



Rapport 2021:26



Länsstyrelsen
Stockholm

Metaller och organiska miljögifter i avloppsslam

Stockholms län 2009–2019

För mer information kontakta
Länsstyrelsens enhet för miljöanalys
Tfn: 010-223 10 00

Författare: Johannes Knulst

Foto omslag: Bengt Ekberg/azotelibrary.com

Utgivningsår: 2021

ISBN: 978-91-7937-117-3

Du hittar rapporten på vår webbplats www.lansstyrelsen.se/stockholm

Förord

Länsstyrelsen har uppdraget att verka för att Sveriges miljökvalitetsmål nås. I Stockholms län har miljömålen Giftfri miljö samt Ingen övergödning varit prioriterade under ett antal år. Det finns stora utmaningar inom dessa mål.

Länets växande befolkning konsumerar stora mängder livsmedel och genererar stora volymer avloppsvatten. Både för att minska övergödningen och för att nå andra miljömål behöver den mängd näringsämnen som förs in i länet minskas. Vidare behöver ett kretslopp skapas av de näringsämnena som finns i länet och förlusterna till våra sjöar, vattendrag och kustvatten minimeras.

När det gäller miljömålet Giftfri miljö så vill vi minska mängden miljögifter som tillförs avloppsvattnet samtidigt som de mängderna som redan finns behöver minska, det vill säga renas.

Denna rapport fördjupar sig kring produktion, kvalitet och användning av slam från tillståndspliktiga avloppsreningsverk i Stockholms län med fokus på återföring till jordbruket. Den redovisar utvecklingen av metaller och organiska miljögifter i avloppsslammet under en tioårsperiod. En slutsats vi kan dra av rapporten är att det mesta av slammet är lämpligt att återföra till jordbruksmark och att kvaliteten har förbättrats kontinuerligt de sista åren.

För att nå målen med cirkulär ekonomi och att nå miljömålet Ingen övergödning behöver dock återföring av slam från avloppsreningsverk föras på en nationell nivå eftersom det på regional nivå i Stockholms län uppstår ett överskott på det slam som produceras.

Rapporten har sammanställts som en återkommande del av länets regionala miljöövervakning med medel som Naturvårdsverket avsatt för programmet för regional miljöövervakning.

Stockholm, september 2021

Anders Lindblom, enhetschef

Enheten för miljöanalys

Innehåll

Förord	3
Innehåll	4
Sammanfattning	5
Bakgrund	7
Gällande lagstiftning och miljöstyrning	9
Generellt om avloppsslam	9
Specifikt om slammets kvalitet och dess användning	10
Generell sammansättning avloppsslam	11
Information om specifika ämnen eller ämnesgrupper	12
Revaq-certifieringen	15
Omvärldens attityder omkring slamåterföring på åkermark	16
Hygienisering av slammet	17
Användning av slam	17
Effekter av slamåterföring till åkermarken	18
Metodik	21
Inventeringsmetodik	21
Datakällor	21
Bearbetning	21
Bedömning av effekterna på åkermark	23
Resultat	25
Produktion av avloppsslam i Stockholms län	25
Befolkningsutveckling i Stockholms län	26
Användningsområden för avloppsslam	27
Slamkvalitet	28
Metaller med gränsvärden	28
Organiska ämnen med gränsvärden	34
Kadmium-fosforkvoter	36
Beräknade belastningar för åkermark	37
Slamtestaren 2019	39
Diskussion	43
Slutsatser	47
Referenser	49
Bilaga 1: Tabeller med beräknade värden	53

Sammanfattning

Länsstyrelsen i Stockholms län följer utvecklingen omkring oönskade ämnen i avloppsslam från länets tillståndspliktiga avloppsreningsverk, som en del av den regionala miljöövervakningen. Slammet är en god indikator för de ämnena som cirkulerar i samhället och som reningsverken renar bort från det inkommande vattnet. I denna rapport har data sammanställts över ett antal metaller och organiska ämnen som verksamhetsutövarna har rapporterat in till den svenska miljörapporteringsportalen för åren 2009 till och med 2019.

Att allt fler människor bosätter sig i Stockholmsregionen har betydelse för reningsverkens drift, de behöver ta hand om mer spillvatten och det blir mer slam som produceras lokalt. En förskjutning från tidigare huvudsakligen industriellt spillvatten till primärt hushållsrelaterat spillvatten kan ses. Slammets användningsområden är framförallt inriktade på jordförbättringsmedel och återföring till åkermark. I Stockholms omedelbara närhet saknas tillräckligt med åkermark som har ett underskott av fosfor. För att kunna tillåta återföring till samhällets kretslopp behöver en god kemisk kvalitet av slammet säkerställas. För kvalitetshöjande arbete och kontroll av detta har VA-branschens riksorganisation, Svenskt Vatten startat REVAQ, ett kvalitetssäkringssystem för avloppsslam.

