



UPPSALA
UNIVERSITET

Självständigt arbete vid Institutionen för geovetenskaper
2019:14

Vattentillgång, vattenanvändning och inställning till återanvändning av renat avloppsvatten på en ö i skärgården – en fallstudie om Möja

Signe Adelsköld
Sheryl Ilaó Åström

Vattentillgång, vattenanvändning och
inställning till återanvändning av renat
avloppsvatten på en ö i skärgården
– en fallstudie om Möja

Signe Adelsköld
Sheryl Ilaó Åström

Sammanfattning

Vattentillgång, vattenanvändning och inställning till återanvändning av renat avloppsvatten på en ö i skärgården - en fallstudie om Möja

Signe Adelsköld och Sheryl Ilao Åström

Befintliga klimatscenarier visar att vi i framtiden kommer att få längre torrperioder och intensivare nederbörd, vilket ökar sårbarheten i våra system för dricksvattenförsörjning och avloppshantering. Öar är känsliga för kommande klimatförändringar då de har små vattentillgångar och sällan har kommunal vattenförsörjning. Dagens vattensystem är linjära, där renat avloppsvatten återförs direkt till naturen. För att få en bärkraftig avloppshantering kan en vattenanvändning införas som efterliknar den hydrologiska cykeln. Syftet med studien är att undersöka ön Möjas vattentillgång, vatten- och avloppssystem, inställning till att återanvända avloppsvatten, samt om cirkulärt vattenbruk är ett hållbart system.

Genom semistrukturerade intervjuer, enkäter, litteraturstudier och fältstudier på ön har data samlats in och analyserats. Resultaten visar att Möjas befolkning använder mindre vatten per person och dygn än den genomsnittlige svensken. Inställningen till att återanvända renat avloppsvatten varierar, med lägst acceptans för återanvändning av svartvatten. Studien visar att cirkulärt vattenbruk är möjligt då ett sådant system redan har installerats på ön.

Resultaten tyder på att öbor generellt hushåller med sina vattenresurser, samt att en tveksam inställning till att återanvända svartvatten kan bero på den så kallade *äcklighetsfaktorn*. Trots en varierande acceptans för att återanvända vatten bör fler cirkulära vattensystem kunna införas på ön, vilket ger Möja en mer bärkraftig hantering av sitt avloppsvatten.

Nyckelord: cirkulär vattenanvändning, dricksvattenförsörjning, avloppshantering, hållbarhet, Möja

Självständigt arbete i geovetenskap, 1GV029, 15 hp, 2019

Handledare: Roger Herbert, Anders Nordström och Christian Pleijel

*Institutionen för geovetenskaper, Uppsala universitet, Villavägen 16, 752 36 Uppsala
(www.geo.uu.se)*

Hela publikationen finns tillgänglig på www.diva-portal.org

Abstract

Water Supply, Water Use and Attitude towards Reuse of Purified Wastewater on an Island in the Archipelago - a Case Study of Möja

Signe Adelsköld and Sheryl Ilao Åström

Existing climate scenarios show that in the future we will have longer dry periods and more intense precipitation, which increases the vulnerability of our drinking water and wastewater management systems. Islands are sensitive to future climate change due to limited water resources and the fact that they rarely have a water supply from the municipality. Today's water systems are linear, where purified wastewater is returned directly to nature. In order to obtain a sustainable sewage treatment, the usage and treatment of water need to mimic the hydrological cycle. The purpose of this thesis is to investigate the island's water supply, water and sewage systems, the attitude towards reuse of wastewater, and whether a circular model of using water is a sustainable system.

Through semi-structured interviews, surveys, literature studies and field studies on the island, data has been collected and analysed. The results show that Möja's population uses less water per person and day than the average Swede. The attitude towards reusing purified wastewater varies, with the lowest acceptance for the reuse of black water. The study shows that a circular model of using water is possible since such a system has already been installed on the island.

The results indicate that islanders generally are more cautious with water resources and there is an uncertain attitude to reusing black water, which may depend on the so-called *yuck-factor*. Despite a varying acceptance for reuse of purified wastewater, circular water systems can be introduced on the island, which gives the population a more sustainable management of its wastewater.

Key words: circular water use, drinking water, sewage treatment, sustainability, Möja

Independent Project in Earth Science, 1GV029, 15 credits, 2019

Supervisors: Roger Herbert, Anders Nordström and Christian Pleijel

Department of Earth Sciences, Uppsala University, Villavägen 16, SE-752 36

Uppsala (www.geo.uu.se)

The whole document is available at www.diva-portal.org

Innehållsförteckning

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Introduktion..... | 1 |
| 1.1 | Syfte och frågeställningar..... | 1 |
| 2 | Bakgrund..... | 2 |
| 2.1 | Det hydrologiska kretsloppet..... | 2 |
| 2.2 | Magasinering av vatten..... | 3 |
| 2.3 | Grundvattenbildning..... | 3 |
| 2.3.1 | Grundvatten i berg..... | 4 |
| 2.3.2 | Kvantifiering av grundvattenbildning..... | 5 |
| 2.4 | Vattenanvändning..... | 6 |
| 2.5 | Dricksvattenförsörjning..... | 7 |
| 2.5.1 | Avsaltning med omvänd osmos..... | 8 |
| 2.6 | Avloppshantering..... | 8 |
| 2.7 | Klimatförändringar och vattenbrist..... | 8 |
| 2.8 | Hållbar utveckling..... | 9 |
| 2.9 | Cirkulärt vattenbruk..... | 10 |
| 2.10 | Områdesbeskrivning av Möja..... | 11 |
| 3 | Metod..... | 13 |
| 3.1 | Litteraturstudier..... | 13 |
| 3.2 | Bestämning av avrinningsområden..... | 13 |
| 3.3 | Beräkning av grundvattenbildning..... | 14 |
| 3.4 | Enkäter..... | 14 |
| 3.4.1 | Analys av vattenanvändning..... | 15 |
| 3.4.2 | Inställning till cirkulärt vattenbruk..... | 16 |
| 3.5 | Semistrukturerade intervjuer..... | 17 |
| 4 | Resultat..... | 17 |
| 4.1 | Bestämning av avrinningsområden och beräkning av grundvattenbildning..... | 17 |
| 4.2 | Analys av vattenanvändning..... | 19 |
| 4.3 | Inställning till cirkulärt vattenbruk..... | 21 |
| 4.4 | Dricksvattenförsörjning och avloppshantering på Möja..... | 25 |
| 4.4.1 | Berg Vatten och Avlopp..... | 26 |
| 4.5 | Minskad vattenanvändning och cirkulärt vattenbruk..... | 27 |
| 5 | Diskussion..... | 28 |
| 5.1 | Grundvatten..... | 28 |

| | | |
|-----|--|----|
| 5.2 | Vattenanvändning | 29 |
| 5.3 | Inställning till cirkulärt vattenbruk | 29 |
| 5.4 | Hållbar utveckling och cirkulärt vattenbruk..... | 31 |
| 6 | Slutsats..... | 32 |
| | Tackord | 33 |
| | Referenser | 34 |

1 Introduktion

Dricksvattenförsörjning är en fråga som blivit allt viktigare i dagens Sverige, då de senaste årens låga grundvattennivåer har ökat samhällets medvetenhet om att tillgång till rent vatten inte är en självklarhet. Framtidens klimatförändringar kommer att medföra långvariga torrperioder och fler tillfällen med kraftig nederbörd, vilket i sin tur kommer att påverka samhällets vattenförsörjningssystem och det hydrologiska kretsloppet (Eveborn *et al.*, 2016). Särskilt utsatt blir områden med enskild vattenförsörjning och avloppshantering, däribland öar i Östersjöns skärgård, där grundvatten oftast är den enda källan till hushållsvatten (SGU, 2019a). Vanliga problem som kan uppstå i dessa kustområden är sinande brunnar eller inträngning av saltvatten i brunnen. Problemen uppkommer på grund av ökande befolkningsmängd under sommaren och ett överuttag av vatten ur de oftast små grundvattenmagasinen.

Studien bygger på en medverkan i projektet *Circular Water Challenge* och på en modell utvecklad av Christian Pleijel på Executive School vid Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Modellen består av tre överlappande skikt som beskriver en ös tillgång och relation till vatten, men har dock endast använts som ett stöd i utformningen av studien (Nordström & Pleijel, 2019).

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta arbete är att undersöka och beskriva vattentillgången, vattenförsörjningen och avloppshanteringen på Möja, en ö i Stockholms skärgård, som inte är ansluten till det kommunala vattennätverket. I studien undersöks vad boende på ön har för uppfattning om att återanvända renat avloppsvatten, samt om öbornas vattenanvändning skiljer sig åt från den genomsnittliga vattenanvändningen i Sverige. Därtill fokuserar arbetet på frågan om ett cirkulärt vattenanvändande kan vara ett hållbart system och en del av lösningen på framtida problem med dricksvattenförsörjning.

Med utgångspunkt i projektets modell har fem frågeställningar formulerats till studien:

- Hur stor är grundvattenbildningen per år på Möja och är den tillräckligt stor för att försörja Möjas heltidsboende med hushållsvatten?
- Hur mycket vatten använder en heltidsboende på Möja i genomsnitt per dygn och hur förhåller sig det värdet mot schablonvärdet på vattenanvändning för den genomsnittlige svensken?
- Vilken inställning har befolkningen på Möja till att återanvända renat avloppsvatten och skiljer sig inställningen åt, beroende på vilket vatten- och avloppssystem hushållet har?
- Vilka system för dricksvattenförsörjning och rening av avloppsvatten finns på Möja, som inte är ansluten till det kommunala vattennätverket, och hur bärkraftiga är dessa system?
- Är cirkulärt vattenanvändande ett hållbart system och kan det vara en lösning på framtida problem med dricksvattenförsörjningen?

2 Bakgrund

För att förstå hur grundvatten bildas i naturen behöver man förstå hur det hydrologiska kretsloppet fungerar. Kunskap om hur vatten transporteras och beter sig i de olika medierna berg och jord, hur och var vatten lagras, samt kvantifiering av grundvattenbildningen, är viktig för att förstå vattentillgången på en viss plats. Vidare behövs förståelse för hur människor använder dessa vattenresurser, dels genom den faktiska vattenanvändningen, dels genom de system hon inrättat för vattenförsörjning och avloppshantering. Här nedan ges en översiktlig beskrivning av ovan nämnda ämnen, för att ge en grundförståelse för hur vattnets kretslopp fungerar och hur vattnet används i samhället idag.

2.1 Det hydrologiska kretsloppet

Vatten är en speciell förening, uppbyggt av en syreatom och två väteatomer som är molekylärt bundna i en likbent triangel. Den sida av molekylem där syreatomen sitter har en negativ laddning, medan sidan där väteatomerna sitter har en positiv laddning, vilket gör vattenmolekylem till en dipol. Detta är en förutsättning för att skapa vätebindning med andra vattenmolekyler. Det är även detta som skapar vattnets ytspänning och dess egenskap av att vara ett bra lösningsmedel (Grip & Rodhe, 2000).

Vatten transporteras globalt genom atmosfären, havet, jordskorpan, sjöar och vattendrag samt levande organismer. När hav och vattensamlingar värms upp av solens strålar avdunstar vatten och bildar vattenånga som stiger upp i atmosfären. Temperaturen högre upp i atmosfären är normalt svalare och får vattenången att kondensera och bilda moln, vilket kan ses som ett vattenförråd i atmosfären, som leder till nederbörd såsom regn och snö. När regn eller snö faller återgår en del av vattnet direkt till atmosfären genom avdunstning. En mycket liten del av nederbörden färdas som avrinning på marken och hamnar i bäckar eller sjöar, dock är det till största del grundvattnets utströmning som bidrar till bildningen av ytvatten. Återstående del av nederbörden tränger in i marken, där en del tas upp av växternas rotsystem och resterande perkolerar längre ned och bildar grundvatten (Nordström, 2019a).

Den globala nederbörden varierar kraftigt i tid och rum och kan tillfälligt lagras, avdunsta eller rinna av, inom ett avrinningsområde. Ett avrinningsområde är området där nederbörd ansamlas och bidrar till det flöde som har ett gemensamt utlopp. Avrinningsområden är väldefinierade och avgränsas av en vattendelare, där nederbörd som hamnar utanför vattendelaren bidrar till vattenflödet i ett annat avrinningsområdes vattendrag. Den nederbörd som faller i ett avrinningsområde under en viss tid kan beräknas med vattenbalansekvationen:

$$P = E + R + \Delta S$$

Ekvationen uttrycker förhållandet mellan nederbörd (P), avdunstning (E), avrinning (R) och förändring i lagret (ΔS), som är ekvivalent med magasin, vilket påvisar att inget vatten kan försvinna utan ingår i ett evigt kretslopp (Grip & Rodhe, 2000).

2.2 Magasinering av vatten

När nederbörd faller magasineras vatten tillfälligt och vattnet i magasinet omsätts under olika lång tid. Vatten kan lagras på varierande sätt inom ett avrinningsområde innan det når ett utlopp. En del av vattnet når aldrig marken utan lagras tillfälligt på trädens grenar och blad, så kallad interception, där lagringskapaciteten beror på trädslag och bladens storlek. Interceptionskapaciteten i Sveriges skogar är störst hos granen. Av en sommars nederbörd avdunstar 20–40 % tillbaka till atmosfären från interceptionsmagasinet i Sveriges skogsmarker (Grip & Rodhe, 2000).

Markvatten är det vatten som finns i marken ned till grundvattenytan och utgör en väsentlig funktion för växterna och dess överlevnad. Under försommaren, när nederbörden är som lägst i Sverige, är det vatten från den övre delen av marken, den så kallade rotzonen, som utnyttjas av vegetationen. Vattnet som infiltrerar i marken passerar håligheter och porer, där vattnet antingen rinner genom eller binds av adsorption, ytspänning och de kapillära krafterna. Med hjälp av kapillärkrafterna hålls vattnet kvar i markens porer och det är detta vatten som växterna utnyttjar. De kapillära krafterna kan bara hålla en viss mängd vatten och ytterligare tillfört vatten sjunker ned med hjälp av tyngdkraften. Den del av nederbörden som perkolerar genom jordtäcket och markzonen bildar grundvatten och det är denna process som fyller på grundvattenmagasinet (Grip & Rodhe, 2000; Nordström, 2011).

Grundvattenmagasinets storlek varierar under året och mängden vatten skiljer sig från plats till plats. En stor del av den årliga vattenomsättningen, som ger en stor avrinning, är nederbörden som magasineras i snötäcket (Nordström, 2011).

2.3 Grundvattenbildning

Grundvattenbildning är en förutsättning för det vatten som samhället är beroende av för sin dricksvattenförsörjning och den styrs av klimatet och årstidsväxlingarna. Fördelningen av nederbörd varierar i tid och rum, där variationerna av mängden nederbörd sker på grund av årstidernas växling. I Sverige är normalt juli och augusti de nederbördsrikaste månaderna medan april och maj är de nederbördsfattigaste månaderna. Under de nederbördsrikaste månaderna sker dock en liten eller inte någon grundvattenbildning alls, då den begränsas av vegetationsperioden där växterna tar upp det mesta av vatten som faller till marken. Under dessa månader är lufttemperaturen även som högst under året, vilket bidrar till att avdunstning sker i en större omfattning (Nordström, 2011; Ezeborn *et al.*, 2016).

Grundvattenbildningen påverkas av flera faktorer, såsom geologiska förutsättningar, nederbörd, evapotranspiration, markanvändning, infiltrationsförmågan i olika jordtyper, samt av vegetation. Geologin har en väsentlig roll genom att påverka vattnets väg genom landskapet, perkolationen, den vattenhållande förmågan och avdunstningen på markytan, samt tillgången och kvalitén på grundvattnet (Grip & Rodhe, 2000; Nordström, 2011). I kristallina bergarter finns grundvattnet i sprickor och i sedimentära bergarter binds vattnet till porerna (Nordström, 2011).

Den effektiva nederbörden, det vill säga skillnaden mellan nederbörd och evapotranspiration, är den grundläggande delen i bildningen av grundvatten i svenska jordar. Djup och infiltrationskapaciteten, samt den magasinande förmågan skiljer sig åt i olika jordtyper och kan vara avgörande för den övergripande nybildningen av grundvatten (Grip & Rodhe, 2000; Nordström, 2011).

Nybildningen av grundvatten i Sverige inträffar på de flesta håll mellan november och april, där den största delen av grundvattnet nybildas vid snösmältningen på våren. Genom undersökningar av nivåförändringar över ett år har man dock sett ett mönster och delat in nybildningen i olika grundvattenregimer, beroende på var i landet man befinner sig. Den region som skiljer sig åt från resten av landet är den norra fjällkedjan, där grundvattenbildning sker under juni till augusti månad (Grip & Rodhe, 2000; Eveborn *et al.*, 2016).

