist uppstår i elsystemet.

En större nivåvariation i en högreservoar kommer att verka energisnålare då pumpning delvis kommer att göras mot en lägre nivå.

4.3 Optimering, verkningsgrad

Med verkningsgradskurvor och en hydraulisk modell kan olika styrstrategier utvärderas. Det är dock svårt att med säkerhet efterlikna energiförlusterna utan att också mäta energiförbrukningen.

Med mätning av förbrukad elektrisk energi till en anläggnings pumpar kan verkningsgraden, det vill säga kvoten mellan den nyttiga hydrauliska energin och den förbrukade energin beräknas. Verkningsgradens förändring för olika driftsituationer kan visa om en anläggning drivs optimalt eller ej.

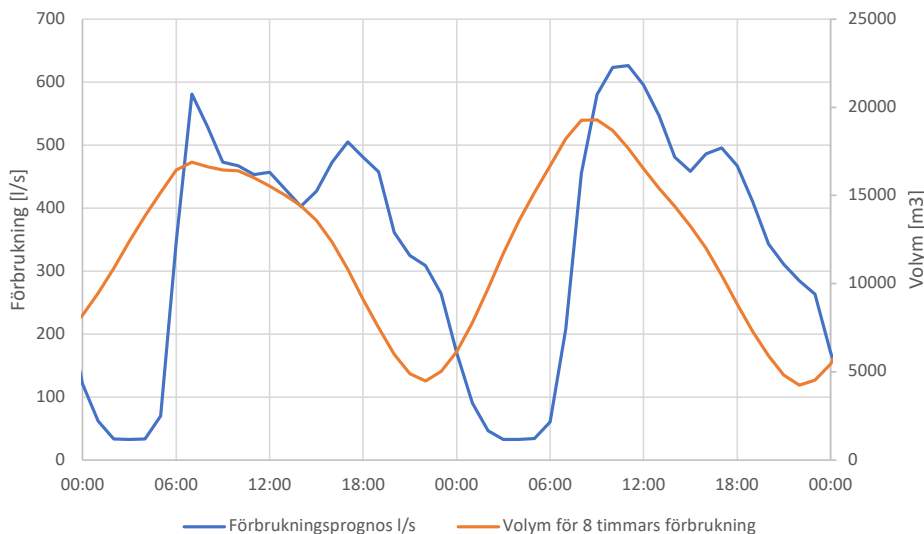
Eftersom verkningsgraden är en så stor del av den totala förlusten i ett system bör potentialen i effektivisering i denna post inte underskattas, framför allt vid höga flöden och om verkningsgraden verkar onormalt låg. I ett exempel där den nyttiga energin 100 kWh ska tillföras krävs 250 kWh med 40 % verkningsgrad. Om verkningsgraden kan ökas till 50 % genom annan drift eller effektivare pumpar behöver i stället 200 kWh tillföras för samma nyttiga energi. En ökning från 40 % till 50 % minskar alltså energiförbrukningen med $50/250 = 20\%$.

4.4 Förbrukningsprognoser och smart drift

Olika driftsstrategier påverkar energikostnad, säkerhet i systemet och omsättningen av vattnet. Olika driftstrategier ställer därmed olika nyttor mot varandra, till exempel betyder hög säkerhet en hög högreservoarnivå vid alla tider, men sker på bekostnad av

omsättning och högre energiåtgång. Oftast sker utpumpning och drift utan speciellt stor vetskap om hur valda styrparametrar påverkar energiförbrukning, leveranssäkerhet, omsättning etc. Med mätning, digitalisering och automatiserad analys av systemet kan nyckeltal användas för att få en bättre förståelse om status i systemet och hur driften ska justeras för att vara gynnsam ur flera perspektiv.

Ett första steg mot en smartare styrning av systemet kan vara användning av förbrukningsprognoser. Med dessa går det till exempel att förutspå vilken avbrottsvolym som krävs kommande dygn för att ha tillräckligt med vatten för att klara ett avbrott under exempelvis kommande 8 timmar så som exemplet i Figur 4.4 visar. Volymen varierar både utifrån säsong och tid på dygnet.



Figur 4.4

Exempel på analys kring inmatningen till ett system baserat på prognos.

Behovet av reservoarvolym ger också direkt stöd för att hitta en lägre nivå i lågreservoar under lågförbrukningsperioder, vilket minskar energiförlusten för omsättning.

Utifrån prognosen och vilken nivå som krävs för att hålla en tillräcklig nivå för säkerhet vid avbrott går det också att ställa olika driftstrategier mot varandra och se vilka olika konsekvenser de ger på energiförbrukning med mera. Med maskininlärning kan även optimerade strategier tas fram som tar samtliga parametrar i beaktande och planera pumpning så att önskad nivå och energieffektiv drift kan hållas för kommande tidshorisont.

5 Effektflexibilitet i dricksvattenförsörjning

I en framtid där samhället har behov av att kunna flytta, minska eller öka elanvändningen givet förändringar i belastning på elsystemet kan dricksvattendistributionen, likväl som övrig VA-verksamhet, utgöra en pusselbit. Till följd av digitaliseringens möjligheter att övervaka och prognosticera vattenanvändningen, kopplat med systemens inbyggda redundans, kan dricksvattensystemen bidra med effektflexibilitet.

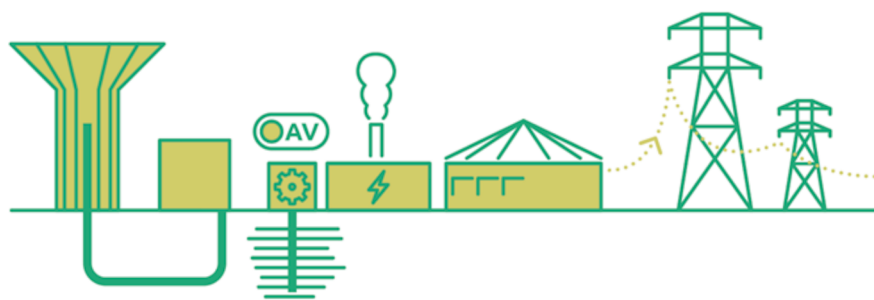
Dricksvattensystemets ingående delars elanvändning har uppskattats i tidigare avsnitt och bekräftas även av tidigare studier på området (Lingsten et al. 2011), vilket visar att den övervägande största posten för elanvändning är utgående pumpar från vattenverk och tryckstegring i ledningsnätet, vilket uppgår till ca 50 % av den totala elanvändningen och där utpumpningen från vattenverken motsvarar ungefär 2,6 gånger mer energi än tryckstegring ute i ledningsnätet.

I de flesta system finns reservoarer och reservkraft som kan användas för att trycksätta systemet vid bortfall av elförsörjningen till pumpning. Denna inbyggda redundans ger möjlighet till flexibilitet att tidvis, efter systemens förutsättningar, pausa eller minska effektuttaget genom att låta systemet drivas med reservkraft eller självfall från högreservoar. Detta skulle innebära ett nytt förhållningssätt till de driftscenarion som i dag ses som sällanhändelser och endast nyttjas som en sista utväg för att garantera leveranssäkerhet. Potentialen att frigöra effekt genom att ersätta utpumpning av vatten kan antas vara god sett till pumpningens förhållandevis stora andel av dricksvattensystemets totala elanvändning. Effekten som kan frigöras kommer bero på hur pumpningen styrs, det vill säga om den är konstant under dygnet eller varierar, och vilken anläggning som avses.