Över 95 procent av länets avloppsslam produceras i de fyra största reningsverken, som alla är Revaq-certifierade. Länets produktion uppgår till en femtedel av Sveriges produktion totalt. Halterna av de undersökta metallerna kadmium, kvicksilver, bly, krom och silver har minskat successivt i slam från de sju Revaq-certifierade avloppsreningsverken i Stockholms län under perioden 2009 till och med 2019. För metallerna koppar, zink och nickel är mellanårsvariationen relativt stor medan ingen tydlig minskning eller ökning kan ses i slammet. För de undersökta organiska ämnena, PAH, PCB och nonylfenol, kan en tydlig minskning konstateras för PCB och nonylfenol under perioden 2009 till och med 2019, medan halterna av PAH i slam varken ökar eller minskar under perioden. Mellanårsvariationen för både PAH och PCB är relativt stor, mindre för nonylfenol.

Vid slamåterföring på åkermark i och omkring länet finns det risk för en högre ackumulering av kadmium, kvicksilver och silver i åkermarken än den som är önskvärd, det vill säga med en kortare dubblingstid än 500 år (större än 0,02 % ökning per år). Samtidigt minskar dessa ämnens förekomst i slammet och i det atmosfäriska nedfallet. De av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärdena och de av VA-branschen föreslagna riktvärden kan följas för nästan allt slam som producerats i länets sju Revaq-certifierade reningsverk. För det slammet som inte klarar de uppsatta gräns- och riktvärden behöver branschen ha tillgång till alternativa metoder för användning av slampartier.

Våra regionala åkermarker, i hela Mälardalen, består mestadels av styva leror med en basisk karaktär och vanligen ett överskott av fosfor. Vid spridning av oönskade metaller och svårnedbrytbara organiska ämnen på dessa jordar kan halterna öka i jorden. Det innebär inte automatiskt en större risk för miljö och hälsa, eftersom metaller eller organiska ämnen i dessa leror ligger relativt hård bundna till jorden, med relativt låg risk för läckage till yt- eller grundvatten samt upptag i grödor. Däremot kan de relativt höga halterna i jorden utgöra en risk för upptag av betande djur som kommer i kontakt med jordpartiklarna. Att återföra slam till dessa lerjordar bör egentligen snarare syfta till att förbättra jordstrukturen än att påföra ännu mer fosfor. Doseringen bör anpassas så att det förutom hållbara halter av metaller och organiska föreningar i jord och grödor, även tas större hänsyn till risken för näringsläckage till länets vatten.

Bakgrund

Syftet med denna rapport har varit att följa utvecklingen omkring användbarheten av avloppsreningsverkens slam som källa till näringsämnen och organisk jordförbättringsmylla via återföringen till åkermark. Trots att slammet kan användas för andra ändamål än återföring till åkermark är det regeringens målsättning att så mycket som möjligt av slammet kan återföras till odlings kretslopp.

Ansamling i slammet av oönskade metaller och organiska ämnen, som kommer till reningsverket via spillvattnet, är det största hindret för att kunna nå detta mål. Att sprida föroreningar på åkermark kan leda till att marken blir olämplig för sitt bruksändamål under lång tid framöver ifall tillförda mängder överskrider bortförda mängder. Allt för höga halter av föroreningar i marken kan dessutom leda till negativa effekter på yt- och grundvattenkvalitet.

Som ett led i en hållbar samhällsutveckling har internationella samfund ställt upp principer som formats om till internationella och nationella miljömål. I Sverige finns en rad miljömål som tillsammans utgör grunden för miljöarbetet som bedrivs av enskilda, organisationer, kommuner och myndigheter. Bland dessa miljömål spelar kretsloppsanpassad resursanvändning en nyckelroll. För att kunna undvika att obrukbart avfall uppstår behöver så mycket som möjligt av material och energi återanvändas.

Fosfor och organiskt material är viktiga ingredienser för jordens möjlighet att generera mat till en allt större befolkning. Att fosfortillgångarna är begränsade gör att det är viktigt att återanvända så mycket som möjligt av det ämnet i våra kretslopp. Det har utvecklats ett antal sätt att utvinna fosfor ur avloppsslam för att kunna använda det som gödningsmedel på åkermark eller övriga gröna markytor utan att behöva sprida slam (Tideström m.fl. 2009). Eftersom avloppsslam också innehåller mycket organiskt material som behövs för att upprätthålla en god bördighet i odlingsmark, är det mest optimalt att gödsla odlingsmark med det intorkade slammet (Hushållningssällskapet 2015 och 2020).