2.3.1 Grundvatten i berg

Det vatten som finns i berg ansamlas i olika former av hålrum och beroende på bergart så finns mer eller mindre bra uttagsmöjligheter i dessa. I sedimentära bergarter ansamlas grundvatten i porer och i sprickor. Kristallina bergarter är uppbyggt av mineraler som har en viss geometrisk atomstruktur där vatten inte kan tränga in, därmed rör sig grundvatten endast längs med sprickor i berget.

Porer är hålrum som bildats när berggrunden formades, medan sprickor är en sekundär bildning som kan styra vattnets bana genom berggrunden. De sekundära strukturerna skapas genom tektoniska processer som bildar foliation, förkastningar och veck, vilka ger sprickbildningen i berggrunden (Olofsson *et al.*, 2001). Sverige har generellt kristallina magmatiska och metamorfa bergarter och består endast till liten del av sedimentära bergarter (Nordström, 2011). I Stockholms skärgård består öarna främst av kala bergytter. I områden med mycket berg i dagen sker en betydande mängd ytavrinning längs med de kala bergytterna och infiltrationen är beroende av sprickornas öppenhetsgrad samt om sprickorna är fyllda av mineraler, jord eller annat organiskt material (Olofsson *et al.*, 2001).

Den totala volymsandelen hålrum som finns i ett berg anger bergets porositet, vilket hydrogeologiskt sett utgör ett slutet system. Sprickporositet är volymen av hålrum och är beroende av berggrundens sammansättning. Dock är det den kinematiska porositeten, som består av mängden hålrum, som kan bidra till grundvattenflödet i berget, vilken varierar i svensk berggrund (Olofsson *et al.*, 2001). På 1970-talet utfördes en studie i Sverige som visade att mer än 20 % av vatten som sprinklades över bergsytor kunde tränga ner i sprickor. Snarlika studier över större områden i Kanada visade att grundvattenbildning endast var 5 mm/år av nederbörden och inträffade framförallt över hållmark (Olofsson *et al.*, 2001).

Uttag av grundvatten ur bergborrade brunnar är vanligt förekommande i hela Sverige, särskilt i landets kustområden. När uttaget överstiger bildningen av nytt grundvatten kan brunnens vatten plötsligt bli salt, det vill säga få en förhöjd kloridhalt. I den kustnära berggrunden ligger grundvattenytan normalt något ovanför havsytan. På större djup i berggrunden finns ett gränsskikt mellan sött och salt grundvatten som uppkommer tack vare de olika vattnens densitetsskillnader. När grundvatten pumpas ur en brunn sjunker grundvattenytan runt brunnen, samtidigt som gränsskiktet mellan söt- och saltvatten höjs i ett område precis under brunnen. Ökar uttaget ur brunnen ökar således risken för saltvatteninträngning, genom att gränsskiktet höjs och slutligen når nivån där uttaget sker. Ett kloridhaltigt grundvatten kan även ha sin orsak i att området har legat under havets yta så att saltvatten har kunnat lagras i marken, eller att sprickor nära strandkanten har torkat ut och fyllts med havsvatten istället för sötvatten (Nordström, 2011).

2.3.2 Kvantifiering av grundvattenbildning

Inför framtida uttag är det viktigt att kunna uppskatta grundvattnets påfyllnadshastighet, den så kallade grundvattenbildningen, samt fastställa storleken på grundvattenmagasinen för att kunna hushålla med grundvattnet (Eveborn *et al.*, 2016). Det finns en väsentlig skillnad i grundvattenbildning och magasineringsförmågan hos olika jordarter, där de vattenhållande egenskaperna skiljer sig beroende på jordtyp (Grip & Rodhe, 2000).

Nybildning av grundvatten kan ta dagar till veckor eller ännu längre tid beroende på marktyp. Är uttaget av grundvatten större än nybildningen kan grundvattennivån förbli låg under en längre tid, vilket ökar känsligheten för torrperioder då liten eller ingen grundvattenbildning sker. Ett för stort grundvattenuttag kan då medföra marksättningar och kvalitetsproblem (Rodhe *et al.*, 2006).

Sverige har jordar vars infiltrationskapacitet normalt är större än nederbördens intensitet, vilket medför att all nederbörd i ett inströmningsområde kan infiltrera i marken. På lång sikt blir detta lika med den specifika avrinningen, vilket ger en uppskattning på grundvattenbildning uttryckt i mm/år (Rodhe *et al.*, 2006; Eveborn *et al.*, 2016). Denna beräkning är dock ett medelvärde av den specifika avrinningen och kan generellt inte användas för att beräkna grundvattenbildningens storlek i ett specifikt grundvattenmagasin, på grund av de olika jordarter som kan finnas inom ett och samma avrinningsområde (Rodhe *et al.*, 2006).

Det finns ett antal metoder för att beräkna grundvattenbildning i olika jordtyper vilka belyser grundvattenbildningen ur olika aspekter. En av de grundläggande metoderna utgår från vattenbalansberäkningar i rotzonen, där vatteninnehållet beräknas dygnsvis utifrån potentiell avdunstning och nederbörd. En annan metod är att använda naturliga eller tillsatta spårämnen i vattnet och beräkna vattenpartiklarnas hastighet och rörelse i det perkolerande vattnet, vilket är en metod lämplig för sandjordar. Ytterligare metoder som används är analys av nivåvariationer i grundvattenytan och beräkning av horisontell grundvattenbalans över en längre periods långtidsprovpumpning i brunnar med definierade tillrinningsområden (Grip & Rodhe, 2000; Rodhe *et al.*, 2006).

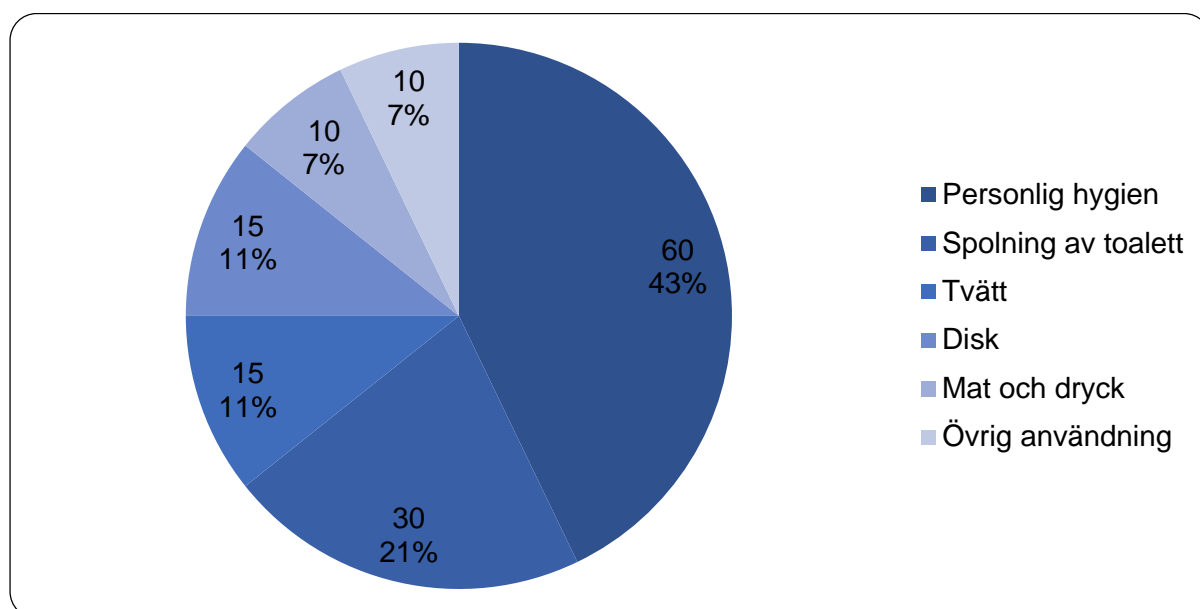
Rodhe *et al.* (2006) har i ett projekt från SGU gjort ett försök att beräkna grundvattenbildning i svenska typjordar utifrån en enkel vattenbalansmodell där nederbörd antas infiltrera i rotzonen och antingen avdunsta, lagras eller perkolera och bilda grundvatten. Modellen är en variant av HVB-modellens markvattenrutin och bygger på data om jordarter, lufttemperatur, markanvändning, vattenföring och ytinterpolerad nederbörd (Rodhe *et al.*, 2006; SMHI, 2015). Med avseende på jordens infiltrationskapacitet har de tagit fram samband mellan jordart och vattenhållande egenskaper och med hjälp av rimliga värden på parametern för avdunstning fick de fram värden på fältkapaciteten för tre markklasser; grov jord, morän och finjord (Rodhe *et al.*, 2006). Fältkapacitet är den mättnadsgräns som blir nådd när vattenmängden som rinner genom marken inte kan kvarhållas av de kapillära krafterna mot gravitationen (Nordström, 2011). I grov jord var fältkapaciteten 70 mm, till skillnad från morän som hade en fältkapacitet på 244 mm och fin jord som hade en fältkapacitet på 366 mm. Man fann att grundvattenbildningen ökade med minskande värde på fältkapaciteten, vilket beror på att mer vatten från rotzonen kan dräneras och perkolera i marken och bilda grundvatten (Rodhe *et al.*, 2006).

2.4 Vattenanvändning

Det dricksvatten som produceras idag används till mer än bara dryck, bland annat av livsmedelsindustrins mejerier och bryggerier (Livsmedelsverket, 2019a). Även det dricksvatten som kommunala vattenverk producerar används till annat, exempelvis till att fylla badbassänger och till att spola toaletterna med (Svenskt Vatten, 2019).

Vattenkonsumtionen i det svenska samhället har dock minskat sedan 1970-talet då industrin, till exempel skogs- och stålindustrin, enligt lag blev tvungen att behandla avloppsvattnet mer effektivt. Detta ledde till att industrin började införa mer vattenbesparande processer samt mer återanvändning av vatten för att minska sin vattenförbrukning. Även hushåll i tätorter har minskat sin vattenförbrukning sedan 1970-talet, bland annat tack vare höjt energipris som minskat användningen av varmvatten (Nordström, 2011). Fler orsaker till minskningen anses vara högre avgifter för vatten- och avlopp samt teknikutvecklingen, som resulterat i fler snålspolande toaletter och hushållsmaskiner med lägre vattenförbrukning (Näringsdepartementet, 2016). Enligt en sammanställning från Statistiska centralbyrån kring hushållens vattenanvändning har en minskning av användning även skett under tidsperioden 1990–2015 (SCB, 2017). Förbrukningen av dricksvatten i hushållen var cirka 565 miljoner m³ under 2015 och cirka 575 miljoner m³ under 1990 (SCB, 2017).

Den senaste beräkningen för vilken mängd vatten en människa i Sverige i genomsnitt använder landar på 140 l/person och dygn (figur 1). Användningen är uppdelad i sex kategorier, där personlig hygien utgör den kategori som förbrukar störst mängd vatten (Svenskt Vatten, 2019). Detta värde kallas specifik vattenförbrukning och beräknas genom att dividera årsförbrukningen av vatten med antal invånare och dygn (Nordström, 2011).



Figur 1. Den genomsnittliga vattenanvändningen per kategori, uttryckt i liter per person och dygn samt procentandel av den totala användningen på 140 l/person och dygn (Svenskt Vatten, 2019).

2.5 Dricksvattenförsörjning

Till dricksvatten räknas enbart vatten som ska användas till matlagning, dryck och beredning av livsmedel. Den kvalitet dricksvattnet behöver ha när det når konsumenten regleras av Livsmedelsverkets föreskrifter (SLVFS 2001:30) om dricksvatten. Dessa föreskrifter gäller dock enbart för vattenverk som tillgodoser fler än 50 personer eller som distribuerar mer än 10 m³ dricksvatten per dygn, samt för all kommersiell och offentlig verksamhet. Övriga enskilda vattentäkter hänvisas till Livsmedelsverkets råd om enskild dricksvattenförsörjning, vilket enbart är en rekommendation om vad som bör göras om till exempel vattenkvaliteten är dålig (Livsmedelsverket, 2015).

Av hushållen i Sverige är det 86 % som har sin dricksvattenförsörjning från ett kommunalt vattenverk, medan övriga 14 % av hushållen har försörjning via enskilda vattentäkter, såsom borrhåll eller grävda brunnar (SCB, 2017). Räknat i antal är de kommunala dricksvattenverken cirka 2000, medan de privata vattenverken, som exempelvis förser viss livsmedelsindustri och samfälligheter med rent vatten, ungefär är 3000 till antal (Livsmedelsverket, 2019b).

Den kommunala dricksvattenförsörjningen i Sverige har sedan 1980-talet varit uppdelad på tre råvattenkällor: grundvatten, ytvatten och konstgjort grundvatten. Val av råvattenkälla till dricksvattenförsörjningen beror till stor del på befolkningens mängd. Större tätorter kräver en större mängd vatten, vilket gjort att användningen av ytvatten är störst i Sverige idag (Johansson, 2010a). Ytvatten från sjöar och vattendrag utgör cirka 60 % av den kommunala vattenproduktionen, medan uttaget från naturliga grundvattenmagasin utgör 23 %. Det konstgjorda grundvattnet, som skapas genom att låta ytvatten infiltrera i en rullstensås eller liknande, utgör 17 % av vattenförsörjningen (SCB, 2017).

Vilken kvalitet råvattnet har beror på vilken källa som används. Grundvatten anses ha fler fördelar jämfört med ytvatten, såsom lägre halt av organiska ämnen och bakteriella föroreningar, samt en låg och jämn temperatur, vilket gör att behandlingen av grundvatten blir enklare och mindre kostsam för vattenverken. Grundvatten kan däremot ha andra kvalitetsproblem, i form av höga halter av till exempel klorid, mangan, järn, fluorid eller radon (Johansson, 2010a). I Livsmedelsverkets föreskrift finns angivna gränsvärden för när dricksvattnet bedöms vara otjänligt, det vill säga då vattnet anses vara hälsofarligt (SLVFS 2001:30). I föreskriften finns även bestämmelser kring tidsintervall för provtagning och kontroll. För enskilda brunnar finns en rekommendation om ett provtagningsintervall på vart tredje år, men detta utgör inget krav för att vattnet ska få användas (Nordström, 2011).

Beredningen av dricksvatten sker vanligen i flera steg, råvattenkällan och kvaliteten avgör hur processen ser ut. För ytvattenverk krävs oftast fler och mer avancerade reningsprocesser. Dels på grund av att råvattnet kan vara förorenat av mikroorganismer och dels för att råvattnet kan ha för höga värden på lukt, färg, smak, organiskt material och turbiditet vilket behöver justeras för att vattnet ska bli tjänligt som dricksvatten (Johansson, 2010b).

Det naturliga grundvattnet nyttjas främst av små tätorter och samhällen. Exempelvis är kustnära områden, utan kommunal vattenförsörjning och med låg ytvattentillgång, beroende av uttag från grundvattnet (Nordström, 2011). Vattenverk med grundvatten som källa har vanligen färre steg i reningsprocessen, eftersom

vattnet redan har renats vid sin färd ned genom marken och därmed håller en högre kvalitet initialt. Ett vanligt reningssteg i grundvattenverk är att justera pH-värdet, för att minska vattnets korrosivitet och angrepp på ledningsnätet. Även filtrering och avskiljning av lösta ämnen, som till exempel järn och mangan, kan behövas göras för att undvika slambildning i ledningar och missfärgning av vattnet. Slutligen kan grundvattnet även behöva desinfekteras för att oskadliggöra mikroorganismer, innan det distribueras till konsumenten (Johansson, 2010c).

2.5.1 Avsaltning med omvänd osmos

Ett alternativt försörjningssätt för dricksvatten är att avsalta havsvatten, med hjälp av tekniker såsom kokning, jonbyte eller omvänd osmos. Omvänd osmos är den teknik som är vanligast vid mindre anläggningar. Genom att först filtrera saltvatten får man ett vatten som nästintill är partikelfritt för att sedan låta det salta eller bräckta vattnet tryckas genom ett semipermeabelt membran med ett högt tryck. Membranet har små hål där kemiska föreningar som är större än en vattenmolekyl inte kan passera, endast vattenmolekylerna kan därför diffundera genom membranet. Mikroorganismer förekommer dock och oskadliggörs genom att behandla vattnet med ultraviolettt ljus (Nordström, 2011).

