



UPPSALA
UNIVERSITET

Latrin från fritidsbåtar i Stockholms skärgård - innehåll, volym och påverkan på avloppsreningsverk och ekosystem



Josefine Klingberg

Degree project in biology, Master of science (2 years), 2017

Examensarbete i biologi 30 hp till masterexamen, 2017

Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet, och EcoLoop AB

Handledare: Marie Albinsson och Stefan Bertilsson

Extern Opponent: Max Lindmark

Sammanfattning

Den första april 2015 trädde en författning i kraft som innefattar ett förbud mot utsläpp av toalettavfall från fritidsbåtar inom Sveriges sjöterritorium. Redan före denna författning var det obligatoriskt för fritidsbåtshamnar att ha mottagningsanordningar för avfall, inklusive latrin, från fritidsbåtar. Många hamnar och båtklubbar har därför sugtömningsstationer för att kunna ta emot latrin. Detta avfall förs sedan till avloppsreningsverk för behandling på samma sätt som hushållsavlopp. Hur båtlatrinet hanteras vid insamlingen skiljer sig dock mycket åt inom Sverige. Vissa sugtömningsstationer är kopplade direkt till det kommunala avlopps nätet, om placeringen tillåter det, medan andra har blivit nekade detta. En anledning till detta är osäkerheten beträffande latrinets volym och innehåll och därmed osäkerhet i dess påverkan på avloppsreningsprocessen.

För att fylla dessa kunskapsluckor och undersöka latrinets påverkan på ekosystemet vid direktutsläpp utfördes denna studie som den första av sitt slag i Sverige. Studien innefattar provtagningar och volymsberäkningar och är en del av ett LOVA-projekt som ett samarbetsprojekt mellan Norrtälje kommun, Vaxholms stad, Värmdö kommun, Transportstyrelsen och Ecoloop AB. Inom studien utfördes under hösten 2016 provtagningar på latrin från fyra sugtömningsstationer i de deltagande kommunerna. Provtagningen visade på höga koncentrationer av näringsämnen, syreförbrukande ämnen och metaller jämfört med hushållsavlopp. Analys av ett urval kemikalier samt bakterier utfördes för att påvisa eventuell användning av sanitetsvätskor vilka används i båttoaletter för att förhindra dålig lukt ombord. På grund av motstridiga resultat och osäkerhet i använd analysmetod kan användning av sanitetsvätskor inte påvisas och vidare analys bör utföras.

Hos de flesta avloppsreningsverk finns det möjlighet att tillföra båtlatrinet successivt och därmed späda ut det. Utspädningen förhindrar att det koncentrerade båtlatrinet hämmar de biologiska processerna utförda av mikroorganismer på avloppsreningsverken. Då båtlatrinet har en sammansättning som avviker från hushållsvatten kan det även hota ett avloppsreningsverks eventuella Revaq-certifiering som garanterar att slammet har en kvalitet som möjliggör återföring till skogs- och jordbruk.

Att samla in latrin kan alltså ge upphov till att avloppsreningsverken inte klarar av sina åtaganden med avseende på reningskrav, men problemen om avloppet släpps ut till naturen kan vara ännu allvarigare. Stockholms skärgård ligger i Östersjön vilket är ett av världens mest påverkade hav med eutrofiering som ett av de största hoten. Utsläpp av båtlatrin bidrar till ökad eutrofiering då det är väldigt näringsrikt. Enligt en enkätundersökning utförd inom studien innehåller en medelstor septiktank 34 l båtlatrin. Detta motsvarar exempelvis ungefär 2,5 g fosfor och 50 g kväve. Beräkningar utgående från enkätundersökningen visade även att det idag samlas in ungefär 350 m³ latrin per år in i de deltagande kommunerna.

Införandet av utsläppsförbudet motiverades från miljö- och hälsosynpunkt då det skulle minska tillförseln av näringsämnen och smittsamma bakterier till miljön. Båtlatrinets höga innehåll av näringsämnen och metaller kan bidra till miljöproblem vid utsläpp. Dess påverkan på miljön i relation till andra källor kan dock inte påvisas i denna studie. Hälsospekten är desto påtagligare då båtlatrinet innehåller en hög mängd bakterier.

Nyckelord: avlopp, avloppsreningsverk, båtlatrin, ekosystem, fritidsbåt, Stockholms skärgård

Summary

The first of April 2015 a constitution came into force which comprises a prohibition of discharge of sewage from leisure boats in Swedish territorial waters. It was mandatory for leisure boat marinas already before this constitution to have waste reception facilities for waste, including sewage, from leisure boats. As a result of this many marinas and leisure boat clubs have pump out stations in order to receive sewage. This waste is then transferred to sewage treatment plants for treatment as household sewage. How the boat sewage is handled at the collection differs within Sweden. Some pump out stations are connected directly to the municipal sewer system, if the placing permits, while some have been denied to connect. One of the reasons for this difference is uncertainty about volume and content of the boat sewage and hence uncertainty in the effects it has on the sewage treatment process.

This study was performed in order to fill these knowledge gaps and to investigate the impact of discharge on the ecosystem, as the first of its kind in Sweden. The study includes sampling and volume calculations and is part of a LOVA-project as a cooperation project between Norrtälje, Vaxholm and Värmdö municipalities, the Swedish Transportation Agency and Ecoloop AB. During the autumn 2016 four pump out stations within the participating municipalities were sampled as a part of the study. The analysis of boat sewage showed high concentrations of nutrients, oxygen consuming substances, and metals in comparison with household sewage. Analyzes of a selection of chemicals and bacteria were performed in order to demonstrate the possible use of sanitary fluids, which are used in toilets to prevent odors. Because of conflicting results and uncertainty in the analysis method used no detection of the use of sanitary liquids could be done and further analysis should be carried out.

It is possible in most sewage treatment plants to add the boat sewage gradually and in that way dilute it. The dilution prevents the concentrated boat sewage to inhibit the biological processes performed by microorganisms in sewage treatment plants. The boat sewage can be a threat to the Revaq-certification of some sewage treatment plants. Revaq-certification guarantees that the sludge is of a quality that allows recycling to forestry and agriculture.

Collection of boat sewage can cause sewage treatment plants to not meet their commitments in terms of treatment requirements, but the problems with discharge can be even more serious. Stockholm archipelago is located in the Baltic Sea which is one of the most affected seas with eutrophication as one of the greatest threats. Discharge of boat sewage contributes to eutrophication since it is very nutritious. According to a survey conducted within this study an average boat septic tank contains 34 l sewage. This is equivalent to for example 2.5 g phosphorus and 50 g nitrogen. Calculations based on the survey also shows that the total volume of boat sewage collected in pump out stations in the participating municipalities is 350 m³ per year.

The introduction of the prohibition of discharge was motivated from an environmental and health point of view since it would reduce the supply of nutrients and infectious bacteria to the environment. The high content of nutrients and metals in the boat sewage would contribute to environmental problems when discharged. The impact on the environment in relation to other sources could not be shown in this study. The health aspect, on the other hand, is unmistakable since the boat sewage contains a high amount of bacteria.

Keywords: boat sewage, ecosystem, leisure boat, sewage, sewage treatment plant, Stockholm archipelago

Förord

Examensarbetet *Latrin från fritidsbåtar i Stockholms skärgård - innehåll, volym och påverkan på avloppsreningsverk och ekosystem* är utfört inom master i biologi med inriktning limnologi vid Uppsala universitet. Arbetet omfattar 30 hp och utfördes hösten 2016 i samverkan med Ecoloop AB. Arbetet utfördes inom ett LOVA-projekt mellan Norrtälje kommun, Vaxholms stad, Värmdö kommun, Transportstyrelsen och Ecoloop AB.

Jag vill ge mitt allra största tack till min handledare Marie Albinsson på Ecoloop AB för all hjälp, engagemang och vägledning i arbetet. Jag vill tacka min handledare Stefan Bertilsson vid Uppsala universitet för vägledning och återkoppling på arbetet. Jag vill tacka min examinator Anna-Kristina Brunberg vid Uppsala universitet för all hjälp med arbetet. Jag vill tacka mina opponenter Max Lindmark och Siri Pettersson för diskussion och återkoppling på arbetet. Jag vill tacka alla på Ecoloop AB för den fantastiska arbetsmiljö, intressanta diskussioner och återkoppling på arbetet ni gett mig. Jag vill tacka alla deltagare i LOVA-projektet som engagerat delgivit information och tankar. Slutligen vill jag tacka alla jag träffat eller som på annat sätt bidragit till detta arbete. Detta inkluderar alla som medverkat vid provtagningar och enkätundersökningar, som tagit emot mig för studiebesök och diskussioner samt alla som på annat sätt delat med sig av sin kunskap och sitt intresse för ämnet!

Begreppsdefinitioner

Avloppsreningsverk/ARV	Anläggning där avloppsvatten renas före det släpps ut till recipient.
BOD	Biologisk syreförbrukning. Mått på mängd syre som krävs för nedbrytning av det biologiskt tillgängliga organiska material i ett vatten.
BDT-vatten	Bad-, disk- och tvättvatten från hushåll.
Båtlatrין	Refererar i detta arbete till latrin i fritidsbåtars septiktank och till latrin i sugtömningsstationer för fritidsbåtar.
Båtanvändare	Refererar i detta arbete till personer som färdas i fritidsbåt.
COD	Kemisk syreförbrukning. Mått på mängd syre som krävs för kemisk utförd nedbrytning av organiska material i vatten.
Externslam	Slam som inkommer till avloppsreningsverk från avloppsreningsverk eller hushåll i form av avlopp från slutna tankar eller slamavskiljare.
Fritidsbåt	Fartyg för privat rekreation.
Fritidshamn	En geografisk plats eller område som inrättats för att erbjuda service till fritidsbåtar. Till fritidsbåthamnar räknas klubbhamnar, gästhamnar, marinor och allmänna hamnar. Små bryggor, förtöjningsplatser och naturhamnar räknas inte som fritidsbåthamn.
Inkommande avloppsvatten	Orenat avloppsvatten som via avlopps nätet inkommer till reningsverket.
Latrin	Urin, fekalier, eventuella andra kroppsvätskor, toalettpapper, spolvatten.
Recipient	Mottagare av renat avloppsvatten, vanligen sjö, hav eller vattendrag.
Sugtömningsstation	Anläggning för att suga ur och tömma båtars septiktank.
Utgående avloppsvatten	Renat avloppsvatten som lämnar avloppsreningsverket och släpps ut till verkets recipient.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och frågeställning	1
1.2	Avgränsning	1
2	Bakgrund	1
2.1	Toaletter på fritidsbåtar i Sverige.....	1
2.2	Miljöpåverkan från båtliv	2
2.3	Lagstiftning.....	3
2.3.1	Internationell lagstiftning	3
2.3.2	Nationell lagstiftning	3
2.4	Omvärldsanalys - Finland	4
3	Metod.....	4
4	Resultat och diskussion	6
4.1	Båtliv i Stockholms län.....	6
4.1.1	Båtliv i Norrtälje kommun	7
4.1.2	Båtliv i Vaxholms stad.....	9
4.1.3	Båtliv i Värmdö kommun	9
4.1.4	Volym båtlatrin.....	10
4.2	Innehåll i latrin från fritidsbåtar	11
4.2.1	Näringsämnen	11
4.2.2	Biologisk och kemisk syreförbrukning	14
4.2.3	Kemikalier och sanitetsvätskor.....	15
4.2.4	Mikroorganismer	18
4.2.5	Metaller	18
4.2.6	Havs- och sjövattnen	19
4.2.7	Jämförande med andra avloppsfraktioner	19
4.3	Båtlatrins påverkan på avloppsreningsverk	20
4.3.1	Nitrifikationshämning.....	20
4.3.2	Certifieringar	21
4.4	Miljöpåverkan från latrin från fritidsbåtar i Östersjön	21
4.4.1	Ekologisk påverkan	22
4.4.2	Hälsopåverkan	23

4.4.3	Estetisk och ekonomisk påverkan	23
4.4.4	Miljöpåverkan från avloppsreningsverk	23
4.4.5	Miljöpåverkan från sugtömningsstation för båtlatrin	24
4.4.6	Miljöpåverkan i Stockholms län.....	24
5	Slutsatser	25
5.1	Förslag till vidare studier	26
6	Referenser	27
7	Bilagor	31

1 Inledning

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med detta arbete är att sammanställa hur insamlingen av båtlatrin i Sverige ser ut idag samt att förbättra förutsättningarna för hanteringen av latrin. Detta kommer att göras genom en fallstudie på Vaxholms stad samt Norrtälje och Värmdö kommun i Stockholms län. Målsättningen är att beskriva båtlatrinets innehåll och volym samt dess effekter på miljön. Denna kunskap är idag mycket begränsad och provtagning på båtlatrin har inte tidigare utförts i Sverige. Förutom den direkta miljöpåverkan kommer även den möjliga påverkan på avloppsreningsverk som tar emot båtlatrin undersökas genom jämförande studie. Motivet för detta är att båtlatrin på grund av sitt innehåll i vissa fall visat sig påverka avloppsreningsprocessen. Trots dessa kunskapsluckor har beslutsfattande om hantering av båtlatrin gjorts genom bland annat lagar som förbjuder utsläpp av latrin från fritidsbåtar.

Specifika frågeställningar som behandlas är;

1. Vilka miljöeffekter kan insamling av båtlatrin på lokal respektive regional nivå leda till?
2. Vilka andra konsekvenser ger insamling av båtlatrin på lokal respektive regional nivå?
3. Vad innehåller båtlatrin med avseende på växtnäringsämnen samt andra oönskade miljöskadliga ämnen och hur bör man mäta kvalitet på insamlad båtlatrin?

Målet är att först besvara de grundläggande frågorna om volym och innehåll, samt respektive beståndsdelars koncentration. När denna information är klarlagd kommer den sättas i relation till rörelser av näringsämnen i Stockholms skärgård och till andra typer av avloppsvatten för att uppskatta påverkan på avloppsreningsverk.

1.2 Avgränsning

Detta arbete har geografiskt avgränsats till Vaxholms stad samt Norrtälje och Värmdö kommun, vilka alla är kommuner i Stockholms län. Dessa kommuner har strandlinje mot och inkluderar vattenområden i Östersjön samt medverkar i LOVA-projektet som detta arbete utförs inom. Förutom denna fördjupning kommer arbetet att ge en översikt om hur latrin hanteras i Sverige, samt jämförelser med hur övriga länder i Östersjöområdet behandlat problemet och då främst med fokus på Finland.

För analys av innehåll begränsas detta arbete till växtnäringsämnen och de kemikalier som ingår i sanitetsvätskor. Därmed utelämnas förekomsten av eventuella läkemedel som ibland kan finnas i latrinet eller denna typ av föroreningars effekt på ekosystemet och på avloppsreningsverk.

2 Bakgrund

2.1 Toaletter på fritidsbåtar i Sverige

Enligt båtlivsundersökningen 2015 fanns det år 2015 minst en fritidsbåt i 14 % av de Svenska hushållen (Lagerqvist & Andersson 2016). Detta är ungefär samma antal som 2004 men innebär en minskning jämfört med 2010 då fritidsbåtar förekom hos 18 % av alla svenska hushåll. Detta innebär att det finns ungefär 822 000 fritidsbåtar i Sverige, av vilka 92 % är i sjödugligt skick. Toalett ombord är dock relativt sällsynt då endast 10 % av alla båtar är

utrustade med toalett. Av de fritidsbåtar som har toalett är en bärbar toalett det vanligaste. Näst vanligast är fast toalett med tank som kan sugtömmas och efter detta följer en fast toalett med tank som töms direkt i sjön. Endast en procent av fritidsbåtarna med toalett ombord har fast toalett med direktutsläpp till sjön och därmed ingen septiktank (Lagerqvist & Andersson 2016).

Data i båtlivsundersökningen 2015 inkluderar alla fritidsbåtar och därmed även småbåtar såsom exempelvis roddbåtar och kajaker. Undersökningen visar att 50,7 % av alla båtar i Sverige är av denna mindre typ, vilket innebär att resterande 49,3 % av båtarna är av dagsturstyp eller ruffade. Dessa 49,3 % motsvarar 405 246 av båtarna i Sverige. Genom att räkna bort alla mindre båtar där det är direkt olämpligt att ha en toalett ombord ökar andelen båtar med toalett från 10 % till 20 %.

Av alla båtar i Sverige har endast 3 % av båtarna toalett med sugtömningsmöjlighet, detta motsvarar 24 660 båtar. Om man bara inkluderar båtarna av en storlek lämplig att ha toalett ombord motsvarar 24 660 båtar 6 % av de svenska båtarna. Långt ifrån alla 24 660 båtar med möjlighet att sugtömma väljer det vid varje tömning. Av dessa väljer endast 39 % att sugtömma vid varje tömning, hela 9 % sugtömmer aldrig, de resterande 53 % sugtömmer mycket sällan till ganska ofta (Lagerqvist & Andersson 2016).

2.2 Miljöpåverkan från båtliv

Båtlivet påverkar miljön negativt på flera olika sätt. Till exempel orsakar motorer buller som kan skrämna fåglar och leda till att de lämnar sina ungar (Burger 1998). Ett annat exempel är lokala utsläpp av föroreningar såsom olja (Burger 1993) eller båtbottnfärg, vars innehåll bland annat påvisats orsaka försämrade reproduktion hos växter (Andersson & Kautsky 1996). Utsläpp av latrin från fritidsbåtar till sjön påverkar också miljön och är en problematik som uppmärksammats de senaste åren hos bland annat Europeiska unionen och lett till utsläppsförbud (Europaparlamentets och rådets direktiv 94/25/EG och TSFS 2012:13). Användningen av fritidsbåtar sammanfaller med den varma årstiden då omblandningen av vattenmassorna är låg och produktionen av alger är hög. Utsläpp av näringsämnen i form av exempelvis latrin, under denna tidsperiod förstärker algernas tillväxt och kan orsaka omfattande blomningar av giftiga cyanobakterier (O'neil *et al.* 2012). Latrin kan även innehålla virus och mikroorganismer såsom bakterier och patogener vilka kan sprida sjukdomar (Bitton 2011). I jämförelse med avloppsvatten från hushåll förväntas båtlatrin vara mindre utspädd med vatten samt innehålla en högre koncentration av kemikalier från sanitetsvätskor, vilka kan påverka växter och djur i miljön.

Stockholms län har kustlinje och skärgård i Östersjön, vilken är ett av de mest påverkade och studerade områdena i världen. Eutrofiering har pekats ut som ett av de största hoten mot Östersjöns mående, speciellt i skärgårdsområden (Bonsdorff *et al.* 1997). Förutom eutrofiering som orsakas av näringsinflöde har även inflöde av kemikalier och fiske pekats ut som stora hot för Östersjön. Andra betydande stressfaktorer som påverkar Östersjöns tillstånd och som båtliv bidrar till är ljud- och luftföroreningar, marint skräp och utbredning av främmande arter. Tillsammans bidrar alla dessa hot till bland annat syrefria botten och förändrad biodiversitet vilket påverkar flera ekonomiska näringar och däribland fiske och turism.