Reningsverk tar emot dag- och spillvatten som innehåller många ämnen vilka kan utgöra en risk för miljö och hälsa, ifall de finns i för stora mängder. En del ämnen är skapade av människan och andra finns redan i miljön som naturliga spårämnen. De ämnena som renas bort från vattenfasen avgår till atmosfären eller samlas i slammet. Flera studier sammanfattar vilka ämnen som ansamlas i slam, alternativt följer med vattenfasen ut från reningsverken, till exempel Naturvårdsverket (1995), Sternbeck och Östling (1999), Gryaab (2008), Naturvårdsverket (2013), Flodgren (2015), Wahlberg (2016) och Hörsing och Ledin (2016).

Information om halter och mängder av miljögifter i slam och det utsläppta vattnet från avloppsreningsverk ger en möjlighet att avläsa hela samhällets användning av kemiska produkter, metaller, industrikemikalier, läkemedel, med mera.

Vilka ämnen som hamnar i slammet beror huvudsakligen på vilka verksamheter som finns kopplade till reningsverket (Sternbeck m.fl. 2013, Naturvårdsverket 2013, Flodgren 2015). Halterna av enskilda ämnen i slam kan därför variera mellan olika reningsverk. Det förekommer en stor variation i haltdata från olika perioder, vid olika reningsverk och i olika studier. Därför ger tillgängliga data endast en grov fingervisning om läget. I den här rapporten har vi valt att endast använda kvalitetsgranskade data, inrapporterade till den svenska miljörapporteringsportalen (SMP) som ett led i verksamheternas egenkontroll. Samma uppgifter rapporterar verksamheterna in till certifieringsorganet Revaq årligen.

Beroende på vilket avloppsreningsverk man undersöker är fördelningen av källor till oönskade metaller och organiska ämnen olika. Flodgren (2015) studerade källor till metallerna nickel och kadmium som hamnade i Himmerfjärdsverket. Liknande studier har gjorts av andra för andra verk, bland annat Gryaab (2008). Mycket stora andelar av metallerna kommer via hushållen. Flodgren (2015) rapporterade att så mycket som 71 procent av den inkommande kadmiummängden och 43 procent av den inkommande nickelmängden kom via hushållsvatten. Andra viktiga källor till inkommande metaller är fordonstvättar och andra mindre verksamheter, vägdagvatten och kemikalier som används i reningsverket (Flodgren 2015, Naturvårdsverket 2013).

Metallhalterna i klosett¹vatten rapporterades i en studie av SLU i Alnarp (Johansson och Svensson 2012). För metaller som har gränsvärden i slam konstaterade forskarna att klosett¹vatten innehöll i snitt mellan 1 och 33 procent av slammets gränsvärde för de olika ämnena. Bly (1 %), kadmium (13 %), koppar (12 %), krom (1 %), kvicksilver (2 %), nickel (7 %) och zink (33 %) rapporterades. Även för silver (0,2 %) och tenn (16 %) rapporterades genomsnittliga andelar av ämnets gränsvärde. I studien varierade halterna av metallerna kraftigt mellan olika inventerade uppsamlingsanordningar.

När avloppsslam ska användas direkt på odlingsmark är det nödvändigt att se till att oönskade ämnen inte ansamlas i marken till en nivå som gör marken otjänlig för växtodling. Oönskade ämnen som blir kvar i marken under lång tid är allra viktigast att begränsa, speciellt när de kan vara hälso- eller miljöfarliga, det vill säga att de har egenskaper som är särskilt giftiga, bioackumulerande och långlivade.

¹ Med klosett¹vattenkvalitet avses kvaliteten på det vatten som samlas upp i en sluten avloppstank till vilken enbart toaletter är anslutna (Revaq definition) vilket innebär endast bidrag från dricksvatten, urin och fekalier.

I den här rapporten tittar vi på de mest problematiska metallerna och några av de vanligaste organiska miljögifterna, med fokus på att kunna gödsla åkermark med slam utan att markens långsiktiga exponering blir en risk för miljö eller hälsa. För vissa metaller finns redan lagstadgade gränsvärden för halter i avloppsslam, vilket har lett till att dessa metaller finns uppmätta och rapporterade av reningsverkens huvudmän. Detsamma gäller för organiska ämnesgrupper som till exempel polyaromatiska kolväten (PAH), polyklorerade bifenyler (PCB) och nonylfenoler. Andra problematiska organiska ämnen som används i stora mängder, som till exempel bromerade flamskyddsmedel och poly- och perfluorerade ämnen (PFAS), har börjat undersökas. För dessa finns inget rapporteringskrav ännu, vilket gör att spridningen via slammet är relativt okänd idag (Revaq 2020, Hörising 2018). En annan intressant grupp av föroreningar är verksamma ämnen som förekommer i läkemedel. Många av dessa renas inte bort med dagens reningstekniker och de följer till stor del med det behandlade vattnet ur reningsverken (Törneman m.fl. 2014). Mindre andelar av dessa ämnen återfinns därför i slammet.