2.6 Avloppshantering

Det avloppsvatten som människor producerar behöver renas innan det förs tillbaka till naturen, för att inte skada vår hälsa eller miljö. Hushållens avloppsvatten består av både gråvatten från bad, tvätt och disk och så kallat svartvatten från vattentoaletternas avlopp. Det man främst vill rena avloppsvattnet från är organiskt material som kan orsaka syrebrist vid nedbrytning, smittspridande organismer som bakterier och virus, samt näringsämnen såsom fosfor och kväve. Kommunala reningsverk renar idag avloppsvatten från de flesta tätorters hushåll, men det finns fortfarande cirka en miljon hushåll som har enskild avloppsrening. Vissa av de små avloppsreningsanläggningar kan dock ha en otillräcklig rening av framför allt fosfor, vilket gör dem till en av orsakerna till övergödningen i svenska vatten (André *et al.*, 2018). I de kommunala reningsverken avskiljs 95–99 % av fosfor och 40–80 % av kvävet från avloppsvattnet (Svensk vatten, 2016).

Avloppsrening sker vanligen i flera steg med en kombination av tekniker, såsom mekanisk, biologisk och kemisk rening. Vid den mekaniska reningen tas större partiklar bort med hjälp av galler, sandfång och försedimentering. Vid den biologiska reningen avskiljs kväve och organiskt material med hjälp av olika mikroorganismer. I den kemiska reningen används kemikalier, till exempel järn och aluminium, för att fosfor ska fällas ut och bilda flockar som sedimenterar. Det slam som bildas vid reningen tas omhand, vanligen för att bilda biogas eller för att användas som växtnäring i jordbruket (André *et al.*, 2018).

2.7 Klimatförändringar och vattenbrist

Bildningen av grundvatten är beroende av klimatet, det vill säga väderförhållanden såsom nederbörd och temperatur under en längre tidsperiod. För att möta samhällets planeringsbehov inför kommande klimatscenarier behövs en mer specifik kunskap om Sveriges grundvattenbildningen, vilken kommer att påverkas av de förändringar som förväntas ske i det hydrologiska kretsloppets vattenbalans.

Förutsättningen för att kunna beskriva klimatförändringar är att skapa olika klimatmodeller som redogör klimatscenarier och som prognoserar effekten av framtida klimatförändringar (Eveborn *et al.*, 2016).

Representative Concentration Pathways (RCP) är möjliga förlopp av strålningsdrivning, det vill säga hypoteser om hur växthuseffekten kommer att öka i framtiden. RCP innefattar även hypoteser om och hur befolkningsökningen avstannar eller fortsätter, samt om tillkommande klimatpolitik inträder eller inte (SMHI, 2018).

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) har undersökt Sveriges framtida klimat med utgångspunkt i resultaten från de klimatscenarier som använts av FN:s klimatpanel. SMHI har utgått från två scenarier i sin analys: RCP4,5 och RCP8,5. RCP4,5 karaktäriseras av att växthusgasutsläppen avstannar fram till år 2040 och RCP8,5 antar ett fortsatt högt utsläpp av växthusgaser (Eklund *et al.*, 2015; SMHI, 2018).

Scenarierna visar att årsmedeltemperaturen i Sverige kommer att öka i medeltal med 3 (RCP4,5) till 6 (RCP8,5) grader fram till år 2100, där temperaturökningen är störst i norra Sverige under vintern. Även nederbörden kommer att öka i hela landet där störst ökning sker i Norrlands inland, samt att den extrema korttidsnederbörden (skyfall) uppskattas bli mer intensiv. En ökning av tillgången på ytvatten under vintern förväntas ske över hela landet, förutom i den sydöstra delen, där en minskning väntas på grund av en förhöjd avdunstning. Under sommartid kommer avdunstningen generellt att öka i hela landet och vattentillgången att minska. Den nederbörd som faller under höst, vinter och tidig vår är den som utgör grundvattenbildningen. Med klimatförändringarnas ökande medeltemperatur förväntas vegetationsperioden bli längre, vilket påverkar nybildningen av grundvatten som därmed kommer att ske under en kortare period (Eklund *et al.*, 2015; Eveborn *et al.*, 2016).

På skärgårdsöar, som har små grundvattenmagasin på grund av mycket berg i dagen och tunna jordtäckan, är vattenbrist redan ett förekommande fenomen, till stor del på grund av att vattenbehovet överstiger tillgången under delar av året då grundvattenbildningen är som lägst (SGU, 2019a). Med kommande klimatförändringar kan dricksvattenförsörjning på dessa platser i ännu större utsträckning komma att påverkas och orsaka vattenbrist mer frekvent eller tidigare än normalt (Eklund *et al.*, 2015).

2.8 Hållbar utveckling

Hållbar utveckling myntades på 1980-talet och är ett begrepp som blev allmänt känt till följd av arbetet med Brundtlandkommissionen, FN:s kommission om miljö och utveckling. Begreppet definierades kort som "en utveckling som tillgodoser dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att kunna tillgodose sina behov" (Utbildningsdepartementet, 2004, s. 10). Begreppet har utvecklats och omtolkats sedan dess och därför finns det inte någon entydig definition av begreppet i dagens diskussion. Dock innefattar begreppet tre dimensioner som ömsesidigt är beroende av varandra och handlar om ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet (Fegler & Unemo, 2000).

Vatten är en grundförutsättning för allt liv på jorden och påverkar vår livsmedelsproduktion och energiproduktion i sådan utsträckning att det är en förutsättning till hållbar utveckling (Regeringskansliet, 2015). Genom de globala målen för hållbar utveckling har en ambitiös agenda med 17 mål och 169 delmål satts upp av FN:s medlemsstater och världens ledare, vilken kallas Agenda 2030. Mål 6 handlar om att "säkerställa tillgången till och en hållbar förvaltning av vatten och sanitet för alla" (Finansdepartementet, 2019, s. 12). Delmål 6.3 handlar om att förbättra kvalitén på vatten genom att minska utsläpp och föroreningar samt öka återvinningen och återanvändandet på ett säkert sätt fram till år 2030 (Finansdepartementet, 2019). De utmaningar och lösningar som beskrivs i Agenda 2030 är en respons på exempelvis klimatförändring, hälsotillstånd hos världsbefolkningen och ojämlikhet. Dessa företeelser är förenade med alla aspekter i ett samhälle och utgör målet med en hållbar utveckling, där Sveriges Regering har intentionen att vara ledande i genomförandet av Agenda 2030 (Finansdepartementet, 2019).

Sveriges geologiska undersökning (SGU) är en av många myndigheter som har fått i uppdrag att bistå delegationen för Agenda 2030. Ett av SGU:s ansvarsområden handlar om *Grundvatten av god kvalitet*, där de har fått i uppdrag att kartlägga hur mål och delmål inom Agenda 2030 förhåller sig till Sveriges miljökvalitetsmål. Generellt har Sverige en god utgångspunkt gällande dricksvattenförsörjning jämfört med andra länder. Dock är målet gällande säker dricksvattenförsörjning inte nådd på grund av föroreningsproblem, förväntade klimatförändringar och det ökande trycket från urbana områden. I samarbete med Havs- och vattenmyndigheten, Livsmedelsverket samt de regionala vattenmyndigheterna görs stora insatser inom grundvattenområdet med frågor som rör föroreningar, vattenförvaltning och ekosystemtjänster. SGU arbetar också med att beskriva åtgärder där Sverige exempelvis behöver införa en grundvattenövervakning enligt EU:s vattendirektiv och bland annat skapa vattenförsörjningsplaner och reservvattentäkter (Dahlgren *et al.*, 2016).

2.9 Cirkulärt vattenbruk

Återanvändning av vatten brukar förklaras som en process där vatten används fler än en gång innan det återförs till naturen (Rock *et al.*, 2015). För att hushålla med jordens sötvattenresurser har ett cirkulärt vattenbruk börjat införas på allt fler platser i världen, där den vanligaste orsaken till att börja återanvända vatten är vattenbrist (Cisneros, 2014). I de sektorer där vattenbehovet är stort, till exempel inom jordbruk och industrier, ökar vattenstressen vilket resulterar i konflikter. Även utsläpp och föroreningar är några av orsakerna till bristen på rent dricksvatten (Baresel *et al.*, 2015).

En av lösningarna på det ökande behovet av vatten är att återanvända behandlat avloppsvatten, vilket är ett exempel på cirkulärt vattenbruk. För att möta framtida vattenbehov behöver det traditionella linjära resursflödet för vatten brytas, vilket innebär att det rena avloppsvattnet släpps ut till naturen utan att återanvändas. Avloppsvatten är i själva verket en värdefull resurs med hänsyn till det vatten som kan återanvändas, och en källa för ämnen som kan tas till vara på, såsom kväve, fosfor och organiskt material. Även slammet från avloppsvattnet kan användas till

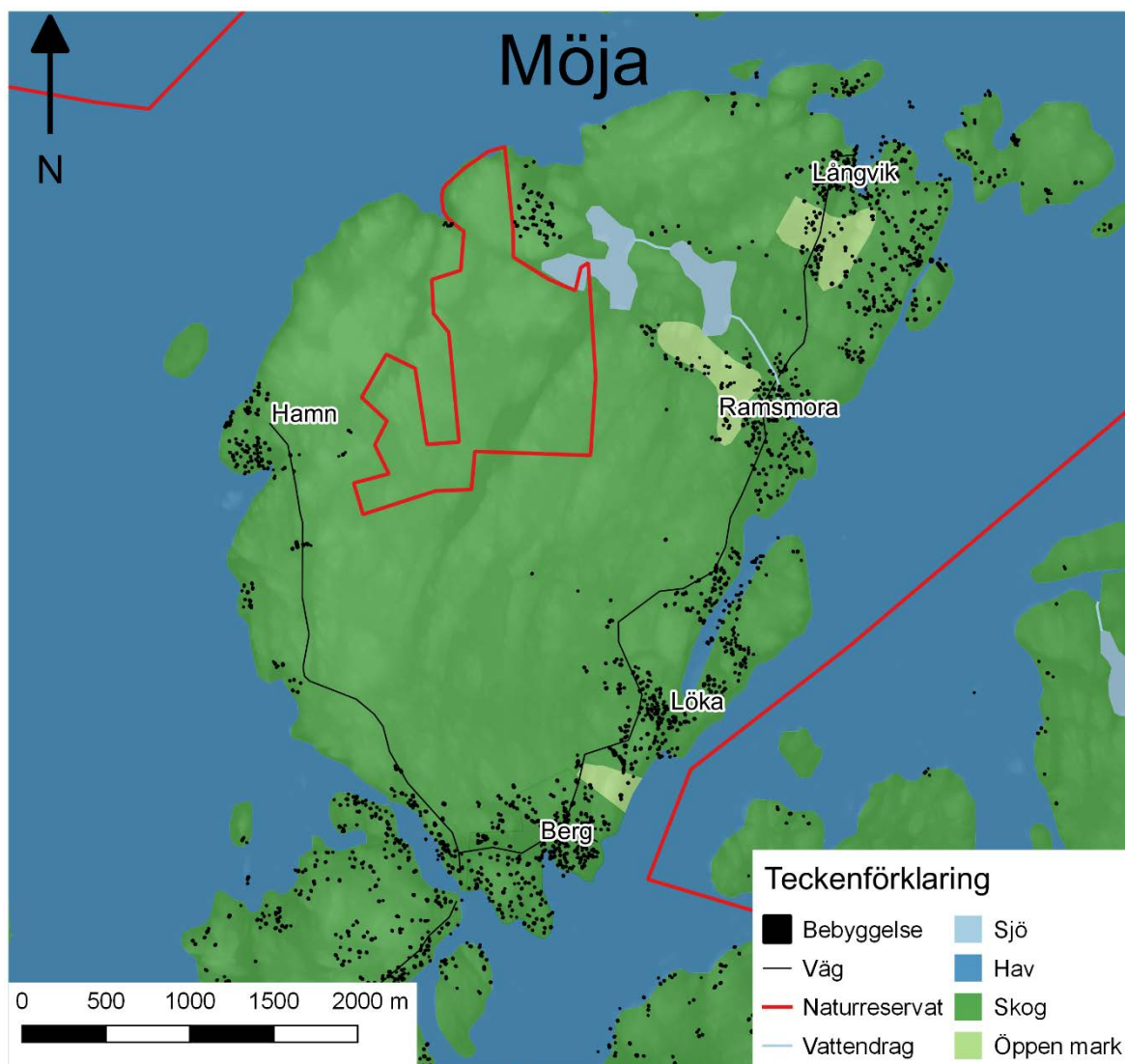
olika användningsområden, som gödningsmedel eller energikälla samt som biogas till energiproduktion (Baresel *et al.*, 2015; Abu-Ghunmi *et al.*, 2016).

En viktig aspekt för att kunna återanvända renat avloppsvatten handlar om kvalitén på vattnet, där fasta ämnen och patogener först måste avlägsnas (Baresel *et al.*, 2015). Människors inställning till cirkulärt vattenbruk kan även utgöra ett hinder vid införandet av sådana tekniska lösningar i samhället, på grund av rädslan för påverkan på hälsan eller miljön (Tortajada & Ong, 2016). Enligt Fielding *et al.* (2018) visar studier som gjorts för att undersöka människors vilja att återanvända vatten ett tydligt mönster, där acceptansen till att återanvända vatten minskar ju mer den mänskliga kontakten med vattnet ökar. Användningsområden såsom bevattning av allmänna parker eller den egna trädgården har en hög acceptans, medan att återanvända vatten till dricksvatten har en betydligt lägre acceptans (Fielding *et al.*, 2019).

I Sverige finns ett par lokala projekt som handlar om att återanvända vatten. Ett exempel är passivhuset "Sjunde huset" som byggdes i Tuoluvaara utanför Kiruna, vilket är ett samverkansprojekt mellan NCC, Kiruna kommun och Luleå Tekniska Universitet. Det använda duschvattnet renas genom ett filtersystem, pumpas tillbaka till duschen och kan därmed användas igen (NCC, 2019). På Gotland pågår ett projekt som återanvänder renat avloppsvatten, där vattnet magasineras i dammar för att kunna användas till bevattning i jordbruket (Topas Vatten, 2019). Ytterligare ett exempel på ett återanvändande av vatten är den tillfälligt lanserade ölen som är bryggd på renat avloppsvatten och som blev framtagen i ett samarbete mellan IVL Svenska Miljöinstitutet, Nya Carnegiebryggeriet i Hammarby Sjöstad och Carlsberg Sverige (IVL Svenska Miljöinstitutet, 2018). Exempel på återanvändning av vatten finns även i Europa. I Spanien återanvänds renat avloppsvatten till odling och till bevattning av rekreationsområden, golfbanor och i skogsbruket (Dalahmeh & Baresel, 2014).

2.10 Områdesbeskrivning av Möja

Möja är en ö i mellersta Stockholms skärgård som tillhör Värmdö kommun. Den består av Stor Möja och Söder-Möja och omges av mindre öar som tillsammans bildar Möja-arkipelagen. Stor Möja har en befolkningsmängd på 220 personer som är fastboende och är fördelade på de fem byarna Långvik och Ramsmora i norr, Löka och Berg i söder och Hamn i väst (figur 2) (Möja Turistförening, 2019; Ö för Ökansliet, 2019).



© Lantmäteriet, Översiktskartan, Fastighetskartan, Höjddata 2m

Figur 2. Översiktskarta över Stor Möjas bebyggelse och de fem största byarna: Berg, Löka, Hamn, Ramsmora och Långvik.

Under sommarmånaderna tiodubblas befolkningen när del- och fritidsboende anländer. Utöver den befolkningsökningen så besöks Möja av cirka 15 000 turister varje år. Möja räknas som en kärnö, vilket innebär att ön ska kunna erbjuda grundläggande samhällsservice och infrastruktur, till exempel allmän båttrafik året runt (Möja Turistförening, 2019; Ö för Ö-kansliet, 2019).

Stor Möja, som vanligen bara kallas Möja, har en landareal på 13 km² och ligger på 59°25`35"N 18°53`23"O. En stor del av Möja-arkipelagen består av ett naturreservat, som upprättats för att behålla och värna om arter och livsmiljöer i det särpräglade skärgårdslandskapet. På Möja finns det en skogbevuxen myr som är skyddad av Natura2000, vilket är EU:s nätverk för värdefulla naturområden (Möja Turistförening, 2019; Ö för Ö-kansliet, 2019).

Berggrunden på öarna i Stockholms skärgård uppkom för cirka 1,9 miljarder år sedan under den svekokarelska orogenesisen och består generellt av urberg (SGU,

2019b). Möja har en berggrund av granitisk karaktär. En del våtmarker av både mosse och kärrtyp finns på ön och den dominerande jordarten består av sandig morän (SGU, 2019c). Klimatet vid denna breddgrad är kalltempererat, vilket är det vanliga klimatet i större delen av Sverige. Årsmedelnederbörden är cirka 600 mm/år och årsmedeltemperaturen är 6 °C (SMHI, 2017a).

3 Metod

För att uppnå syftet med arbetet behövde vattenresurserna på ön kartläggas ur flera olika perspektiv. Genom samtal och intervjuer med lokalbefolkningen och observationer av naturen och topografin, samt genom en enkätundersökning om människors uppfattning om vattnet på Möja, insamlades data och analyserades.