För att uppskatta hur attraktivt det är att utnyttja dricksvattendistributionssystemets effektflexibilitet har två alternativ utvärderats och diskuterats: möjligheten att ersätta pumpning med reservkraft för att tillfälligt frigöra effekt i elnätet samt möjligheten att ersätta pumpning med försörjning från högreservoar för att frigöra effekt i elnätet. En grundläggande förutsättning för att dessa åtgärder ska kunna genomföras är att flexibiliteten kan ta plats på en framtida flexibilitetsmarknad och att regulatoriska incitament finns tillgängliga som gör det lönsamt för VA-huvudmannen att ha beredskap, verktyg och driftförutsättningar att genomföra flexibilitetsskapande åtgärder. Även om flexibilitetsbidraget från delar av VA-systemet, eller i jämförelse med andra elförbrukare i elsystemet, kan verka litet, kan aggregering av denna flexibilitet med andra aktörer i elsystemet resultera i ett meningsfullt bidrag som kan ta plats på elmarknaden.

5.1 Reservkraft

Viktiga dricksvattenanläggningar är normalt bestyckade med reservkraft som ska kunna försörja anläggningen med elektricitet i händelse av ett avbrott på ordinarie kraftförsörjning så att vattenförsörjningen kan fortgå som normalt, se Figur 5.1. Uthålligheten hos reservkraften varierar mellan VA-huvudmän och anläggningar. Enligt Livsmedelsverkets Handbok i krisberedskap och civilt försvar för dricksvatten (Livsmedelsverket 2023) anges en rimlig nivå för drivmedelslager som 3–5 dagar full drift av reservkraften. Enligt samma handbok ska reservkraften testköras med last emellanåt för att säkerställa att den fungerar. Bränslet behöver även omsättas för att inte bli gammalt.



Figur 5.1

Reservkraft kan ta över elförsörjningen av dricksvattensystemet och frigöra effekt i elsystemet. Om reservkraften är kategori 4 kan pumparna dessutom stängas av och all producerad el skickas ut på nätet.

Stationär reservkraft delas in i fyra olika kategorier med olika specifika driftfall och medföljande krav. Gemensamt för kategori 1–3 är att ordinarie eldistribution kopplas bort under drift av reservkraften. Kategori 4 medger däremot parallelldrift av reservkraft med distributionsnätet vilket innebär vissa fördelar. En sådan fördel är att testkörning av reservkraft utgör en mindre risk eftersom distributionsnätet kan försörja anläggningen som vanligt vid ett haveri på reservkraften. En annan fördel är vattenanläggningen kan överproducera el och skicka ut på distributionsnätet.

Kostnaden för att producera el med reservkraft varierar från anläggning till anläggning och utgörs av till exempel kostnad för personal och drivmedel. VA SYD uppskattar att kostnaden uppgår till cirka 6 kr/kWh. Den exakta kostnaden för att köra reservkraften på Örby vattenverk i Helsingborg är inte sammanställd. Bara bränslekostnaden är dock med nuvarande pris på blankdiesel 4,5 kr/kWh. Det finns även en miljöaspekt att ta hänsyn till eftersom reservkraft ofta drivs av fossila bränslen.

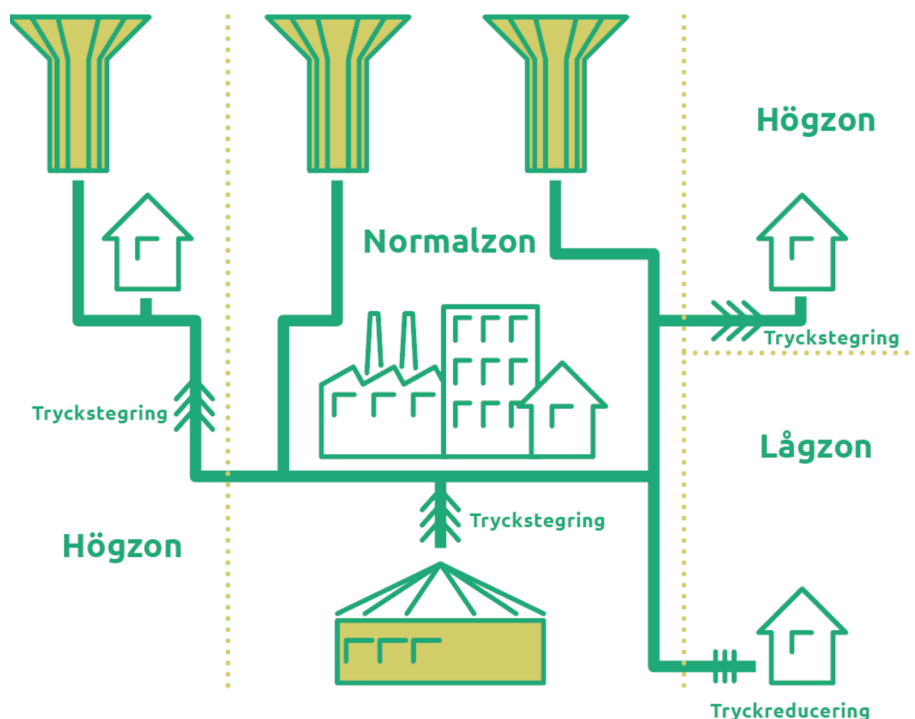
En hög driftkostnad (kr/kWh) för reservkraften innebär att den sannolikt skulle aktiveras sällan om den budades in på marknadsplatser för flexibilitet, så kallad *explicit flexibilitet*. Detta under förutsättning att det finns andra energiresurser på marknadsplatsen, då alternativkostnaden för de flesta andra energiresurserna som för exempelvis förbrukning är mycket lägre än 6 kr/kWh. Ett annat sätt att se på det är att det är väldigt få problem i elsystemet som motiverar en kostnad om 6 kr/kWh, då mer kostnadseffektiva lösningar ofta finns att tillgå. På en marknadsplats för flexibilitet kan det dock finnas produkter som inte betalar per kWh, utan i stället för att energiresursen står tillgänglig för aktivering (kW). Då alla energiresurser inte har förmågan att möta ett tillgänglighetskrav, kan reservkraft som energiresurs ändå ha möjlighet att vara med på en marknadsplats då garanterad tillgänglighet oftast är viktigt för den som behöver flexibiliteten.

De användningsområden som återstår för reservkraften är knutna till så kallad *implicit flexibilitet*. Det skulle exempelvis kunna vara att reservkraften testkörs vid tidpunkter då elpriset är högt. Alternativkostnaden får då ses som noll då reservkraften ändå behöver testköras. Om elhandelsavtalet är utformat med timprissättning kan återgårderna generera en liten besparing.