För bedömning av de långsiktiga effekterna i miljön är det avgörande hur svårnedbrytbara ämnena är. Metaller bryts inte ner alls. För organiska ämnen beror mycket på förhållandena på platsen där de förekommer. En rad organiska ämnen är kända som svårnedbrytbara och de utgör då en risk för försämring av markens kvalitet, sett över en längre tid. Rörligheten av ämnena i miljön bestäms till stor del av deras vattenlöslighet (Knutson 2011).

Organisationer som vill främja användbarheten av avloppsslam för odlingsändamål har identifierat att det krävs omfattande arbeten med att minimera utsläpp av olika föroreningar vid källan, det så kallade uppströmsarbetet. För att slammet ska kunna uppfylla de kriterier som angetts i miljömålen behöver källorna till föroreningarna identifieras och snarast åtgärdas. Revaq-certifiering innebär att det löpande satsas på att få ett renare avloppsslam. När slammet går att användas på odlingsmark, minskar därmed förluster av näringsämnen och avfallsmängden som behöver tas om hand.

Gällande lagstiftning och miljöstyrning

Generellt om avloppsslam

Slam är en biprodukt från avloppsreningsverkens reningsprocess. Eftersom avloppsreningsverkens slam innehåller föroreningar med miljö- och hälsoskadliga egenskaper har slammet primärt ansetts utgöra en typ av avfall som behöver omhändertas och som inte direkt går att återföra i samhällets kretslopp. Det är inte heller en bra lösning att lägga allt slam som produceras på deponier. Som beskrivits tidigare innehåller slammet även näringsämnen och andra ämnen som behövs för att förbättra odlingsmarkens bördighet och avkastning. Så snart som ett avfall har återvunnits, upphör det att vara avfall. Återanvändning av näringsämnen och mullbildande material från avlopps-

slam ingår i definitionen av återvinning. När avfall återvinns så att det upphör att vara avfall omfattas det av produkt- och kemikalielagstiftningen (SOU 2020:3).

För att undvika negativa effekter av slamspridning på åkermark har halterna av åtta metaller reglerats med gränsvärden i 20§ förordningen 1998:944². Naturvårdsverket reglerar slammets användning på åkermark genom föreskrifter SNFS 1994:2³ och spridning regleras mer specifikt av Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd (se nedan). Sedan 2005 råder ett generellt förbud att lägga obehandlat avloppsslam på deponi genom föreskrifter NFS 2004:4⁴.

Specifikt om slammets kvalitet och dess användning

Slammets kvalitet för användning på åkermark regleras genom Förordning (1998:944) som implementerar den Europeiska gemenskapens slamdirektiv (86/278/EEG) om skyddet för miljön, särskilt marken. Förordningen från 1998 listar gränsvärden för metaller i marken och avloppsslam som ska användas på åkermark. Naturvårdsverket föreslår (Naturvårdsverket 2013) en successiv sänkning av gränsvärdena för metaller och organiska ämnen fram till 2030 för att åstadkomma en hållbar balans mellan uttag och tillförseln av näringsämnen och oönskade ämnen.

Jordbruksverkets föreskrifter och allmänna råd (SJVFS 2004:62) om miljöhänsyn i jordbruket vad avser växtnäring innehåller bestämmelser om hur slammet får spridas och vilken dokumentation som krävs. Här ingår en avgörande bestämmelse om vilka doser gödningsmedel som får spridas på åkermark kopplad till gödningsmedlets innehåll av totalfosfor. I Sverige får maximalt 22 kg totalfosfor spridas per hektar och år. För slam innebär det således att slammets fosforinnehåll blir primärt avgörande för den maximala dosen som får spridas. Även vilka typer av mark som spridningen får ske på är reglerade i föreskriften. Sen kan det vara halter av vissa oönskade ämnen i slammet som ger anledning till mindre doser, vilket beskrivs senare i denna rapport. Detsamma kan gälla för åkermark med höga fosforhalter i jorden, där det egentligen enbart finns rekommendationer (8§ SJVFS 2004:62) men inga föreskrifter. För användning av slam på andra marktyper än åkermark saknas idag en reglering av slammets innehåll och hygieniska aspekter (Naturvårdsverket 2013, SOU 2020:3).

² Förordning (1998:944) om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter.

³ Naturvårdsverkets föreskrifter (SNFS 1994:2) om skydd av miljön, särskild marken, när avloppsslam används i jordbruket.

⁴ Föreskrifter (NFS 2004:4) och allmänna råd om hantering av brännbart avfall och organiskt avfall

Verksamhetsutövaren rapporterar kvartalsvis in fastställda uppgifter till svenska miljörapporteringsportalen och ska även publicera en tillgänglig årlig miljörapport och emissionsdeklaration för verksamheten.