2.3 Lagstiftning

2.3.1 Internationell lagstiftning

För att skydda Östersjöns miljö talade Helsingforskonventionen (HELCOM) redan 1998 för ett omhändertagande av båtlatrin istället för direktutsläpp. Detta gjordes direkt i artikeln *Helcom rekommendation 19/9* (1998) samt dess komplettering *Helcom rekommendation 22/1* (2001) gällande *installation om sopkvarhållande anordningar och toalettvarhållande system och standard anslutningar för avlopp ombord på fiskefartyg, arbetsfartyg och fritidsfartyg*. 1994 togs denna rekommendation vidare genom monteringsföreskrifter i Europaparlamentets och rådets fritidsbåtdirektiv 94/25/EG. Där beskrivs att båtar utrustade med toalett skall ha antingen spillvattentank eller anordningar som gör det möjligt att tillfälligt installera spillvattentank när båten används i områden där direktutsläpp är förbjudet, detta för att förebygga utsläpp. Enligt EG:s avfallsdirektiv (Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/59/EG) är hamnarna skyldiga att se till att adekvata mottagningsanordningar finns i hamnen, för att minska utsläpp av avfall till miljön.

Sverige har förbundit sig att följa ett flertal internationella avtal och konventioner såsom exempelvis Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG om upprättande av ett ramverk för gemenskapens åtgärder på det vattenpolitiska området, kallat vattendirektivet. Ett annat exempel är FN:s globala hållbarhetsmål. Båda dessa har som målsättning att bland annat minska utsläpp av kväve och fosfor. Rätt hantering av latrin från fritidsbåtar bidrar till att uppnå dessa åtaganden.

Från och med 2019 kommer förbudet för passagerartrafik att släppa ut toalettavfall i Östersjön att utvidgas. Det kommer då inte bara att gälla området inom 12 nautiska mil från kusten utan tillämpas på Östersjön i sin helhet. Förbudet börjar gälla för nya fartyg 2019 och för existerande fartyg 2021. Fram till år 2023 kommer dock existerande fartyg som endast trafikerar Östersjön genom att direkt gå till och från S:t Petersburg ha undantagstillstånd från förbudet. Detta förbud innebär att fartygen endera måste tömma allt toalettavfall i hamn eller rena det genom ett godkänt avloppsreningsverk ombord (HELCOM 2016). Detta förbud har införts av International Maritime Organization (IMO) vilket är FN:s sjöfartsorganisation och de enda som kan fatta beslut om internationellt vatten (Transportstyrelsen 2016a). Detta förbud kommer endast att gälla för passagerartrafik och därmed finns fortsättningsvis inget förbud som hindrar fritidsbåtar från att dumpa sitt latrin på internationellt vatten.

2.3.2 Nationell lagstiftning

Redan på 1990-talet var det förbjudet för yrkestrafik att släppa ut toalettavfall inom svenskt sjöterritorium och svensk ekonomisk zon (Transportstyrelsen 2017b). Efter HELCOMs rekommendation om förbud mot utsläpp av avlopp från fritidsbåtar för samtliga Östersjöländer utfördes ett frivillighetsförsök i Sverige. Frivillighetsförsöket nådde inte önskat resultat och 2009 fick transportstyrelsen i uppdrag av regeringen att undersöka förutsättningarna för ett totalförbud (Petersson 2009).

Den första april 2015 trädde författningen i kraft som innefattar ett förbud mot utsläpp av toalettavfall inom Sverige sjöterritorium från fritidsbåtar. Kulturmärkta fartyg byggda före 1965 är undantagna från detta förbud. Utsläpp som är nödvändiga för fartygets säkerhet, för att rädda människoliv och utsläpp som följd på skada på fartyget är fortsättningsvis tillåtet (TSFS 2012:13). Redan första oktober 2012 trädde författningen i kraft gällande krav att mottagningsanordningar för avfall skall finnas i fritidsbåtshamnar så att de båtar som normalt anlöper hamnen kan tillgodose sina behov (SJÖFS 2001:13).

Rätt hantering av båtlatrin kan även bidra till att uppfylla de två nationella miljömålen *ingen övergödning* och *hav i balans samt levande kust och skärgård* vilka är nära kopplade till FNs hållbarhetsmål (Regeringen 2012).

2.3.2.1 Avgifter för användning av sugtömningsstation

Fritidsbåthamnar får inte ta ut en speciell avgift för mottagande av avfall vilket innefattar avlopp från tömning av båtseptiktank. Hamnarna får däremot finansiera eventuell sugtömningsanordning med en generell hamnavgift såsom års eller dygnsavgift (SJÖFS 2001:13). Fritidshamnar utan gästplatser behöver heller inte motta avfall från andra båtar än hamnens egna, förutsatt att hamnen inte fått statligt bidrag för inrättande av mottagningsstationen. Bensinmackar, kiosker eller liknande som inte definieras som småbåtshamn och därmed inte omfattas av kravet på mottagningsanordning får ta ut avgifter för mottagande av toalettavfall. Betalningen för mottagning av toalettavfall följer indirekt principen att förorenaren betalar då betalning sker genom hamnavgift, denna princip används generellt inom nationell miljö rätt och kallas polluter pays-principen (svenska: förorenaren betalar-principen). För att de som vill göra sig av med avfallet på ett korrekt och miljövänligt sätt inte skall missgynnas tillämpas no special fee-principen (svenska: ingen speciell avgift-principen) genom att ingen speciell avgift får tas ut för att lämna sitt avfall (Transportstyrelsen 2016b).

2.4 Omvärldsanalys - Finland

Alla länder angränsande till Östersjön har tidigare än Sverige inrättat olika utformningar av förbud för utsläpp av avlopp från fritidsbåtar vid olika tidpunkter från 2005 då frågan uppmärksammades av HELCOM (Transportstyrelsen 2017a).

Finland har arbetat aktivt med frågan sedan 2005 då lagen togs i bruk och ett av de senaste projekten i frågan är *tankvakt* som drivs av föreningen *Håll Skärgården Ren*. Projektet tankvakt genomfördes 2015-2016 genom att en tankvakt med ultraljudsensorer installerades på en sugtömningsstation i finska skärgårdshavet. Tankvakten meddelar online i realtid hur full tanken är och därmed optimeras antalet tömningar av stationen. Tankvakten förebygger att båtresande möts av en full sugtömningsstation vilket ökar risken att de tömmer till havs. Förutom tankvaktprojektet upprätthåller *Håll Skärgården Ren* elva sugtömningsstationer i Finlands skärgårdshav. Projektet har visat sig hjälpa båtresande att följa lagen och därmed skonat miljön från onödig avloppsbelastning (Haaksi & Pönni 2016).

I Åbolands skärgård har latrin från bland annat fritidsbåtar och husbilar orsakat problem för avloppsreningsverk. För att lösa detta har mottagandet av denna latrintyp begränsats och man planerar att bygga bort sugtömningsstationer från avloppsledningsnätet.

Sugtömningsstationerna kopplas istället till slutna tankar i hamnområdena vilka töms med slambil för att transportera latrin till ett annat mottagningsställe. I samband med utredningen av problemet provtogs latrin från en sugtömningsstation vilket visade på höga näringskoncentrationer i jämförelse med hushållsavlopp (se bilaga 1). Provtagningen i Åbolands skärgård beräknas fortsätta och utökas till båtsäsongen 2017 (Carla 2016).

3 Metod

Detta arbete omfattar ett flertal delstudier och tekniker. Inledningsvis utfördes en litteraturstudie med syfte att sammanställa bakgrunden och problematiken i dagens hantering av latrin från fritidsbåtar i Sverige. Inom litteraturstudien sammanställdes jämförande studier

om ekologiska effekter och hälsopåverkan som en följd av latrinutsläpp samt data och underlag för beräkningar in från tidigare studier. För de jämförande studierna med avloppsreningsverk och miljöområden valdes data i första hand från de berörda kommunerna eller företag som är verksamma i de berörda kommunerna.

Fältbesök gjordes hos flera sugtömningsstationer i fritidsbåthamnar för insamling av data och provtagning av latrin. Sugtömningsstationerna som valdes ut för provtagning är av den typ som inte är påkopplad på det kommunala avloppsnätet utan tömdes med slambil eller -båt. Provtagningen utfördes i samband med att sugtömningsstationerna tömdes varpå latrin först pumpades upp i slambilen/-båten och därmed omblandades innan en del av avloppet tappades upp i en hink från vilken latrin sedan kunde överföras till provtagningsflaskor. På grund av dålig tillgång till renavatten var slamtanken på bilen/båten endast tvättad före en av provtagningarna. Detta innebär att rester från annat avlopp kan ha förekommit i tanken för de andra provtagningarna. Påverkan från detta restlatrin antas vara försumbar vid analys av proverna. Latrinproverna från sugtömningsstationerna analyserades beroende på provtagningskontraktet som respektive kommun eller företag har med de ackrediterade laboratorierna Eurofins och Alcontrol. Fältbesök gjordes även på avloppsreningsverk för att få en bättre möjlighet att diskutera avloppsreningsprocessen och eventuella hämningar av reningsprocessen som en följd av mottagande av båtlatrin med processkunniga på reningsverken.

För att undersöka hur båtlatrin skiljer sig från hushållsavlopp analyserades näringsämnen i form av totalfosfor, totalkväve, COD, BOD₇ och ammonium (NH₄-N). pH och nitrit/nitrat (NO₂-N/NO₃-N) analyserades i två prov och fosfat (PO₄-P) analyserades i ett prov. Det miljöfarliga innehållet i sanitetsvätskor sammanställdes utgående från datasäkerhetsbladet för respektive produkt. De oftast förekommande och skadligaste ämnena valdes ut för provtagning och deras nedbrytningsprocess undersöktes med hjälp av litteratur för att avgöra om ämnet skulle kunna analyseras i latrin och på så sätt kunna spåra användningen av sanitetsvätska. Utgående från detta analyserades limonen i ett av proverna, extraerbar organiskt halogen (EOX) i två av proverna och klorid i ett av proverna. I två av proverna analyserades koliforma bakterier för att undersöka bakterieaktiviteten i sugtömningsstationerna samt för att undersöka en eventuell påverkan från sanitetsvätskor på bakterieaktiviteten. Provtagningschema och resultat redovisas i sin helhet i bilaga 1.

En minoritet av sugtömningsstationerna har räknare som noterar antalet gånger en fritidsbåt kopplar på sin septiktank för tömning. Data från dessa räknare samt datum då tömningar av sugtömningsstationer som töms med slambil skett erhöles från respektive kommun och fungerade som underlag för volymsberäkningar. För att kunna utgå från dessa data för volymsberäkningar gjordes ett flertal antaganden och uppskattningar om bland annat båtlatrinets volym vid tömning och andelen båt användare som föredrar att använda landtoaletter framför båttoaletten. Antaganden likt dessa ger en osäkerhet i resultatet.

Två enkätundersökningar utfördes. Den ena enkätundersökningen var riktad mot båtklubbar och fritidsbåthamnar och skickades ut via email till alla kända båtklubbar och fritidsbåthamnar i de berörda kommunerna. Namn och email till båtklubbarna och gästhamnarna tillhandahölls delvis från kommunen men kompletterades med listor från svenska gästhamnar och svenska båtunionen. Emailadresser samlades i vissa fall in från respektive båtklubb eller gästhamns egen hemsida. Den andra enkätundersökningen var riktad till båtägare. Denna enkät distribuerades via båtklubbarna genom att de uppmuntrades

att vidarebefordra enkäten till sina medlemmar genom mail, i nyhetsutskick, via hemsidor eller genom facebook-grupper. Enkäten till båtägare lades även upp på en kommuns hemsida i syfte att nå ut till privata båtägare. För att göra enkäten frivillig och lätt att delta i var alla frågor valfria, vilket dock även gav möjlighet för deltagaren att hoppa över frågor. Enkäten sändes till de flesta båtklubbar och fritidsbåthamnar fredagen den 21 oktober. Den 8 november skickades enkäten till ytterligare båtklubbar och gästhamnar. Den 8 november skickades även ett påminnelsemail till de som fick det första utskicket den 21 oktober. Enkäterna stängdes den 28 november och var därmed tillgängliga under 38 dagar. Enkätundersökningarna gjordes genom Google formulär och finns i sin helhet med resultat i bilaga 2 (enkät riktad till båtklubbar och fritidsbåthamnar) och i bilaga 3 (enkät riktad till båtägare).

4 Resultat och diskussion

4.1 Båtliv i Stockholms län

En av frågorna i enkätundersökningen behandlade tillgång till service i skärgården i de områden där svarspersonen rör sig. Majoriteten av svarspersonerna anser att varken antalet förekommande sugtömningsstationer eller landtoaletter är tillräckligt i de områden de rör sig. Mer specifikt anser 53 % av de svarande att antalet sugtömningsstationer inte är tillräckligt förekommande, 27 % svarade att de inte vet och endast 20 % anser att antalet är tillräckligt förekommande. Enkätfrågan behandlade även utslagsvaskar, vilka är ämnade för portabla toaletter. Hela 64 % svarade att de inte vet om antalet utslagsvaskar är tillräckligt förekommande. Denna höga andel kan bero på att endast 11 % av de svarande har portabel toalett ombord och att majoriteten därmed inte har varit i behov av utslagsvask. Av de resterande anser 7 % att antalet utslagsvaskar är tillräckligt förekommande och 29 % att antalet inte är tillräckligt. För landtoaletter anser 41 % att antalet förekommande inte är tillräckligt, 37 % att det är tillräckligt och 22 % att de inte vet. Flera av svarspersonerna kommenterade även att de har råkat på trasiga sugtömningsstationer, ofräscha landtoaletter samt toalettpapper i naturen vilket indikerar att naturen i vissa fall används som toalett. För att förbättra denna och andra service i skärgården efterfrågar båtägarna handling från staten, främst i form av kommunen, men även att samarbetet mellan alla aktörer kan förbättras.

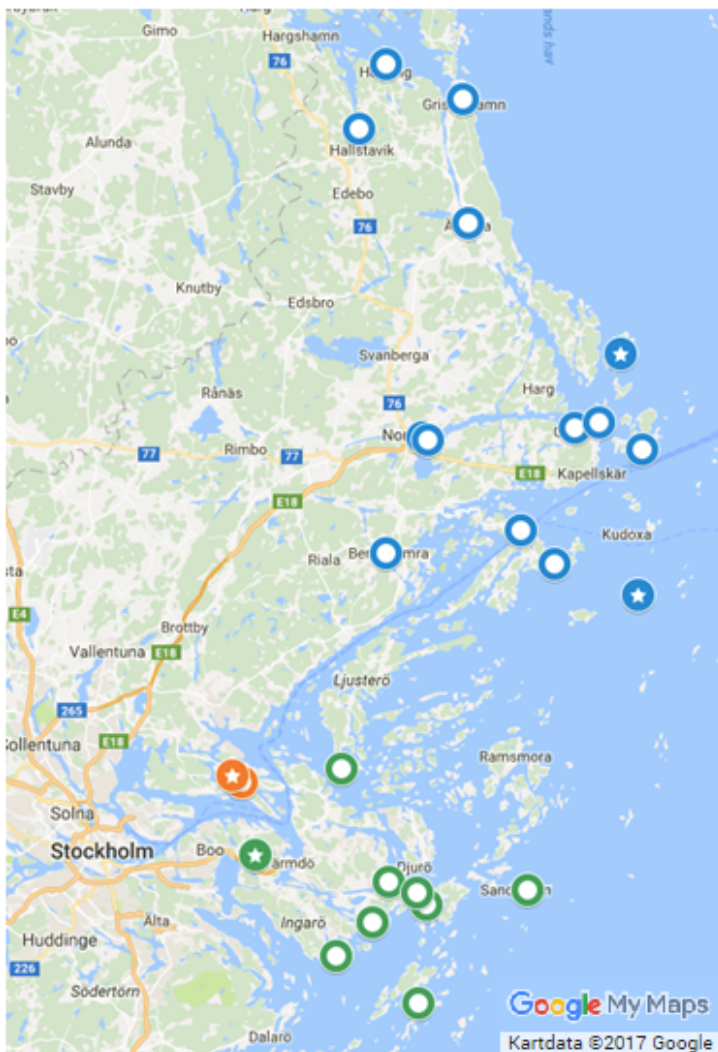
Fram tills beslutet om förbud mot utsläpp av toalettavfall från fritidsbåtar inom Sveriges sjöterritorium gick i kraft var det möjligt för kommuner och ideella sammanslutningar att söka statligt stöd i form av LOVA-bidrag (lokala vattenvårdsprojekt) för investering i sugtömningsstationer. LOVA-bidrag kan ges för åtgärder som bidrar till minskade mängder kväve och fosfor i Östersjön eller Västerhavet, för hantering av fritidsbåtbottnar eller till uppföljning och utvärdering av dessa åtgärder (SFS 2009:381). Bidraget användes i flera fall för investering i sugtömningsstationer och i bland annat Vaxholms stad samt Norrtälje och Värmdö kommun före förbudet vann laga kraft (Länstyrelsen Stockholm 2016). Då detta bidrag inte längre är möjligt att söka för investering av sugtömningsstationer har frågan hur fritidsbåtklubbar och gästhamnar skall finansiera sugtömningsstationer ökat då kostnaden för utrustning och installation ligger beroende på utrustning och storlek på 50000-500000 kr (Alfabryggan Ab e-handel 2016). Utöver detta kan kostnader för skötsel och tömning tillkomma. En sugtömningsstation är därmed en stor kostnad som kan vara svår att finansiera för båtklubbar och gästhamnar.

Utgående från enkätundersökningen har 57 % av de svarande båtägarna i Stockholm toalett ombord och av dessa har 71 % toalett med tank som sugtöms. Resterande har toalett utan sugtömning såsom portabel toalett eller toalett med direktutsläpp och 33 % av dessa planerar att uppgradera till en toalett med sugtömning. Dessa svar indikerar att andelen fritidsbåtar med toalett och toalett som kan sugtömmas är högre i Stockholms skärgård än andelen i hela Sverige. Endast 10 % (20 % om småbåtar räknas bort) av alla fritidsbåtar i Sverige har toalett ombord och endast 30 % av dessa toaletter är av modell som sugtöms (Lagerqvist & Andersson 2016).

Enligt båtlivsundersökningen (Lagerqvist & Andersson 2016) förvarade år 2015 endast 6 % av båtägarna sin båt vid en gemensam båtplats med fler än 10 båtar eller vid en marina. Detta innebär att 94 % förvarar sin båt vid en privat båtplats, på trailer eller vid en mindre gemensam båtplats. För de tre behandlade kommunerna förväntas andelen med privat båtplats vara lägre än för övriga Sverige då tillgången till privata hamnar förväntas vara låg på grund av hög befolkningstäthet. Oavsett detta bör man ha i åtanke att enkätundersökningen främst nådde ut till båtägare kopplade till en båtklubb och därmed representerar en minoritet av båtägarna.