Fältarbetet utfördes under två sammanhängande veckor, under slutet av mars och början av april år 2019. Informationen kategoriserades utifrån det skikt den tillhörde, för att därefter lättare kunna analyseras och sammanställas. Med hjälp av litteraturstudier har sedan fakta om det hydrologiska kretsloppet och grundvattenbildningen, samt vattenförsörjningen och avloppshanteringen i samhället sammanställts, för att enkelt förstå grunderna inom ämnesområdet.

3.1 Litteraturstudier

Genom att studera litteratur inom ämnen såsom grundvattenbildning, vattenhushållning, dricksvattenproduktion och cirkulärt vattenanvändande samlades viktig kunskap in för att kunna beskriva vattentillgångarna på Möja. Informationen hämtades från källor som exempelvis myndigheters webbsidor, rapporter, föreskrifter, kurslitteratur och vetenskapliga artiklar. Litteraturstudien utgjorde även grunden för den bakgrundstext som introducerade läsaren i detta arbete.

3.2 Bestämning av avrinningsområden

En kartläggning av öns avrinningsområden utfördes för att ta reda på hur vattnet färdades genom landskapet och var större utströmningsområden fanns. Denna information var viktig för det fortsatta arbetet med att uppskatta grundvattenbildningen och för att förstå i vilka områden ett uttag av grundvatten kan bli problematiskt.

Med hjälp av en fysisk terrängkarta studerades landskapets topografi på plats ute i fält. De vattendelare som var tydliga markerades direkt på kartan, medan områden med mer otydliga vattendelare undersöktes på plats innan de ritades in i kartan. Till hjälp fanns även en äldre karta, dock med okänt ursprung och upphovsperson, där Möja redan delats in i olika avrinningsområden. De observationer som gjordes ute i fält stämde mycket väl överens med den existerande kartan, varför det beslutades att basera bestämningen av avrinningsområden med den som förlaga.

För att beräkna arean på de tretton kartlagda avrinningsområdena användes GIS-programmet QGIS och öppna data från Lantmäteriets terrängkarta (QGIS Development Team, 2018). Med vägledning av höjdkurvorna på papperskartan och höjdkurvorna i terrängkartan ritades varje avrinningsområde in som en polygon i GIS-programmet. Områdena numrerades för att enkelt kunna särskilja dem och därefter utfördes beräkningen av varje enskild polygons area i GIS.

3.3 Beräkning av grundvattenbildning

För att göra en utförlig beräkning av grundvattenbildningen krävs det information om många olika parametrar som detta arbete inte har haft tillgång till. Istället användes en enkel metod för att grovt uppskatta den möjliga grundvattenbildningen, genom att ett områdes area multipliceras med den effektiva nederbörden för platsen (Länsstyrelsen, 2018). Med det beräknade värdet på Möjas grundvattenbildning kan öns vattentillgång relateras till och jämföras med befolkningens faktiska behov av vatten.

SMHI:s kartor med årsmedelvärde för nederbörd och evapotranspiration för normalperioden 1961–1990 användes för att beräkna den effektiva nederbörden. För nederbörden användes medelvärdet 600 mm/år och för avdunstningen användes medelvärdet 400 mm/år (SMHI, 2017b; a). Den effektiva nederbörden beräknades med ekvationen nedan, vilket gav svaret 200 mm/år:

$$\text{nederbörd} - \text{avdunstning} = \text{effektiv nederbörd}$$

Möja bedömdes ha en stor andel berg i dagen, små jorddjup och flertalet bergytor där nederbörden kunde avrinna på ytan och direkt ned i havet, så kallad Hortonsk ytavrinning. Enligt Anders Nordströms bedömning gjorde dessa kriterier att den beräknade effektiva nederbörden kunde minskas med cirka 50 mm/år, till totalt 150 mm/år (Nordström, 2019b).

För var och ett av avrinningsområdena uppskattades sedan hur stor andel av den effektiva nederbörden som kunde infiltrera och bilda grundvatten, utifrån ett intervall på 50–150 mm/år. Kriterierna för uppskattningen byggde på avrinningsområdets fördelning mellan jordtäckt yta och yta med berg i dagen och bedömningen gjordes utifrån en terrängkarta över Möja. Ett område med stor andel synligt berg uppskattades ha en möjlig infiltration på 50 mm/år, medan ett område med stor andel jordtäckt yta uppskattades ha en infiltration på 100–150 mm/år.

I det till ytan största avrinningsområdet (nr. 4) tillkom dessutom flertalet utströmningsområden i form av våtmarker och sjöar, vilka översiktligt bedömdes utgöra cirka 25 % av områdets totala yta. För detta område minskades arean därför med 25 % innan beräkning av grundvattenbildning utfördes.

Grundvattenbildningen beräknades för varje avrinningsområde enligt följande ekvation:

$$\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{effektiv nederbörd} \left(\frac{\text{m}}{\text{år}}\right) = \text{grundvattenbildning} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{år}}\right)$$

För de områden som hade uppskattats ha ett intervall på den effektiva nederbörden, användes båda värdena i beräkningen, vilket gav ett högsta och lägsta värde på grundvattenbildningen. Även den totala grundvattenbildningen för hela Möja beräknades utifrån resultatet från varje enskilt avrinningsområde.

3.4 Enkäter

En enkät (1) med 29 frågor om "Vattensituationen på Möja" skickades via e-post ut till cirka 60 företagare, som alla var både verksamma och permanent boende på Möja. Ytterligare en enkät (2) med 30 frågor för fritids- och deltidboende utformades

för att få högre svarsfrekvens och ett bättre underlag inför analysen. Den extra frågan i enkät 2 handlade om vilken boendetyper den svarande tillhörde, det vill säga fritidsboende, deltidboende eller dagsbesökare. Utöver detta ställdes samma frågor i båda enkäterna. Båda enkäterna distribuerades via en gemensam webbsida för ön, på det sociala mediet Facebook, för att nå så många Möjabor som möjligt.

3.4.1 Analys av vattenanvändning

Svaren från sju av frågorna i enkät 1 användes för att beräkna den genomsnittliga vattenanvändningen hos en heltidsboende på Möja (tabell 1). Frågorna berörde fyra av sex kategorier för vattenanvändning vilket var spolning av toalett, personlig hygien (dusch), disk och tvätt. Kategorierna mat och dryck samt övrig användning var inte med som frågor i enkäten, då vattenförbrukningen i dessa kategorier bedömdes vara samma som schablonvärdena för den genomsnittlige svensken.

Tabell 1. De analyserade frågorna i enkät 1 gällande vattenanvändning, samt frågornas svarsalternativ.

| Fråga och nummer i enkät 1 | Svarsalternativ |
|---|--|
| 7. Har du/ni vattenklosett (toalett)? | Ja, nej, har torrtoalett, egen svarstext |
| 8. Beroende på modell motsvarar en spolning på en snålspolande toalett cirka 2–4 liter vatten. Får jag vara lite ofin och fråga, hur ofta går du på toaletten under en dag? | 4–6, 6–8, 8–10, egen svarstext |
| 9. Nu är jag lite ofin igen och undrar hur många gånger i veckan du duschar? | Egen svarstext |
| 11. Har du/ni diskmaskin i hemmet? | Ja, nej |
| 12. Hur många gånger per vecka maskindiskar du/ni i hushållet? | 1–2, 3–4, 5–6, 7–8, 9–10, egen svarstext |
| 13. Har du/ni tvättmaskin i hemmet? | Ja, nej |
| 14. Hur många gånger i veckan tvättar du/ni i hushållet? | 1–2, 3–4, 5–7, egen svarstext |

Utifrån de som svarade ja på fråga 7, sammanställdes svaren på fråga 8 för att få fram ett medelvärde på antal toalettbesök per person och dygn. För varje svarsalternativ noterades antal personer som valt samma alternativ. Därefter multiplicerades antal personer med både det högsta och det lägsta värdet i varje svarskategori. De nyligen framräknade värdena summerades var för sig, vilket gav ett lägsta och ett högsta värde för det totala antalet toalettbesök/dygn för alla svarande. Genom att dividera båda dessa värden med det totala antalet personer erhöles ett intervall med medelvärdet för antal toalettbesök per person och dygn. Med hjälp av detta intervall kunde slutligen vattenanvändningen i kategorin spolning av toalett beräknas enligt följande ekvation:

$$a \times b = c$$

a = medelvärde för antal toalettbesök/person och dygn

b = vattenvolym/spolning

c = total vattenförbrukning i kategorin spolning av toalett

Beräkningen av vattenförbrukning utfördes dels för en snålspolande toalett, där volymen vatten antogs vara 2 l/spolning, dels för en toalett av äldre modell där förbrukningen antogs vara 6 l/spolning (Nordström, 2011).

Fråga 9 gällde antal dusch/vecka, det vill säga kategorin personlig hygien. Frågan hade inte några förutbestämda svarsalternativ, utan alla svarande fick självständigt ange antal dusch/vecka. Svaren varierade därför mer och som exempel noterades svaren 1–2 gånger/vecka samt 8 gånger/vecka. Utifrån varje svar kunde ett medelvärde på antal dusch/vecka beräknas direkt, eftersom de svarande självständigt fått ange sitt svar med ett intervall eller enbart en siffra. Medelvärdet för varje svarsalternativ multiplicerades med antal personer som angett samma svarsalternativ och resultatet av detta summerades, vilket gav det totala antalet dusch/vecka för alla svarande. Detta värde omvandlades till antal dusch/dygn och person genom att dividera det med antal dygn på en vecka och sedan med det totala antalet svarande.

För att erhålla ett värde på vattenanvändning i kategorin personlig hygien utfördes beräkning enligt samma ekvation som ovan, men där a angav medelvärdet för antal dusch/person och dygn, b angav vattenvolym/dusch och c angav den totala vattenförbrukningen i kategorin personlig hygien. Beräkningen utfördes för en 10 min lång dusch med ett snålspolande duschmunstycke där flödet antogs vara 0,15 l/s (Vattenfall, 2019). Beräkningen utfördes även för en 10 min dusch med ett vanligt duschmunstycke där flödet antogs vara 0,20 l/s (Miva, 2018).

Fråga 11–14 sammanställdes på samma sätt som fråga 7 och 8, då det var uppbyggda med liknande svarsalternativ. Vid beräkning av vattenanvändning i kategorin disk användes två olika värden på åtgången av vatten per maskindisk, där en låg förbrukning antogs vara 10 l/disk och en hög förbrukning antogs vara 20 l/disk (Energimyndigheten, 2017a). Gällande vattenanvändningen i kategorin tvätt antogs förbrukningen per maskintvätt vara antingen 40 l eller 60 l (Energimyndigheten, 2017b).

3.4.2 Inställning till cirkulärt vattenbruk

Både enkät 1 och enkät 2 användes vid analysen av inställningen till cirkulärt vattenbruk för att både heltids-, deltids- och fritidsboende skulle finnas representerade i resultatet. Tre av enkätfrågor handlade om återanvändning av vatten och analyserades tillsammans med två frågor som berörde hushållens system för vattenförsörjning och avloppshantering (tabell 2).

Fråga 2–3 (3–4 i enkät 2) sammanställdes genom att dela in varje svarande i tre olika kategorier utifrån vilken typ av dricksvatten- och avloppssystem de hade. De tre kategorierna var: avloppsreningsverk, avloppsrening och vattenverk, enskilt avlopp och vatten. För fråga 20–22 (21–23 i enkät 2) summerades antal svarande per svarsalternativ och fördelningen av svar per kategori visualiserades slutligen i ett diagram.

Tabell 2. De analyserade frågorna i enkät 1 och 2 gällande hushållens vattenförsörjnings- och avloppshanteringssystem och inställning till cirkulärt vattenbruk, samt frågornas svarsalternativ. Samma fråga hade olika nummer i enkäterna, det första numret tillhör enkät 1 och numret inom parentes tillhör enkät 2.

| Fråga och nummer i enkät 1 (enkät 2) | Svarsalternativ |
|--|---|
| 2. (3) Är du/ni anslutna till ett avloppsreningsverk? | Ja, nej, ska kopplas in, vi har eget enskilt avlopp |
| 3. (4) Är du/ni anslutna till ett vattenverk (dricksvatten)? | Ja, nej, ska kopplas in |
| 20. (21) Kan du tänka dig att återanvända renat avloppsvatten? | Ja, nej, kanske |
| 21. (22) Gråvatten är vatten från bad, disk och tvätt. Tycker du att gråvatten bör återanvändas? | Ja, nej, kanske |
| 22. (23) Svartvatten är vatten från toalettavfallet. Tycker du att svartvatten bör återanvändas? | Ja, nej, kanske |

3.5 Semistrukturerade intervjuer

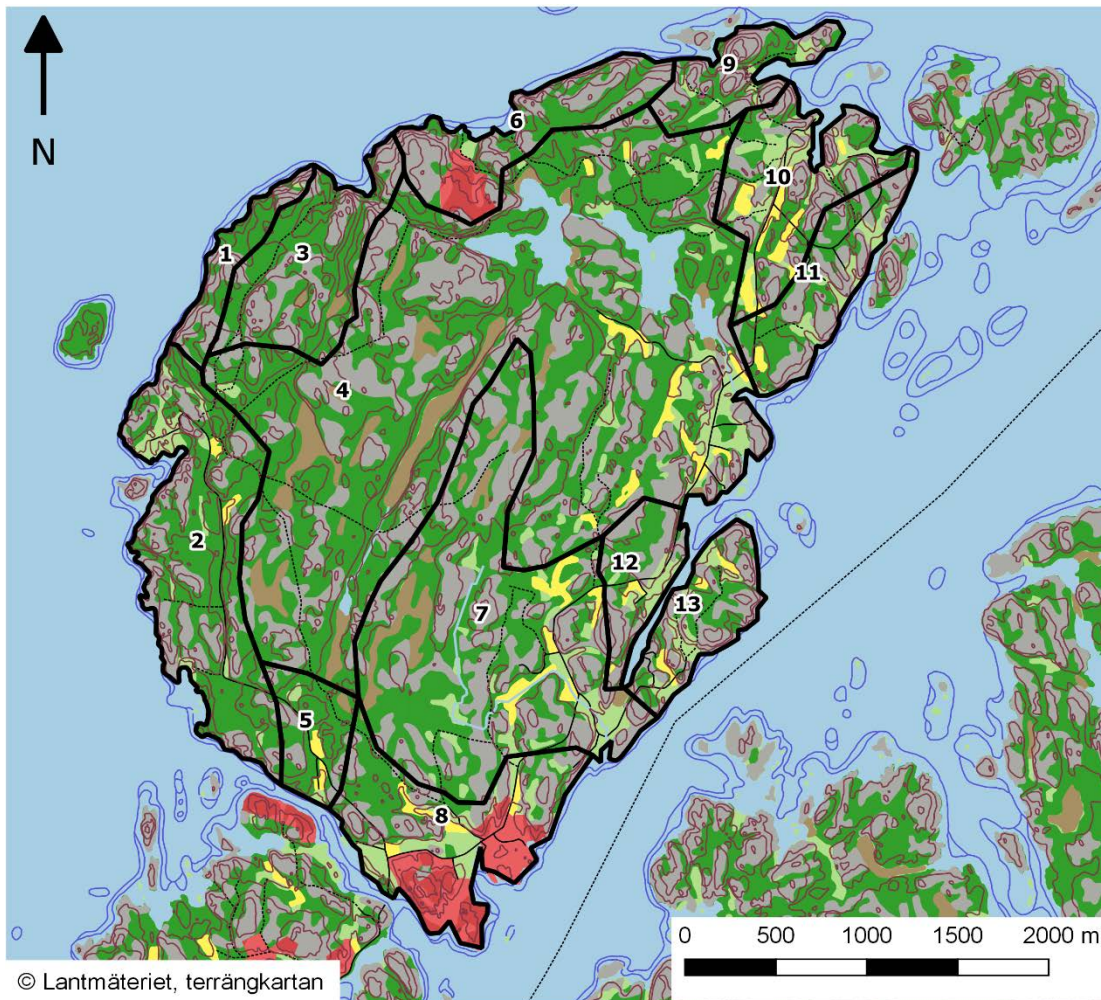
För att få en djupare förståelse för öbornas vattenanvändning och deras teknikersystem för vattenförsörjning och avloppsrening, utfördes semistrukturerade intervjuer med lokalbefolkningen på ön. Semistrukturerade intervjuer täcker in olika intervjutekniker som i regel går ut på att intervjuaren har en samling frågor som liknar ett frågeschema. Intervjuaren kan sedan avvika från frågeschemat genom att ställa ytterligare frågor i anknytning till ämnet, likt uppföljningsfrågor (Bryman, 2018). Denna intervjuteknik ansågs vara den mest passande metoden för att noggrannare undersöka människornas syn på öns tillgång, förbrukning och utmaningar kring vatten.