Länsstyrelserna kontrollerar slammets kvalitet genom att granska miljörapporter och deras emissionsdeklarationer. Däremot är Länsstyrelsen i normala fall inte direkt inblandad i frågan som berör var slammet ska spridas. Det är främst en kommunal angelägenhet. Länsstyrelsen kan vara rådgivande i frågan genom tillsynsvägledning av kommunerna.

Lantbrukarna som vill sprida slam anmäler till kommunens miljökontor och begär dispens för spridning.

Generell sammansättning avloppsslam

Slammet har, sett ur föroreningsperspektivet, blivit allt renare under de senaste decennierna. I tidigare rapporteringar (Thuresson och Haapaniemi 2005, Thuresson 2008, Ishaq 2011, Lücke-Johansson 2014) har Länsstyrelsen Stockholm visat utvecklingen från början av 1980-talet fram till och med 2013. Trenderna som fanns då har försvagats något medan förbättringen fortsätter. Metaller och fosfor bryts inte ner och båda har en tendens att ansamlas i fast fas, det vill säga på partiklar som vanligen hamnar i slammet. Eftersom reningsprocessen i anläggningarna inte skapar dessa ämnen kommer de ifrån det inkommande avloppsvattnet. Ju högre reningsgrad för ett ämne som finns i reningsverkets avloppsvatten, desto större är andelen av ämnet som vanligtvis hamnar i slammet. Det är positivt för utsläpp från verket till vatten, mindre bra för slammets kvalitet. För möjligheten till att återföra näring och organiskt material i slammet är det därför viktigt att sådana ämnen som inte försvinner i miljön inte sprids i allt för stora mängder. Därför har gränsvärden funnits för halter av vissa metaller och några organiska ämnen i avloppsslam som är tänkt att spridas på åkermark. Naturvårdsverket föreslog successivt minskande gränsvärden för diverse metaller och organiska ämnen, redovisade i Tabell 1.

Tabell 1: De gränsvärdena för oönskade ämnen i avloppsfraktioner (slam), biogödsel och kompost som Naturvårdsverket föreslog 2013 i rapporten om hållbar återföring av fosfor (alternativ B, tabell 9 i rapport 6580, sida 174).

Tabell 9. Gränsvärden för oönskade ämnen i avloppsfraktioner, biogödsel och kompost i alternativ B.

Ämne	År 2015		År 2023		År 2030	
	mg/kg TS	mg/kg P	mg/kg TS	mg/kg P	mg/kg TS	mg/kg P
Bly	35	1 600	30	1 400	25	900
Kadmium	1	40	0,9	35	0,8	30
Koppar	600	21 400	550	19 600	475	17 000
Krom	60	2 100	45	1 600	35	1 200
Kvicksilver	1	40	0,8	30	0,6	20
Nickel	40	1 400	35	1 200	30	1 000
Silver	5	180	4	150	3	100
Zink	800	28 600	750	26 800	700	25 000
BDE-209 ¹	0,7	25	0,5	20	0,5	20
Dioxin ²	20 ³	700 ⁴	15 ³	550 ⁴	10 ³	350 ⁴
Klorparaffiner ⁵	4	150	3	100	2	70
PCB ₇ ⁶	0,06	2	0,05	1,8	0,04	1,4
PFOS ⁷	0,07	3	0,05	2	0,02	1

¹2, 2', 3, 3', 4, 4', 5, 5', 6, 6'-dekabromodifenyleter

²Polyklorerade dibenso-p-dioxiner och dibensofuraner (PCDD/PCDF). Anges som toxicitets-ekvivalenter (TEQ).

³ng TEQ/kg TS

⁴ng TEQ/kg P

⁵Kortkedjiga klorparaffiner (SCCP) C10-C13

⁶Polyklorerade bifenyler. Summa halt av kongenerna 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180

⁷Perfluoroktansulfonat

Information om specifika ämnen eller ämnesgrupper

Kadmium (kemisk beteckning Cd) är ett metalliskt grundämne som finns naturligt i jorden och som inte kan brytas ner. Metallen är viktig i många olika industriella tillämpningar. Fram till slutet av 1970-talet användes det flitigt vid till exempel galvanisering av stål. I dag är användningen hårt reglerad, men kadmium får fortfarande användas i nickel-kadmiumbatterier och som färgpigment i konstnärsfärger (Kemikalieinspektionen 2012).

Bly (kemisk beteckning Pb) är ett metalliskt grundämne som förekommer i miljön, oftast som mindre vattenlösliga ämnen i form av oxider. Tidigare ingick bly i många produkter framställda av människor. Eftersom bly är mycket skadligt har föreningar med bly varit föremål för en omfattande utfasning. Nu används ämnet främst i fiskeredskap, batterier och ammunition. Utfasningen från bland annat glas och bensin syns i de kraftigt minskande halterna av bly i miljön. Bly sprids främst via atmosfäriskt nedfall och även det har minskats kraftigt med åren sedan förbudet trädde ikraft.