4.1.1 Båtliv i Norrtälje kommun

Norrtälje kommun sträcker sig över en tredje del av Stockholms län och är därmed Stockholms största kommun till ytan. Kommunen har en befolkning på 58000 personer och innefattar en lång kuststräcka mot Östersjön och många öar (Norrtälje kommun 2016). I Norrtälje kommun kontaktades 14 gästhamnar och 8 båtklubbar varav 5 gästhamnar och 3 båtklubbar svarade på enkäten riktad mot båtklubbar och gästhamnar. Endast en person med båt i Norrtälje kommun svarade på enkäten riktad till båtägare. Detta låga antal svarande kan bero på ett högt antal privata båtägare i Norrtälje kommun som inte är kopplade till någon båtklubb och därmed undgick distributionen av enkäten. Totalt finns det 14 sugtömningsstationer i Norrtälje kommun (figur 1). Provtagning utfördes på båtlattrin i två friflytande sugtömningsstationer. Av dessa är den ena placerad i anslutning till ön Arholma och den andra i anslutning till ön Rödlöga (figur 2 och 3).



Figur 1. Karta över sugtömningsstationer i Norrtälje kommun (blå), Vaxholms stad (orange) samt Värmdö kommun (grön). Tömningsstationer markerade med stjärna representerar provtagen sugtömningsstation. Observera att det kan finnas sugtömningsstationer i de berörda kommunerna som inte ses på kartan samt att alla sugtömningsstationer inte är öppna för allmänheten. Kartan är utformad i Google 2017 my maps.



Figur 2. Sugtömningsstation i Norrtälje kommun, Arholma. I samband med tömning utfördes provtagning vid denna station.



Figur 3. Sugtömningsstation i Norrtälje kommun, Rödlöga. I samband med tömning utfördes provtagning vid denna station.

4.1.2 Båtliv i Vaxholms stad

Vaxholms stad består av ungefär 70 öar i Stockholms läns skärgård och har en population på ungefär 11000 personer (Vaxholms stad 2016a). I Vaxholms stad kontaktades 32 båtklubbar av vilka 3 svarade på enkäten riktad mot båtklubbar och gästhamnar. 20 personer med båt i Vaxholms stad svarade på enkäten riktad till båtägare. Tre sugtömningsstationer finns i Vaxholms stad, två i Vaxholms gästhamn på södra sidan av Vaxön samt en på norra sidan (figur 1). Sugtömningsstationen på norra sidan (figur 4) är en tank med extern tömning och valdes därmed ut för provtagning av båtlatrin.



Figur 4. Sugtömningsstation i Vaxholm, Norra Vaxön.
I samband med tömning utfördes provtagning vid denna station.

4.1.3 Båtliv i Värmdö kommun

Värmdö kommun är Stockholms läns näst största kommun till ytan och består av mer än 10000 öar och en befolkningsmängd på 41000 personer (Värmdö kommun 2016). I Värmdö kommun kontaktades 9 gästhamnar och 11 båtklubbar, av dessa svarade 5 båtklubbar och 3 gästhamnar på enkäten riktad mot båtklubbar och gästhamnar. 32 personer med båt i Värmdö kommun svarade på enkäten riktad mot båtägare. Nio sugtömningsstationer finns i Värmdö kommun (figur 1). Sugtömningsstationen som är placerad i Farstaviken i Gustavsberg töms med slamtömningsbil och ingick därför i provtagningen (figur 5).



Figur 5. Sugtömningsstation i Värmdö, Farstaviken.
I samband med tömning utfördes provtagning vid denna station. Tömningsanordningen ses på bryggan i bakgrunden och är kopplad till tanken i förgrunden.

4.1.4 Volym båtlatrin

Baserat på enkätundersökningen har 41 % (av totalt 54 svar) av båtarna i Norrtälje och Värmdö kommun samt Vaxholms stad septiktank med sugtömning ombord, vilket är den vanligaste toalettlösningen. Näst vanligast är att inte alls ha någon toalett och inte heller planera att skaffa någon då man anser att man inte behöver en, 35 % av de svarade valde detta alternativ. 11 % av de svarande har båttoalett som inte går att sugtömma utan har en annan lösning såsom direktutsläpp eller portabel. Detta skiljer sig från båtlivsundersökningen 2015 som beräknat att 4 % av Sveriges fritidsbåtar har portabel toalett, 3 % toalett som sugtöms och 3 % som har direktutsläpp eller tank som endast kan tömmas till sjön (Lagerqvist & Andersson 2016).

Den vanligaste volymen på septiktank, vilken 42 % (av 24) av de svarande båtägarna har, är 20-40 liter. Septiktankar med en volym från mindre än 20 liter till en volym på 100-150 liter förekommer bland de svarande båtägarna. Ungefärlig medelvolym på septiktanken är 51 l (se beräkning bilaga 4). Vanligast är det att tömma sin septiktank 1-5 gånger per år vilket 40,9 % (av totalt 22 svar) av de svarande gör. Antal tömningar per år sträcker sig upp till 20-30 gånger. Hur ofta tanken behöver tömmas beror delvis på antalet personer på båten. Man är i medeltal 2 personer på båten men upp till 5-6 personer förekommer. Ungefärligt medeltal för antal gånger en tank töms under ett år är 8 (se beräkning bilaga 4). Hur full tanken är när man tömmer den varierar från 25 % full till helt full. vanligast är att tanken är halvfull till 75 % full och medeltal för hur full tanken är vid tömning är 66 % (se beräkning bilaga 4).

Datum för när tömning skett och i vissa fall den tömda volymen finns dokumenterat för de sugtömningsstationer som töms med slambil och inte är kopplade på avloppsledningsnätet. Utifrån denna information kan den årliga insamlade latrin i respektive sugtömningsstation uppskattas (bilaga 5). Under säsongen 2015 och 2016 har volymen insamlad latrin i de flytande sugtömningsstationerna varierat från 5 m³ till nästan 40 m³ per station. Fem av sugtömningsstationerna som är kopplade på avloppsledningsnätet i Norrtälje är installerade med räknare som noterar varje gång en båt användare tömmer sin septiktank. Dessa mätare nollställdes före säsongen 2016 varpå antalet båtar under säsongen 2016 är räknade. Räknetalet varierade under säsongen 2016 från 502 st till 1948 st per station. Då medelvolymen som töms från en båtseptiktank är 34 l samlades 17 m³ till 66 m³ latrin in per sugtömningsstation kopplad på avloppsledningsnätet i Norrtälje under 2016. Sugtömningsstationerna med räknare har varit i bruk olika länge och den äldsta installerades hösten 2013. Räknedata indikerar att sugtömningsstationerna har blivit populärare att använda då alla stationer har ett medelvärde från tidigare säsonger som är lägre än årets antal.

I en populär gästhamn i en av de berörda kommunerna finns två sugtömningsstationer kopplad på avloppsledningsnätet. Dessa saknar räknare och den årliga insamlade volymen latrin är därmed okänd. För att uppskatta den volym båtlatrin som samlas in utfördes beräkningar utgående från hamnens gästnattsstatistik för säsongen 2015 tillsammans med medelvärden för data från enkätundersökningen. Då båt användare föredrar att utnyttja toaletter på land uppskattas att endast 10 % av båt användare tömde sin septiktank till en sugtömningsmottagning i hamnen under sin vistelse. Dessa beräkningar ger att ungefär 11 m³ båtlatrin kunde samlas in i sugtömningsstation under 2015. Sugtömningsstationerna placerade i denna hamn har i enkätundersökningen fått flera positiva kommentarer och två båtklubbar i närområdet har kommenterat att de rekommenderar sina medlemmar att utnyttja dessa sugtömningsstationer. Av denna anledning bör eventuella icke angörande latrintömmande båtar tas i beaktande och den insamlade mängden båtlatrin i gästhamnen uppskattas därmed

vara dubbelt så stor, alltså omkring 20 m³ per år. Då ett flertal uppskattningar antagits vid denna beräkning bör man ha i beaktande att osäkerheten i volymen är stor.

Utgående från beräkningar och antaganden samlar sugtömningsstationerna i Norrtälje kommun årligen in 280 m³ med en medelvolymer på 20 m³ per station. För Vaxholms stad är den årliga totala volymen 25 m³ och medel per station 13 m³. För Värmdö kommun är den årliga totala volymen 46 m³ och medel per station är 5 m³. Den högsta volymen för ett år är för en sugtömningsstation 39 m³ och den lägsta är 5 m³ (för beräkningar se bilaga 5). Den stora skillnaden i insamlad volym per kommun kan bero på att antalet sugtömningsstationer skiljer sig mellan kommunerna. Skillnaden i medelvolymer per sugtömningsstation per kommun visar på en skillnad i användningen av sugtömningsstationerna varpå stationerna i Norrtälje används fyra gånger oftare än stationerna i Värmdö. Förklaringen till denna skillnad är oklar men kan bero på stationernas läge då stationerna i Norrtälje har en god spridning över ett stort område.

4.2 Innehåll i latrin från fritidsbåtar

Kunskapen om innehållet i latrin från fritidsbåtar är begränsad och det finns endast en känd provtagning. Detta är provtagningen utförd på Houtskär i Finland sommaren 2016 då ett litet antal vattenkemiska parametrar undersöktes (bilaga 1). Eftersom användningen av spolvatten i båttoaletter är låg förväntas latrinet på fritidsbåtar vara utspädd och därmed innehålla en hög koncentration av näringsämnen såsom fosfor och kväve samt metaller såsom kalium och kadmium utsöndrade av kroppen jämfört med hushållsavlopp. Höga koncentrationer kemikalier är också att förvänta då det finns en bredd av sanitetsvätskor på marknaden vilka används för att motverka otrevlig lukt från toaletten ombord på båtarna.

4.2.1 Näringsämnen

Likt förväntat är halten av näringsämnen i avlopp från fritidsbåtar mycket högre än inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk. Koncentrationen totalfosfor är ungefär 6 gånger högre i båtlatrin än inkommande avloppsvatten, och totalkväve är ungefär 23 gånger högre i båtlatrin än i inkommande avloppsvatten. Jämförande data på inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk är begränsad (tabell 1). Latrinet från fritidsbåtar är koncentrerat i näringsinnehåll eftersom vattenbesparande åtgärder utförs ombord på båtarna då septiktanken annars skulle kräva tömning oftare.

Tabell 1. Analysresultat för totalfosfor och totalkväve i båtlatrin och jämförande medelvärden på inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk (ARV). Den höga standardavvikelsen hos Telegrafens avloppsreningsverk antas beror på variation i årstid och därmed variation i utnyttjandet av fritidsboende i Sandhamn. Jämförande data erhöles från Värmdö kommun samt Roslagsvatten.

Provtyp	Provpunkt	Totalfosfor (mg/l)	Totalkväve (mg/l)	Kommentar
Båtlatrin	Arholma	140	1600	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Rödlöga	110	1500	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Farstaviken	34	1300	Baserat på 1 prov

Båtlatrin	Norra Vaxön	13	1300	Baserat på 1 prov
Inkommande ARV	Djurhamn, Värmdö	6,62 ± 2,40	58,14 ± 15,48	Medelvärden baserade på 21 st prov under perioden april 2015 till augusti 2016
Inkommande ARV	Telegrafan, Värmdö	23,23 ± 58,71	90,91 ± 109,26	Medelvärden baserade på 32 st prov under perioden april 2015 till augusti 2016
Inkommande ARV	Ekebyhov, Ekerö	5,32 ± 1,74	36,93 ± 12,67	Medelvärden baserade på 53 st (Tot-P) respektive 52 st (Tot-N) prov under perioden januari till december 2015

Enligt litteraturvärde utsöndrar varje människa dagligen 1 g fosfor och 11 g kväve genom urin och 0,5 g fosfor och 1,5 g kväve genom fekalier (HVMFS 2016:17). Baserat på detta innehåller en båtseptiktank med ett medelinnehåll på 34 l fosfor motsvarande ungefär 1,7 dygn och kväve motsvarande ungefär 3,9 dygn. En viss utspädning kan dock antas då vissa toalettyper använder sig av en mindre vattenmängd för spolning (Ganrot 2008) och användningen av sanitetsvätska förväntas variera. Denna utspädning innebär att näringsinnehållet i toaletterna troligtvis återspeglar utsöndrade näringsämnen från ett ökat antal dagar än beräknat antal.

Koncentrationen totalfosfor i båtlatrinet skiljer sig mycket mellan provtagningarna. Koncentrationerna i Farstaviken och Norra Vaxön är endast ungefär en sjättedel av koncentrationerna i Arholma och Rödlöga. Denna skillnad i koncentration återspeglar sig inte i totalkvävet vilket indikerar att skillnaden inte beror på en eventuell utspädning. Orsaken till denna skillnad i koncentration totalfosfor är oklar men en potentiell förklaring kan vara beteendeskilnader mellan båt användare som vistas i yttre (Rödlöga och Arholma) och inre (Farstaviken och Norra Vaxön) skärgården. Fekalier innehåller ungefär en tredjedel av det fosfor vi utsöndrar dagligen samtidigt om det endast innehåller ungefär en tiondel av kvävet. Resten av fosfor och kvävet utsöndras genom urinen (HVMFS 2016:17). Förklaringen kan då vara att båtresande i yttre skärgården har sämre möjligheter att utnyttja landtoaletter än båtresande i inre skärgården, varpå de i yttre skärgården till större frekvens utför båda sina behov ombord på båten. En annan potentiell förklaring är att flera av sanitetsvätskorna innehåller kalciumammoniumnitrat vilket bidrar till totalkväve. Båtresande i inre skärgården kan tänkas vara ute på många men korta turer under säsongen och för att undvika att tömma septiktanken efter varje tur samt slippa ofräscht lukt ombord kan dessa båtresande tänkas använda sanitetsvätskor till större utsträckning. Av denna anledning kan skillnaden eventuellt förklaras med utspädning samt användning av sanitetsvätska. Att koncentrationen totalkväve är jämnstor för alla båtlatrinprover minskar dock sannolikheten för denna förklaring. För att verifiera att någon av dessa spekulativa förklaringar är orsaken till skillnaden i

fosforkoncentration mellan yttre och inre skärgården, eller för att finna en helt annan förklaring till fenomenet krävs vidare studier.

Utgående från den beräknade totala volymen i båtlatrin i de tre kommunerna, 378 m³ per år, är den totala årliga mängden fosfor 28 kg och kväve 539 kg. Som jämförelse är fosforutsläppen i hela Stockholms län, beräknat med SMED-modell (Svenska miljöemissionsdata), årligen 45 ton (Johansson *et al.* 2016). Det enskilt största utsläppet på 22 ton per år står kommunala avlopp för och näststörsta årliga utsläppet är jordbruk som bidrar med 13 ton per år. Övriga bidragande faktorer är, i storleksordning, små avlopp, dagvatten och tätort, skog och hygge och öppen mark samt industri.

För alla analyser av båtlatrin utgjorde ammonium ungefär 70 % av koncentrationen totalkväve. Denna kvot är jämnstor med kvoten för inkommande avloppsvatten (tabell 1 och 2). Koncentration ammonium är ungefär 25 gånger högre i båtlatrin än inkommande avloppsvatten vilket beror på att båtlatrinet är mindre utspädd med vatten än inkommande avloppsvatten. Enligt Svenskt vatten (2009) avviker ammoniumkoncentrationer över 60 mg/l från hushållsvatten och koncentrationer högre än detta ger ökad risk för betongkorrosion.

Tabell 2. Analysresultat för ammonium i båtlatrin och jämförande medelvärden på inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk (ARV). Den höga standardavvikelsen hos avloppsreningsverken antas beror på variation i årstid och därmed utnyttjandet av fritidsboende. Jämförande data erhöles från Värmdö kommun.

Provtyp	Provpunkt	Ammonium (mg/l)	Kommentar
Båtlatrin	Arholma	1000	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Rödlöga	1100	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Farstaviken	850	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Norra Vaxön	1000	Baserat på 1 prov
Inkommande ARV	Telegrafan, Värmdö	58,62 ± 26,93	Medelvärden baserat på 13 st prov under perioden februari till augusti 2016
Inkommande ARV	Ekebyhov, Ekerö	22,99 ± 5,91	Medelvärde baserat på 53 st prov under perioden januari till december 2015

För provet i Farstaviken och på Norra Vaxön analyserades kväve förutom som totalkväve även i form av nitrit och nitrat. Nitrit och nitrat analyserades för att undersöka i vilken form kvävet befinner sig i sugtömningsstationerna. Analysen utfördes även för att undersöka om nedbrytning av ammonium till nitrit och nitrat förekommer i sugtömningsstationerna. Innehållet av nitrit och nitrat är även intressant då det är ett av kvävetts lösta oorganiska jonformer och därmed i den form som växter lättast tar upp kväve (Wesslander 2012). Koncentrationen nitrit och nitrat var låg för båda proverna, 0,15 mg/l för Norra Vaxön och

under rapporteringsgränsen ($< 0,5$ mg/l) för Farstaviken. Denna låga koncentration överensstämmer med litteratur som säger att nitrit och nitrat vanligtvis inte förekommer i avloppsvatten (Finnson *et al.* 2013).

I latrinet från sugtömningsstationen på Norra Vaxön analyserades även fosfor i sin lösta oorganiska jonform, fosfat, vilken växer lättast tar upp (Wesslander 2012). Fosfatkoncentrationen var 5,3 mg/l och därmed ungefär 40 % av fosforinnehållet. Den höga koncentrationen fosfat kan förklaras av att fosfat är den form av fosfor som urin främst innehåller (Stintzing *et al.* 2001).

Provet från Farstaviken behandlades vid analysen delvis som ett slamprov varpå torrsubstans och glödrest analyserades. Dessa analyser visar att båtlatrinet från Farstaviken har en koncentration av torrsubstans på 7000 mg/l och att detta till 77 % är oorganiskt ämne. Denna fördelning mellan organiskt och oorganiskt ämne för båtlatrin är lik fördelningen i externslammet från Ekebyhovs avloppsreningsverk (se bilaga 1).

4.2.2 Biologisk och kemisk syreförbrukning

Biologisk syreförbrukning används som ett mått på organiskt material, det vill säga mängden biologiskt nedbrytbar substans, vid analyser på avloppsvatten. BOD står för den mängd syre som mikroorganismer behöver för att oxidera det organiska materialet. Kemisk syreförbrukning är däremot den mängd syre som förbrukas vid fullständig kemisk nedbrytning och därmed den mängd syre som krävs för kemisk oxidation av organiskt material. COD är därmed vanligtvis högre än BOD då COD även innefattar svårnedbrutna föreningar som inte går eller tar långt tid att bryta ned biologiskt. Det finns en relation mellan de båda typerna av syreförbrukning, COD/BOD-kvoten, vilken normalt ligger på 2-3 för orenat avloppsvatten (Finnson *et al.* 2013). Allt båtlatrin som analyserats för BOD och COD (Arholma, Rödlöga och Norra Vaxön) ligger innanför detta spann vilket indikerar att deras innehåll av svårnedbrytbara ämnen är lågt (tabell 3).

Koncentrationerna av BOD och COD är mycket högre i båtlatrin än inkommande avloppsvatten. Detta beror på att båtlatrin knappt innehåller BDT-vatten och är därmed mer högkoncentrerat än inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk. En hög koncentration BOD och COD i avloppsvattnet innebär att avloppsreningsverken behöver ha en god syretillförsel till bassängerna med biologisk nedbrytningsprocess för att förhindra anaerob nedbrytning och därmed eventuell svavelvätebildning. Höga koncentrationer BOD och COD på det inkommande vattnet innebär även ökad press på avloppsreningsprocessen då det finns reningskrav för dessa ämnen (NFS 2016:6).