5.2 Högreservoarvolym

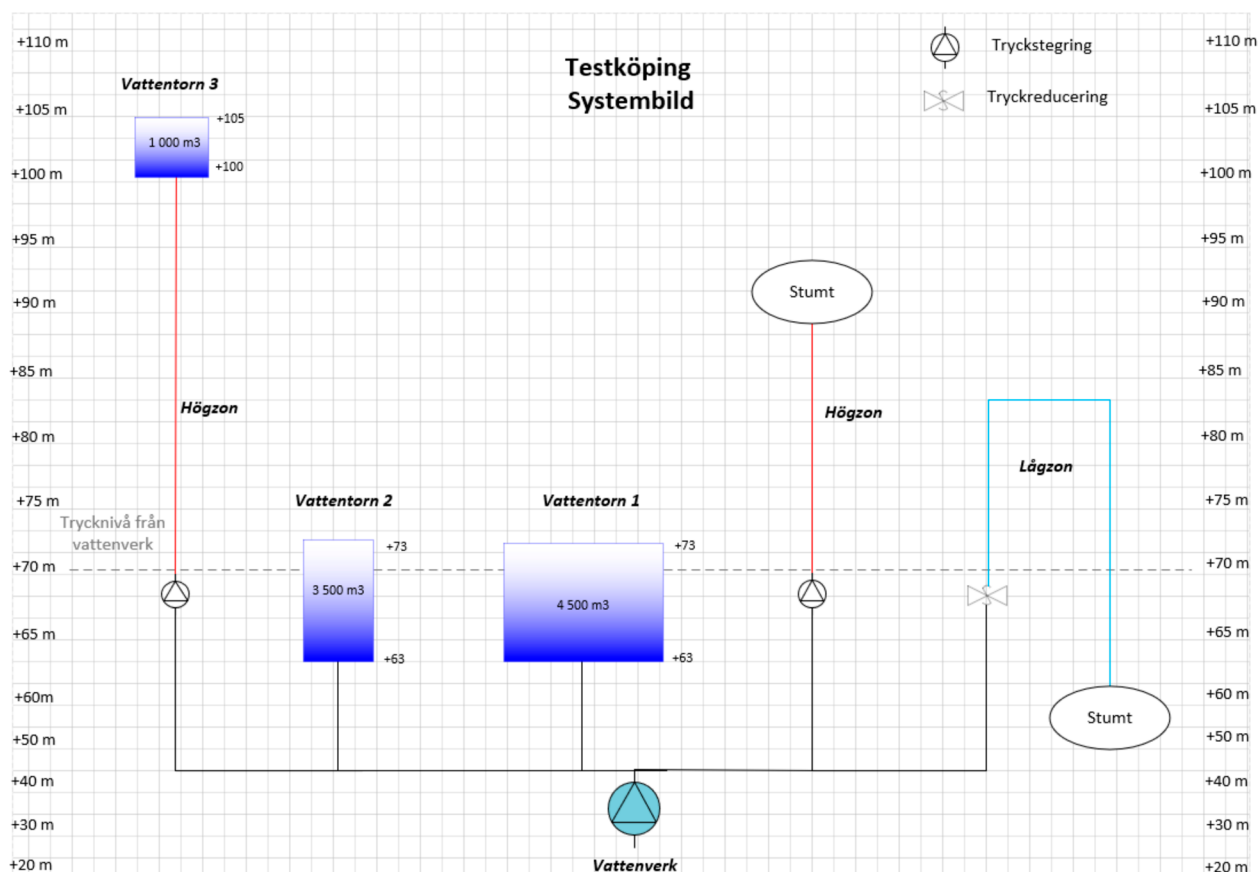
Inom ramen för projektet har möjligheten undersökts för VA-huvudmannen att vara flexibel i sin elanvändning genom att tillfälligt ställa av pumpningen mot reservoarer för att frigöra effekt. Kopplat till detta har förutsättningarna att använda tillgänglig reservoarvolym under perioder av effektbrist studerats. Följande avsnitt presenterar en teoretisk bedömning av denna åtgärd, samt en diskussion om åtgärdens påverkan på distributionsanläggningen. Analysen har begränsats till att studera distributionsanläggningen från det att vattnet pumpas ut på nätet, tills dess att det förbrukas. Eventuell påverkan och potential att frigöra effekt genom tillfälliga förändringar inom vattenverkets reningsprocesser i sig har inte inkluderats.

Ett fiktivt scenario har använts för utvärderingen och innefattar en modell över en påhittad större svensk stad, Testköping. I Testköping bor cirka 80 000 invånare som försörjs med dricksvatten från ett vattenverk och tillhörande system med tre högreservoarer uppdelade på en normalzon, en lågzon och två högzoner (Figur 5.2.). Vatten pumpas från vattenverket ut till normalzonen med styrning mot nivå i den största högreservoaren. I systemet uppgår förbrukningen till 16 000 m³/dag, läckaget är 15 % av förbrukningen och den totala reservoarvolymen uppgår till 9 000 m³ vilket motsvarar ca 60 % av dygnsförbrukningen. En schematisk beskrivning av systemet visas i Figur 5.3. där en hydraulisk representation av det påhittade systemet har skapats i en hydraulisk modell.



Figur 5.2

Schematisk illustration av Testköping, bestående av en normalzon, en lågzon och två högzoner.

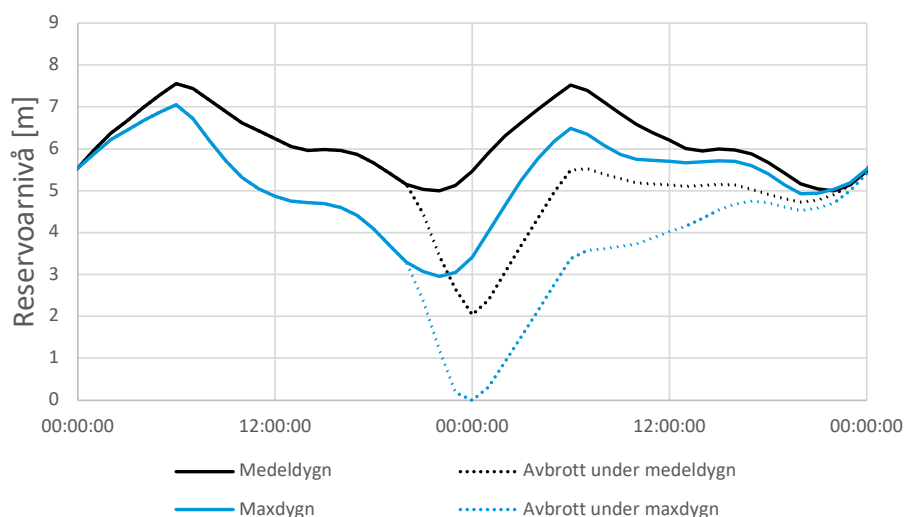


Figur 5.3

Testköpings systembild med plushöjd och trycknivå på y-axeln och systemets anläggningar i x-led.

Från kapitel 3 vet vi att energin som krävs för att transportera vatten kan beräknas med Ekvation 1. I Testköping kan nyttjad effekt för vattenpumpningen en vanlig dag under normaldrift beräknas vara cirka 150 kW. I sammanhanget förbrukar ett småhus enligt Energimyndighetens statistik för år 2021, 15 000 kWh per år motsvarande ca 1 kW/h. I beräkningen antas att den sammanlagda verkningsgraden för pumpningen uppgår till 60 %. Detta med hänsyn till både pumparnas effektkurva och förluster i motorn samt eventuella frekvensomvandlare. Den hydrauliska modellen kan, utöver hydrauliska beräkningar, även hjälpa oss att bedöma energi- och effektbehovet för olika styrstrategier eller driftscenarier. En kombination av detta och enkla överslagsberäkningar utanför modellen har använts i denna studie.