4 Resultat

4.1 Bestämning av avrinningsområden och beräkning av grundvattenbildning

Möjas 13 avrinningsområden kan ses i terrängkartan i figur 3. Kartan visar att område 4 var störst till ytan och att de flesta av öns utströmningsområden, såsom sjöar och våtmarker, fanns där. Minst till ytan var område 1 som till stor del bestod av berghällar sluttande brant ned mot havet, samt en liten andel skogsmark. Områdenas beräknade area varierade från 209 169 m² till 5 281 428 m² och den uppskattade möjliga infiltrationen varierade mellan 50 och 150 mm/år, beroende på områdets terrängtyp (tabell 3).

I tabell 4 visas det beräknade högsta värdet för grundvattenbildningen i varje avrinningsområde, där område 4 och 7 hade störst grundvattenbildning medan område 1 och 12 hade lägst grundvattenbildning. För område nummer 3, 4, 6, 8 och 10 beräknades även ett lägsta värde på grundvattenbildningen som skiljer sig från max-värdet, eftersom dessa områden hade ett intervall på den uppskattade möjliga infiltrationen där båda siffrorna i intervallet användes i beräkningen. Grundvattenbildningen för hela Möja hade ett lägsta värde på 966 866 m³/år och ett högsta värde på 1 299 493 m³/år.



Teckenförklaring

| | | | | | | | |
|---|------------------|---|------------|---|--------------|---|---------------------------|
| □ | Avrinningsområde | ■ | Bebyggelse | ■ | Åkermark | ■ | Öppen mark |
| ⋯ | Mindre väg | ■ | Vattenyta | ■ | Berg i dagen | ■ | Skog, barr- och blandskog |
| — | Större väg | — | Vattendrag | ■ | Sankmark | | |

Figur 3. Topografisk terrängkarta över Möja med de 13 bestämda avrinningsområdena markerade.

Tabell 3. Beräknad area på de 13 avrinningsområdena, samt den uppskattade möjliga infiltrationen för varje område utifrån den beräknade effektiva nederbörden på 150 mm/år.

| Avrinningsområde (nr) | Area (m ²) | Uppskattad möjlig infiltration (mm/år) |
|-----------------------|------------------------|--|
| 1 | 209 169 | 50 |
| 2 | 1 155 327 | 100 |
| 3 | 645 312 | 50–100 |
| 4 | 5 281 428 | 100–150 |
| 5 | 270 250 | 100 |
| 6 | 530 824 | 50–100 |
| 7 | 2 088 162 | 100 |
| 8 | 848 283 | 50–100 |
| 9 | 331 480 | 50 |
| 10 | 667 056 | 50–100 |
| 11 | 476 288 | 50 |
| 12 | 299 029 | 50 |
| 13 | 380 257 | 50 |

Tabell 4. Beräknad grundvattenbildning för de 13 avrinningsområdena, samt den totala grundvattenbildningen för hela Möja.

| Grundvattenbildning (m ³ /år) | | |
|--|----------------|------------------|
| Avrinningsområde | Min | Max |
| 1 | 10 458 | 10 458 |
| 2 | 115 533 | 115 533 |
| 3 | 32 266 | 64 531 |
| 4 | 396 107 | 594 161 |
| 5 | 27 025 | 27 025 |
| 6 | 26 541 | 53 082 |
| 7 | 208 816 | 208 816 |
| 8 | 42 414 | 84 828 |
| 9 | 16 574 | 16 574 |
| 10 | 33 353 | 66 706 |
| 11 | 23 814 | 23 814 |
| 12 | 14 951 | 14 951 |
| 13 | 19 013 | 19 013 |
| Summa | 966 866 | 1 299 493 |

4.2 Analys av vattenanvändning

Enkät 1 för heltidsboende användes vid analysen av befolkningens nuvarande vattenanvändning och det totala antalet svarande var 41 personer. Det var 30 heltidsboende som svarade att de hade en vattentoalett och sammanräknat gick de på toaletten 127–182 gånger per dygn, vilket innebar att de i genomsnitt gjorde 4,2–6,1 toalettbesök per person och dygn (tabell 5). En heltidsboende med en snålspolande toalett använde således mellan 8 och 12 liter vatten per person och dygn. En person med en äldre toalettmodell använde istället 25–36 liter per person och dygn.

Gällande fråga 9 i enkät 1 var det 38 personer som angett hur ofta de duschar per vecka. Sammanräknat duschade dessa personer 163,5 gånger per vecka, vilket innebar att en person i genomsnitt duschade 0,61 gånger per dygn (tabell 6). Om duschen var snålspolande använde en person totalt 55 liter per dygn för en dusch på 10 minuter. Om duschen hade ett högre flöde på 0,20 l/s förbrukades istället 74 liter per person och dygn vid en dusch på 10 min.

Tabell 5. Beräknat antal toalettbesök per person och dygn för en heltidsboende på Möja, samt beräknad vattenförbrukning per person och dygn för en snålspolande toalett (2 l/spolning) och en äldre toalettmodell (6 l/spolning).

| Antal toalettbesök (ggr/person och dygn) | Vattenförbrukning snålspolande toalett (l/person och dygn) | Vattenförbrukning äldre toalett (l/person och dygn) |
|---|---|--|
| 4,2–6,1 | 8–12 | 25–36 |

Tabell 6. Beräknat antal dusch per person och dygn för en heltidsboende på Möja, samt beräknad vattenförbrukning per person och dygn för en dusch på 10 minuter med en snålspolande dusch (flöde 0,15 l/s) och med en normalspolande dusch (flöde 0,20 l/s).

| Antal dusch (ggr/person och dygn) | Vattenförbrukning snålspolande dusch (l/person och dygn) | Vattenförbrukning normalspolande dusch (l/person och dygn) |
|--|---|---|
| 0,61 | 55 | 74 |

Totalt var det 34 personer som på fråga 11 svarade att de hade en diskmaskin. I dessa hushåll bodde 93 människor som sammanräknat diskade 140–174 gånger per vecka. Tabell 7 visar sammanställningen av svaren på fråga 12 i enkät 1, där en heltidsboende på Möja har beräknats maskindiska 0,22–0,27 gånger per dygn. För ett diskmaskinsprogram som förbrukade 10 liter/disk blev vattenförbrukningen 2–3 liter per person och dygn, medan ett program som förbrukade 20 liter/disk gav en högre vattenförbrukning på 4–5 liter per person och dygn.

Av de 41 personer som besvarade enkät 1 var det 36 personer som svarade att de hade en tvättmaskin i hemmet och i dessa hushåll bodde totalt 94 människor. Sammanräknat använde dessa människor tvättmaskinen 72–112 gånger per vecka vilket innebar att en person tvättade 0,11–0,17 gånger per dygn (tabell 8). Beroende på tvättprogram förbrukas olika mängd vatten för en tvätt. Om tvättmaskinen använde 40 liter/tvätt blev vattenförbrukningen för en heltidsboende 4–7 liter per dygn. Om tvättmaskinen istället använde 60 liter vatten per tvätt blev vattenförbrukningen 7–10 liter per person och dygn.

Tabell 7. Beräknat antal disk per person och dygn för en heltidsboende på Möja, samt beräknad vattenförbrukning per person och dygn med en diskmaskin som använder antingen 10 l/disk eller 20 l/disk.

| Antal disk (ggr/person och dygn) | Vattenförbrukning disk, 10 l/disk (l/person och dygn) | Vattenförbrukning disk, 20 l/disk (l/person och dygn) |
|---|--|--|
| 0,22–0,27 | 2–3 | 4–5 |

Tabell 8. Beräknat antal tvätt per person och dygn för en heltidsboende på Möja, samt beräknad vattenförbrukning per person och dygn med en tvättmaskin som använder antingen 40 l/tvätt eller 60 l/tvätt.

| Antal tvätt (ggr/person och dygn) | Vattenförbrukning tvätt, 40 l/tvätt (l/person och dygn) | Vattenförbrukning tvätt, 60 l/tvätt (l/person och dygn) |
|---|---|---|
| 0,11–0,17 | 4–7 | 7–10 |

I den slutliga sammanställningen av vattenanvändningen för en heltidsboende på Möja visas både ett högsta och lägsta värde för varje kategori av vattenanvändning (tabell 9). För kategorierna mat och dryck samt övrig användning, som inte var en del av enkätens frågor, användes schablonvärdet 10 liter per person och dygn. Den totala vattenanvändningen beräknades som lägst att vara 89 liter per person och dygn och som högst 145 liter per person och dygn. Störst mängd vatten användes till dusch och minst mängd vatten användes till disk.

Utifrån Möjas befolkning på 220 heltidsboende och det högsta förbrukningsvärdet på 145 liter per person och dygn beräknades en gemensam vattenanvändning. Enligt den uppgick vattenanvändning till ungefär 32 m³/dygn eller 11 644 m³/år.

Tabell 9. Sammanställning av vattenanvändningen i liter per person och dygn för en heltidsboende på Möja, redovisat som högsta och lägsta värdet för samtliga användningskategorier och som den totala vattenanvändningen. Även schablonvärden för en genomsnittlig person i Sverige redovisas, hämtade från Svenskt Vatten (2019).

| l/p/d | Personlig | | | | | | Totalt |
|----------|------------------------|------------------|------|-------|------------------|---------------------|--------|
| | Spolning av toalett | hygien: dusch | Disk | Tvätt | Mat och dryck | Övrig användning | |
| Min | 8 | 55 | 2 | 4 | 10 | 10 | 89 |
| Max | 36 | 74 | 5 | 10 | 10 | 10 | 145 |
| Schablon | 30 | 60 | 15 | 15 | 10 | 10 | 140 |

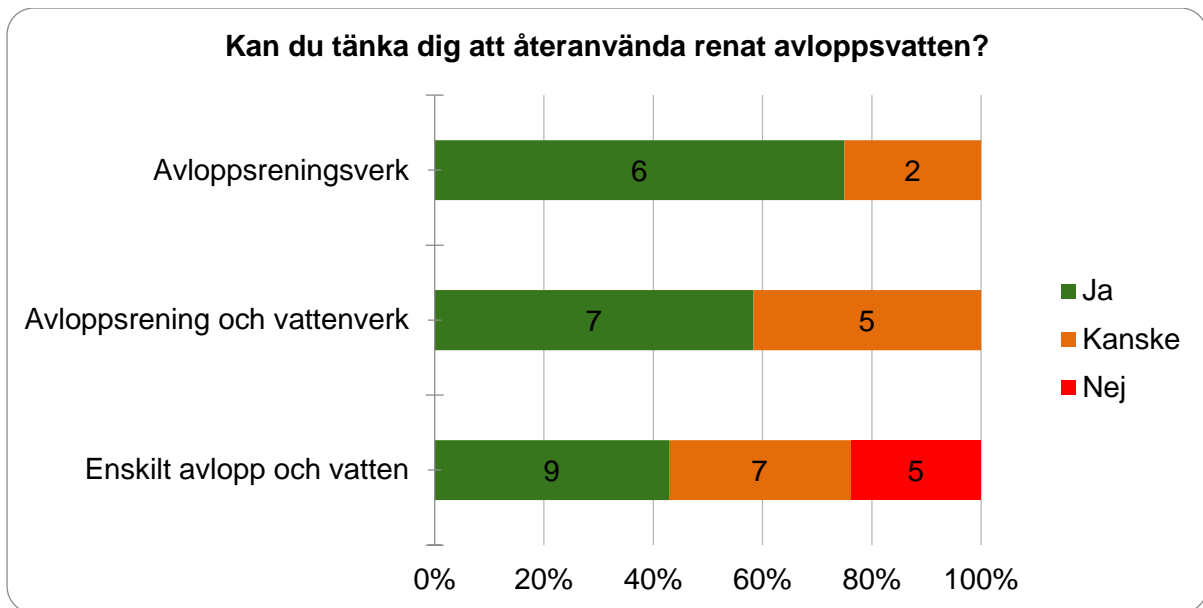
4.3 Inställning till cirkulärt vattenbruk

I analysen av befolkningens inställning till cirkulärt vattenbruk användes både enkät 1 för heltidsboende och enkät 2 för fritids- och deltidboende. Enkät 1 hade totalt 41 svarande där 8 personer tillhörde kategorin avloppsreningsverk, 12 personer tillhörde kategorin avloppsrening- och vattenverk och 21 personer tillhörde kategorin enskilt avlopp och vatten. Enkät 2 hade totalt 38 svarande där fördelningen mellan kategorier var följande: 7 personer tillhörde avloppsreningsverk, 13 personer tillhörde avloppsrening och vattenverk och 18 personer tillhörde enskilt avlopp och vatten.

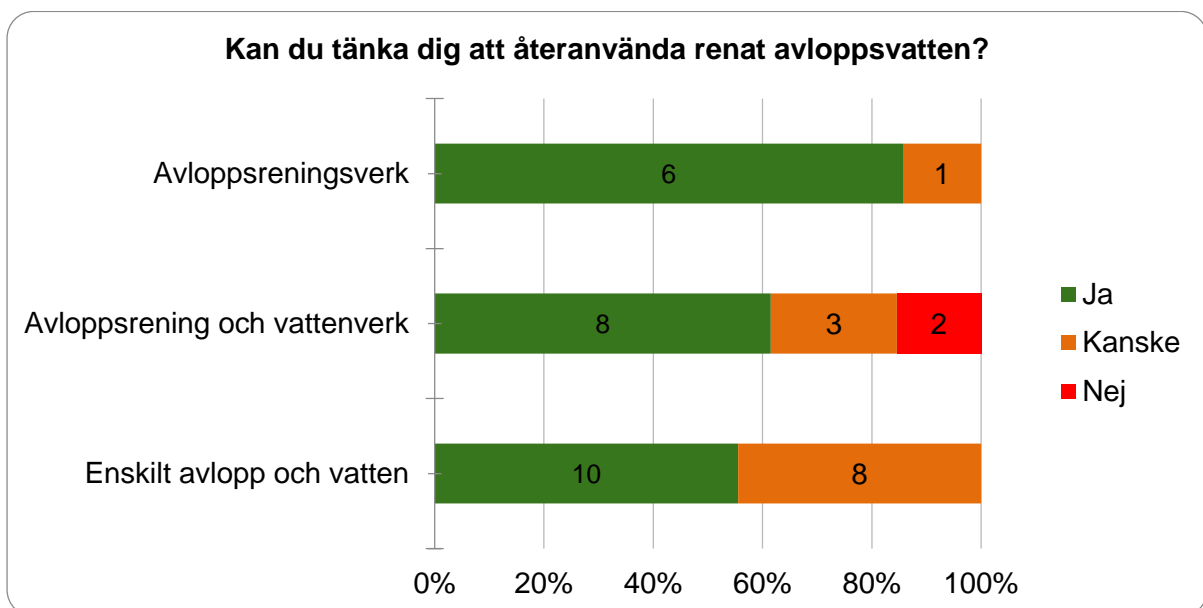
Av de som besvarade enkät 1 var det 22 personer som svarade att de kunde tänka sig att återanvända renat avloppsvatten, 14 personer svarade kanske och 5 personer svarade nej (figur 4). Procentuellt sett var personer från hushåll anslutna till enbart avloppsreningsverk mer positiva till att återanvända renat avloppsvatten, där 75 % svarade ja på frågan. Medan personer som hade både enskilt avlopp och vatten var mer tveksamma eller negativt inställda till återanvändning av avloppsvatten, med endast 43 % ja-svar.

Av enkät 2 fritids- och deltidboende var det totalt 24 personer som kunde tänka sig att återanvända renat avloppsvatten och 12 personer som svarade kanske (figur 5). Endast 2 personer kunde inte tänka sig att återanvända renat avloppsvatten och

båda svarande tillhörde hushåll som var anslutna till avloppsreningsverk och vattenverk. Procentuellt sett var personer från hushåll anslutna till enbart avloppsreningsverk mer positivt inställda till att återanvända renat avloppsvatten än personer med enskilt avlopp och vatten, med 86 % respektive 48 % ja-svar.



Figur 4. Heltidsboendes inställning till att återanvända renat avloppsvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningsystem.