Båtlatrinet behöver spädas ungefär 7 gånger för att BOD- och COD-koncentrationen skall motsvara koncentrationerna i inkommande avloppsvatten. Detta innebär att innehållet i en sugtömningsstation på 6 m³ behöver spädas med nästan 50 m³ vatten, eller med en ännu större volym om båtlatrinet spädas i avloppsvatten vilket redan innehåller organiskt material. Troligtvis måste inte båtlatrinet spädas till denna låga koncentration för att inte påverka avloppsreningsprocessen, men någon koncentrationsgräns för hämning finns idag inte utan varje avloppsverk är individuellt och påverkas olika av olika koncentrationer.

Tabell 3. Analysresultat för BOD₇ och COD i båtlatrin samt jämförande medelvärden för inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk (ARV). Den höga standardavvikelsen hos avloppsreningsverken antas beror på variation i årstid och därmed utnyttjandet av fritidsboende. Jämförande data erhöles från Värmdö kommun samt Roslagsvatten.

Provtyp	Provpunkt	BOD ₇ (mg/l)	COD (mg/l)	Kommentar
Båtlatrin	Arholma	2500	5300	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Rödlöga	2100	4800	Baserat på 1 prov
Båtlatrin	Norra Vaxön	1900	3900	Baserat på 1 prov
Inkommande ARV	Djurhamn	247 ± 75	534 ± 151	Medelvärden baserade på 21 st prov under perioden april 2015 till augusti 2016
Inkommande ARV	Telegrafan	379 ± 269	1161 ± 2027	Medelvärden baserade på 32 st prov under perioden april 2015 till augusti 2016
Inkommande ARV	Ekebyhov	173 ± 81	454 ± 122	Medelvärden baserade på 53 st (BOD ₇) respektive 25 st (COD) prov under perioden januari till december 2015

4.2.3 Kemikalier och sanitetsvätskor

Totalt 17 stycken sanitetsvätskor och -tabletter ämnade för båttoalett och 6 stycken ”husmorsknepp” ingår i denna undersökning. En lista från Svenskt vatten (2016) utgicks ifrån och kompletterades med flera produkter på marknaden. En fullständig lista över sanitetsvätskor och deras innehåll redovisas i bilaga 6. De vanligast förekommande ämnena med skadlig karaktär i de undersökta sanitetsvätskorna var limonen, bronopol och kumarin, vilka noterades i 6, 4 respektive 3 sanitetsvätskor då produkternas datasäkerhetsblad genomsöktes. Av dessa valdes endast limonen ut för analys i båtlatrin. Detta eftersom det inte fanns tillgänglig analysmetod för kumarin och eftersom bronopol är ett väldigt lättreagerande ämne som troligtvis reagerat och sönderfallit direkt då det hamnat i septiktanken. Förutom limonen valdes även natriumhypoklorit ut för provtagning då det är verksamt ämne i produkten Klorin som tros användas i båttoaletter. Natriumhypoklorit provtogs dock inte som ett ämne i sig då det är snabbreagerande utan provtagningen riktades mot extraherbara organiska halogener (EOX) för att samla upp de lipofila och miljöfarliga föreningar som natriumhypoklorit förväntas bilda.

Av de 21 båtägarna med toalett ombord som sugtöms som svarade på enkätundersökningen svarade endast 27 % att de använder sanitetsvätska. Av dessa var det flera som kommenterade att de endast använder sanitetsvätska i undantagsfall. Hälften av de svarande svarade att de inte använder någon sanitetsvätska och 23 % av de med toalett som sugtöms svarade inte alls på frågan. Av de som svarade att de använder sanitetsvätska specificerade

några sitt svar med vilken produkt de använder, varpå Biotab och Biltemas sanitetsvätska var de vanligaste. I en tidigare enkätundersökning med 17 svars personer utförd av Vaxholms stad under sommaren 2016 i Vaxholms gästhamn framkom att 37 % av båtägarna använder sanitetsvätska av varierande produkt men bland annat Klorin (Vaxholms stad 2016b).

En typ av sanitetsvätska kallas bio-aktiv och innehåller bakteriestammar som påskyndar den biologiska nedbrytningen. Denna typ kräver luftning för att motverka anaerob nedbrytning som bildar svavelinnehållande gaser med otrevlig lukt. En annan typ av sanitetsvätska är berikade med enzymer och ofta parfymade, dessa skapar en snabb och tjock utfällning av salter vilka döljer den otrevliga luften snarare än motverkar den (Ganrot 2008).

4.2.3.1 Limonen

Limonen förekommer naturligt bland citrusfrukter där det fungerar som doftämne (Karlberg & Lindell 1992). Limonen har dock visat sig kunna ge allergi (Christensson *et al.* 2014), vara akut toxiskt för vattenorganismer och bioackumulera (Falk Filipsson *et al.* 1998). Vid analys av limonen ingick ett antal andra terpenener i analyspaketet. Alla terpeners koncentration, inklusive limonen, var under rapporteringsgränsen. Denna låga koncentration av limonen stöder att sanitetsvätskor inte används i båttoaletter. Limonen används endast som ett doftämne i de sanitetsvätskor det ingår i och koncentrationen av limonen är därmed låg redan i sanitetsvätskan vilket kan vara orsaken att det inte påträffades i båtlatrin. Limonen ingick endast i en provtagning. Fullständig lista med analyserade terpenener samt resultat redovisas i bilaga 1.

4.2.3.2 Natriumhypoklorit

Natriumhypoklorit är den aktiva substansen i Klorin och är akut giftig för vattenlevande organismer. Natriumhypoklorit reagerar lätt med organiska ämnen i närvaro av syre och kan då bilda bland annat toxiska trihalometaner (United States Environmental Protection Agency 1991). I latrin finns det stor tillgång till organiska ämnen för natriumhypoklorit att reagera med varpå koncentrationen natriumhypoklorit förväntas vara låg i sugtömningsstationen och koncentrationen nedbrytningsprodukter vara hög. Då det är svårt att veta de exakta nedbrytningsprodukterna används istället samlingsparametrarna adsorberbart organiskt halogen (AOX) och extraherbart organiskt halogen (EOX) för att mäta eventuell tillsats av Klorin i toaletterna. De bildade klorföreningarna kan vara svårnedbrytbara och bioackumulerande och därmed ge effekter i miljön. Dessa effekter skulle kunna noteras både i samband med direktutsläpp i miljön men även vid recipienten för renat avloppsvatten. Att ämnena kan återfinnas vid recipienten beror på att avloppsreningsprocessen inte alltid lyckas rena bort alla dessa ämnen och de följer då med det utgående vattnet till recipienten. Även i de fall ämnena renas bort från vattnet kan de nå miljön om slammet sprids på åkrar och skogsmark. Mer information om AOX, EOX och klor redovisas i bilaga 7.

EOX analyserades i båtlatrin från Farstaviken och Norra Vaxön och resulterade i koncentrationer på 17 µg/l respektive 29 µg/l. I Wahlbergs (2016) undersökning av organiska miljöföroreningar i Henriksdal och Bromma avloppsreningsverk var medelvärdeskoncentrationerna i inkommande avloppsvatten 3,3, 4,1 och 4,6 µg/l. Koncentrationerna i utgående vatten var från båda reningsverken < 1,0 µg/l och den procentuella reduktionen beräknades vara 62 % respektive ≥ 78 %. Wahlberg visade vidare att trots EOX förväntas vara lipofilt och partikelbundet återfanns endast 20-30 % av EOX i slamfasen, resten återfanns i det utgående vattnet. En annan studie från Stockholm Vatten (opublicerad data) på avloppsvatten från Skarpnäck innefattar EOX-analys vid två tidpunkter

med resultaten 4,3 och 9,7 µg/l. Någon gräns för EOX eller AOX för utgående vatten finns inte för kommersiell avloppsrening, men för industriavlopp finns en utsläppsgräns för AOX på 1,0 mg/l (Naturvårdsverket 2011). För proverna i Wahlbergs studie (2016) var EOX cirka 10 % av AOX, utgående från detta skulle det teoretiska värdet för AOX i Farstaviken vara 0,17 mg/l.

Analysmetoden för EOX kan eventuellt påverkas av hög kloridhalt i provet. Av denna orsak analyserades klorid i provet från Norra Vaxön vilket gav en koncentration på 2400 mg/l. Denna höga koncentration beror på att klorid är en av de största beståndsdelarna i urin (Putnam & Thomas 1969 refererad av Putnam 1971). Det är ännu osäkert om och hur den höga kloridkoncentrationen eventuellt påverkar analysen av EOX. EOX analyseras idag förutom vid rening av industrivatten även vid några avloppsreningsverk, vilket indikerar att det är en tillförlitlig metod. Trots detta kan inte några slutsatser om användningen av Klorin eller andra halogeninnehållande sanitetsvätskor dras på grund av osäkerheten i mätmetoden vid närvaro av klorid.

4.2.3.3 Övriga kemikalier

Bronopol som finns i fyra av sanitetsvätskorna har en snabb nedbrytningsförmåga och är varken persistent eller bioackumulerande. Men även om bronopol i sig har en måttlig toxicitet kan nedbrytningsprodukterna vara toxiska och bioackumulerande (Na *et al.* 2011). På grund av bronopols snabba nedbrytning och bredd i nedbrytningsprodukter samt på grund av dåliga provtagningsmöjligheter valdes bronopol att inte analyseras.

Kumarin som finns i tre av sanitetsvätskorna är ett naturligt smakämne som finns i många växter, exempelvis i kanel (Lungarini *et al.* 2008), men har i flera studier, främst på råttor och mus, visat sig vara toxiskt för bland annat levern (Lake & Grasso 1996). Eftersom kumarin inte var möjlig att analysera hos något av de anlitade laboratorierna och ingen enkel och tillförlitlig egenkontroll existerar valdes kumarin att inte ingå i provtagningen.

Provet taget i Farstaviken analyserades efter kommunens slamprogram och förutom näringsämnen och metaller analyserades då provet med avseende på polyklorerade bifenyler (PCB) och polycykliska aromatiska kolväten (PAH). PCB är en grupp svårnedbrytbara och miljöfarliga ämnen med brett användningsområde. PAH är en grupp ämnen som bildas vid ofullständig förbränning och av vilka de flesta är toxiska, stabila och bioackumulerande (Thuresson & Haapaniemi 2005). Alla provtagna PCB och PAH visade på koncentrationer under rapporteringsgränsen. Fullständig lista över ämnen och resultat i bilaga 1.

Detta arbete är fokuserat på sanitetsvätskor men det förekommer även en mängd andra produkter och kemikalier ämnade för båttoaletter på marknaden såsom rengöringsmedel. Dessa produkter ingår alltså inte i detta arbete men kan komma att hamna i sugtömningsstationerna och deras påverkan på miljön och avloppsreningsverk bör därmed beaktas. En annan grupp av ämnen som inte ingår i denna provtagning men som är intressant för vidare studier är antifrysmedel. Antifrysmedel såsom kylarvätska används i toalettsystemen för att förhindra att de fryser under vintern. Båtägarna låter vanligtvis medlet ligga kvar i toalettsystemet under vintern och ämnena når därför sugtömningsstationerna först på våren i samband med den första tömningen, varpå en provtagning på försommaren är av intresse.

4.2.4 Mikroorganismer

Avföring innehåller upp till 10^{12} bakterier per gram och är därmed ungefär 9 % av avföringens torrsvikt (Dean & Lund 1981 refererad av Bitton 2011). *Campylobakter* och *Enterohemorragisk Escherichia coli* är två bakterier som sprids via avföring och kan ge upphov till sjukdomar från diarré och illamående till i värsta fall förlamning och dödsfall (Livsmedelsverket 2016a, Livsmedelsverket 2016b). Virus och parasiter har hög tolerans för förändringar i sin levnadsmiljö och endast en enhet kan krävas för infektion, i jämförelse med bakterier som kan kräva doser på 10^6 för att resultera i en infektion. Spridningen av patogena mikroorganismer via utsöndring varierar bland annat med eventuella infektioner och är störst i infektionens akuta skede. Infektionsdosen, vilket är antalet mikroorganismer som behövs för att vid ett tillfälle orsaka sjukdom hos en individ, beror på individens känslighet och skiljer även hos den patogena mikroorganismen (Albihn & Stenström 1998).

Koliforma bakterier används ofta som indikatororganismer för att undersöka om dricksvatten blivit kontaminerat av fekal förorening såsom avlopp eller gödsel. Koliforma bakterier förekommer förutom i varmblodiga djurs tarmkanaler även naturligt i vatten och i övre jordskiktet (Camper 2014). I två av analyserna, Farstaviken och Norra Vaxön, analyserades koliforma bakterier i syfte att undersöka den mikrobiologiska aktiviteten i båtlatrinet. Resultatet visade på en hög aktivitet i båda latrinerna då antalet koliforma bakterier var över rapporteringsgränsen för Farstaviken (> 100000 cfu/100 ml) och $580000/100$ ml för Norra Vaxön. *Escherichia coli*, som är en art av koliforma bakterier analyserades i provet från Norra Vaxön och gav resultatet $190000/100$ ml. Litteraturvärdet för totalt antal koliforma bakterier i obehandlat avloppsvatten är $10000-1000000$ cfu/ml (Geldreich 1978 och Stenström 1996 refererad av Schönning 2003). Detta indikerar att latrinet från fritidsbåtar inte är så toxiskt att det dödar koliforma bakterier. Analysen som utfördes på båtlatrinet analyserade inte bakteriernas diversitet eller fördelningen mellan olika grupper, vilket vore intressant att undersöka då det finns en stor bredd av mikroorganismer som varierar i sin känslighet för olika störningar (Eckburg *et al.* 2005).

4.2.5 Metaller

Tio olika metaller (kalcium, kalium, magnesium, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink) analyserades i latrinprovet från Farstaviken. Av dessa överskred koncentrationen av kadmium, kvicksilver och zink varningsvärdet framtaget av Svenskt vatten (2009) (bilaga 1) vilket indikerar att innehållet inte motsvarar innehållet i hushållsvatten och att detta avloppsvatten kan påverka reningsprocess och/eller slamkvalitet.

Sju av de analyserade metallerna (bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink) i latrinprovet från Farstaviken är även analyserade i externslam, inkommande och utgående avloppsvatten vid Ekebyhovs avloppsreningsverk på Ekerö. Koncentrationerna av alla metaller är, utgående från medelvärden baserade på 10-12 prover, lägst i Ekebyhov avloppsreningsverks utgående avloppsvatten, näst lägst i inkommande avloppsvatten och högst i externslam. Båtlatrinet innehåller för alla metaller koncentrationer mellan de i externslam och de i inkommande avloppsvatten (bilaga 1).

Septiktankarna ombord på fritidsbåtarna är gjorda av plast, aluminium eller rostfritt stål. Urin förväntas vara korrosivt som en följd av sitt pH, innehåll av bland annat salter samt eftersom svavelväte kan bildas i septiktankarnas syrefattiga miljö (Bäckström *et al.* 2010). Detta kan leda till korrosion av tankar och ledningar och därmed bidra till en förhöjd koncentration av vissa metaller i avloppet från fritidsbåtar. Tecken på korrosion ses inte i det

provtagna latrinet då koncentrationerna av metaller var mellan de i inkommande avloppsvatten och externslam (bilaga 1) och därmed inte noterbart höga. Metaller är i många fall toxiska för organismer och växter och är därmed hämmande för avloppsreningens biologiska processer samt påverkar växter och organismer vid eventuellt utsläpp (Carpenter 2001, Ackova *et al.* 2016).

4.2.6 Havs- och sjövattnen

Vissa modeller av båttoaletter spoljar med havs- och sjövattnen, vilket oftare orsakar otrevlig lukt jämfört med toaletter som vacuumspolas eller spoljar med dricksvatten. Detta beror på att havs- och sjövattnen har ett högt innehåll av lösta salter, organiska ämnen, sedimentpartiklar och små organismer. I toaletten fälls salter och partiklar ut från vattnet, det organiska materialet börjar brytas ned och detta skapar en klabbig yta i toaletten på vilken partiklar kan fastna. Havsvattnen kan även orsaka att pumpar, packningar och tätningar av gummi förslits snabbare (Gac *et al.* 2015), vilket kan leda till utsläpp av gaser från tank och slangar.

4.2.7 Jämförelse med andra avloppsfraktioner

Båtlatrin är inte den enda avloppsfraktionen som skiljer sig från inkommande avlopp och externslam, vilka behandlats tidigare. Latrin från andra transportfordon såsom husbilar, husvagnar, bussar och flyg förväntas ha motsvarande utrymmesbegränsning och därmed liknande koncentrerat latrin med eventuella sanitetsvätskor.

På förfrågan av Käppala avloppsreningsverk utfördes en undersökning på latrinet från flygplan vid Arlanda flygplats under 2016. Undersökningen visade att avloppet har toxiska och nitrifikationshämmande egenskaper. Undersökningen följde Naturvårdsverkets handbok för kemisk och biologisk karakterisering vars bedömning klassar avloppsvattnet som starkt toxiskt, vilket är det mest toxiska på den tregradiga skalan. Avloppsvattnet noterades även ha hög koncentration torrsubstans och fasta föreningar, vilket skiljer det från hushållsavlopp. Trots sitt toxiska innehåll bedömdes flygplanslatrinet fortsättningsvis kunna tillföras Käppalaverket. Detta beslut kunde tas tack vare utspädningen som sker vid anslutningspunkten då flygplanslatrinet endast motsvarar 0,5-1,6 % av avloppet vid anslutningspunkten. Flygplanslatrinet kan på flera sätt liknas vid båtlatrin då det är knappt utspäddt samt innehåller sanitetsvätska. Vid undersökningen analyserades flygplanslatrinet för ett antal kemiska parametrar vilka alla, liksom båtlatrinet, var högre än hushållsavlopp. Av de analyserade metallerna var kadmium, koppar och kvicksilver ungefär två gånger högre för flygplanslatrin än båtlatrin. Av de resterande analyserade metallerna bly, krom, nickel och zink var koncentrationerna i båtlatrin ungefär två gånger högre än flygplanslatrin. För BOD, totalkväve och totalfosfor var koncentrationerna högre i flygplanslatrin än båtlavlopp (Hedman 2016).

Ett annat latrin som förväntas skilja från inkommande avloppsvatten är latrin från portabla landtoaletter såsom bajamajor. Dessa kan skapa stora volymer latrin under kort tid vid exempelvis festivaler och andra evenemang. Festivalen *Peace and Love* uppmärksammade 2012 hanteringen av latrin från festivalen och tog fram en handlingsplan. De valde att göra detta efter att driftstörningar noterats på avloppsreningsverket i samband med festivalen tidigare år. Handlingsplanen innefattade bland annat flytt av tömningspunkten för att skapa mellanlagring och därmed ett kontinuerligt flöde till reningsverket. Utökad provtagning av totalkväve, totalfosfor och BOD på inkommande vatten samt totalfosfor på utgående vatten ingick också i handlingsplanen. Det provtagna inkommande vattnet var inte rent festivallatrin

utan en blandning med inkommande avloppsvatten och resultaten visade inte några anmärkningsvärda koncentrationer av någon analyserad parameter (Barmé 2012).