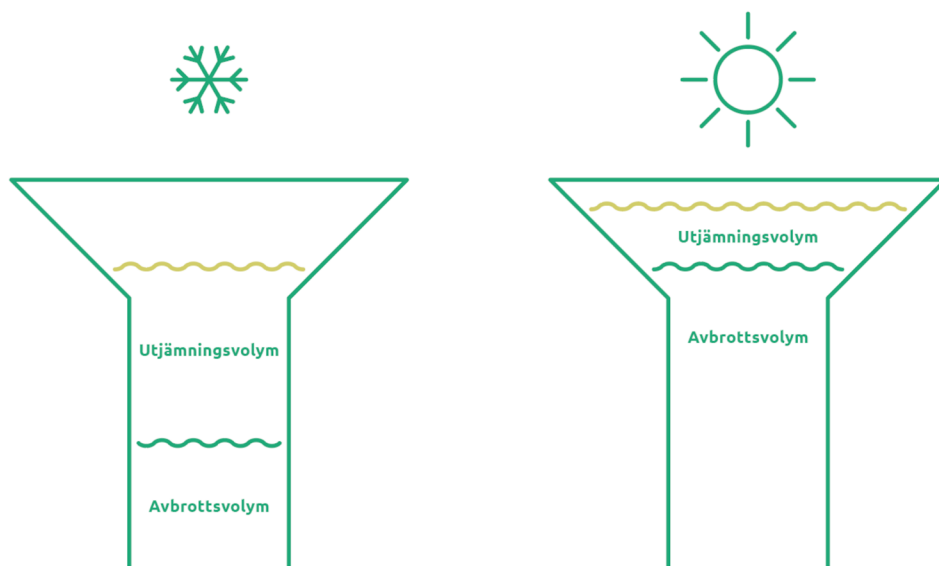
Hur stor effekt som kan frigöras från pumpningen kommer att variera betydligt mellan olika system, främst beroende på storleken av uttagen, styrstrategi och höjdvariationer i systemet. Om det finns potential att använda reservoarvolymen för att delta på en flexibilitetsmarknad måste också effekterna på leveranssäkerheten och påverkan på driften beaktas. Med modellen har vi testat att genomföra fullständiga stopp i pumpningen under 4 timmar från Testköpings vattenverk för olika scenarier. Ett stopp om 4 timmar valdes för att motsvara ett tänkt effektbristscenario. I verkligheten kan både en kortare och längre tid komma i fråga. Beräkning gjordes för 4 timmars stopp i samband med att nivån i reservoaren som pumpningen styr mot var som lägst. Vattenleveransen och trycken i systemet har kunnat bibehållas under ett dygn med medelförbrukning. Däremot kan inte tillräckliga tryck bibehållas under en 4 timmars avstängning av pumpning från vattenverket under ett dygn med maxdygnsförbrukning. I detta fall töms reservoarerna i normalzonen innan pumpning från vattenverket återupptas, med stora tryckfall i systemet som resultat, se Figur 5.4. Styrningen av Testköpings vattenverk är ett konstant flöde motsvarande medelvärdet av dygnsförbrukningen.



Figur 5.4

Beräknad nivå i reservoar vid medel- och maxdygn, med och utan planerat avbrott i leverans från systemets vattenverk under två dygn. Svarta linjer avser medeldygn och blåa linjer avser maxdygn. Heldragna linjer avser beräkning utan avbrott, medan streckade linjer avser beräkning med 4 timmars avbrott i vattenleveransen.

I ett framtida scenario där elsystemet och elnätsägare skapar incitament för effektflexibilitet är det rimligt att anta att dricksvattendistributionen kan utgöra en flexibilitetsresurs, givet en rad reservationer. Enligt Svenskt Vattens publikation P114 Distribution av dricksvatten (Svenskt Vatten 2020) rekommenderas att distributionssystemet har en tillgänglig avbrottsvolym som motsvarar 50 % av dygnsförbrukningen. Denna volym utgör lagrad lägesenergi som skulle kunna utnyttjas för att frigöra effekt från pumpning vid ett ansträngt elsystem. Bland svenska VA-huvudmän varierar avbrottsvolymen mellan ca 20 % och 70 % av dygnsvolymen (Svenskt Vatten 2020) och hålls ofta konstant. I verkligheten varierar förbrukningen under året och således behovet av avbrottsvolym för att uppfylla ett visst mått av leveranssäkerhet under ett avbrott, vanligtvis motsvarande ett förutbestämt antal timmar. Exempelvis tenderar vattenförbrukningen att vara mindre på vinterhalvåret än på sommarhalvåret och skulle då kunna motivera ett mindre behov av avbrottsvolym (Figur 5.4).

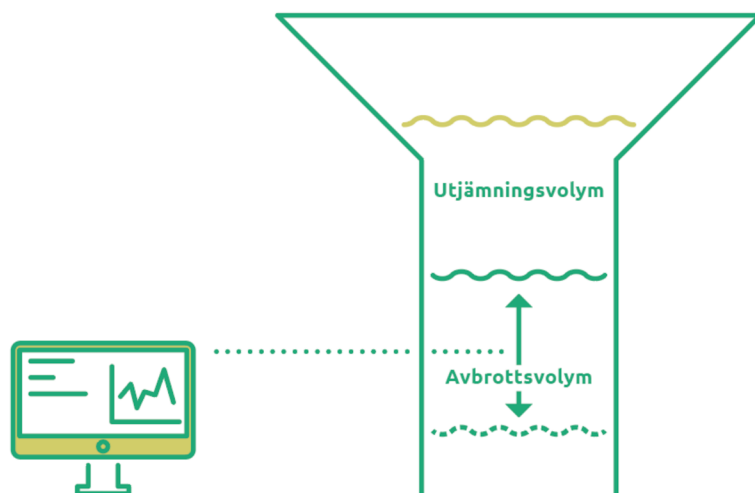


Figur 5.5

Behovet av avbrottsvolym för att täcka ett förutbestämt antal timmars avbrott i vattenleveransen varierar över året och i samstämmighet med förbrukningen. Ofta är behovet som störst under sommaren då förbrukningen i regel är större än på vinterhalvåret.

Genom ett digitaliserat system med kontinuerlig kunskap, det vill säga mätning, om förbrukning ges möjligheten att prognosticera kommande dagars vattenförbrukning så som beskrivits tidigare i rapporten. Utöver att bidra till energisparande åtgärder

kan en sådan kontinuerlig övervakning möjliggöra en flexibel styrning av tillgänglig avbrottsvolym som även skulle kunna ta höjd för effektbehov och prissignaler/incitament i elsystemet (Figur 5.6). VA-huvudmannen skulle med kunskapen om kommande dagars förbrukning vid gynnsamma prisförhållanden på en tänkt flexibilitetsmarknad kunna planera för att stanna pumpdrift vid effekttoppar i elsystemet utan att riskera redundans och säkerhet i dricksvattensystemet.



Figur 5.6

En högreservoar där avbrottsvolymen är dynamisk. Storleken på avbrottsvolymen styrs efter förväntad förbrukning och mot prissignaler på en framtida flexibilitetsmarknad.

Att använda avbrottsvolymen och stanna pumpning mot reservoar motsvarar att plocka bort elförbrukning som annars hade skett. I mycket liten mån förflyttas elanvändningen till ett senare tillfälle, då reservoaren ska fyllas från en lägre nivå än normalt vid nästa fyllningstillfälle. Då pumpningen vid nästa fyllning kommer att göras mot delvis en lägre nivå kommer mindre energi att gå åt.