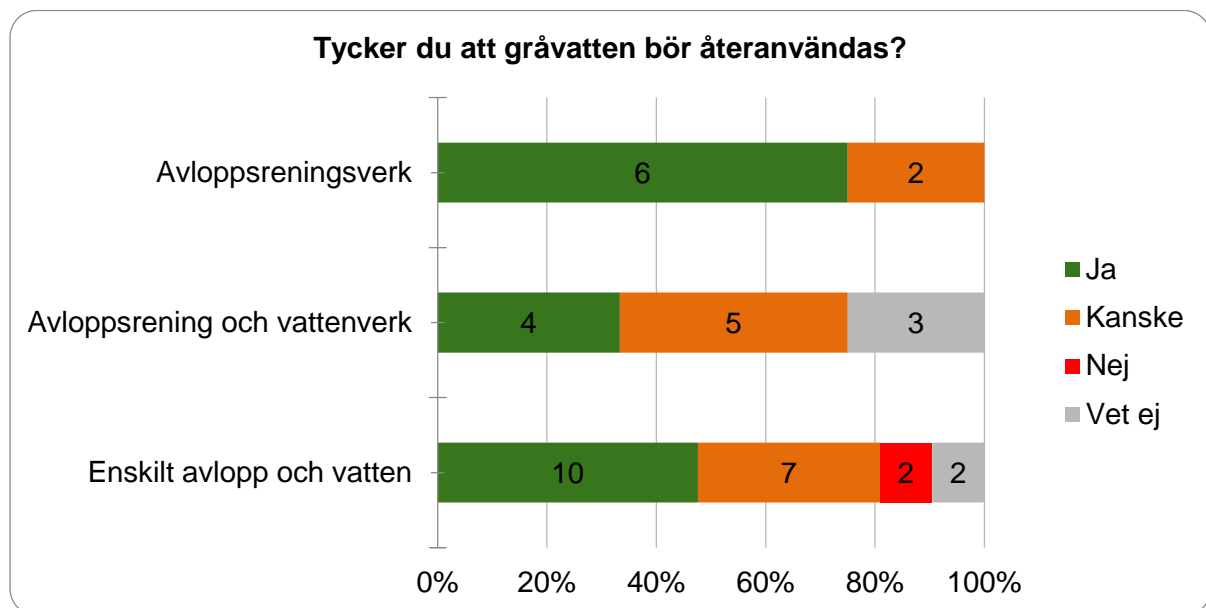


Figur 5. Fritids- och deltidboendes inställning till att återanvända renat avloppsvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningsystem.

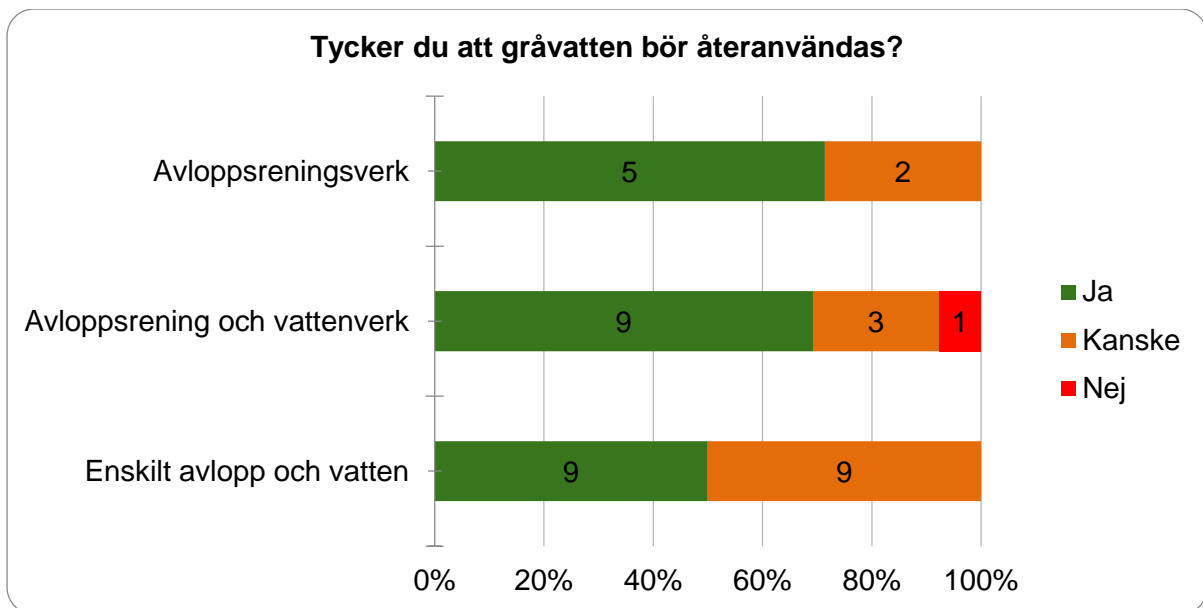
I figur 6 kan inställningen till återanvändning av gråvatten ses för de heltidsboende som besvarade enkäten. Totalt var det 20 stycken som svarade att gråvatten borde återanvändas, 14 stycken svarade kanske, 2 stycken svarade nej och 5 stycken svarade vet ej. I kategorin avloppsreningsverk och vattenverk fanns störst andel

personer som var tveksam till att återanvända gråvatten, där $\frac{2}{3}$ svarade kanske eller vet ej. I kategorin avloppsrening var 75 % positiva till att återanvända gråvatten medan cirka 50 % av de med enskilt avlopp och vatten svarade ja till det. Lägst andel ja-svar hade kategorin avloppsrening- och vattenverk med enbart 33 % ja-svar.

Inställningen till återanvändning av gråvatten hos fritids- och deltidboende kan ses i figur 7. Totalt var det 23 personer som tyckte att gråvatten borde återanvändas där de båda översta kategorierna hade samma procentuella fördelning med ungefär 70 % ja-svar, jämfört med kategorin enskilt avlopp och vatten där endast 50 % svarade ja. Bland fritidsboende är dock personer som är anslutna till både avloppsrening- och vattenverk mer negativa till att återanvända gråvatten än övriga VA-kategorier, med 8 % nej-svar.



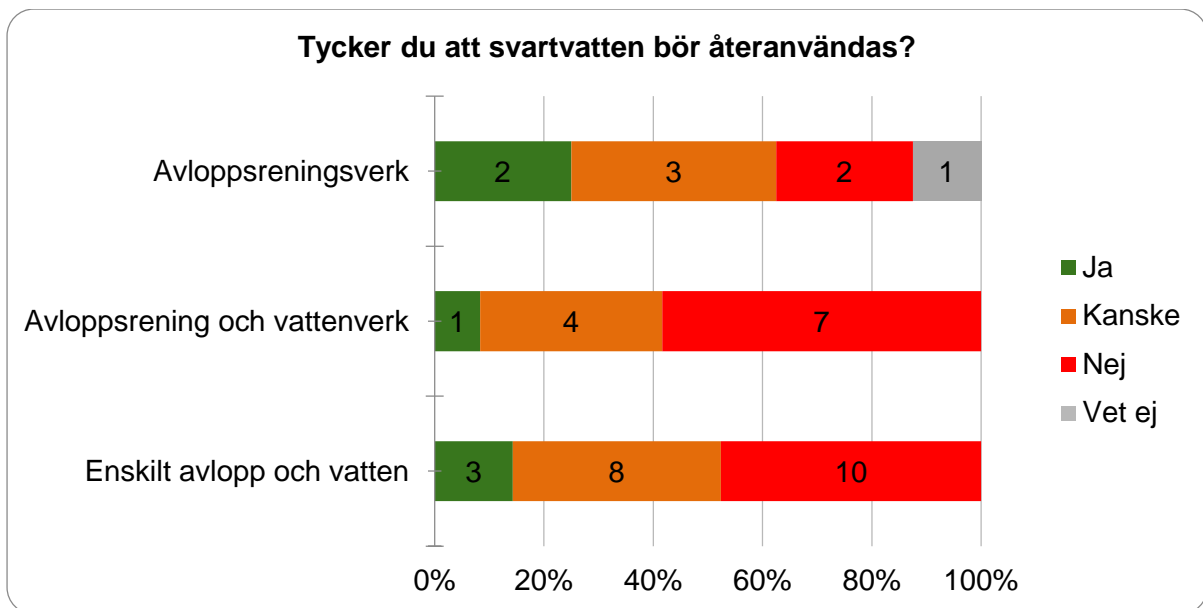
Figur 6. Heltidsboendes inställning till att återanvända gråvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningssystem.



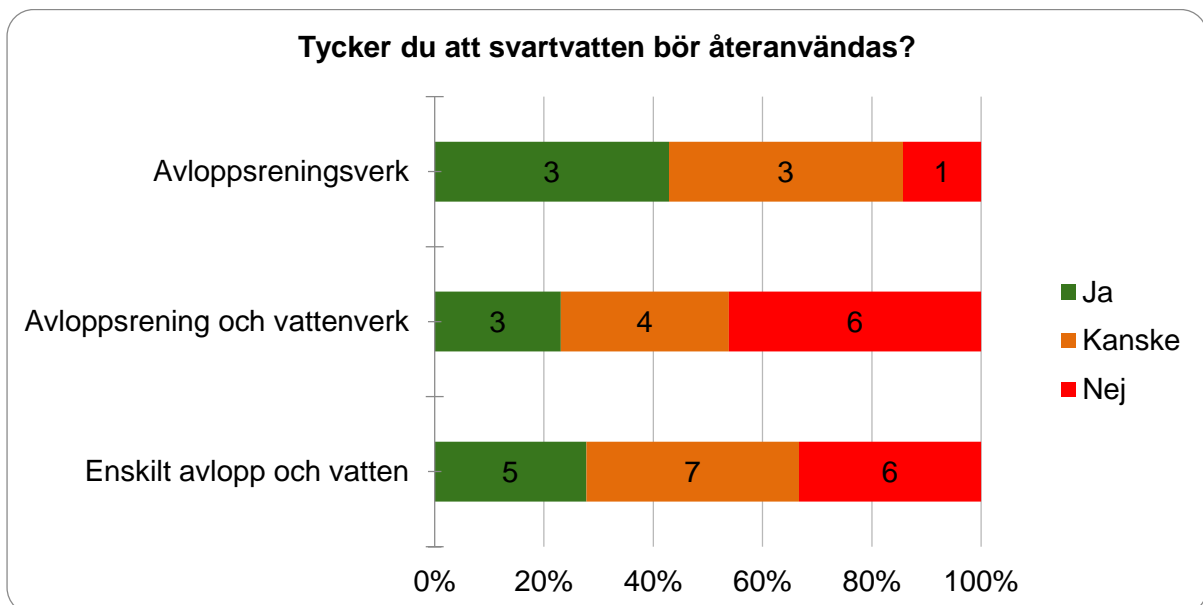
Figur 7. Fritids- och deltidsboendes inställning till att återanvända gråvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningssystem.

Av de heltidsboende som besvarade enkät 1 var det endast 6 personer som tyckte att svartvatten borde återanvändas, resterande 35 personer svarade kanske, nej eller vet ej (figur 8). Vid en jämförelse mellan hushållets VA-kategori var 25 % av personerna anslutna till ett avloppsreningsverk positiva till att återanvända svartvatten, medan enbart 8 % av personerna anslutna till både avloppsrening- och vattenverk svarade ja på frågan. 25 % av personerna med anslutning till avloppsreningsverk svarade nej, medan cirka 60 % av hushållen med både avloppsrening och vattenverk svarade nej. Av svarande med enskilt avlopp och vatten hade 14 % svarat ja och nästan 50 % svarat nej till att återanvända svartvatten.

I enkät 2 för fritids- och deltidsboende var det 11 personer som svarade ja och 27 personer som svarade kanske eller nej på frågan om svartvatten bör återanvändas (figur 9). Svaren visade ett liknande mönster gällande återanvändning av svartvatten som i enkät 1, där högst andel ja-svar och lägst andel nej-svar fanns i hushåll anslutna till enbart ett avloppsreningsverk. 33 % av personer med enskilt avlopp och vatten och 46 % i kategorin avloppsrening- och vattenverk svarade att svartvatten inte borde återanvändas.



Figur 8. Heltidsboendes inställning till att återanvända svartvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningsystem.



Figur 9. Fritids- och deltidsboendes inställning till att återanvända svartvatten fördelat efter hushållets kategori av vattenförsörjningssystem och avloppsreningsystem.

4.4 Dricksvattenförsörjning och avloppshantering på Möja

På Möja fanns det två anläggningar som erbjuder gemensam vattenförsörjning och avloppshantering: Berg Vatten och Avlopp AB och Långvik Vatten och Avlopp. Under fältstudierna på Möja var det endast Berg VA som var i full drift, då Långvik VA fortfarande var i uppstartsfasen.

De båda reningsanläggningarna bestod av lågtryckavloppssystem och de två vattenverken producerade dricksvatten genom avsaltning, där råvatten har pumpats från Östersjön och renats med omvänd osmos. En tredje samfällighetsanläggning

fanns i Ramsmora, vilken bestod av enbart ett avloppsreningsverk. I byarna Ramsmora och Hamn, samt delvis i Långvik, sköts dricksvattenförsörjningen enskilt genom borrhade eller grävda brunnar.

Möja är en av öarna som har haft problem med sinande brunnar de senaste åren. Detta har orsakats av somrar med långa torrperioder samt på grund av ett ökat befolkningstryck från fritidsboende och turister under sommarmånaderna. Ett annat vanligt problem som boende på Möja har stött på är saltvatteninträngning i brunnar, vilket gjort att vattnet inte har kunnat användas som livsmedel på grund av saltsmaken.

4.4.1 Berg Vatten och Avlopp

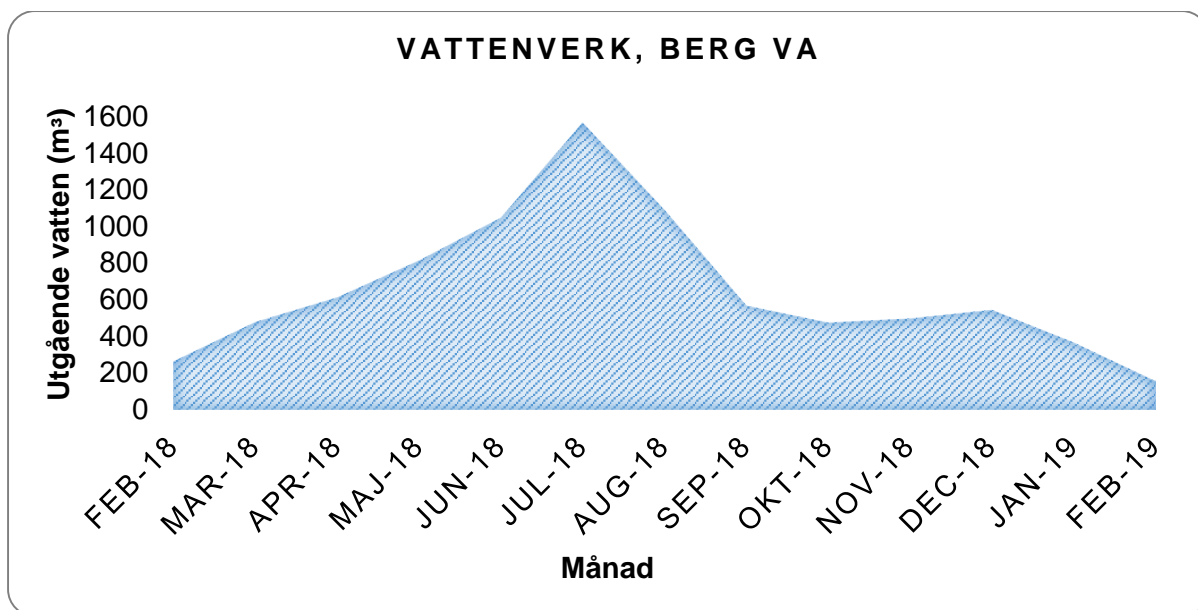
Berg VA startade 2014 och hade då 80 hushåll med anslutningsavtal för att kopplas in till vatten- och avloppsreningsverket (VA). Vid tiden för fältstudierna var 130 hushåll anslutna till Berg VA och 20 hushåll hade anslutningsavtal och väntade på att få kopplas in.

Avloppsreningsverket har dimensionerats för 500 personekvivalenter och maskinen kunde rena upp till 88 m³ vatten per dygn. Vattenverket har fått tillstånd från kommunen att dimensioneras för 50–599 personer och en kapacitet att hantera 100 m³ vatten per dygn. Vattenverket har dimensionerats till fler personekvivalenter eftersom en större vattenvolym har gått ut i ledningarna än vad som återförts till reningsverket. Orsaker till detta kan troligtvis vara att hushållen har använt en del av vattnet till trädgårdsbevattning och biltvätt, samt att en del vatten har läckt från ledningsnätet och därför inte gått tillbaka in i systemet igen.

Under 2018 och fram till början av 2019 var 125 fastigheter anslutna till Berg VA, där de flesta av hushållen fanns i byarna Berg och Löka. Även en skola, en idrottsanläggning, en mataffär och ett vandrarhem var anslutna till anläggningen, där samtliga fastigheter har varit i bruk året om. Två restauranger och ett bageri var också anslutna, men dessa var enbart i bruk under högsäsong juni till augusti, samt under vår och höst. En markant ökning i det utgående flödet från vattenverket har skett under högsäsong och den högsta volymen utgående vatten som har uppmätts var cirka 1600 m³ under juli månad (figur 10). Detta har haft sin orsak i en ökande befolkningmängd under sommaren när semesterperioden ägt rum och många fritidsboende, deltidsboende och turister vistats samtidigt på Möja.