Kvicksilver (kemisk beteckning Hg) är ett av de allra farligaste metalliska grundämnena som under flera decennier har varit föremål för utfasning. En del kvicksilver omvandlas i naturen till det extremt giftiga ämnet metylkvicksilver. Tidigare användes kvicksilver i många tillämpningar, som numera har blivit förbjudna. Bland dessa var termometrar och tryckmätare en viktig källa till föroreningar med kvicksilver. Andra användningsområden av betydelse är tidigare tandvård (amalgam), elektriska komponenter och medicintekniska instrument. Utfasningen har börjat synas i svagt minskande halter av ämnet i miljön. Det atmosfäriska bidraget till länets belastning är fortfarande betydande, vilket gör att minskningen går väldigt långsamt och miljöproblemen på grund av kvicksilver troligen kvarstår under lång tid framöver.

Krom (kemisk beteckning Cr) är ett metalliskt grundämne som förekommer i några olika former i naturen. Den mest farliga formen är den så kallade hexavalenta formen, också kallat sexvärt krom. Den är cancerframkallande, kan ge kontaktallergi och är mycket giftig. Vanligen är halterna av krom i vatten och jord låga. Men genom att krom använts i många metallföremål och förekommer i cement och betong finns det en påtaglig spridningsrisk för ämnet via avloppsvatten.

Koppar (kemisk beteckning Cu) är ett metalliskt grundämne som är vanligt förekommande i berggrunden. Giftigt för vattenlevande organismer vid kraftigt förhöjda halter. I marken kan relativt höga halter vara acceptabla på grund av ämnets sämre biotillgänglighet. Koppar används fortfarande i rörledningar, bildelar och elektriska ledningar. En del koppar används som bekämpningsmedel, främst som träskyddsmedel eller i båtbottnfärger som skyddar mot påväxt. Eftersom det befintliga VA-systemet innehåller många koppardetaljer finns det risk för ett långvarigt, relativt stabilt läckage av koppar till reningsverken. Bidraget från vägdagvatten är troligen betydelsefullt för de reningsverk som tar emot dagvatten.

Nickel (kemisk beteckning Ni) är ett metalliskt grundämne som används mycket i olika metallprodukter. Ämnet har en silvrig färg och är motståndskraftigt mot oxidation, vilket gör att det används för att skydda andra metaller mot korrosion. Utsläpp av nickel förväntas därför vara påtagligt via avloppsvatten. Nickel kan ge kraftiga allergier och ämnet är toxiskt vid höga intag, vilket bland annat kan orsaka missfall.

Zink (kemisk beteckning Zn) förekommer rikligt i jord och berggrund och därmed även i vattenmiljöer i länet. Ämnet har en relativt låg giftighet. Spridningsrisken är stor eftersom zink används i många olika processer och produkter, främst inom metallindustrin och i förzinkade byggnadstekniska produkter. Vid höga halter är zink giftigt för marklevande mikrober, vilket kan orsaka sämre nedbrytningsprocesser i jorden. Även höga halter av zink i vatten kan påverka vattenlevande organismer negativt.

Naturvårdsverket (2013) har utöver redan gällande gränsvärden för metallerna ovan föreslagit gränsvärden för silver i kommande reglering av

slammets återföring till odlingsmark. Här tar vi även upp silver, eftersom det finns rapporterade mätdata i slam för det ämnet i SMP.

Silver (kemisk beteckning Ag) spreds tidigare i stora mängder genom dess användning inom foto- och filmindustrin. Det har nästan helt upphört på grund av digitaliseringen av bild och film. Vissa problem kvarstår till följd av kraftigt förorenade områden från tidigare verksamheter. I modern tid har det blivit aktuellt att använda silver som antibakteriellt medel i behandlade varor (Kemikalieinspektionen 2012). Vid tvättning av dessa varor (till exempel sportkläder, hushållsmaskiner och köksbänkytor) finns risk att silvret hamnar i avloppsvattnet. Halterna av silver i slam från reningsverken i Stockholms län har minskat kraftigt sedan 1980-talet, då årsmedelhalterna för länet varierade mellan 35 och 48 mg/kg torrsvikt slam (Lücke-Johansson 2014). Minskningen förändrades till en smärre ökning mellan 2006 och 2012. Sedan vände trenden. Den fortsatt svagt nedåtgående trenden för ämnet i slamm har troligen även en koppling till hushållens utsläpp med tvättvatten (Svenskt Vatten 2018). Silver är vid höga halter giftigt för marklevande mikrober, vilket kan orsaka problem med nedbrytning av organiskt material i jorden.