Det finns inga uppenbara driftfördelar med att införa sporadiska stopp i leveransen från vattenverk, varvid incitament och ramverk för ersättning för VA-huvudmannens merkostnader måste komma till för att göra åtgärden genomförbar. Om elnätsägare och VA-huvudman ser nytta med att använda dricksvattendistributionens reservoarvolym till effektflexibilitet bör följande frågeställningar adresseras:

- Vilken avbrottsvolym finns och hur långt avbrott klarar systemet att ombesörja vid stopp i leverans från vattenverk?
 - Hur förändras detta under året och vid olika vattenförbrukningssituationer?
 - Hur påverkas tryck och flöden i systemet vid ett avbrott? Föreligger ökad risk för läckor till följd av förändrade tryckförhållanden?
 - Hur påverkas omsättning, flödesriktningar och vattenkvaliteten?
- Vad krävs av driften för att kunna möjliggöra ett planerat stopp i pumpning från vattenverk med kort varsel?
- Hur påverkar ett avbrott med syfte att säkra effekttillgång på elnätet säkerheten och redundansen i vattenleveransen?
- Vilken ersättning eller kostnadsmodell är skälig för att VA-huvudmannen använder avbrottsvolymen för effektflexibilitet?
- Hur står sig effektflexibilitetsinsatser från VA-huvudmannen i jämförelse med övriga verksamheter på marknaden.

6 Fallstudie Helsingborg

För att exemplifiera och konkretisera möjligheterna med energioptimering och effektflexibilitet har en fallstudie gjorts med Helsingborgs kommuns vattenförsörjning som exempel. Helsingborg har valts med hänsyn till de lokala utmaningarna som finns i elsystemet samt att dricksvattensystemet inför projektet bedömdes tillräckligt stort och komplext för att vara intressant för effektflexibilitet.

6.1 Helsingborgs elförsörjning

Öresundskraft äger elnätet i majoriteten av både Helsingborgs kommun och en stor del av nordvästra Skåne. Totalt har Öresundskraft fyra elnätsområden som sträcker sig över nio olika kommuner där man äger det lokala elnätet. Man är också ägare till regionnätet mot Höganäs.

Det lokala elnätet i Helsingborg är robust, men nordvästra Skåne som område är i dag starkt beroende av elförsörjning från det överliggande regionnätet, och därmed också stamnätet. Den elproduktion som finns i Nordvästra Skåne utgörs dels av planerbar kraftproduktion från de två kraftvärmeverken Västhamnsverket och Filbornaverket, dels av icke-planerbar sol- och vindkraft som är utspridd i de olika nätområdena. Helsingborgs kommun har en förhållandevis låg egenförsörjningsgrad på eleffekt på ca 15–20 % beroende på del av året.

Elanvändningen i Helsingborg har legat relativt konstant sedan år 2000 runt cirka 1 250 GWh/år (Helsingborg 2022). Det högsta effektuttaget har sedan 2001 varierat mellan 200–220 MW.

Prognoserna är höga för både framtida elanvändning och effektbehov som en konsekvens av framför allt elektrifieringen av transport- och industrisektorn. Det finns därför utmaningar från ett kapacitets- och effekttillräcklighetsperspektiv i nordvästra Skåne, men också för Skåne som helhet. En hushållning med eleffekt kommer därför att behövas för att elektrifieringen inte ska bromsas och för att Helsingborg och nordvästra Skåne ska kunna fortsätta utvecklas på ett hållbart sätt.

6.2 Helsingborgs vattenförsörjning

NSVA förvaltar VA-systemen i 8 delägarkommuner som syns i Figur 6.1. Helsingborgs kommun är störst och är inringad i orange. NSVA har egen vattenproduktion i Perstorp, Örkelljunga, Åstorp och Norra Båstads kommuner. Övriga köper vatten från Sydvatten.

Sydvatten tar råvatten från Bolmen. Råvattnet behandlas till dricksvatten i Ringsjöverket innan det leds till Örbyfältet i Helsingborg. Örbyfältet utgörs av en naturlig förekomst av istidsgrus där vattnet infiltreras innan det pumpas upp som konstgjort grundvatten vid Örby vattenverk. Vid Örby vattenverk UV-behandlas vattnet och uppfordras sedan genom tryckstegringsstationer till Helsingborgs normalzon. Normalzonen försörjer den absoluta merparten av staden med vatten. I kommunen finns två högreservoarer samt ett antal lågreservoarer.

I Helsingborgs kommun finns ett fåtal lokala högzoner som försörjs med tryckstegringsstationer. Det finns även enstaka tryckreducerade zoner.



Figur 6.1

NSVA:s vattenförsörjning med Helsingborgs kommun inringad i orange.

6.3 Elstrategi och nedsäkring

NSVA säkrar sina elhandelsavtal till 100 % enligt en förutbestämd strategi. I genomsnitt betalar NSVA i dag 1,4 kr/kWh inklusive allt och den totala kostnaden för el utgör 10 % av de totala driftkostnaderna. En ökning på 1 öre/kWh kostar NSVA cirka 300 tkr/år. En konsekvens av prissäkring är att en implicit flexibilitetsåtgärd som att till exempel flytta elanvändningen stundtals till billigare timmar inte hade genererat någon besparing på elhandelsfakturan då elpriset i förväg är bundet.

NSVA har effektabonnemang på en handfull anläggningar i Helsingborg. Resterande anläggningar har säkringsabonnemang. Efter en genomgång av storleken på säkringar visade det sig att en tredjedel av säkringsabonnemangen var onödigt stora.

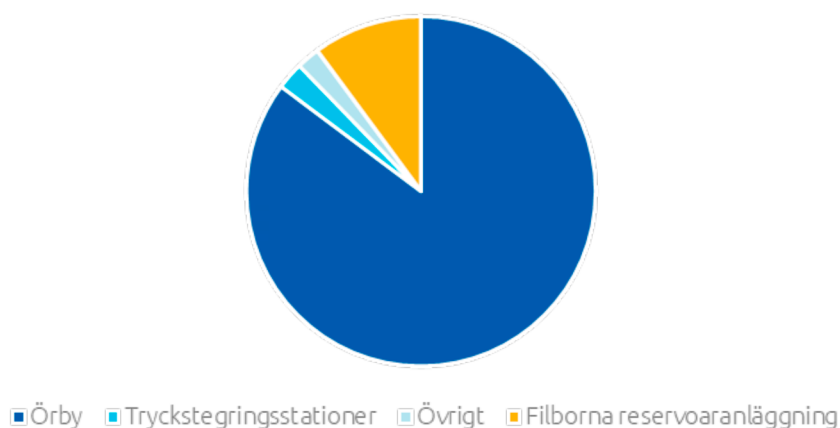
En nedsäkring gör ingen fysisk skillnad för elsystemet om förbrukningen inte minskar i och med nedsäkring. Däremot ska den ses som en onödigt hög kostnad för elanvändaren som betalar för en rättighet att ta ut mer el än vad som är möjligt.

I och med övergången till effektagifter kommer kostnadsstrukturen för elnätet att förändras. Öresundskraft har ännu inte implementerat effektagifter för alla elnätsskunder varför det är svårt att resonera kring hur det kommer att påverka NSVA:s kostnader för elnätet. Generellt gäller dock att elförbrukande anläggningar som har en låg utnyttjandegrad av elnätet, använder mycket el samtidigt eller som förbrukar el när den generella elanvändningen i elnätet är högt, kommer få bära en större andel av kostnaderna.