Elkonsumtionen för både reningsverket och vattenverket i Berg VA var i genomsnitt 5000 kilowattimmar (kWh) per månad under vintern och under en normal julimånad var förbrukningen 12 000 kWh. Under ett års tid uppgick den totala elkonsumtionen till 80 000 kWh.

En undersökning angående prissättning av vatten utfördes av Karl Olof Söderbaum (2019) innan Berg VA startades. Undersökningen kom fram till att det rörliga priset för vatten ska vara 25 kr/m³, vilket speglade den prissättning som andra kommuner runt om Stockholmsområdet hade vid den tidpunkten.



Figur 10. Utgående volym vatten från Bergs vattenverk på Möja, mellan februari 2018 och februari 2019.

4.5 Minskad vattenanvändning och cirkulärt vattenbruk

Från 14 semistrukturerade intervjuer och utifrån enkäternas frågor gällande att vara sparsam med vatten gavs en tydlig bild över befolkningens rutinmässiga metoder kring att hushålla med vatten, både under torrperioder och mer generellt. Dessa lösningar handlade exempelvis om att bada i havet istället för att duscha inomhus, att samla regnvatten i behållare och använda det till trädgårdsbevattning, att inte vattna trädgården alls, att använda torrtoaletten istället för vattenklosetten och att inte använda hushållets diskmaskin eller tvättmaskin. Det framkom även att flertalet hushåll har installerat snålspolande toaletter och duschmunstycken vid renovering av badrum inför anslutning till Berg VA.

I några av intervjuerna framkom att man inte såg någon nytta med att införa ett cirkulärt system, eftersom de nu hade en avsaltningsanläggning och därmed upplevde att de hade vatten i överflöd. Ett enda exempel på ett befintligt cirkulärt vattenbruk fanns på Möja. I intervjun med Stina Wikström från Wikströms Fisk, en restaurang i Ramsmora by, framkom det att företaget har haft sin vattenförsörjning från egna brunnar (2019). Under högsäsong de senaste åren, då befolkningstrycket varit som störst, har restaurangen inte kunnat erbjuda WC med vattenklosett till sina kunder på grund av att vattnet i brunnarna har riskerat att ta slut. Lösningen på problemet blev att återanvända en del av det reade avloppsvattnet från Ramsmora reningsverk, det vill säga att införa ett så kallat cirkulärt vattenbruk. Det reade avloppsvattnet har samlats i en extern tank, varpå vattnet sedan har pumpats upp till restaurangen för att där användas till att spola toaletterna med.

5 Diskussion

5.1 Grundvatten

Möja är en ö som i framtiden vill ha en dricksvattenförsörjning och avloppshantering som är hållbar både för miljön, samhället och ekonomin. Möjas deltagande i projektet *Circular Water Challenge*, samt i denna studie, är ett första steg i den riktningen.

I studiens försök att kartlägga vilka vattentillgångar Möja faktiskt har, gjordes en enkel beräkning av grundvattenbildningen på ön. Den visar att den genomsnittliga grundvattenbildningen som högst är cirka 1 300 000 m³/år eller cirka 3 560 m³/dygn för hela ön. Enligt denna studies beräkningar ligger vattenbehovet för Möjas 220 heltidsboende som högst på 32 m³/dygn. Om man jämför befolkningens vattenbehov per år, 11 644 m³, med den beräknade årliga grundvattenbildningen på 970 000–1 300 000 m³, borde grundvattnet gott och väl räcka till för att försörja alla heltidsboende med vatten. Detta förutsätter dock att allt nybildat grundvatten på ön är tillgänglig för uttag, vilket troligen inte är fallet för Möja eftersom ön består av en stor mängd hållmark och tunna jordtäcken. Denna typ av terräng ger en dålig förmåga att magasinera grundvatten och tillgången och uttagsmöjligheter för vatten styrs därför mer av storleken på magasinet än av storleken på grundvattenbildningen (Eveborn *et al.*, 2016).

Möjas befolkning bor dessutom i byar som ligger längs med öns kuster, vilket utgörs av relativt små avrinningsområden med en lägre grundvattenbildning än de stora avrinningsområdena mitt på ön. Man kan anta att uttagsmöjligheterna av grundvatten är begränsat i dessa kustområden. Dels på grund av att marken består av mycket berg i dagen, dels på grund av brunnarnas närhet till havet och till varandra, vilket ökar risken för saltvatteninträngning om ett överuttag görs. För att i framtiden säkert veta vilka uttagsmöjligheter av grundvatten Möja har, behöver därför en noggrann undersökning av berggrundens magasinande förmåga först utföras.

För att kunna bestämma grundvattenbildningen på en plats behövs specifik kunskap om de hydrogeologiska förutsättningarna för platsen, till exempel kunskap om berggrundens kinematiska porositet, de olika jordarternas vattenhållande egenskaper och tillförlitlig temperatur- och nederbördsdata över en längre period. Den metod som använts för grundvattenberäkning i denna uppsats är mycket enkel och har utgått från den kunskapsnivå en student på grundnivå bör ha och det data som funnits tillgänglig. En del värden i beräkningen, exempelvis andelen kala bergsytor inom ett avrinningsområde, har enbart uppskattats genom en okulär bedömning av en karta. Värden för uppmätt nederbörd från undersökningsområdet saknas även, då det inte finns någon väderstation på Möja. Istället har data från SMHI:s generella kartor använts, vilket gör att resultatet från beräkningen av grundvattenbildning blir osäkra.

Bestämningen av Möjas avrinningsområden bygger på iakttagelser i fält och en äldre karta med okänt ursprung. Men då dessa har korrelerat med varandra och med höjdkurvorna i ett flertal kartor, bedöms bestämningen vara någorlunda tillförlitlig, om än inte så detaljerad. Även areaberäkningen får antas vara tillförlitlig då det är ett GIS-program som utfört beräkningen, samt då den summerade arean för alla

avrinningsområden, ~13,2 km², stämmer väl överens med den vedertagna arean för Stor Möja vilket är 13 km² (Ö för Ö, 2019).

5.2 Vattenanvändning

Utifrån svaren i enkät 1 har Möjabornas vattenanvändning kvantifierats, dock i ett intervall på 89–145 liter per person och dygn, eftersom svarsalternativen formulerades på det sätt de gjorde, samt på grund av de olika alternativen av vattenåtgång för toalettspolning, maskintvätt, maskindisk och vattenflöde i duschen som användes i beräkningen. Jämförs resultatet med schablonvärdet på 140 liter per person och dygn från Svenskt Vatten (2019) kan antagandet göras, att en heltidsboende på Möja använder en liknande volym vatten per dag som den genomsnittlige svensken.

I en studie kring vattenanvändningen på åtta europeiska öar har man kommit fram till att befolkningen på öarna kunde minska sin vattenkonsumtion mellan 10 och 55 % och därmed spara vatten (Nordström & Pleijel, 2019). En liknande undersökning har även gjorts på Kosteröarna i Sverige, vilken visat att den individuella vattenanvändningen där är så låg som 75 liter per person och dygn (Pleijel, 2017). Det som ytterligare stärker hypotesen om en lägre individuell vattenanvändning på Möja än genomsnittet är att flertalet av de boende i byarna Berg och Löka har anslutit sig till Berg VA under de senaste 5 åren och många av dessa hushåll har då varit tvungna att bygga om badrummet. Det är därför rimligt att anta att flertalet har installerat snålspolande toaletter, duschmunstycken och silar i sina badrum. Man kan därför argumentera för att ett medelvärde på (det beräknade intervallet, 89–145 liter per person och dygn) 117 liter per person och dygn, är det värde som bäst stämmer överens med verkligheten.

Det finns dock en viss osäkerhet kring metoden för beräkning av en heltidsboendes vattenanvändning. Uppgifter om hur Svenskt Vatten har tagit fram schablonvärdet för varje kategori har inte gått att hitta, vilket har haft som följd att denna studies beräkningar enbart bygger på egna antaganden, både i analysen av enkätsvaren och i vilka vattenförbrukningsvärden som använts för till exempel en toalett. Dessutom formulerades enkätfrågorna utan närmare eftertanke på hur svaren skulle analyseras, vilket gjorde att vattenanvändningen i kategorierna spolning av toalett, disk och tvätt beräknades i ett intervall. Om alla frågor hade formulerats utan färdiga svarsalternativ eller om svarsalternativen inte hade haft ett intervall, skulle analysen underlättats samt att vattenanvändningen hade kunnat presenteras som enbart ett värde per kategori.

5.3 Inställning till cirkulärt vattenbruk

I analysen av enkäterna gällande befolkningens inställning till återanvändning av avloppsvatten, grå- och svartvatten finns en tydlig trend. Den visar att personer i hushåll anslutna till ett avloppsreningsverk är de som är mest positiva till att återanvända renat avloppsvatten. Denna VA-kategori har även procentuellt flest svarande som tycker att både grå- och svartvatten bör återanvändas i jämförelse med de två andra kategorierna, vilket kan ses i enkätsvaren från både heltids- och fritids-/deltidsboende (figur 4–9).

En förklaring till detta kan vara att personer i kategorin med avloppsreningsverk är beroende av dricksvatten från enskilda brunnar och därmed kan ha upplevt att

vattnet i brunnen tagit slut. Att återanvända renat avloppsvatten i hushållen skulle kunna innebära en skillnad för dessa hushåll då det eventuellt skulle minska nyttjandet av grundvatten från den egna brunnen. Vår hypotes är att de hushåll som redan har en gemensam anläggning för avloppsrening kan vara mer positiva till att införa ett cirkulärt system, då de själva inte längre behöver hantera reningen av avloppsvattnet. Dessutom har de redan investerat pengar i en viktig komponent i ett cirkulärt vattenbruk, det vill säga den gemensamma reningsanläggningen.

Med avseende på frågorna om inställningen till att återanvända grå- eller svartvatten finns en större variation i svaren och inte något tydligt samband mellan VA-kategorierna i de två enkäterna. Exempelvis har heltidsboende i hushåll med enskilt avlopp och vatten högst andel som svarar nej till att återanvända renat avloppsvatten, medan det för fritidsboende är kategorin avloppsrening- och vattenverk som har högst andel nej-svar. Båda dessa kategorier har dock genomgående i de tre analyserade frågorna lägre acceptans för att återanvända avloppsvatten jämfört med kategorin avloppsreningsverk. Detta är särskilt tydligt i frågan om svartvatten i enkät 1, där 59 % respektive 48 % i kategorierna avloppsrenings- och vattenverk och enskilt avlopp och vatten svarar nej och endast 25 % i kategorin avloppsreningsverk svarar nej.

En lägre acceptans kan förklaras med att det finns en allmän osäkerhet hos människor kring vad det innebär att återanvända renat avloppsvatten. Detta gäller framförallt för återanvändandet av svartvatten, då människor är medvetna om varifrån vattnet kommer och vad det har innehållit, samt att man har en rädsla för att vattnet utgör en hälsorisk (Fielding *et al.*, 2019). Den lägre acceptansen för att återanvända vatten kan också förklaras med den så kallade *äcklighetsfaktorn*, det vill säga en känsla av avsky för att använda något som upplevs vara smutsigt och som kan innehålla smitta (Po *et al.*, 2003). Människor med enskilt avlopp och vatten behöver själva hantera avloppsvattnet och kan därför uppleva *äcklighetsfaktorn* i högre utsträckning, vilket gör dem mer negativt inställda till att återanvända renat avloppsvatten. För människorna i kategorin avloppsrening- och vattenverk kan den negativa inställningen dels bero på "äcklighetsfaktorn", men även upplevelsen av att ha vatten i överflöd och inte se nyttan med ett cirkulärt vattensystem, kan vara orsaken till deras svar.

En viktig faktor i analysen av enkäten som dock bör nämnas, är risken att frågorna om återanvändning av gråvatten och svartvatten kan ha misstolkats på grund av dess formulering. De svarande kan ha uppfattat det som att frågorna gällde återanvändning av orenat vatten, men underförstått handlade båda dessa frågor om renat grå-/svartvatten. Antagandet i analysen har dock varit att de flesta personer har förstått den rätta innebörden av frågan och svarat därefter, eftersom den föregående frågan i enkäten uttryckligen handlade om återanvändning av renat avloppsvatten.

Samtidigt som oro för den egna hälsan och osäkerhet kring kvalitén på det renade vattnet finns hos Möjaborna, finns även en stark tro på hållbarhet och återanvändning av resurser. När det gäller den generella frågan att återanvända renat avloppsvatten, till exempelvis trädgårdsbevattning eller biltvätt, finns dock en stor acceptans hos befolkningen. Den positiva inställningen till en sådan återanvändning bör tas till vara på, både av myndigheter och privata aktörer inom VA-sektorn, då den är något som gynnar naturen, människan och ekonomin.

5.4 Hållbar utveckling och cirkulärt vattenbruk

Med framtida klimatförändringar står vi inför utmaningar, där en förändring inom vår enkelriktade vattenhanteringsstrategi behövs. Våra dysfunktionella system för att rena och ta hand om avloppsvatten, leder till att vi utarmar vattentillgångar och går miste om tillgängligt och redan renat vatten. Processen sker på ett ohållbart sätt och kan delvis förklaras av ett citat från Stuchtey (2015, s. 1):

“...the real issue is that water has been pushed into a linear model in which it becomes successively more polluted as it travels through the system, rendering future use impossible. This practice transforms our most valuable and universal resource into a worthless trickle, creating high costs for subsequent users and society at large. Since the linear model is economically and environmentally unsustainable, we must instead view water as part of a circular economy, where it retains full value after each use and eventually returns to the system.”

Cirkulär vattenanvändning är, utifrån de tre dimensionerna ekologisk, social och ekonomisk hållbarhet, ett exempel på detta. Bärkraftiga teknikinnovationer och ett holistiskt tillvägagångssätt är ett måste för att skapa ett hållbart samhälle nu och i framtiden. Det finns enligt forskning en anledning till att investera i förbättrade system, där privat och offentlig sektor kan lockas till att investera i cirkulär avloppsvattenreningsindustrin och cirkulära vattensystem.

Investeringen i cirkulära vattenhanteringssystem bör utföras i ett ekonomiskt system som även det är cirkulärt, enligt bland annat Stuchtey (2015). Cirkulär ekonomi är en alternativ modell som syftar till att maximera resurseffektivitet och minimera avfall från produktion, där en av grundprinciperna är att koppla bort ekonomisk tillväxt från ändliga resurser, för att nå en hållbar hantering av våra tillgångar (Abu-Ghunmi *et al.*, 2016; International Water Association, 2016).

Att avgränsa bortkopplingen till enbart ändliga resurser och samtidigt få en avkastning kan verka motsägelsefull och kan komma att vara en tillfällig lösning. Det kan ses som en form av affärsmodell som förutsätter att vi behåller normen *business as usual*, det vill säga att *status quo* i slutändan upprätthålls. Cirkulär ekonomi är enligt Hervé Corvellec, professor i företagsekonomi, bara en annan tillväxtmodell där affärsmodellen är baserad på en hög men billig genomströmning av energi och material (Lunds Universitet, 2018).

Hållbar utveckling kan i dessa avseenden både underlätta och försvåra tolkningen av begreppet. På grund av den möjliga tolkningsfriheten kring begreppet hållbar utveckling och en stark tro på den utvecklingsideologi som baseras på utveckling och framsteg samt teknokratiska *quick-fix*, kan begreppet enkelt utnyttjas av sektorer med ett ekonomiskt vinstintresse. Oklarheterna kring innebörden av hållbar utveckling har enligt Eduardo Medina (2013) kritiserats beträffande begreppet *behov*, som förekommer i Brundtlandkommissionens definition av hållbar utveckling. Medina (2013) frågar sig var gränsen går mellan det biologiska och ekologiska grundbehovet och våra socialt konstruerade behov, och vems behov som avses, i ett samhälle vars resurser är ojämnt fördelade.

Tar man i beaktning de tre hörnstenarna inom hållbar utveckling kan man argumentera för att avsaltningsanläggningar är bärkraftiga tekniska lösningar. Avsaltningsanläggningar försörjer en befolkning med rent dricksvatten, tillhandahåller arbetstillfällen och nyttjar en resurs - havsvatten - som finns tillgänglig

i överflöd. Ser man till anläggningarnas energikonsumtion, maskindelarnas livscykel samt övriga produktionskostnader för vattnet är slutsatsen om hållbarhet mer svårbedömd. Beteendet kring vattenanvändning kan dessutom komma att förändras om hushållsvattnet inte längre ses som en begränsad resurs, på grund av havsvattnets lättillgänglighet och rikliga förekomst. Men en anslutning till ett avsaltningsverk kan också fungera som en ögonöppnare genom att priset på dricksvatten plötsligt blir synligt, där den ökade medvetenheten om vattnets kostnad kan ge insikt om resursens verkliga värde. Med ett mer långsiktigt planerande borde man kunna se över möjligheten att installera avsaltningsanläggningar utifrån ett cirkulärt perspektiv, där det avsaltade vattnet återförs till hushållen i form av renat avloppsvatten som används ytterligare en gång.