4.3 Båtlatrins påverkan på avloppsreningsverk

Avloppsrening baserar sig huvudsakligen på tre steg. Det första steget är mekanisk rening vilken avskiljer fasta partiklar och föroreningar. Den mekaniska reningen börjar vanligen med grovrening med galler eller sil samt sandfång och följs av försedimentering. Det andra steget är biologisk rening där naturligt förekommande mikroorganismer avskiljer löst organiskt material, kväve och i vissa fall fosfor. Det sista reningssteget före det renade vattnet släpps ut till sin recipient är kemisk rening. Vid den kemiska reningen avskiljs främst fosfor genom fällning eller filtrering. I vissa fall föregår den kemiska reningen den biologiska. Efter dessa tre steg kan det renade avloppsvattnet efterbehandlas för att uppnå en högre reningsgrad och slammet behandlas genom exempelvis förtjockning och rötning (Balmér 2013). Den biologiska reningen utförs av nitrifikations- och denitrifikationsbakterier vilka är känsliga för bland annat förändringar i syrekonzentration och temperatur (Fredriksson 2010) och har långsam tillväxt (Wagner & Loy 2002). På grund av bakteriernas sårbarhet mot förändringar i innehåll och koncentration hos det inkommande avloppsvattnet så är det biologiska steget en speciellt känslig process i avloppsreningsprocessen. Externslam, vilket latrin från fritidsbåtar i vissa fall räknas som, inkommer till en del avloppsreningsverk som en punktbelastning och inte successivt. Denna plötsliga volym- och koncentrationsökning kan vara svår för mikroorganismerna att hantera vilket gör att processen hämmas och reningen är då inte längre optimal. Mikroorganismerna kan även hämmas av skadliga och giftiga kemikalier såsom EOX-föreningar. Mer information om avloppsreningsprocessen och fler sätt som båtlatin kan påverka avloppsreningen, såsom bildning av lustgas och slamsvällning av trådbakterier, finns i bilaga 8.

4.3.1 Nitrifikationshämmning

Nitrifikationsprocessen, vilken innebär att kväve övergår från ammonium till nitrat via nitrit, utförs endast av ett begränsat antal bakteriegrupper. Dessa bakterier har långsam tillväxt och är känsliga för yttre störningar och denna process är därmed extra mottaglig för hämmande påverkningar (Wagner & Loy 2002). Faktorer som kan påverka och hämma nitrifikationsprocessen är exempelvis låg temperatur, låg slamålder, låg syrehalt, lågt eller högt pH, stötbelastning eller förgiftning (Nordisk ministerråd 1988). Ämnen som verkar hämmande för nitrifikationsprocessen är exempelvis metaller, tensider för färgtillverkning, stabiliserande ämnen, algbekämpningsämnen och ammoniak (Svenskt vatten 2009).

Sugtömningsstationerna kan vara uppkopplade på avloppsnätet eller tömmas med slambil som för latrin till avloppsreningsverk. Dessa två olika tömningssystem påverkar troligtvis avloppsverken olika då latrinet är av olika ålder när det inkommer till reningsverket. Båtlatin i sugtömningsstationer som töms med slambil har troligtvis en högre ålder och är mer nedbrutet än båtlatin som inkommer från stationer som är kopplade på avloppsnätet. Det äldre latrinet är troligtvis även mer påverkat av sanitetsvätskor och kemikalier, vid eventuell användning av dessa produkter. Detta innebär att båtlatin från sugtömningsstationer som töms med slambil kan förväntas ha en större negativ påverkan på avloppsreningsprocessen, speciellt i de fall det inkommer som en punktbelastning. För sugtömningsstationer som är kopplade på avloppsledningsnätet kan hög användning av sanitetsvätska ombord på båtarna skapa problem i avloppsreningsprocessen då kemikalierna fortfarande kan vara verksamma då latrinet inkommer till avloppsreningsverket.

4.3.2 Certifieringar

I Sverige finns det ett frivilligt certifieringssystem för främst kommunala avloppsreningsverk kallat Revaq. Revaq ägs av Svenskt vatten och tillåter certifierade avloppsreningsverk att återföra sitt slam till jord- och skogsbruk. För att ett verk skall certifieras måste externslammet som verken tar emot uppfylla flera krav för att kunna garantera att det externa slammet inte påverkar kvaliteten på slammet som skall återföras. Systemets syfte är att skapa en hållbar återföring av växtnäringsämnen i slammet som bildas i avloppsreningen till skogs- och jordbruk samt att genom uppströmsarbete minska flödet av farliga ämnen till avloppsreningsverk. Detta innebär aktivt och strukturerat uppströmsarbete för avloppsreningsverken (Finsson 2016). Revaq har bland annat ett koncentrationskrav på 60 spårämnen, vilka till stor del är metaller, med stöd av Naturvårdsverkets rapport 5148 *Halter av 61 spårämnen i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda* (Revaq 2016). Blandningar av ämnen kan ge upphov till komplex toxicitet och cocktaileffekter, vilken innebär att blandningar av kemikalier skapar farligare produkter. Dessa kemikalier och produkter är ännu inte helt undersökta och därmed oreglerade (Goi *et al.* 2006). Ett av kraven på certifikatinnehavarens verksamhet är att inte ta emot *sådant slam som bedöms påverka kvaliteten på slam negativt*. Vid mottagande av externt slam skall slammets härkomst, volym och sammansättning dokumenteras minst en gång per år och fraktioner skall provtas genom stickprov. Innan en ny typ av material tas emot till ett Revaq-certifierat verk bör de 60 spårämnena analyseras i detta externavlopp (Revaq 2016). Båtlatriner tas idag i utspädd form emot till flera Revaq-certifierade verk utan att latrinet i sin koncentrerade form undersökts.

För mindre reningsverk finns det ett certifieringssystem kallat SPCR 178 av SP Sveriges tekniska forskningsinstitut. SPCR 178 är ett frivilligt certifieringssystem för kvalitetssäkring av fraktioner från små avlopp (högst 50 personekvivalenter) samt för större sorterande avloppssystem. Denna certifiering har krav på hygienisering och kadmium-fosforkvot (Avfall Sveriges utvecklingsstrategi 2016).

Båtlatrinets innehåll i form av metaller och andra föroreningar förväntas med dagens volymer och utspädning inte påverka slamkvaliteten och därmed inte heller hota en eventuell certifiering. Detta är i enighet med en studie av Avfall Sverige (2016) som visade att klosettvattnet, som kan liknas med båtlatriner, har en så pass låg kadmium-fosfor kvot så att detta vatten inte utgör ett hot för ett avloppsreningsverks eventuella Revaq eller SPCR 178-certifiering. Om volymen båtlatriner ökar eller om utspädningen av båtlatrinet inne på avloppsreningsverken minskar kan hotbilden förändras och hanteringen av båtlatrin och dess påverkan bör då ses över för det aktuella avloppsreningsverket.

4.4 Miljöpåverkan från latrin från fritidsbåtar i Östersjön

Utgående från beräkningar och uppskattningar (se 4.1.4.) samlas totalt 378 m³ latrin från fritidsbåtar in årligen i de tre kommunerna Norrtälje, Värmdö och Vaxholm. Detta motsvarar enligt enkätundersökningen endast 41 % av båtanvändarna i området då resterande 59 % inte har toalett som sugtöms. Enligt båtlivsundersökningen 2015 (Lagerqvist & Andersson 2016) sugtömmer endast 39 % av båtanvändarna som har båtoalett med sugtömningsmöjlighet varje gång de tömmer septiktanken. Detta innebär att de 378 m³ endast representerar 16 % av båtarna och att 6000 m³ därmed är möjligt att samla in i de tre kommunerna. 6000 m³ latrin har utgående från provtagningen ett innehåll av 446 kg fosfor och 8550 kg kväve vilket vid bortförel från naturen gynnar miljön. 6000 m³ är endast en hypotetisk maxvolym då beräkningen inte tar hänsyn till att en del av båtlatrinet redan samlas upp genom portabla

toaletter och landtoaletter. Samtidigt indikerar denna maximala volym att en stor del av båtlatrinet kanske direktutsläpps.

4.4.1 Ekologisk påverkan

Tack vare sitt höga innehåll av växtnäringsämnen kan ett tillskott av båtlatrin exempelvis gynna tillväxten av grödor och därmed användas som gödsel i skogs- och jordbruk. Utsläpp av avlopp kan dock även ha en mängd negativa konsekvenser om det inte hanteras rätt. Ett av de mest uppmärksammade problemen i Östersjön, vilket utsläpp av avlopp kan bidra till, är eutrofiering. Eutrofiering, även kallat övergödning, innebär att ett område får ett överskott av näringsämnen. Dessa förhöjda näringshalter ökar primärproduktionen vilket ökar syreförbrukningen i vattnet, inte minst när de dör och ansamlas på botten. Eutrofieringen kan därmed orsaka syrgasfria botten vilket i sin tur kan frigöra näringsämnen från sedimentbotten, kallat internbelastning, vilket ökar primärproduktionen ytterligare och en negativ återkoppling har skapats (Stigebrandt *et al.* 2014).

En genomsnittlig septiktank på en fritidsbåt på 51 l töms när den innehåller 34 l och har ett innehåll med en koncentration av fosfor på 74,25 mg/l och kväve på 1425 mg/l. Detta innebär att om den genomsnittliga fritidsbåten dumpar sin latrin i sjön så släpps 2,5 g fosfor och 48,5 g kväve ut i naturen. Fosfor och kväve är de viktigaste näringsämnena för alger och de är vanligen de ämnen som begränsar tillväxten av alger. Vanligen anses fosfor vara det begränsande näringsämnet i sjöar och kväve det begränsande näringsämnet i hav. Vilket näringsämne som är begränsande i Stockholms skärgård är debatterat. Tillväxten av cyanobakterier, vilket eutrofiering i många fall leder till, är i de flesta fall i både salt och sötvatten begränsad av fosfortillgången. Detta beror på att många arter av cyanobakterier kan fixera kväve från luften och på så sätt förse sitt behov av kväve oberoende av vattnets kemiska sammansättning. En studie på sju olika algtyper visar att ett gram fosfor återfinns i ungefär tre gram torrsvikt av alger (Wu *et al.* 2013). En annan studie visar att algers våtvikt är ungefär tio gånger högre än deras torrsvikt (Sládeček & Sládečová 2003). Detta ger att en septiktank med innehåll av 34 l latrin och därmed 2,5 g fosfor motsvarar 75 g alger. Skulle allt latrin som samlas in i de tre kommunerna, 378 m³, släppas ut skulle det motsvara fosforinnehållet i 840 ton alger.

En brittisk studie av Jarvie *et al.* (2006) innefattande data från 54 olika år indikerar att punktkällor såsom avloppsreningsverk utgör en större risk för eutrofiering än diffusa källor såsom jordbruksmark, även för landsbygden. Denna studie undersökte koncentrationer av lösligt reaktivt fosfor, vilket är den typ av fosfor som eutrofiering förknippas med samt analyserat bor som ett spårelement och därmed indikator på avloppsvatten. Under torra perioder när flödet i åarna var som lägst så visade det sig att både algblomningarna var som värst och koncentrationerna av bor och lösligt reaktivt fosfor var som högst. Under dessa torra förhållanden är påverkan från jordbruksmark som lägst och algblomningen associerades därmed till utsläpp från avloppsreningsverk. Denna studie behandlade renat avloppsvatten. Utsläpp av båtlatrin kan förväntas ha en ännu större lokal påverkan då innehållet är mer koncentrerat i form av näringsämnen.

Förutom näringsinnehållet kan även latrinets övriga innehåll påverka ekologin negativt. Latrinets innehåll av metaller och andra svårnedbrytbara ämnen, exempelvis EOX, kan ackumulera i sediment (Buckley *et al.* 1995). Ämnena kan då ge negativa effekter på djur och växter i botten sedimenten.

4.4.2 Hälsopåverkan

Avloppsvatten innehåller en mängd olika mikroorganismer såsom bakterier, virus och parasiter. Dessa kan ge upphov till och sprida sjukdomar bland människor och djur och även kontaminera exempelvis odlingar av fisk och mussla. Forskare har även uppmärksammat reproduktionsstörningar hos djur som exponeras för hormoner och andra läkemedelsrester vilket återfinns i avlopp (Larsson *et al.* 1999). Utsläpp av båtlatrin kan även påverka hälsan sekundärt i de fall då det ger upphov till cyanobakterier vilka kan bilda toxiska ämnen som kan påverka både människor och djur (O'neil *et al.* 2012).

Då avloppsvatten innehåller en hög koncentration bakterier innebär utsläpp av avloppsvatten en risk för hälsoproblem. *Escherichia coli* är en av parametrarna som används vid klassificering av badvatten i Sverige. För att ett kustvatten skall uppnå tillfredsställande kvalitet krävs en koncentration av högst 500 cfu/100 ml och för utmärkt kvalitet krävs högst 250 cfu/100 ml (HVMFS 2012:14). Detta innebär att koncentrationen av *Escherichia coli* är 380 gånger högre i båtlatrin än vad som är gränsen för ett badvatten av tillfredsställande kvalitet. Avloppsvatten har vid många tillfällen, även i Sverige, kontaminerat dricksvatten vilket kan orsaka sjukdomsfall hos stora delar av befolkningen. Exempelvis smittades 20000 personer i Östersund 2010 då parasiten *Cryptosporidium* kunde påvisas i dricksvattentäkten som en följd av avloppsutsläpp till tillrinnande vattendrag (Smittskyddsinstitutet 2011). Detta indikerar att även en utspädd förorening, såsom båtlatrinutsläpp i ett vattendrag, kan ge upphov till betydande konsekvenser för människor och djur i omgivningen.

4.4.3 Estetisk och ekonomisk påverkan

Avloppsvatten i miljön kan även ge estetiska problem såsom spår av avföring, otrevlig lukt och grumligt vatten och därmed minska ett områdes rekreativvärde. Även eutrofiering som en följd av exempelvis båtlatrinutsläpp kan bidra till estetiska problem. I enkätundersökningen framkom det att personer noterat toalettpapper i naturen på öar i skärgården, vilket bidrar till en estetisk otrevnad i skärgården. Dessa estetiska negativa påverkningar kan minska turismen om intresset att vistas i miljön minskar. Turismen är en betydande del av Sveriges ekonomi, trots att den 2015 bara representerade 2,7 % av landets BNP var exportvärdet för turism nästan lika högt som för skogsvaror (Tillväxtverket 2016).

4.4.4 Miljöpåverkan från avloppsreningsverk

Att behandla och rena båtlatrin i avloppsreningsverk är idag den föredragna hanteringen, men det är inte ett alternativ helt utan miljöpåverkan. Avloppsreningsprocessen skapar renat avloppsvatten och slam vilka delvis återförs till naturen och vilka beroende på deras sammansättning kan påverka miljön negativt. Avloppsreningsverken har även en indirekt negativ miljöpåverkan då de bland annat kräver energi och i de flesta fall kemikalier för reningsprocessen.

Beroende på vilket avloppsreningsverk båtlatrinet förs till kan recipienten för det renade avloppsvattnet vara en sjö, ett vattendrag eller havskusten. I vilken utsträckning recipienten påverkas av det renade avloppsvattnet beror bland annat på dess omblandning, volym och ljusgenomsläpplighet. Kommunalt avloppsvatten innehåller vanligen inte några farliga koncentrationer av giftiga ämnen men kan innehålla material som flyter upp till ytan eller ökar grumligheten i recipienten (Balmér 2013). Icke nedbrytbara ämnen kan passera reningsprocessen och binda till plankton vilka äts av andra organismer och ämnet kan på så sätt bioackumulera upp i näringskedjan. Då båtlatrin är mycket mer koncentrerat i näringsämnen och vissa andra ämnen såsom metaller än utgående avloppsvatten sker all

miljöpåverkan till mycket högre grad vid utsläpp av båtlatrin än utsläpp av renat avloppsvatten från avloppsreningsverk.

4.4.5 Miljöpåverkan från sugtömningsstation för båtlatrin

Sugtömningsstationer i skärgården är inte naturligt och de kan därmed antas ha en viss miljöpåverkan. Sugtömningsstationerna är vanligtvis placerade i hamnar eller farleder, vilket redan är områden med hög aktivitet och mänsklig påverkan. Det finns en mängd olika storlekar och typer av sugtömningsstationer, både friflytande, bottenfasta och landbaserade, vilka påverkar miljön på olika sätt. Deras tömningsfunktioner är även olika och vissa kräver slambåt/-bil för tömning vilket påverkar miljön negativt genom bland annat bränsleförbränning. På lokal nivå kan sugtömningsstationerna beroende på typ och placering förändra vattenströmningar och på så sätt påverka miljön negativt. Sugtömningsstationer kan även påverka miljön positivt genom att exempelvis skapa levnadsmiljöer och skydd för vattenlevande organismer. Trots denna variation av effekter som sugtömningsstationer ger upphov till finns det idag ingen enhetlig hantering av ärenden gällande installation av sugtömningsstation hos Sveriges kommuner. Detta innebär att kommunerna kan ställa olika krav för installation av sugtömningsstation och i vissa kommuner krävs godkänt miljötillstånd före installation.

4.4.6 Miljöpåverkan i Stockholms län

Utgående från beräkningar av den årliga volymen per sugtömningsstation kan ses att stationernas popularitet skiljer sig mycket åt. Det finns många faktorer som kan spela in på varför man väljer ett tömma sin septiktank vid en station framför en annan. Dessa faktorer är bland annat stationens stabilitet vid angöring, eventuell övrig service i anslutning till stationen samt stationens placering. I dagsläget samlas ungefär 378 m³ latrin från fritidsbåtar in årligen i de tre berörda kommunerna. Då endast ungefär 41 % av fritidsbåtarna i dessa kommuner har toalett ombord med sugtömningsmöjlighet kunde denna volym uppgå till 6000 m³ om alla fritidsbåtar tömde till sugmottagningsstationer. Denna volymökning skulle kräva en ökning av antalet sugtömningsstationer och/eller en ökad tömningsfrekvens av de stationer som töms med slambil.

Björnöfjärden är en väl studerad vik på Ingarö i Värmdö kommun med avrinningsområde på 13,97 km². Björnöfjärden är ett populärt besöksmål bland båtresande och är sammankopplad med Östersjön endast genom ett sund. Den årliga belastningen av totalkväve till Björnöfjärden under perioden 1999-2011 är nästan 17 ton. Av detta härstammar 54 % från omgivande vattenförekomster, 41 % från landkällor och de resterande 5 % härstammar från atmosfärsdeposition. Motsvarande utsläpp av totalfosfor är drygt 0,9 ton årligen. Av detta härstammar 51 % från omgivande vattenförekomster, 46 % från landkällor och de resterande 3 % härstammar från atmosfärsdeposition. För både totalkväve och totalfosfor är de tre största landkällorna, i storleksordning, dagvatten, skog och hygge samt enskilda avlopp (SMHI 2017). Kväveinnehållet i en septiktank båtlatrin motsvarar mindre än en miljontedel av Björnöfjärdens årliga belastning. Detta innebär att det knappt skulle göra någon skillnad på Björnöfjärdens årliga belastning vare sig om en eller ett hundra båtar tömde sin septiktank i fjärden. Trots att utsläpp av båtlatrin inte skulle påverka den årliga belastningen kan lokala negativa miljö- och hälsoeffekter uppkomma och påverka belastningen under kortare tidsperioder.