NSVA:s totala elförbrukning för alla vattenslag (dricksvatten, avloppsvatten och dagvatten) i Helsingborg uppgick 2022 till 17,5 GWh. Drygt hälften av detta, cirka 8,8 GWh, förbrukades i dricksvattensystemet. Av den totala elanvändningen i Helsingborgs kommun svarar NSVA för ca 1,4 %. Dricksvattensystemets andel uppgår till 0,7 %.

I Figur 6.2 visas var dessa 8,8 GWh förbrukades. 85 % gick till Örby vattenverk. Filborna reservoaranläggning använder en stor del av den resterande energin. Orsaken är att anläggningen uppfordrar från lågreservoarer. En liten andel gick till lokala högzoner. I övrigt ingår icke energikrävande anläggningar, till exempel tryckreduceringsstationer, mätzoner, ventilkammare och dylikt.

Elförbrukning Helsingborgs dricksvattenförsörjning



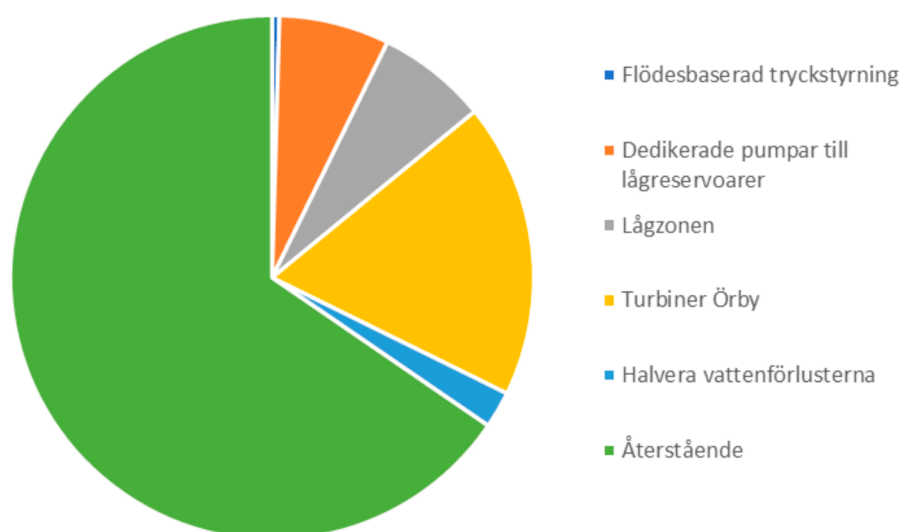
Figur 6.2

Fördelning av NSVA:s elanvändning i Helsingborgs dricksvattenförsörjning. Örby vattenverk är den överlägset största elförbrukaren.

Av elanvändningen på Örby vattenverk går cirka 20 % till råvattenborrhör. Resterande går till uppföring mot normalzonen samt en liten del till bland annat uppvärmning och UV-ljus.

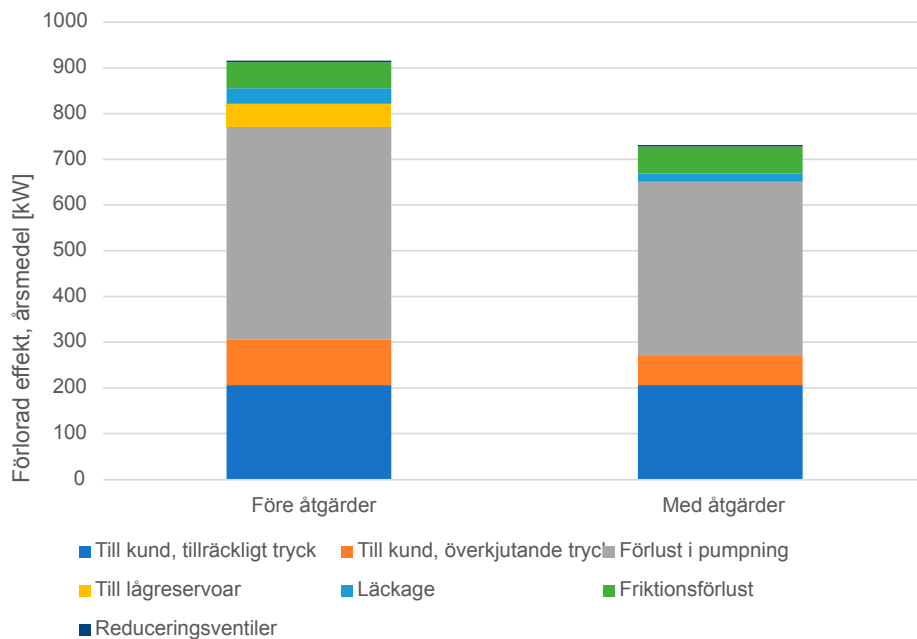
6.4 Tidigare arbete (lågzon, flödesreglerad TS)

I Figur 6.3 syns en sammanställning av ett antal åtgärder som NSVA har haft kännedom om sedan tidigare. Dessa åtgärder är olika långt komna, men när alla är genomförda innebär de tillsammans en minskning av NSVA:s elanvändning i Helsingborgs dricksvattensystem med en dryg tredjedel. Figur 6.4 visar även hur förändringarna påverkar fördelningen av den utgående energin, presenterat enligt kartläggningens metodik i avsnitt 2.3. Örbyns planerade turbiner hamnar utanför systemgränsen i denna kategorisering.



Figur 6.3

Energibesparande åtgärder som är identifierade i Helsingborg och andelarna av den totala elförbrukningen.



Figur 6.4

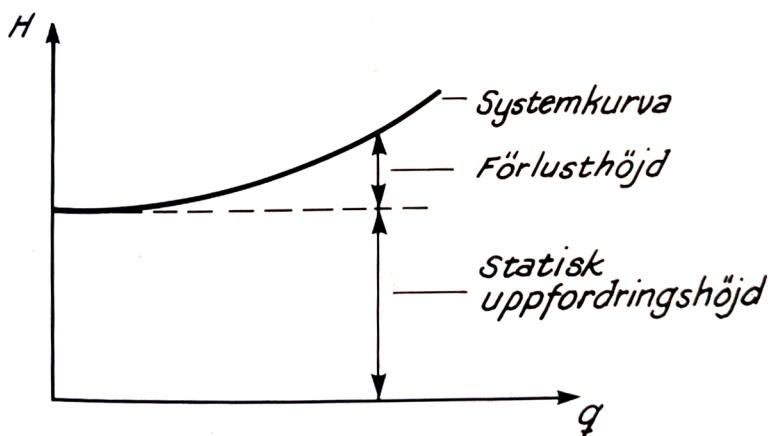
Fördelning av förlorad energi (omräknad till effekt som årsmedel). Presenterat per kategori, i Helsingborg före och efter åtgärder.

Flödesbaserad tryckstyrning

Stora delar av Helsingborg ingår idag i Helsingborgs normalzon med en trycknivå omkring 80 m enligt RH2000. På grund av högre liggande marknivå finns en handfull lokala högzoner. En av dessa är Ättekulla tryckstegringsstation (TS) som försörjer Påarp och Mörap med omnejd. Zonen är en så kallad stum zon, det finns alltså ingen högreservoar i zonen.