Nonylfenoler ingår i en stor grupp kemiska ämnen med olika slags egenskaper och som kallas alkylfenoler. Dessa har fram till början av 2000-talet använts i många industriella tillämpningar och i hushållsprodukter. Det vanligaste ämnet, nonylfenol (4-nonylfenol) är en vätska som är svårslöslig i vatten. På grund av nonylfenolernas giftighet och svårnedbrytbarhet har användningen av nonylfenoler reglerats inom EU. I tvätt- och rengöringsmedel som används inom EU får endast lättnedbrytbara tensider finnas, vilket utesluter nonylfenol-etoxilater som kan omvandlas till nonylfenol. I andra produkter tillåts endast låga halter, mindre än 0,1 % nonylfenol. Begränsningen gäller inte importerade produkter, vilket innebär att kläder, papper och lädervaror som importerats från utanför EU kan innehålla högre halter nonylfenol.

PAH är en stor grupp organiska ämnen som har gemensamt att de bildas av kol- och väteatomer som binds ihop i minst en aromatisk ring. De finns ursprungligen i mineralolja, stenkol och oljeprodukter och bildas vid förbränning av organiskt material. Därför hamnar de också i miljön. Vissa av dessa ämnen är cancerframkallande. Vissa kan vara svårnedbrytbara, andra flyktiga. För PAH finns olika uppdelningar för bedömning av deras fara för miljö och hälsa. Risken bedöms för tre grupper av PAH, med låg, medel eller hög molekylvikt. För miljörelaterade riskbedömningar analyseras summan av de sex vanligast förekommande ämnena med negativa egenskaper. PAH-6 som vanligen ingår i analyspaket för avloppsslam (modifierad SNV3829-metod) består av ämnena fluoranten, benso(b)fluoranten, benso(k)fluoranten, benso(a)pyren, benso(g,h,i)perylen och indeno(1, 2, 3-cd)pyren.

Fram till 1978, då PCB förbjöds i Sverige, användes PCB främst i isolering och som smörjolja i kondensatorer samt transformatorer, som tillsats i fogmassor, färg och i självkopierande papper. Eftersom många byggmaterial och andra produkter i hushållen innehåller PCB sker fortfarande en diffus spridning, men den är betydligt mindre under redovisningsperioden 2009 till och med 2019 än under tidigare år. Det händer att ett lokalt utsläpp leder till temporärt förhöjda halter i miljön. PCB består av en grupp ämnen med olika egenskaper som styrs av antal och platsen där kloratomer sitter på grundstrukturen av två bensenringar. De mest intressanta PCB isomerer ur miljö- och hälsoperspektivet analyseras tillsammans som summa av 6 eller 7 isomerer, de vanligast förekommande ämnena. Det är isomererna PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 tillsammans som utgör PCB-7. För PCB-6 analysen saknas PCB 118 som även ingår i analyspaket för dioxinlika PCB.

För närvarande är det några grupper av organiska miljögifter som anses ha egenskaper som gör att de ansamlas i slam och har långa uppehållstider i jord. Bland dessa är det främst triklosan, ftalater, poly- och perfluorerade ämnen (PFAS) och bromerade flamskyddsmedel och de som redan nämnts ovan som står i fokus.

Naturvårdsverket har föreslagit gränsvärden för några grupper av organiska ämnen (Tabell 1.)

Eftersom dessa ämnen inte har rapporterats in med tillräcklig regelbundenhet och i tillräcklig omfattning är det svårt att i nuläget dra slutsatser om ämnenas förekomst i slam från de olika reningsverken i länet.

Revaq-certifieringen

För att kunna uppfylla återbruksmålet med avloppsslam har branschens riksorganisation, Svenskt Vatten, under tidigt 2000-tal påbörjat ett systematiskt arbete med certifiering av slammet. Detta system heter REVAQ.

Certifieringen utfärdas av Sveriges nationella ackrediteringsorgan, RISE (tidigare SP) och har varit tillgänglig sedan 2008.

Certifieringsregler har fastställts av Svenskt Vatten, efter förslag från en styrgrupp med representanter från berörda producenter, användare och andra aktörer. Vid certifiering enligt dessa regler ligger fokus på:

- ständig förbättring
- strukturerat arbetssätt
- systematiskt uppströmsarbete
- spårbarhet
- slamkvalitet enligt specificerade krav.