Det finns dock en viss risk med små lokala avsaltningsanläggningar. Vid strömavbrott till följd av extrema väderfenomen, såsom storm med orkanbyar, riskerar befolkningen att stå utan dricksvattenförsörjning om elnätet skadas. Det finns även en risk att hushåll blir utan rent dricksvatten om läckage uppstår på grund av hål i ledningar, vilket oftast leder till att hela systemet måste stängas av tills läckan är funnen och åtgärdad.

Av sådana risker bör det finnas ett stort intresse från kommun och regering att undersöka och utöka kunskapen om grundvattenbildning på öar, främst de öar utan kommunalt vatten, som riskerar att påverkas i stor omfattning på grund av att vattenförsörjningen är mer sårbar vid extrema situationer (Eveborn *et al.*, 2016). De system som finns för att rena och ta hand om avloppsvatten måste uppdateras och visionen om det cirkulära vattenflödet, vilket imiterar vattnets kretslopp och är en grundförutsättning för en hållbar vattenhantering, bör integreras i samhällets alla vattenreningsprocesser och system, för att säkerställa tillräcklig vattenförsörjning för alla människor (Baresel *et al.*, 2015). Med denna kunskap så investerar vi i en framtid där miljö och människa sätts i fokus vilket även kommer att gynna den ekonomiska tillväxten genom bärkraftiga och långsiktiga lösningar. Detta förebygger även problem som klimatförändringar kan ge och säkerställer en trygg dricksvattenförsörjning för alla människor i Sverige.

6 Slutsats

Studiens slutsatser är som följer:

- Den beräknade grundvattenbildningen är 966 866–1 299 493 m³/år, vilket bör vara tillräckligt för att försörja alla heltidsboende på Möja med hushållsvatten från grundvattnet, men för att säkert veta vilka uttagsmöjligheter av grundvatten Möja har, behövs en undersökning av berggrundens magasineringsförmåga och en mer noggrann bestämning av Möjas topografi, nederbörd och avrinningsområde först utföras.
- En heltidsboende på Möja använder troligen en mindre mängd vatten än schablonvärdet för den genomsnittlige svensken, vilket är ungefär 117 liter per person och dygn.
- En låg acceptans för återanvändning av svartvatten kan ses inom alla kategorier av hushållens vatten- och avloppssystem, troligen beroende på den så kallade *äcklighetsfaktorn*.
- Cirkulärt vattenbruk på Möja är möjligt och genom en god planering vid installationen av nya vatten- och avloppssystem kan systemen bli cirkulära,

och därmed hållbara. Detta visas i exemplet med toaletterna på Wikströms Fisk. Cirkulära vattensystem kan därmed leda till en mer bärkraftig utveckling på Möja.

Tackord

Vi vill tacka våra tre handledare Roger Herbert på Institutionen för geovetenskaper, Anders Nordström och Christian Pleijel på KTH och ansvariga för projektet Circular Water Challenge. Vi vill även rikta ett stort tack till alla Möjabor som ställt upp på intervjuer, besvarat enkäterna och varit behjälpliga under projektiden.

Referenser

- Abu-Ghunmi, D., Abu-Ghunmi, L., Kayal, B. & Adel Bino (2016). Circular economy and the opportunity cost of not 'closing the loop' of water industry: the case of Jordan. *Journal of Cleaner Production*, vol. 131, s. 228–236. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.043>.
- André, A., Sundin, A.M., Linderholm, L., Istvan, B., Svinhufvud, K., Eklund, K., Lundin Unger, M. & Rosenblom, T. (2018). *Rening av avloppsvatten i Sverige 2016*. Stockholm: Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-8808-8.pdf?pid=22472> [2019-05-03]
- Baresel, C., Dahlgren, L., Lazic, A., de Kerchove, A., Almemark, M., Ek, M., Harding, M., Ottosson, E., Karlsson, J., Yang, J.J., Allard, A.-S., Magnér, J., Ejhed, H. & Björk, A. (2015). *Reuse of treated wastewater for non-potable use (ReUse)*. Stockholm: IVL Swedish Environmental Research Institute. (B2219). Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.422aa27a15260b0160f138/1454339656657/B2219.pdf> [2019-05-13]
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder*. (Nilsson, B., övers) 3. uppl. Stockholm: Liber.
- Cisneros, B.J. (2014). Water Recycling and Reuse: An Overview. I: Ahuja, S. (red) *Water Reclamation and Sustainability*. Boston: Elsevier, s. 431–454. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411645-0.00018-3>
- Dahlgren, H., Lång, L.-O., Andersson, H., Schoning, K. & Åkerhammar, P. (2016). *Sveriges geologiska undersökning - Uppdrag att bidra med underlag för Sveriges genomförande av Agenda 2030*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning. (31-852/2016).
- Dalahmeh, S. & Baresel, C. (2014). *Reclaimed Wastewater Use Alternatives and Quality Standards*. Uppsala & Stockholm: Swedish University of Agricultural Sciences & IVL Swedish Environmental Research Institute. (SLU 070 & IVL C24). Tillgänglig: <https://www.ivl.se/download/18.343dc99d14e8bb0f58b76f5/1449742331280/C24.pdf> [2019-05-16]
- Eklund, A., Mårtensson, J.A., Bergström, S., Björck, E., Dahné, J., Lindström, L., Nordborg, D., Olsson, J., Simonsson, L. & Sjökvist, E. (2015). Sveriges framtida klimat, underlag till Dricksvattenutredningen. *Klimatologi*, vol. 14, s. 94. Tillgänglig: http://www.smhi.se/polopoly_fs/1.89529%21/Menu/general/extGroup/attachmentCoiHold/mainCol1/file/klimatologi_14.pdf [2019-05-16]
- Eveborn, D., Vikberg, E., Thunholm, B., Hjerne, C.-E. & Gustafsson, M. (2016). *Grundvattenbildning och grundvattentillgång i Sverige*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning. (21-2925/2016).
- Fegler, C. & Unemo, L. (2000). *Långtidsutredningen 1999/2000: [LU]. Vad är hållbar utveckling?* Stockholm: Fritzes offentliga publikationer.
- Fielding, K.S., Dolnicar, S. & Schultz, T. (2019). Public acceptance of recycled water. *International Journal of Water Resources Development*, s. 1–36. DOI: 10.1080/07900627.2017.1419125
- Finansdepartementet (2019). *Agenda 2030 och Sverige: Världens utmaning - världens möjlighet*. Stockholm: Elanders Sverige AB. (Statens offentliga utredningar 2019:13).

- Grip, H. & Rodhe, A. (2000). *Vattnets väg från regn till bäck*. 3. rev. uppl. Uppsala: Hallgren & Fallgren.
- International Water Association (2016). *Water Utility Pathways in a Circular Economy*. London: International Water Association. Tillgänglig: http://www.iwa-network.org/wp-content/uploads/2016/07/IWA_Circular_Economy_screen.pdf [2019-05-17]
- Johansson, B. (red.) (2010a). *Dricksvattenteknik: Vatten i natur och samhälle*. 1. utg. Stockholm: Svenskt vatten.
- Johansson, B. (red.) (2010b). *Dricksvattenteknik: Grundvatten*. 1. utg. Stockholm: Svenskt vatten.
- Johansson, B. (red.) (2010c). *Dricksvattenteknik: Ytvatten*. 1. utg. Stockholm: Svenskt vatten.
- Livsmedelsverket (2015). *Råd om enskild dricksvattenförsörjning*. Uppsala: Livsmedelsverket. Tillgänglig: <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/livsmedel-innehall/mat-dryck/dricksvatten/egen-brunn/rad-om-egen-brunn/rad-om-enskild-dricksvattenforsorjning.pdf> [2019-05-17]
- Medina, E. (2013). *Från "tyst vår" till "hållbar utveckling": En kritisk diskursanalys av miljöfrågans utveckling 1962–1987*. Diss. Uppsala: Uppsala Universitet, Sociologiska Institutionen.
- Nordström, A. (2011). *Dricksvatten för en hållbar utveckling*. 4:e. uppl. Lund: Studentlitteratur.
- Nordström, A. & Pleijel, C. (2019). När vattnet inte räcker till. I: Wall-Reinius, S. & Heldt Cassel, S. (red.). *Turismen och resandets utmaningar*. (Ymer). Ödeshög: Svenska sällskapet för antropologi och geografi. s.177-198.
- Olofsson, B., Jacks, G., Knutsson, G. & Thunvik, R. (2001). Grundvatten i hårt berg – en analys av kunskapsläget. I: *Kunskapsläget på kärnavfallsområdet 2001*. Stockholm: Fritzes, s. 113-189.
- Pleijel, C. (2017). *Kosteröarnas vatten- och avloppssystem: Strategi för utbyggnad av vatten- och avloppssystem, tillägg till MasterPlan 2013-06-19*. Tillgänglig: <https://www.stromstad.se/download/18.25b7d58415a26d948705e32/1487170001693/Rapport+version+3.pdf> [2019-05-17]
- Po, M., Kaercher, J.D. & Nancarrow, B.E. (2003). *Literature Review of Factors Influencing Public Perceptions of Water Reuse*. Canberra: CSIRO Land and Water. (Technical Report 54/03)
- Rock, C., Gerba, C.P. & Pepper, I.L. (2015). Recycled Water Treatment and Reuse. I: Pepper, I.L., Gerba, C.P., & Gentry, T.J. (red.) *Environmental Microbiology*. 3. Uppl. San Diego: Academic Press, s. 623–632.
- Rodhe, A., Lindström, G., Rosberg, J. & Pers, C. (2006). *Grundvattenbildning i svenska typjordar - översiktlig beräkning med en vattenbalansmodell*. Uppsala: Uppsala Universitet, Institutionen för geovetenskaper. (A66) Tillgänglig: https://www.sgu.se/globalassets/grundvatten/grundvattennivaer/grundvattenbildning/rodhe-et-al_2006.pdf [2019-05-17]
- Tortajada, C. & Ong, C.N. (2016). Reused water policies for potable use. *International Journal of Water Resources Development*, vol. 32 (4), s. 500–502. DOI: <https://doi.org/10.1080/07900627.2016.1179177>
- Statistiska centralbyrån (2017). *Vattenanvändningen i Sverige 2015*. Stockholm: Statistiska centralbyrån. Tillgänglig:

https://www.scb.se/contentassets/bcb304eb5e154bdf9aad3fbcd063a0d3/mi0902_2015a01_br_miftbr1701.pdf [2019-05-17]

SLVFS 2001:30. *Livsmedelsverkets föreskrifter om dricksvatten*. Uppsala: Livsmedelsverket.

Utbildningsdepartementet (2004). *Att lära för hållbar utveckling: betänkande av Kommittén för utbildning för hållbar utveckling*. Stockholm: Fritzes. (Statens offentliga utredningar 2004:104)

Näringsdepartementet (2016). *En trygg dricksvattenförsörjning: slutbetänkande*. Stockholm: Wolters Kluwer. (Statens offentliga utredningar 2016:32)

Icke publicerat material

Nordström, A. (2019a). *Dricksvatten – vårt viktigaste livsmedel*. Opublicerat manuskript.

Nordström, A. Universitetslektor i naturgeografi på Stockholms Universitet (2019b). Samtal 11 april.

Söderbaum, K-O. Ordförande Bergs VA AB (2019). Telefonsamtal 14 april.

Wikström, S. Restaurangchef, Wikströms Fisk (2019). Samtal 4 april.

Internetkällor

Energimyndigheten (2017a). *Diskmaskiner*. Tillgänglig:

<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/diskmaskiner> [2019-05-16]

Energimyndigheten (2017b). *Tvättmaskiner*. Tillgänglig:

<http://www.energimyndigheten.se/tester/tester-a-o/tvattmaskiner/> [2019-05-16]

IVL Svenska Miljöinstitutet (2018). *Sveriges första öl bryggt på återvunnet vatten*. Tillgänglig:

<https://www.ivl.se/toppmeny/pressrum/pressmeddelanden/pressmeddelande---arkiv/2018-05-23-sveriges-forsta-ol-bryggt-pa-atervunnet-vatten.html> [2019-05-17]

Livsmedelsverket (2019a). *Dricksvatten*. Tillgänglig:

<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/dricksvatten> [2019-05-17]

Livsmedelsverket (2019b). *Dricksvattenproduktion*. Tillgänglig:

<https://www.livsmedelsverket.se/produktion-handel--kontroll/dricksvattenproduktion> [2019-05-17]

Lunds Universitet, Institutionen för service management (2018). *"Cirkulär ekonomi är bara en annan tillväxtmodell"*. Tillgänglig: <https://www.ism.lu.se/article/cirkular-ekonomi-ar-bara-en-annan-tillvaxtmodell> [2019-05-13]

Länsstyrelsen (2018). *VISS-hjälp: Naturlig grundvattenbildning*. Tillgänglig:

<http://extra.lansstyrelsen.se:80/viss/Sv/detta-beskrivs-i-viss/allmanna-uppgifter-gv/Pages/naturlig-grundvattenbildning.aspx> [2019-05-17]

Miva (2018) *Tips om din vattenförbrukning*. Tillgänglig:

<https://miva.se/vattenochavlopp/dricksvatten/vattenmataren/tipsomdinvattenforbrukning.4.1fc3f8f913afc0821ee596.html> [2019-05-07]

Möja Turistförening (2019). *Möja*. Tillgänglig:

<http://www.mojaturistinfo.se/moja/index.html> [2019-05-17]

Nordic Construction Company (2019). *Passivhus "Sjunde huset", Kiruna*. Tillgänglig:

<https://www.ncc.se/vara-projekt/passivhus-sjunde-huset-kiruna/> [2019-05-17]

- Regeringskansliet, R. och. (2015) *Rent vatten och sanitet*. Tillgänglig: <https://www.regeringen.se/regeringens-politik/globala-malen-och-agenda-2030/rent-vatten-och-sanitet/> [2019-05-17]
- Sveriges geologiska undersökning (2019a). *Dricksvattenförsörjning i kustnära områden*. Tillgänglig: <https://www.sgu.se/grundvatten/brunnar-och-dricksvatten/dricksvattenforsorjning-i-kustnara-omraden/> [2019-05-17]
- Sveriges geologiska undersökning (2019b). *Berggrund 1:50000 - 1:250000*. Tillgänglig: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-berg-50-250-tusen.html?zoom=695728.3857928981,6580458.832285669,738736.4718090702,6600926.873221751> [2019-05-17]
- Sveriges geologiska undersökning (2019c). *Jordarter 1:25000 - 1:100000*. Tillgänglig: <https://apps.sgu.se/kartvisare/kartvisare-jordarter-25-100.html?zoom=699115.383286706,6582462.529086065,742123.4693028781,6602930.570022147> [2019-05-17]
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2015). *HBV-modellen 1972*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hbv-modellen-1.17857> [2019-05-08]
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2017a). *Normal uppskattad årsnederbörd, medelvärde 1961–1990*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/normal-uppskattad-arsnederbord-medelvarde-1961-1990-1.6934> [2019-05-16]
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2017b). *Årsavdunstning medelvärde 1961–1990*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenstand-2-2-338/arsavdunstning-medelvarde-1961-1990-1.4096> [2019-05-16]
- Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (2018). *Ny generation scenarier för klimatpåverkan - RCP*. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/klimat/rcp-er-den-nya-generationen-klimatscenarier-1.32914> [2019-05-17]
- Stuchtey, M. (2015). *Rethinking the water cycle*. Tillgänglig: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/rethinking-the-water-cycle> [2019-05-09]
- Svenskt Vatten (2016). *Hur renas avloppsvattnet*. Tillgänglig: <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/avloppsfakta/hur-renas-avloppsvattnet/> [2019-05-16]
- Svensk Vatten (2019). *Dricksvattenfakta*. Tillgänglig: <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/> [2019-05-16]
- Topas Vatten (2019). *Projektstudie Nyhagen, En VA-lösning för Östra Gotland med återanvändning av renat vatten*. Tillgänglig: <https://www.topasvatten.se/upl/files/133458.pdf> [2019-05-09]
- Vattenfall (2019). *Minska din vattenförbrukning*. Tillgänglig: <https://www.vattenfall.se/fokus/tips-rad/minska-vattenkostnaden/> [2019-05-09]
- Ö för Ö-kansliet (2019). *Allmänt om Möja skärgård*. Tillgänglig: <http://www.oforo.se/island-facts/moja/allmant-om-mojaskargard/> [2019-05-16]

Programvara

QGIS Development Team (2018). QGIS. Version: 2.18.12. Tillgänglig:

<https://www.qgis.org/en/site/>