5 Slutsatser

Båtlatin har en mycket högre koncentration av näringsämnen än inkommande avloppsvatten till avloppsreningsverk. Detta näringsinnehåll innebär att båtlatin har en hög potential att orsaka eutrofiering vid utsläpp. Det höga näringsinnehållet kan även orsaka problem hos avloppsreningsverkens biologiska processer då det innebär förändrad levnadsmiljö för de känsliga mikroorganismerna. Omfattningen av belastningen som båtlatin orsakar hos avloppsreningsverk beror på verkens storlek och funktion. Då alla verk är individuella och har sina enskilda förutsättningar samt i vissa fall Revaq-certifiering kan inte någon generell gräns för hur mycket båtlatin ett verk kan ta emot innan ett eventuellt problem uppstår fastställas. Detta måste utvärderas individuellt för varje enskilt avloppsreningsverk utgående från avloppsvattnets innehåll och volym. Metaller, vilka verkar negativt i både miljön och på avloppsreningsverk, finns i en högre koncentration i båtlatin än inkommande avloppsvatten. Jämfört med externslam innehåller båtlatin en lägre koncentration metaller. Båtlatin innehåller även en stor mängd bakterier vilket indikerar att bakterieaktiviteten är ostörd. Detta betyder att användningen av sanitetsvätskor och kemikalier är så låg att det inte påverkar bakterieaktiviteten. Den jämfört med hushållsavlopp höga koncentrationen extraherbart organiskt halogen, vilken provtagningen indikerar att båtlatin innehåller, tyder på användning av Klorin eller andra klorinnehållande sanitetsvätskor. Dock råder osäkerhet i analysmetod och tillgången till jämförbara studier om innehåll av kemikalier i avlopp är begränsad, varför direkta slutsatser inte kan dras. Det finns idag flera miljövänliga alternativ vid sidan om de kemikalierika sanitetsvätskorna för att förhindra otrevlig lukt ombord på båtarna. Förutom biologiskt nedbrytbara sanitetsvätskor finns även bland annat luftfilter och flera båtägare uttrycker att dagens båttankar är så täta att dålig lukt inte uppkommer i båten även då sanitetsvätska inte används.

Då endast ett begränsat antal provtagningar utfördes utan replikat bör några slutsatser inte dras från provtagningarna utan främst användas som indikationer på båtlatins innehåll. Det är även viktigt att ha i beaktande att flera beräkningar är baserade på medelvärden med i vissa fall en stor standardavvikelse, vilket indikerar att koncentrationer och volymer kan variera mycket över tid och därmed att extremvärden kan förekomma i verkligheten. Orsaken till varför fosforkoncentrationen skiljer sig mycket mellan provpunkterna och varför kvoten mellan totalfosfor och totalkväve skiljer sig mellan båtlatin och inkommande avloppsvatten är inte fastställt och vidare provtagning bör göras för att utreda detta.

Insamling av båtlatin bidrar till en mängd positiva miljöaspekter såsom minskad eutrofiering och minskad smittospridning. Dock innebär insamlingen i vissa fall även en negativ miljöpåverkan i form av utsläpp av växthusgaser från fritidsbåtar som kör extra för att tömma sin tank och likaså för slamfordon som tömmer sugtömningsstationerna. Denna negativa miljöpåverkan kan minskas genom att placera ut fler sugtömningsstationer förutom i hamnar även i farleder för att undvika att passerande fritidsbåtar behöver åka inomskärs endast för tömning av septiktanken. Teknik för att rena latrinet på plats vid sugtömningsstationerna såsom minireningsverk skulle minska transporter av latrin från sugtömningsstationer till avloppsreningsverk. Ett mer kostnadseffektivt sätt att öka servicen i skärgården kan vara att installera tankvakter likt den finska organisationen *Håll Skärgården Rens* projekt *tankvakt*. Tankvakter skulle optimera insamlingen av latrin från sugtömningsstationerna och underlätta för både entreprenörer och båtägare. Även sannolikheten att de sugtömningsstationer som båtanvändarna vill använda sig av är fulla skulle minska med tankvakter. Detta skulle minska

riskerna att en irriterad båtägare dumpar latrinet i naturen trots att den försökt göra ett rätt, miljöriktigt och lagligt val.

Optimalt skulle inte något latrinutsläpp från fritidsbåtar ske utan all latrin från båtanvändare skulle samlas in i sugtömningsstationer, utslagsvaskar och landtoaletter. Idag kan dock antas att en del av latrinet från fritidsbåtarnas direktutsläpps till vattenmiljön eller att behoven utförs över kant eller i naturen på land. I enkätundersökningen efterfrågar flera båtägare, båtklubbar och gästhamnar förbättrad hantering av latrin i skärgården genom utökad antal sugtömningsstationer och landtoaletter. I enkätundersökningen framkom även ett behov av utökad stöd och vägledning för de båtklubbar och gästhamnar som vill installera en sugtömningsstation. Även utökad samarbete mellan olika aktörer såsom båtklubbar, gästhamnar, kommuner och skärgårdsstiftelsen efterfrågas. För att uppfylla dessa förfrågningar och förslag på förbättringar skulle LOVA-bidrag kunna sökas som ekonomisk resurs för att skapa tydlig vägledning och underlag för samarbetskontrakt mellan båtklubbar och gästhamnar som vill installera gemensamma sugtömningsstationer.

Att båtlatrin har ett högt närings- och bakterieinnehåll har påvisats i detta arbete men i vilken grad utsläpp av båtlatrin påverkar miljön är fortfarande oklart. Vid en jämförelse av näringsutsläpp årsvis för olika områden, exempelvis Björnöfjärden, är mängden näringsämnen från utsläpp i form av båtlatrin försumbar på tidsskalan ett år. Av denna orsak kan man vara kritisk till införandet av förbudet mot utsläpp av avlopp från fritidsbåtar ut miljösynpunkt då det var en av lagens främsta motiv vid införande. För att motivera lagen behöver man därför se utsläppen från ett både större och mindre perspektiv. Båtlatrinet som idag samlas in i Sverige bildar tillsammans en stor volym näringsämnen som vid utsläpp motarbetar landets övriga miljöarbete för minskade näringsutsläpp och kan bidra till bland annat eutrofiering. Hur båtlatrin påverkar i ett mindre perspektiv, såsom en liten och grund vik med litet vattenutbyte under en kortare period såsom en sommarmånad, är inte lika välstuderat. Tills en exempelvis mesokosmundersökning utförts kan man bara anta att utsläpp av båtlatrin till denna miljö skulle orsaka kraftig eutrofiering. Utsläppsförbudet genomfördes även med motivet att minska riskerna för smittospridning från bakterier i latrin. Då analysen av koliforma bakterier i båtlatrinet visade på koncentrationer över rapporteringsgränsen understryker detta utsläppsförbudets betydelse för att bibehålla god miljö och hälsa i skärgården.

5.1 Förslag till vidare studier

Det finns stora utvecklingsbehov och -möjligheter för vidare studier inom detta område. För att få en säkrare uppfattning om båtlatrinets påverkan på avloppsreningsverken skulle laborationer där avloppsreningsprocessens biologiska steg utsätts för sanitetsvätskor kunna utformas och genomföras. En sådan studie skulle även påvisa vid vilka koncentrationer avloppsreningsverken blir påverkade av båtlatrin beroende på dess sammansättning. På likande sätt skulle båtlatrinets påverkan på miljön kunna undersökas med hjälp av mesokosmer eller genom en jämförande studie på två liknande områden som utsätts olika för båttrafik. För att öka kunskapen om båtlatrinets innehåll på miljön och avloppsreningsverk skulle ekotoxikologiska tester som undersöker båtlatrinets påverkan på organismer och tester som undersöker nitrifikationshämning genomföras.

En annan intressant möjlighet är att undersöka eventuella skillnader i innehållet i båtlatrin mellan sugtömningsstationer i inre och yttre skärgården. Åtminstone innehållet av kemikalier kan förväntas skilja sig åt. Båtägare i inre skärgården använder eventuellt sin båt för kortare

turer under en längre tid och använder då sanitetsvätskor för att inte behöva tömma båten efter varje helgtur. I motsats till detta kanske båtägaren som är ute på en längre resa i yttre skärgården hinner fylla och tömma tanken innan de obehagliga gaserna bildats. En undersökning som jämför latrinets innehåll i yttre och inre skärgården kanske även skulle kunna besvara varför koncentrationen fosfor skiljer sig mellan de olika provpunkterna i denna undersökning. Jämförande undersökningar skulle även kunna göras mellan insjöar, öst- och västkusten samt vid en eventuell uppskalning även jämföra regioner eller länder.

Ett av målen med detta arbete var att skala upp beräkningarna och på så sätt uppskatta volymen båtlatrin i hela Stockholms län. Detta visade sig inte vara möjligt inom tidsramen då det skulle innebära en uppskalning av den begränsade informationen med alldeles för osäkra antaganden. För vidare arbete i detta krävs kompletterande information. För en meningsfull uppskalning vore det även intressant att ta båtars gränsöverskridande rörelser i beaktande samt undersöka sugtömningsstationers placering och popularitet utgående från båtrörelser från AIS-data (automatic identification systems).

6 Referenser

- Ackova DG, Kadifkova-Panovska T, Andonovska KB, Stafilov T. 2016. Evaluation of genotoxic variations in plant model systems in a case of metal stressors. *Journal of environmental science and health* **51**: 340-349.
- Albihn A, Stenström TA. 1998. Systemanalys VA – hygienstudie. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen VA-forsk rapport 1998-16
- Alfabryggan Ab. 2016. E-handel. WWW-dokument: <http://www.alfabryggan.se/ehandel/39-latrintomning>. Hämtad 2016-12-02.
- ALS Environmental. 2013. Adsorbable organic halides (AOX) in water. *Enviromail* 2013:65.
- Andersson S, Kautsky L. 1996. Copper effects on reproductive stages of Baltic Sea *Fucus vesiculosus*. *Marine Biology* **125**: 171-176.
- Avfall Sveriges utvecklingssatsning, 2016. Avvattnings av slam från små avloppsanläggningar – kvalitet och avsättning. Rapport 2016:20
- Balmér P. 2013. Översikt reningsmetoder. Publicerad i *Avloppsteknik 1 allmänt*. Svenskt vatten 2013.
- Barmé S. 2012. Utvärdering av latrinhanteringen vid avloppsreningsverket – Peace & Love festivalen 2012. Borlänge energi.
- Bitton G. 2011. *Wastewater microbiology*. 4:e uppl. Wiley-Blackwell, New Jersey.
- Bonsdorff E, Blomqvist EM, Mattila J, Norkko A. 1997. Coastal eutrophication: causes, consequences, and perspectives in the archipelago area of the northern Baltic sea. *Estuarine, coastal and shelf science* **44**: 63-72.
- Buckley DE, Smith JN, Winters GV. 1995. Accumulation of contaminant metals in marine sediments of Halifax Harbour, Nova Scotia: environmental factors and historical trends. *Applied Geochemistry* **10**: 175-195.
- Burger AE. 1993. Estimating the mortality of seabirds following oil spills: effects of spill volume. *Marine pollution bulletin* **26**: 140-143.
- Burger J. 1998. Effects of motorboats and personal watercraft on flight behavior over a colony of common terns. *The condor* **100**: 528-534.
- Bäckström M, Johansson D, Marklund S, Ylinenpää J-E. 2010. Luftspolning av tryckavloppsledningar för bekämpning av svavelväte. Svenskt vatten rapport 2010-01.

- Camper P-A. 2014. Dräneringsvatten från begravningsplatser. Svenskt vatten utveckling rapport 2014-06.
- Carla M. 2016. E-mail november 2016.
- Carpenter DO. 2001. Effects of metals on the nervous system of humans and animals. *International journal of occupational medicine and environmental health* **14**: 209-218.
- Cato I. 2000. Miljögifter och miljö kvalitet längs Bohuskusten 1990-1998 – förändringar, belastning och samband. Sveriges geologiska undersökning, rapporter och meddelanden 103.
- Christensson JB, Hallsén S, Börje A, Karlberg AT. 2014. Limonene hydroperoxide analogues show specific test reactions. *Contact dermatitis* **70**: 291-299.
- Eckburg PB, Bik EM, Bernstein CN, Purdom E, Dethlefsen L, Sargent M, Gill SR, Nelson KE, Relman DA. 2005. Diversity of the human microbial flora. *Science* **308**: 1635-1638.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 94/25/EG av den 16 juni 1994 om tillnärmning av medlemsstaternas lagar och andra författningar i fråga om fritidsbåtar.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/59/EG av den 27 november 2000 om mottagningsanordningar i hamn för fartygsgenererat avfall och lastrester.
- Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 oktober 2000 om uppgörande av en ram för gemenskapens åtgärder på vattenpolitikens område.
- Falk Filipsson A, Bard J, Karlsson S. 1998. Limonene. World health organization - Concise International Chemical Assessment Document 5. Geneva 1998.
- Finsson A. 2016. Svenskt vatten, Aktivt uppströmsarbete med Revaq-certifiering. WWW-dokument: <http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/avlopp-och-miljo/kretslopp-och-uppstomsarbete/Revaq-certifiering/> Hämtad 2016-10-17.
- Finsson A, Olofsson B, Balmér P, Nyberg U. 2013. Avloppsvattnets sammansättning och mängd. Publicerad i Avloppsteknik 1 allmänt Svenskt vatten 2013.
- Fredriksson O. 2010. Kväveavskiljning. Publicerad i Avloppsteknik 2 reningsprocessen, Svenskt vatten 2010.
- Gac PYL, Arhant M, Davies P, Muhr A. 2015. Fatigue behavior of natural rubber in marine environment: comparison between air and sea water. *Materials and design* **65**: 462-467.
- Ganrot Z. 2008. Toalettsystem för fritidsbåtar – problem, orsak och lösningar. Informationsblad från Feldr och meiton marin. 9 sidor.
- Goi D, Tubaro F, Dolcetti G. 2006. Analysis of metals and EOX in sludge from municipal wastewater treatment plants: A case study. *Waste management* **26**: 167-175.
- Haaksi H, Pönni V. 2016. Ibrukttagandet av ett digitalt system för distansuppföljning minskade båtfararnas utsläpp av avloppsvatten. Pressmeddelande från Håll Skärgården Ren 2016-12-02.
- Hedman F. 2016. Undersökning av toalettavfall från Flygplan som tillförs Käppalaverket. Sweco / Swedavia teknisk rådgivning rapport: 2016-08-31.
- HELCOM. 2016. Passenger ship sewage discharges into the baltic sea will be banned. Pressmeddelande 2016-04-22. Hämtad 2016-09-27.
- HELCOM rekommendation 19/9. 1998. Recommendation 19/9– installation of garbage retention appliances and toilet retention systems and standard connections for sewage on board fishing vessels, working vessels and pleasure craft.
- HELCOM rekommendation 22/1. 2001. Recommendation 22/1 - installation of garbage retention appliances and toilet retention systems and standard connections for sewage on board fishing vessels, working vessels and pleasure craft.
- HVMFS 2012:14. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om allmänna råd om badvatten.

- HVMFS 2016:17. Havs- och vattenmyndighetens allmänna råd om små avloppsanläggningar för hushållsspillvatten.
- Jarvie HP, Neal C, Withers PJA. 2006. Sewage-effluent phosphorus: A greater risk to river eutrophication than agricultural phosphorus? *Science of the total environment* **360**: 246-253.
- Johansson M, Johansson M, Magnusson S, Erlandsson Å. 2016. Kartläggning av fosforutsläpp från avlopp i Stockholms läns kust- och skärgård – underlagsrapport till levande kust. Ecoloop AB på uppdrag av BalticSea2020. Opublicerad.
- Kampschreur MJ, Temmink H, Kleerebezem R, Jetten MSM, van Loosdrecht MCM. 2009. Nitrous oxide emission during wastewater treatment. *Water research* **43**: 4093-4103.
- Karlberg AT, Lindell B. 1992. Limonene. *Arbete och hälsa* 1993:**35**: 207-246
- Kronberg L, Alexander J, Backlund P, Becher G, Grimvall A, Grön C, Hongve D. 1992. Klororganiska föreningar i dricksvatten. *Nordiske seminar- og arbejdsrapporter* 1992:576. Köpenhamn.
- Lagerqvist M, Andersson M. 2016. Båtlivsundersökningen 2015 En undersökning om svenska fritidsbåtar och hur de används. Transportstyrelsen TSG 2016-534.
- Lake BG, Grasso P. 1996. Comparison of the hepatotoxicity of coumarin in the rat, mouse, and syrian hamster: a dose and time response study. *Fundamental and applied toxicology* **34**: 105-117.
- Larsson DGJ, Adolfsson-Erici M, Parkkonen J, Pettersson M, Berg AH, Olsson PE, Frölin L. 1999. Ethinylloestradiol – an undesired fish contraceptive?. *Aquatic Toxicology* **45**: 91-97.
- Livsmedelsverket 2016a. Campylobacter. WWW-dokument:
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/bakterier-virus-och-parasiter1/bakterier/campylobacter/> Hämtad 2017-01-17.
- Livsmedelsverket. 2016b. Ehec (E. coli). WWW-dokument:
<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/bakterier-virus-och-parasiter1/bakterier/enterohemorragisk-e.-coli-ehec/> Hämtad 2017-01-17.
- Lungarini S, Aureli F, Coni E. 2008. Coumarin and cinnamaldehyde in cinnamon marketed in Italy: a natural chemical hazard? *Food additives and contaminants* **25**: 1297-1305.
- Länsstyrelsen Stockholm. 2016. LOVA – projekt som blivit beviljade LOVA-bidrag. WWW-dokument: <http://www.lansstyrelsen.se/Stockholm/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/Pages/lova.aspx> Hämtad 2016-09-27.
- Na C, Xiaoxiang Z, Qing X, Se W, Jingwen C, Liping H, Xianliang Q, Wuehua L, Xiyun C. 2011. Toxicity profile of labile preservative bronopol in water: the role of more persistent and toxic transformation products. *Environmental pollution* **159**: 609-615.
- Naturvårdsverket. 2000. Environmental quality criteria - lakes and watercourses. Naturvårdsverket rapport 5050.
- Naturvårdsverket. 2003. Efterbehandling av förorenade sediment – en vägledning. Naturvårdsverket rapport 5254.
- Naturvårdsverket. 2007. Faktablad om avloppsreningsverk 200-2000 pe. Naturvårdsverket faktablad 8286.
- Naturvårdsverket. 2011. Kemisk och biologisk karakterisering av punktutsläpp till vatten, en handbok med vägledning om bestämning av egenskaperna hos utsläpp av avloppsvatten. Naturvårdsverkets handbok 2010:3 utgåva 3.
- NFS 2016:6. Naturvårdsverkets föreskrifter om rening och kontroll av avloppsvatten från tätbebyggelse.
- Nordisk ministerråd. 1988. Driftproblem i kommunala avloppsreningsverk i nordn. VA-rapport 1988:2 VA-rapport 1988:2.