NSVA:s tryckstegringsstationer är i dag normalt utrustade med frekvensomformare. I stumma zoner styrs pumparna för att hålla ett konstant utgående tryck. Friktionsförlusterna i ledningsnätet varierar med flödet enligt VAV:s publikation P57 Tryckstegringsstationer (VAV 1985) (se Figur 6.5). Det innebär att kunder i kritiska punkter långt ut i systemet har ett vattentryck som varierar över dygnet. Vid valet av börvärde för utgående tryck väljs en hög trycknivå som innebär att alla kunder har bra vattentryck oavsett tid på året och dygnet.

Flödesbaserad tryckstyrning innebär att man i stället har ett börvärde för utgående tryck som varierar med flödet genom anläggningen. Det innebär i teorin att kunderna i kritiska punkter längst ut i systemet har ett konstant tryck och att trycket ut från tryckstegringsstationen ofta kan hållas lägre. Se mer djupgående förklaring i kapitel 4.



Figur 6.5

Förlusthöjden i ett system varierar med flödet (VAV 1985).

En sådan styrning har implementerats på Ättekulla TS och har inneburit en energibesparing på omkring 40 % i form av minskad uppfordring. NSVA planerar att utföra en liknande styrning på Maria TS i en annan del av kommunen med liknande potential.

Även om energibesparingen i förhållande till NSVA:s totala energianvändning är liten, är även insatsen liten eftersom det inte kräver några fysiska åtgärder. NSVA:s automationsingenjörer uppskattar att arbetet tar ett par timmar att implementera i styrsystemet.

Dedikerade pumpar till lågreservoarer

Vid Filborna reservoaranläggning tryckreduceras i dag det vatten som fyller lågreservoarerna på anläggningen med hjälp av en ringkolvsväntil från normalzonen. NSVA kommer inom kort att driftsätta dedikerade pumpar och ledningar från Örby vattenverk som innebär att denna tryckreducering inte längre behövs. Motsvarande energi kommer därefter inte längre att behöva uppfordras vid Örby vattenverk.

Lågzonen

I Figur 6.6 syns en topografisk karta över Helsingborg. Kartan visar tydligt den så kallade landborgen som är en naturlig geologisk formation längs kusten. Landborgen innebär att staden har en lågt liggande del nedanför landborgskanten och sedan en brant stigning på 20–40 m där resten av staden är belägen (läsaren kan för övrigt rekommenderas att gå Landborgspromenaden från Raus Kyrka i söder till Sofiero slott i norr). Trots landborgen ingår centrala staden i dag i Helsingborgs normalzon vilket innebär att delarna nedanför landborgskanten har ett onödigt högt vattentryck, ibland över 8 bar. Det har därför funnits planer sedan 1940-talet om att stycka upp normalzonen så att ledningsnätet nedanför landborgskanten blir en egen tryckzon med lägre tryck. Uppfordringen till zonen kommer att ske med separata pumpar på Örby vilket innebär en energibesparing för allt vatten som går till lågzonen. Lågzonen kommer att realiserats preliminärt 2029.



Figur 6.6

Topografisk karta över Helsingborg. Landborgskanten syns tydligt genom staden.

Turbiner Örby

På Örbyfältet släpps Sydvattens vatten ut i infiltrationsbassänger. Trycknivån i Sydvattens vatten innebär att vattnet i dag behöver tryckreduceras med ringkolvsväntiler. Eftersom fältet är stort är påfyllningen av fältet ett långsamt förlopp vilket innebär relativt konstanta förhållanden avseende tryck och flöde. Sydvatten har i Samarbete med

NSVA i närtid utrett möjligheten att ersätta dessa ringkolvsventiler med Francisturbiner. Utredningen visade att möjligheterna är goda och att en årlig produktion omkring 1,6 GWh kan uppnås. NSVA har goda förhoppningar om att kunna realisera dessa turbiner inom en femårsperiod.

Halvera vattenförlusterna

NSVA tillsätter just nu resurser som för Helsingborgs del kommer att innebära en halvering av vattenförlusterna till 2028. Detta innebär att drygt en miljon kubikmeter vatten per år inte längre kommer att behöva pumpas upp ur fältet eller uppfordras ut mot staden.

7 Den framtida staden – diskussion och fortsatt arbete

I rapporten har flera möjligheter påvisats som både minskar den totala elanvändningen på årsbasis och som även kan innebära lägre effektuttag under timmar då elsystemet har effektbrist utan att påverka leveranskvaliteten till kunderna. Det kan till exempel handla om flödesbaserad tryckstyrning, utpumpning från lågreservoarer eller att provkörning av reservkraft förläggs till aktuella timmar.

Med Helsingborgs dricksvattenförsörjning som exempel finns det i dag inget ekonomiskt incitament att jobba med implicit flexibilitet eftersom elpriset är säkrat på förhand. På några få större anläggningar används effektabonnemang där effektaavgiften förvisso erläggs under de kalla vintermånaderna, men där ekonomiska incitament att flytta effekt från specifika timmar inte finns. Driftkostnaderna för VA-kollektivet behöver vara förutsägbara eftersom intäkterna är begränsade till de förutbestämda VA-taxor som gäller i varje kommun. Med stigande elpriser och elnätsavgifter finns däremot tydliga incitament för att jobba med att effektivisera och minska elanvändningen. Ett sätt att få en överblick och bättre förståelse för elanvändningen i ett system är att med hjälp av en hydraulisk modell beskriva hur mycket av den förbrukade elektriciteten som faktiskt blir till nytta för kunden. Olika system har olika förutsättningar på grund av exempelvis topografi, antal kunder per ledningskilometer och om avbrottsvolym finns i vattentorn eller lågreservoar. Resultatet är därför inte direkt jämförbart mellan olika kommuner, men ger ändå en inblick i var det är relevant att titta närmare på möjligheter till effektivisering. För Helsingborg har det visat sig att elanvändningen i dricksvattenförsörjningen kan minskas med en tredjedel på årsbasis genom effektivare drift.

När effektiviseringen är utförd är nästa steg att överväga explicit flexibilitet, det vill säga att ingå i en flexibilitetsmarknad med en eller flera elförbrukande eller elproducerande enheter/anläggningar. För att resursen ska få tillräcklig dignitet är det ofta aktuellt att aggregera flera mindre anläggningar till en större flexibilitetsresurs. I dricksvattendistributionen utgörs merparten av elanvändningen för pumpning. Till tryckzoner med högreservoar kan olika pumpstrategi väljas för att till exempel omsätta vattnet i reservoaren eller för att jämnar ut produktionen på ett vattenverk. Vintertid när elnätet är som mest ansträngt är vattenförbrukningen normalt lägre vilket innebär minskad utjämningsvolym och att avbrottsvolymen räcker längre än en torr sommardag. Detta innebär att det kan finnas möjlighet att helt eller delvis stoppa pumpningen till tryckzoner med högreservoar under enstaka timmar då elsystemet är som mest ansträngt. Det ställer dock höga krav på förberedelser och en förståelse för hur systemet fungerar samt vilka risker som en sådan åtgärd skulle innebära.

Ett sätt att minska riskerna med ett sådant förfarande kan vara att introducera en modellbaserad co-pilot för driftpersonal. Denna co-pilot kan utifrån en förbrukningsprognos och nuläge i driften beräkna hur systemet skulle svara på en förändrad pumpstrategi. Olika what-if-scenarion skulle även kunna beaktas för att få en förståelse för vilket avfall det skulle innebära på redundans och avbrottsvolym.