- Norrtälje kommun. 2016. Kommunfakta. WWW-dokument: <http://www.norrtalje.se/info/om-norrtalje/kommunfakta/> Hämtad 2016-11-22.
- O'neil JM, Davis TW, Burford MA, Gobler CJ. 2012. The rise of harmful cyanobacteria blooms: The potential roles of eutrophication and climate change. *Harmful algae* **4**: 313-334.
- Persson PO. 2005. Miljöskyddsteknik – strategier och teknik för ett hållbart miljöskydd. KTH industriell ekologi.
- Petersson L. 2009. Rapport angående uppdrag om utsläpp av toalettavfall från fritidsbåt – En utredning på uppdrag från regeringen av förutsättningarna för införande av ett förbud mot utsläpp av toalettavfall och hur det skall avgränsas. Transportstyrelsen rapport 2009-12-01.
- Putnam DF. 1971. Composition and concentrative properties of human urine. National aeronautics and space administration contractor report 1802.
- Regeringen. 2012. Preciseringar av miljö kvalitetsmålen och etappmålen i miljömålssystemet. Regeringen miljödepartementet, regeringsbeslut I:4 M2012/1171/Ma.
- Revaq. 2016. Regler för certifieringssystemet utgåva 4.0 2017-01-01.
- Schönning C. 2003. Risk för smittspridning via avloppsslam – redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter. Naturvårdsverket rapport 5215.
- SFS 2009:381. Förordning (2009:381) om statligt stöd till lokala vattenvårdsprojekt.
- SJÖFS 2001:13. Sjöfartsverkets föreskrifter om mottagning av avfall från fritidsbåtar.
- Sládeček V, Sládečová A. 2003. Relationship between wet weight and dry weight of the periphyton. *Limnology and oceanography* **8**: 309-311.
- SMHI. 2017. S-HYPE kustzonsmodellen (HYPE modelsetup version: s-hype2012-version_3_0_0, HYPE version: HYPE_version_4_10_8H, Kustzon version: kustzonsmodellen_1_0_4) Data hämtad från vattenwebb 2017-01-02.
- Smittskyddsinstitutet. 2011. Cryptosporidium i Östersund – smittskyddsinstitutets arbete med det dricksvattenburna utbrottet i Östersund 2010-2011. Smittskyddsinstitutet, Solna.
- Stigebrandt A, Rahm L, Viktorsson L, Ödalen M, Hall POJ, Liljebladh B. 2014. A new phosphorus paradigm for the Baltic proper. *Ambio* **43**: 634-643.
- Stintzing AR, Rodhe L, Åkerheim H. 2001. Humanurin som gödsel – växtnäring, spridningsteknik och miljöeffekter. JTI – Institutionen för jordbruks och miljöteknik, lantbruk och industri rapport 278.
- Stockholm vatten. Opublicerad data. PM – Organiska miljöföroreningar från hushåll till reningsverk. Mätdata från Skarpnäck. Stockholm vatten och Käppala.
- Svenskt vatten. 2009. Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet. Svenskt vatten publikation P95.
- Svenskt vatten. 2016. Lista över ämnen i sanitetsvätskor. Opublicerat dokument från Svenskt vatten sammanställt av Frenzel M.
- Thuresson M, Haapaniemi U. 2005. Slam från avloppsreningsverk, mängder, kvalitet samt användning i Stockholms län under perioden 1981 till 2003. Länsstyrelsen i Stockholms län rapport 2005:10.
- Tillväxtverket. 2016. Fakta om svensk turism 2015. Publikation av tillväxtverket.
- Transportstyrelsen. 2016a. Nu införs förbud mot utsläpp av toalettavfall från passagerarfartyg. Pressmeddelande 2016-04-22. Hämtad 2016-09-27.
- Transportstyrelsen. 2016b. Kostnader och avgifter för toatömning. WWW-dokument: <https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fritidsbatar/Batlivets-miljofragor/Toalettavfall-fran-fritidsbat/Fragor-och-svar/Kostnader-och-avgifter-for-toatomning/> Hämtad 2016-09-27.

- Transportstyrelsen 2017a. Jämförelser med andra länder. WWW-dokument:
<http://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fritidsbatar/Batlivets-miljofragor/Toalettavfall-fran-fritidsbat/Fragor-och-svar/Jamforelser-med-andra-lander/> Hämtad 2017-01-04.
- Transportstyrelsen. 2017b. Om förbudet och varför det införs. WWW-dokument:
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/sjofart/Fritidsbatar/Batlivets-miljofragor/Toalettavfall-fran-fritidsbat/Fragor-och-svar/Om-forbudet-och-varfor-det-infors/> Hämtad 2017-01-04.
- TSFS 2012:13. Föreskrifter om ändring i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2010:96) om åtgärder mot förorening från fartyg.
- United States Environmental Protection Agency. 1991. R.E.D. facts sodium and calcium hypochlorite salts. Pesticides and toxic substances.
- Vaxholms stad. 2016a. Fakta om Vaxholm. WWW-dokument:
<http://www.vaxholm.se/externwebb-startsida/kommun-och-politik/fakta-om-vaxholm.html>
Hämtad 2016-11-22.
- Vaxholms stad. 2016b. Sammanställning enkät 2016. Vaxholms stad 2016, opublicerad.
- Värmdö kommun. 2016. Fakta om Värmdö. WWW-dokument:
<http://www.varmdo.se/kommunochpolitik/faktaomvarmdo.4.28a80d9d13dcb0f021b3bb.html>
Hämtad 2017-01-09.
- Wahlberg C. 2016. Organiska miljöföroreningar i avloppsvatten och slam från Henriksdal och Bromma – undersökningar 2014 och 2015. Stockholm vatten, diarienummer 15SV1018.
- Wagner M, Loy A. 2002. Bacterial community composition and function in sewage treatment systems. *Current opinion in biotechnology* **13**: 218-227.
- Wesslander K. 2012. Närsalter i svenska hav. SMHI faktablad 55.
- Wu Y-H, Yu Y, Hu H-Y. 2013. Potential biomass yield per phosphorus and lipid accumulation property of seven microalgal species. *Bioresource technology* **130**: 599-602.

Bildkällor:

Framsida: Josefine Klingberg 2016

Figur 1: Google 2017, My maps.

Figur 2, 3, 4, 5: Josefine Klingberg 2016

7 Bilagor

- Bilaga 1. Analysresultat
- Bilaga 2. Enkät riktad till fritidsbåthamnar och båtklubbar
- Bilaga 3. Enkät riktad till båtägare
- Bilaga 4. Medelvärdesberäkningar utgående från enkätundersökningar
- Bilaga 5. Volymberäkningar per sugtömningsstation och kommun
- Bilaga 6. Sanitetsvätskor och deras deklarerade innehåll
- Bilaga 7. Adsorberbart och extraherbart organiskt halogen
- Bilaga 8. Avloppsrening – krav, process och hämning

Bilaga 1. Analysresultat

Samtliga analysresultat för de fyra sugtömningsstationerna som provtogs under hösten 2016 samt för vissa parametrar jämförande data från avloppsreningsverk.

Tabell	B1. Analysresultat för vattenkemi för de fyra sugtömningsstationerna
	B2. Analysresultat torrsubstans och glödningsrest för Farstaviken
	B3. Analysresultat för terpenier för Farstaviken
	B4. Analysresultat för PCB och PAH för Farstaviken
	B5. Analysresultat för metaller för Farstaviken samt jämförande data
	B6. Analysresultat från Houtskär, Finland

Tabell B1. Analysresultat för vattenkemi för provtagna sugtömningsstationer, Arholma, Rödlöga, Farstaviken samt Norra Vaxön.

Analys	Arholma	Rödlöga	Farstaviken	Norra Vaxön
Provtagningsdatum	2016-09-15	2016-09-15	2016-10-12	2016-12-08
Vattentemperatur (°C)	15	15	8,2	3,5
pH	-	-	8,2	8,1
COD (mg/l)	5300	4800	-	3900
BOD ₇ (mg/l)	2500	2100	-	1900
Ammonium-nitrogen (mg/l)	1000	1100	850	1000
Totalfosfor (mg/l)	140	110	34	13
Totalkväve (mg/l)	1600	1500	1300	1300
Fosfat (mg/l)	-	-	-	5,3
EOX (µg/l)	-	-	17	29
Klorid (mg/l)	-	-	-	2400

Tabell B2. Analysresultat torrsubstans och glödningsrest för Farstaviken, Värmdö. Jämförande medelvärde från externslam till Ekebyhov avloppsreningsverk, vilken erhöles från Roslagsvatten.

Analys	Farstaviken	Externslam Ekebyhov ARV
Torrsubstans (mg/l)	7000	-
Glödningsförlust (mg/l)	1600	-
Glödningsrest (mg/l)	5400	-
Glödningsrest (%)	77,1	75,7
Kommentar	-	Medelvärde beräknat på tre prover mellan september och november 2015

Tabell B3. Analysresultat för terpenier för Farstaviken, Värmdö.

Terpenier	Resultat (mg/l)
Iso-propylbensen	<0,0010
Alfa-pinene	<0,0010
Kamfen	<0,0010
Beta-pinene	<0,0010
Metylisopropylcyklohexan	<0,010
3-Karen	<0,0010
2-Menten	<0,010
Cymen	<0,010
Kamfer	<0,10
(R)-(+)-Limonene	<0,010

Tabell B4. Analysresultat för polyklorerade bifenyler (PCB) och polycykliska aromatiska kolväten (PAH) för Farstaviken, Värmdö.

Analys	Resultat (µg/l)
PCB-28 Triklorbifenyl	< 0,003
PCB-52 Tetraklorbifenyl	< 0,003
PCB-101 Pentaklorbifenyl	< 0,003
PCB-118 Pentaklorbifenyl	< 0,003
PCB-138 Hexaklorbifenyl	< 0,003
PCB- 153 Hexaklorbifenyl	< 0,003
PCB-180 Heptaklorbifenyl	< 0,003
PCB Summa 7 st vatten	< 0,02
Benso(a)pyren	< 0,1
Benso(b)fluoranten	< 0,1
Benso(k)fluoranten	< 0,1
Benso(ghi)perylene	< 0,1
Fluoranten	< 0,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,1
PAH Summa 6 st	< 0,2

Tabell B5. Analysresultat för metaller för Farstaviken, Värmdö, jämförande medelvärden från Ekebyhov avloppsreningsverk samt gränsvärden för när parametrar kan påverka ledningsnät eller slamkvalitet negativt från Svenskt vatten (2009). Data från Ekebyhov erhöles från Roslagsvatten. Medelvärden från externslam är beräknade på 10 provtagningar under perioden september 2015 till september 2016. Medelvärden för inkommande och utgående avlopp är baserat på 12 st provtagningar från januari till december 2015. De värden från Ekebyhov avloppsreningsverk som var under rapporteringsgränsen dividerades med två och är inkluderade i medelvärdet. Externslamvärdena för Ekebyhov avloppsreningsverk är omräknade från torrsbstans till avlopp enligt beräkning $\frac{\text{Ämne} (\frac{mg}{kg})}{\frac{100-TS (\%)}{TS (\%)} + 1}$ med antagande att 1 kg avlopp motsvarar 1 l avlopp.

Analys	Farstaviken båtlatrin	Ekebyhov ARV externslam	Ekebyhov ARV inkommande	Ekebyhov ARV utgående	Svenskt vatten gränsvärde
Kalcium (mg/l)	82,00	-	-	-	-
Kalium (mg/l)	260,00	-	-	-	-
Magnesium (mg/l)	100,00	-	-	-	300
Bly (µg/l)	6,50	51,4 ± 24,8	1,9 ± 0,6	0,3 ± 0	50
Kadmium (µg/l)	0,49	3,6 ± 2,0	0,1 ± 0,0	0,0 ± 0,0	Bör inte förekomma
Koppar (µg/l)	85,00	2802,0 ± 1861,4	66,6 ± 22,8	2,1 ± 0,5	200
Krom (µg/l)	12,00	37,5 ± 22,6	2,0 ± 0,5	0,23 ± 0,1	50
Kvicksilver (µg/l)	0,14	0,9 ± 0,5	0	0	Bör inte förekomma
Nickel (µg/l)	35,00	44,5 ± 24,7	4,1 ± 0,9	2,2 ± 0,7	50
Zink (µg/l)	1500,00	3113,5 ± 1727,5	122,4 ± 38,4	47,1 ± 20,0	20

Tabell B6. Analysresultat från Houtskär, Åbolands skärgård i Finland, 2016-07-18.
Data erhöles från Pargas stad.

Analys	Houtskär
pH	8,4
COD (mg/l)	7400
BOD ₇ (mg/l)	4800
Totalfosfor (mg/l)	23
Totalkväve	1500
Fasta partiklar(mg/l)	570

Bilaga 2. Enkät riktad till fritidsbåthamnar och båtklubbar

Frågor, svarsalternativ och svar från enkäten riktad till fritidsbåthamnar och båtklubbar. Enkäten utformades och genomfördes i Google formulär.

1. Vad representerar du?

	i Norrtälje kommun	i Vaxholms stad	i Värmdö kommun
Båtklubb	2 st	3 st	5 st
Gästhamn	5 st	0 st	3 st

2. Hur många båtplatser respektive gästbåtplatser har ni?

Öppet svar

3. I vilken mån finns följande i er hamn?

	Finns, täcker behovet	Finns, täcker inte behovet	Finns inte, finns behov	Finns inte, finns inget behov
Landtoalett	9	1	2	4
Utslagsvask för ex. porta potti	1	0	5	8
Sugtömningsstation	6	1	4	4

4. Har ni en sugtömningsstation för båtlatrin vid er hamn?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
2	12,5	Ja, för våra medlemmar
3	18,8	Ja, öppen för alla
0	0	Ja, som vi samordnat tillsammans med en annan hamn/klubb
1	6,3	Nej, men vi har samordnat med en annan hamn/klubb vilken den är placerad i
10	62,3	Nej

5. Om ni har sugtömningsstation, hur stor volym har stationen (m³)?

Öppet svar

6. Om ni har sugtömningsstation, hur många tömningar tar den emot årligen? Svara i antal per år.

Öppet svar

7. Om ni inte har sugtömningsstation, planerar ni att införskaffa en? Om nej, specificera gärna varför.

Öppet svar

8. Vilket stöd, hjälp eller information önskar ni i båtlatrinfrågan, och från vem?

Öppet svar

9. Övriga kommentarer

Om du har några kommentarer om ämnet eller enkäten använd detta fält.

Öppet svar

10. Kontaktuppgifter – frivilligt

Lämna gärna kontaktuppgifter om ni samtycker att eventuellt bli kontaktad för frågor, eller för att få rapporten skickad till er när den är klar.

Öppet svar

Bilaga 3. Enkät riktad till båtägare

Frågor, svarsalternativ och svar från enkäten riktad till båtägare. Enkäten utformades och genomfördes i Google formulär.

1. I vilken kommun är er hemma-hamn?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
1	1,9	Norrtälje kommun
20	37,7	Vaxholms stad
32	60,4	Värmdö kommun
0	0	Öppet svar

2. Hur många personer är ni vanligtvis på båten?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
36	66,7	1-2
16	29,6	3-4
1	1,9	5-6
0	0	7-8
0	0	8-9
0	0	10 eller fler

3. Vad anser ni om följande service i områden där ni rör er?

	Antalet är tillräckligt	Antalet är inte tillräckligt	Vet inte
Sugtömningsstationer	10 st	26 st	13 st
Utslagsvaskar	3 st	13 st	29 st
Landtoaletter	18 st	20 st	11 st

4. Hur och av vem kan servicen i skärgården förbättras?

Öppet svar

5. Har ni toalett ombord på båten?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
22	40,7	Ja, toalett med septiktank för sugtömning
6	11,1	Ja, toalett som inte sugtöms (ex. portabel toalett eller direktutsläpp)
3	5,6	Ja, toalett som inte sugtöms men planerar att skaffa en som sugtöms
0	0	Nej, men vi planerar skaffa toalett
19	35,2	Nej, vi har inget behov för toalett ombord
4	7,4	Öppet svar

6. Om ni har toalett med sugtömning, hur stor är septiktanken? Svara i liter.

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
1	4,2	Mindre än 20 liter
10	41,7	20-40 liter
6	25	40-60 liter
4	16,7	60-80 liter
1	4,2	80-100 liter
2	8,3	100-150 liter
0	0	150-200 liter
0	0	större än 200 liter
0	0	Öppet svar

7. Om ni har toalett med sugtömning, hur ofta tömmer ni tanken per år?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
9	40,9	1-5 gånger per år
3	13,6	5-10 gånger per år
6	27,3	10-15 gånger per år
1	4,5	15-20 gånger per år
1	4,5	20-30 gånger per år
0	0	30-40 gånger per år
0	0	40-50 gånger per år
0	0	Fler än 50 gånger per år
0	0	Öppet svar

8. Om ni har toalett med sugtömning, hur full är septiktanken oftast när ni tömmer den?

Antal svar (st)	Andel svar (%)	Svarsalternativ
1	4,8	1 (tom)
2	9,5	2 (25 % full)
7	33,3	3 (50 % full)
7	33,3	4 (75 % full)
4	19	5 (full)

9. Om ni har toalett ombord, använder ni sanitetsvätska eller kemikalier för att exempelvis förhindra lukt? Om ja, specificera gärna vilken sanitetsvätska/kemikalie.

Öppet svar

10. Övriga kommentarer

Om du har några kommentarer om ämnet eller enkäten använd detta fält.

Öppet svar

11. Kontaktuppgifter – frivilligt

Lämna gärna dina kontaktuppgifter om du samtycker att eventuellt bli kontaktad för vidare frågor.

Öppet svar

Bilaga 4. Medelvärdesberäkningar utgående från enkätundersökningar

- Medelvärdesberäkningar för:
1. Septiktankvolym (tabell B5)
 2. Antal tömningar per septiktank per år (tabell B6)
 3. Procentuell fyllnad av septiktank vid tömning (tabell B7)
 4. Antal personer per båt (tabell B8)

1. Medelvolym septiktank

Tabell B5. Svartalternativ, medelvolym för beräkning samt antal svarande enligt enkätundersökningen riktad till båtägare.

Svartalternativ volym (l)	Medelvolym för beräkning (l)	Antal svarande (st)
< 20	10	1
20-40	30	10
40-60	50	6
60-80	70	4
80-100	90	1
100-150	125	2

Medelvärde:

$$\frac{(10 \cdot 1) + (30 \cdot 10) + (50 \cdot 6) + (70 \cdot 4) + (90 \cdot 1) + (125 \cdot 2)}{24} = 51,25 \pm 28,88 \text{ l} \approx \mathbf{51 \text{ l}}$$

2. Medelantal tömningar per septiktank per år

Tabell B6. Svartalternativ, medelantal tömningar per år samt antal svarande enligt enkätundersökningen riktad till båtägare.

Svartalternativ antal tömningar (st)	Medelantal tömningar för beräkning (st)	Antal svarande (st)
1-5	2,5	9
5-10	7,5	3
10-15	12,5	6
15-20	17,5	1
20-30	25	1

Medelvärde:

$$\frac{(2,5 \cdot 9) + (7,5 \cdot 3) + (12,5 \cdot 6) + (17,5 \cdot 1) + (25 \cdot 1)}{20} = 8,13 \pm 6,22 \text{ st} \approx \mathbf{8 \text{ st}}$$

3. Medelprocentuell fyllnad av septiktank vid tömning

Tabell B7. Svartalernativ för procentuell fyllnad av septiktank vid tömning samt antal svarande enligt enkätundersökningen riktad till båtägare.

% full enligt enkät	Antal svarande
0	1*
25	2
50	7
75	7
100	4

* Att en båtägare tömmer septiktanken när den är tom (0 % full) anses orimligt och är därmed exkluderad från beräkningarna.

Medelvärde:

$$\frac{(25 \% \cdot 2) + (50 \% \cdot 7) + (75 \% \cdot 7) + (100 \% \cdot 4)}{20} = 66,25 \pm 22,74 \% \approx \mathbf{66 \%}$$

4. Medelantal personer per båt

Tabell B8. Svartalernativ, medelantal personer per båt samt antal svarande enligt enkätundersökningen riktad till båtägare.

Svartalernativ antal personer per båt	Medelantal personer för beräkningar (st)	Antal svarande (st)
1-2	1,5	36
3-4	3,5	16
5-6	5,5	1

Medelvärde:

$$\frac{(1,5 * 36) + (3,5 * 16) + (5,5 * 1)}{54} = 2,18 \pm 1,02 \text{ st} \approx \mathbf{2 \text{ st}}$$

Bilaga 5. Volymberäkningar per sugtömningsstation och kommun

Volym per sugtömningsstation och kommun baserat på data över tömningar, från räkneverk på stationerna, medelvärden från enkätundersökningarna samt antaganden.

Norrtälje kommun

Det finns 14 sugtömningsstationer i Norrtälje kommun, för sju av dessa har volym kunnat uppskattas (tabell B9 och B10). För de resterande sju antogs en medelvolym utgående från de beräknade. Data för antalet tömningar av sugtömningsstationerna per år samt räknedata för antalet fritidsbåtar som kopplat till sugtömningsstationerna erhöles av kommunen. Sugtömningsstationerna som töms med slambil antas vara fulla vid tömningen.

Tabell B9. Volym per sugtömningsstation 2013-2016 för två sugtömningsstationer som töms med slambil i Norrtälje kommun.

Placering/namn	Arholma	Rödlöga
Tömningar 2013	1 st	1 st
Volym 2013	6 m ³	6 m ³
Tömningar 2014	2 st	1 st
Volym 2014	12 m ³	6 m ³
Tömningar 2015	2 st	1 st
Volym 2015	12 m ³	6 m ³
Tömningar 2016	3 st	3 st
Volym 2016	18 m ³	18 m ³
Medelvolym 2013-2016	12 m³	9 m³

Tabell B10. Volym per sugtömningsstation 2015-2016 baserat på antalet fritidsbåtar som kopplat till respektive sugtömningsstation. Data erhöles från kommunen som har räknemätare vid några sugtömningsstationer. Räknaren för Grisslehamn var trasig under säsongen 2016. För säsonger med räknare behandlas endast sommarsäsonger, varpå mätare som blivit installerade på hösten räknas med först nästpåkommande säsong.

Namn	Installation år	Räknare t.o.m. 2015 (st)	Räknare 2016 (st)	Räknare t.o.m. 2016 (st)	Säsonger med räkne-mätare (st)	Räknare per år medel t.o.m. 2016 (st)	Volym 2016 (m ³)	Volym medel t.o.m. 2016 (m ³)
Grisslehamn	2013 höst	395	-	395	2	198	-	6,7
Gräddö	2015 vår	739	1459	2198	2	1099	50,0	37,4
Herräng	2016 vår	0	502	502	1	502	17,1	17,1
Furusund	2014 vår	1463	1948	3411	3	1137	66,2	38,7
Älmsta	2013 höst	644	1038	1682	3	561	35,3	19,1

För de sju sugtömningsstationerna som saknar data för att uppskatta deras årliga volym antas ett årligt medelvärde baserat på volymen från de övriga sugtömningsstationerna, vilket ger 20 m³. Detta innebär att det i medel varje år samlas in 280 m³ båtlatrin i Norrtälje kommun och att det i medel per station samlas in 20 m³ båtlatrin.

Vaxholms stad

För den sugtömningsstation i Vaxholms stad som töms med slambil samlas information om volymen latrin in sugtömningsstationen samtidigt som stationen töms. Denna sammanställda volym har använts vid beräkningar istället för att anta en volym vilket gjorts för de övriga kommunerna. För de andra två sugtömningsstationerna som är kopplade på avloppsnätet uppskattades en total volym utgående från gästnattsstatistik (se stycke 4.1.4. i rapporten) (tabell B11).

Tabell B11. Volym per sugtömningsstation i Vaxholms kommun. För uppskattning av volym för Vaxholms gästhamn se punkt 4.1.4 i rapporten.

Placering/ namn	Volym	Tömningar 2015	Volym 2015	Tömningar 2016	Volym 2016	Medel volym 2015-2016
Vaxholm gästhamn (2 stationer)	A-nät		20 m ³		20 m ³	20 m³
Norra Vaxön	6 m ³	1 st	5,8 m ³	1 st	3,5 m ³	4,7 m³

Detta innebär att det årligen i Vaxholms stad samlas in 25 m³ latrin i sugtömningsstationerna samt att det i medel samlas in 12,35 m³ per station i kommunen.

Värmdö kommun

Det fanns under säsongen 2016 åtta stycken sugtömningsstationer i Värmdö kommun, då den nionde installerades på hösten 2016. Datum för när respektive sugtömningsstation tömts under 2015 och 2016 erhöles från kommunen och Värmdö hamnar för fem av sugtömningsstationerna (tabell B12). Eftersom stationerna töms då ägarna tror att stationen är i behov av tömning eller när någon passerande meddelat att stationen är full antas stationerna vara fulla vid varje tömning.

Tabell B12. Volym per sugtömningsstation för några sugtömningsstationer som töms med slambil i Värmdö kommun.

Placering/namn	Volym	Tömningar 2015	Volym 2015	Tömningar 2016	Volym 2016	Medel volym 2015-2016
Sandhamn	3 m ³	3 st	9 m ³	2 st	6 m ³	7,5 m³
Stavnäs	3 m ³	3 st	9 m ³	4 st	12 m ³	10,5 m³
Malma	3 m ³	1 st	3 m ³	2 st	6 m ³	4,5 m³
Farstaviken	3 m ³	3 st	9 m ³	1 st	3 m ³	6 m³
Björnö	3 m ³	2 st	6 m ³	2 st	3 m ³	4,5 m³

För de tre sugtömningsstationerna som saknar data för att uppskatta deras årliga insamlade volym båtlatrin antogs ett medelvärde från de övriga fem stationerna, vilket gav en årlig volym på 6,6 m³. Detta innebär att det årligen samlas in 46,2 m³ latrin i sugtömningsstationer i Värmdö kommun och att medelvolymen per station då är 5,3 m³.

Bilaga 6. Sanitetsvätskor och deras deklarerade innehåll

Sammanställning över sanitetsvätskor på svenska marknaden samt deras deklarerade innehåll enligt säkerhetsdatablad (tabell B13).

Tabell B13. Sanitetsvätskor och dess innehåll utgående från respektive produkts säkerhetsdatablad. Listan är delvis från Svenskt Vatten/Frenzen 2016.

Produktnamn	CAS-nummer	Ämne
Biltema saneringstabletter	497-19-8	Natriumkarbonat
	9012-54-8	Cellulaser
	77-92-9	Citron syra
	4474-24-2	Acid blue 80
Biltema saneringsvätska	7732-18-5	Vatten
	Saknas	Bacillusporer
	7757-82-6	Natriumsulfat
	68439-46-3	Ethoxylated C9-11 alcohols
	15245-12-2	Kalcium ammonium nitrat
	Saknas	Eteriska oljor
Dometic Extra care	84133-50-6	Tergitol
	26172-55-4	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one solution
	2682-20-4	2-Methyl-4-isothiazolin-3-one
	101-86-0	α -Hexylcinnamaldehyde
	91-64-5	Kumarin
	106-22-9	Citronellol
	118-58-1	Benzyl salicylate
Dometic Green care tabs	52-51-7	Bronopol
	91-64-5	Kumarin
	5989-27-5	Limonen
	7631-99-4	Natriumnitrat / chilesalpeter
	5989-27-5	Limonen
Dometic Power care tabs	52-51-7	Bronopol
	91-64-5	Kumarin
	5989-27-5	Limonen
Dometic Power gel	5949-29-1	Citric acid monohydrate
	101-86-0	α -Hexylcinnamaldehyde
	5989-27-5	Limonen

	2634-33-5	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-one
	2682-20-4	2-Methyl-4-isothiazolin-3-one
	26172-55-4	5-Chloro-2-methyl-4-isothiazolin-3-one solution
	97489-15-1	Sulfonsyra
Dulon toilet clean 34	-	-
	61789-40-0	Cocamidopropyl betaine
	5989-27-5	Limonen
Duoex Duospol	101-86-0	α -Hexylcinnamaldehyde
	78-70-6	Linalool
	80-54-6	2-(4-tert-Butylbenzyl)propionaldehyde
	127-51-5	Alpha- isomethyl ionone
	10124-37-5	Calcium nitrate tetrahydrate
	-	Bacillus spores
Gripen Bio Saner Proffs	68439-46-3	Ethoxylated C9-11 alcohols
	84929-31-7	Lemon oil
	84649-98-9	Cinnamon bark oil
	68038-70-0	Bacillus subtilis
Nitor saneringsvätska natur	68439-46-3	Ethoxylated C9-11 alcohols
	2634-33-5	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-one
	15245-12-2	Kalcium ammonium nitrat
	68439-46-3	Ethoxylated C9-11 alcohols
	-	Bacillus spores
Ocean Bio Saner	7757-82-6	Natriumsulfat
	7732-18-5	Vatten
	84649-98-9	Cinnamon bark oil
	84929-31-7	Lemon oil
	13477-34-4	Kalcium nitrat
Green Viking sanitärvätska	138-86-3	Limonen
	68424-85-1	Bensalkoniumklorid
	-	Fettalkoholetoxilat
Duoex V4	5989-27-5	Limonen
	101-86-0	α -Hexylcinnamaldehyde
	78-70-6	Linalool
	80-54-6	2-(4-tert-Butylbenzyl)propionaldehyde

	127-51-5	Alpha- isomethyl ionone
Ren fritid Klosettväska	-	-
Thetford Aqua Kem Blue Weekender	10124-37-5	Calcium nitrate tetrahydrate
	52-51-7	Bronopol
Thetford Aqua Kem Blue Sachets	125-12-2	Isobornyl acetat
	80-26-2	Terpinyl acetat
Thetford Aqua Kem Green	10124-37-5	Calcium nitrate tetrahydrate
Thetford Aqua Kem Green Sachets	15245-12-2	Kalcium ammonium nitrat
	52-51-7	Bronopol
Grön såpa	-	-
Spolarväska	-	-
K-sprit	-	-
Klorin	7681-52-9	natriumhypokloritlösning
Kalksalpetergranulat/kalciumnitrat	15245-12-2	Kalcium ammonium nitrat
Vitvinsvinäger	-	-

Bilaga 7. Adsorberbart och extraherbart organiskt halogen

Fördjupad information om AOX och EOX, komplement till stycke 4.2.3.2.

Extraherbart organiskt halogen

Adsorberbart organiskt halogen (AOX) är summan för parametrarna som beskriver provets innehåll av organiska halogener. De flesta AOX-molekyler innehåller klor men de förekommer även som föreningar med halogenerna brom och jod. Extraherbart organiskt halogen (EOX) är organiskt bundna halogener som kan extraheras med en icke-polär lösning (ALS Environmental 2013). EOX är därmed de mer lipofila AOX-ämnen och förväntas därför ha störst miljöpåverkan genom bioackumulering (Cato 2000). Vissa ämnen som ingår i AOX och EOX analyser förekommer även naturligt, varpå bakgrundvärden bör tas i beaktande (Naturvårdsverket 2003). Kronberg *et al.* (1992) påpekar att olika organiska lösningsmedel kan användas för att analysera EOX, vilket kan ge skillnader i resultat och bör tas hänsyn till.

Klor är ett bra desinfektionsmedel som även i flera fall används industriellt, bland annat vid dricksvattenproduktion, där det används i form av kloramin eller klor. Detta innebär att klorföreningar är vanligt förekommande i inkommande vatten till avloppsreningsverk då det inkommande vattnet till stor del är bad, tvätt och diskvatten. Klor tillkommer även till avloppsvatten från kroppen som klorid vilken är urins största beståndsdel efter urea (Putnam & Thomas 1969 refererad av Putnam 1971).

I nordiska ytvatten ligger AOX koncentrationen på 10-50 µg Cl/l, koncentrationen korrelerar även med vattnets humushalt då en högre humushalt ger ett högre AOX-värde. För EOX är motsvarande värde 0,1 µg/l. Klororganiska föreningar förekommer naturligt i både marina och terrester miljöer och en del växter kan producera klororganiska föreningar. Klororganiska föreningar har även industriellt ursprung och koncentrationen i nederbörd kan därmed vara betydande i vissa regioner (Kronberg *et al.* 1992).

Bilaga 8. Avloppsreningsverk – krav, process och hämning

Fördjupad och kompletterad information om avloppsreningsprocessen, reningskrav och faktorer som påverkar processen negativt. Tillägg till stycke 4.2.3.2.

Reningskrav

Reningskraven på avloppsreningsverk varierar bland annat beroende på verkens storlek, mätt i personekvivalenter (pe), och beroende på recipient och dess känslighet. Följande krav gäller avloppsreningsverk med utsläpp till sötvatten och ≥ 2000 pe eller utsläpp till havs- och kustvattenområde och ≥ 10000 pe enligt NFS 2016:6;

BOD Högsta koncentration som årsmedelvärde: 15 mg/l
Högsta koncentration per mättillfälle: 30 mg/l
Minska procentuella reduktion per mättillfälle: 70 % (40 % för avloppsreningsverk där biologisk rening är svårt att upprätthålla eller där utsläppen inte påverkar miljön negativt)

COD Högsta koncentration vid årsmedelvärde: 70 mg/l
Högsta koncentration per mättillfälle: 125 mg/l
Minsta procentuella reduktion per mättillfälle: 75 %

För totalkväve gäller högsta koncentration som årsmedelvärde 15 mg/l för avloppsreningsverk med belastning motsvarande ≥ 10000 - 100000 pe, 10 mg/l gäller för belastning motsvarande > 100000 pe och 70 % gäller för belastning motsvarande ≥ 10000 pe då recipient är havs- eller kustområdet från norska gränsen till och med Norrtälje kommun (NFS 2016:6).

Biologiska processen

Det finns flera olika processer som avloppsreningsverk kan använda sig av för att rena bort kväve ur avloppsvattnet. Ett av dem är assimilation som innebär att organismer eller i vissa fall växter binder in kväve i sina celler, denna rening är dock väldigt begränsad och desto vanligare är reduktion i form av nitrifikation och denitrifikation (Persson 2005).

Nitrifikation och denitrifikation

Reduktion av kväve via nitrifikation och denitrifikation sker i två steg. I det vanligen första steget omvandlas ammonium, som är den form kvävet till största del inkommer till avloppsreningsverket som, till nitrat. Denna process utförs av nitrifikationsbakterierna nitrosomonas och nitrobacter. Processen är aerob vilket innebär att den kräver syre (Persson 2005).

Nitrifikation: Ammonium (NH_4^+) \rightarrow Nitrit (NO_2^-) \rightarrow Nitrat (NO_3^-)

Steg 2 som vanligen efterföljer nitrifikationen i kvävereduktionsprocessen är denitrifikation. I vissa fall sker även en fördenitrifikation före nitrifikationsprocessen. Denitrifikation innebär att nitrat övergår till kvävgas som sedan kan luftas bort från avloppet. Förutom att detta är en anoxisk process som därmed kräver syrefria förhållanden krävs även en kolkälla för att processen skall ske (Persson 2005).

Denitrifikation: Nitrat (NO_3^-) \rightarrow Kvävgas (N_2)

Processutformning

De vanligaste utformningarna av den biologiska processen är aktivslamprocess eller biofilmprocess. I aktivslamanläggningar rör sig mikroorganismerna, vilka är från avloppets

naturliga kultur, fritt i bassängen och slam avskiljs för eftersedimentering. En del av det avskiljda slammet, kallat returslam, pumpas tillbaka till bassängen för att hålla en optimal mikroorganism- och slamkoncentration i bassängen och det resterande slammet, kallat överskottsslam, tas ut för vidare behandling. Denna typ av biologisk rening är ytkrävande, temperaturkänslig och kräver luftning. För att erhålla en hög kväverening kan processen delas upp i en aerob (luftad) och en anaerob (inte luftad) zon. Aktiv slamprocess kan vara både kontinuerlig eller satsvis. Den satsvisa kallas satsvis biologisk rening (SBR) och innebär att processtegen sker turvis i samma bassäng. En annan typ av biologisk rening är biofilmsprocess såsom exempelvis biobädd, biorotor eller biotorn. För dessa processtyper sitter mikroorganismerna fast på ytan av bärmaterial vilka i sin tur kan vara fritt svävande i eller sitta fast i bassängen (Naturvårdsverket 2007).

Lustgas

Lustgas (N_2O) är en av tre växthusgaser, de två övriga är koldioxid och metan, som kan bildas vid avloppsrening. Den huvudsakliga källan för lustgasutsläpp från avloppsreningsverk är kvävereduktionsprocessen. Vid denna process bildas lustgas vid låg syrekoncentration, hög nitratkoncentration eller om kvoten mellan COD och kväve är låg vid denitrifikationen. Även snabba förändringar i kvävereduktionsprocessen kan skapa lustgas (Kampschreur *et al.* 2009), vilket kan tänkas ske vid påsläpp av latrin från fritidsbåtar.

Svavelväte

Svavelväte är en mycket giftig gas och kan hos organismer skapa illamående, psykiska förändringar, skador på exempelvis luftvägar och i värsta fall leda till döden. Förutom dessa hälsoproblem skapar svavelväte korrosion på avloppsledningar och avloppsreningsverk. Svavelväte kan orsaka korrosion på både betong och metall. Svavelväte bildas då bakterier bryter ner organiskt material i syrefri miljö, sulfat reduceras då till sulfid och svavelväte kan avgå från avloppsvattnet (Bäckström *et al.* 2010). Då latrin från fritidsbåtarna blir att stå i sugtömningsstationer finns det en risk att svavelväte bildas eftersom latrin innehåller en hög koncentration organiskt material och luftutbytet och därmed syrautbytet är begränsat. Av samma orsaker skulle det även vara möjligt med svavelvätebildning från det båtlatrin som inkommer genom avloppsnätet, då latrin kan bli stillastående i sänkor eller vid pumpar. Fler parametrar än lättillgänglig kolkälla och låg syrekoncentration krävs för svavelbildning, såsom till exempel hög temperatur (Bäckström *et al.* 2010), vilket minskar risken för svavelbildning i sugtömningsstationer.