Sammanfattningsvis visar rapporten att den tekniska förmågan att anamma effektflexibilitet finns och att det finns god potential. Inga uppenbara tekniska hinder har kunnat påvisas även om explicit flexibilitet genom pumpstyrning ställer krav på en mycket god teknisk förståelse för hur den förändrade styrningen påverkar dricksvattenförsörjningens robusthet och leveranskvalitet gentemot kund.

Avseende det affärsmässiga perspektivet lyfts provkörning av reservkraft, särskilt kategori 4, som en lågt hängande frukt. Driftkostnaden per kilowattimme är hög men tillgänglighet och planerbarhet har ett stort värde för elsystemet och kan bli föremål för

upphandling från elnätsägaren i framtiden. Att styra pumpar utifrån explicit flexibilitet är dock inte lika givet. Komplexiteten i kombination med att flexibilitetsbehovet i dag är sällanhändelser innebär att VA-kollektiven i nuläget sannolikt har svårt att räkna hem nödvändiga investeringar i hård- och mjukvara för att möjliggöra detta.

VA-branschen genomgår just nu en våg av digitalisering där energioptimering och effektflexibilitet bör vara en aspekt för att på sikt minska tröskeln för denna typ av styrning. Genom att fortsätta bygga ut mätning, samt även väga in elanvändning och effektuttag i sina styrstrategier, möjliggörs effektivare styrning på längre sikt. På så vis blir branschen bättre förberedd på elnätsföretagens implementering av effekttariffer 2027 och kan bättre möta förändringar som sker i Sveriges elförsörjning framöver.

8 Medskick till vattenaktörer

- Smart elanvändning inom VA ligger i tiden. FN:s hållbarhetsmål och städernas kommande klimat- och energimål motiverar att även vattensektorn behöver titta på olika möjligheter att energieffektivisera sin verksamhet.
- Mycket pekar på att framtidens energisystem kommer vara mer volatilt än dagens, det vill säga mer varierat, komplext och svårt att förutse. Insyn i och kontroll över när elförbrukning sker kommer därför bli allt viktigare. Insatser behövs från VA-branschen både för att undvika högre kostnader och för att hitta källor till besparingar.
- Ett första steg för att arbeta med energieffektivisering och förberedelse för framtidens prismodeller för energiförbrukning, är att genomlysna energianvändningen i VA-systemens anläggningar och samla in information och energiförbrukningsdata från elnätsbolaget.
- För dricksvattendistribution kan en stor del av energin i systemet antas gå förlorad i form av förluster vid pumpning och överskjutande tryck hos abonnenter. Genom att kartlägga energiförlusterna i systemet och identifiera effektiviseringsåtgärder kan systemet bli energisnålare.
- I en framtid där vattenaktörer kan delta på en marknadsplats för effektflexibilitet finns möjlighet att nyttja dricksvattendistributionen till detta. Möjligheten att nyttja reservkraft eller avbrottsvolym för att ersätta pumpning från vattenverk har undersökts. En förutsättning för att använda distributionssystemet till detta ändamål är att framtidens flexibilitetsmarknad erbjuder lönsamhet för VA-huvudmannen som kan motivera en beredskap för denna typ av användning av systemet.
- VA-huvudmannen skulle med kunskapen om kommande dagars förbrukning vid gynnsamma prisförhållanden på en tänkt flexibilitetsmarknad kunna planera för att stanna pumpdrift vid effektoppar i elsystemet utan att riskera redundans och säkerhet i dricksvattensystemet.
- Det finns i dag inget ekonomiskt incitament att jobba med implicit flexibilitet om elpriset är säkrat på förhand.
- Digitaliseringen skapar möjligheter att utvärdera och implementera smartare sätt att styra och effektivisera effektbehovet i staden. En förutsättning för detta är att mäta kontinuerligt, samla in och nyttja data från systemet i VA-organisationen. Med hjälp av hydrauliska modeller kan beräkningar göras som möjliggör att ta välinformerade och datadrivna beslut.

Referenser

- Alvehag K., Werther Öhling L., Östman K., Broström E., Strömbäck E., Klasman B. och Lahti M Morén G. (2016). *Åtgärder för ökad efterfrågefleksibilitet i det svenska elsystemet*. Energimarknadsinspektionen. Ei R2016:15. <https://www.ei.se/download/18.d4c49f01764cbd606218b36/1608307256769/%C3%85tg%C3%A4rder-f%C3%B6r-%C3%B6kad-efterfr%C3%A5gefleksibilitet-i-det-svenska-elsystem-Ei-R2016-15.pdf>
- Carlén A., Gränsmark P., Johansson M., Radkova J. och Öhrlund I. (2023). *Konsumenter och efterfrågefleksibilitet En nulägesbeskrivning och åtgärdsförslag för ökad flexibilitet*. Energimarknadsinspektionen. Ei R2023:04. [https://ei.se/download/18.42d391b41872c3dd1d5636f/1680777626448/Konsumenter-branch/fleksibilitet-i-elsystemet/kundens-bidrag-till-efterfragefleksibilitet/oberoende-aggregatorer \[2024-01-31\]](https://ei.se/download/18.42d391b41872c3dd1d5636f/1680777626448/Konsumenter-branch/fleksibilitet-i-elsystemet/kundens-bidrag-till-efterfragefleksibilitet/oberoende-aggregatorer%5B2024-01-31%5D.pdf)
- Hellberg F., Nyberg J., Prinz F., Radkova J., Schumacher L. och Swenman M. (2023). *Flexibilitet i distributionsnäten – Förutsättningar för ett effektivt nätutnyttjande*. Energimarknadsinspektionen. Ei R2023:05. <https://www.ei.se/download/18.42d391b41872c3dd1d564e0/1680785760065/Fleksibilitet-i-distributionsn%C3%A4tendeluppdrag-3-Ei-R2023-05.pdf>
- Helsingborg (2022). *Eleffektplan 2022-2026*. DNR 00447/2020. <https://media.helsingborg.se/uploads/networks/1/2022/03/eleffektplan-helsingborgs-stad-2022.pdf>
- International energy agency (2016). *World Energy Outlook 2016*.
- Lingsten A., Lundkvist M. och Hellström D. (2013). *VA-verkens energianvändning 2011*. SVU-rapport 2013-17. Stockholm: Svenskt Vatten. https://vav.griffel.net/filer/SVU-rapport_2013-17.pdf
- Lingsten A. och Lundkvist M. (2008). *Nulägesbeskrivning av VA-verkens energianvändning*. SVU-rapport 2008-01. Stockholm: Svenskt Vatten. https://vav.griffel.net/filer/Rapport_2008-01.pdf
- Livsmedelsverket. (2023). *Handbok i krisberedskap och civilt försvar för dricksvatten*. Uppsala. https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/handbocker-verktyg/handbok-i-krisberedskap-och-civilt-forsvar-for-dricksvatten/handbok_kris_dricksvatten_modul3_webb.pdf
- Svenskt Vatten (2020). *P114 Distribution av dricksvatten*. Stockholm: Svenskt Vatten.
- VAV (1985). *P57 Tryckstegringsstationer*. Stockholm: VAV.

Svenskt Vatten

UTVECKLING

Svenskt Vatten Utveckling

Svenskt Vatten AB

POSTADRESS BOX 14057, 167 14 Bromma

BESÖKSADRESS Gustavslundsvägen 12, 167 51 Bromma

TELEFON 08-506 002 00

E-MAIL svensktvatten@svensktvatten.se

www.svensktvatten.se