Det långsiktiga målet är att innehållet av spårämnen och oönskade ämnen i inkommande avloppsvatten inte ska överstiga det i klosettvalet⁵, vilket innebär inga av människan tillförda oönskade ämnen. Långsiktigt bör halter av ej essentiella spårämnen i åkermarken inte öka. Balans mellan bort- och tillförsel ska råda vid återföring av växtnäring från slam. Inte heller essentiella spårämnen får ackumuleras i sådan grad att markorganismer eller gröda påverkas negativt. Målet är att ackumuleringstakten av ej essentiella spårämnen inte får överstiga 0,20 procent per år, dvs. halterna i åkermarken ska inte fördubblas på kortare tid än 500 år. Vid slamspridning på åkermark är målet att nytillskottet av kadmium per kg fosfor inte ska överstiga det i genomsnittlig mineralgödsel som används i Sverige (Revaq 2021). Rapportering av gödsling med avloppsslam sker sedan till Revaqs kartdatabas för bästa möjliga spårbarhet.

Organisationen samarbetar med Naturvårdsverket och tillhandahåller verktyg och information som underlättar att det inkommande avloppsvattnet blir fritt från oönskade föroreningar genom förbättringsåtgärder uppströms reningsverken.

Omvärldens attityder omkring slamåterföring på åkermark

Efter Naturvårdsverkets förslag till en ny reglering av slamhanteringen har regeringen låtit utföra en statlig utredning om hur avloppsslam kan hanteras på bästa sätt (Statens offentliga utredning om avloppsslam, SOU 2020:3). Remissvaren angående slutsatserna i utredningen från organisationer, myndigheter och kommuner har nu publicerats på regeringens webbplats. Förslaget består av två alternativa lösningar. Det första är ett totalförbud av återföring av avloppsslam till alla typer av mark. Det andra alternativet, som förespråkas av de flesta remissinstanser, innebär ett generellt förbud mot att återföra avloppsslam till odlingsmark med möjlighet till undantag.

Regeringen har tidigare (2018) flaggat för att de föredrar ett totalförbud för slamspridning på åkermark, efter påtryckningar från det svenska folket. Det skulle innebära att fosfor behöver avskiljas från slammet och enbart fosfor kommer att kunna föras tillbaka till kretsloppet. Därmed går det organiska materialet som finns i slammet förlorat. Idag kända tekniker för att avskilja fosfor ur slammet är relativt dyra och ingen teknik möjliggör återanvändning av den organiska fraktionen (Tideström m.fl. 2009, VA-guiden 2018). Bland annat Naturskyddsföreningen har tryckt på för ett totalförbud av slamåterföring till odlingsmark med hänvisning till redan gällande totalförbud i andra EU-länder och miljögifterna som följer med slammet (Naturskyddsföreningen 2018).

⁵ Med klosettvaletkvalitet avses kvaliteten på det vatten som samlas upp i en sluten avloppstank till vilken enbart toaletter är anslutna (Revaq definition).

Nu finns det förslag till att endast hygieniserade och certifierade slampartier kan få undantag för att kunna återföras i kretsloppet via jordbruket (SOU 2020:3). Naturvårdsverket och flera andra myndigheter och intresseorganisationer ställer sig positiva till detta förslag om förbud med möjlighet till undantag för spridning av certifierat slam och förespråkar Revaq-certifieringen. Naturskyddsföreningen är fortfarande emot spridning av slam på odlingsmark och förespråkar ett totalförbud med teknisk utvinning av fosfor ur slammet som alternativ (Naturskyddsföreningen 2020). Länsstyrelsen Stockholm anser att det generellt har varit för ensidigt fokus på återföring av fosfor i denna debatt om hantering av avloppsslam. Vikten av det organiska material som kan ge bättre jordstruktur bör inte ses som en sekundär fråga, inte minst i Mälardalen med dess täta lerjordar. Det krävs en realistisk helhetsbedömning.

Hygienisering av slammet

Förutom risken med slammets innehåll av oönskade metaller och organiska ämnen finns det även risken för spridning av skadliga mikroorganismer och virus att beakta vid spridning av slammet på odlingsmarker. För att minimera den risken behöver slammet hygieniseras.

Vid hygienisering kan slamlagring vara en av metoderna att bli kvitt zoonoser, bakterier och skadliga virus (Schönning 2003). En annan metod sker genom termisk rötning i röt-kammare (Tideström m.fl. 2009). Rötat avloppsslam behandlas vid högt tryck och vid 375°C, då vattnet är i så kallat superkritiskt tillstånd (varken vätska, gas eller fast form). Under dessa förhållanden löser sig alla organiska ämnen i det superkritiska vattnet och genomgår fullständig oxidation med tillförd syrgas. Organiska ämnen bildar under processen en fast flock, som kan separeras från vätskan. Processen är exoterm och efter start av processen kan utvecklade reaktionsvärme vara tillräcklig för att upprätthålla temperaturen i reaktorn. Skadliga mikroorganismer och virus fastnar vanligen på flocken och fälls ut under processen. Det avskilda fasta materialet behandlas som farligt avfall. De olika metoder för hygienisering har visat blandade resultat (Schönning 2003) och forskning pågår för att förbättra kunskaper om bästa möjliga tekniker för detta.

Användning av slam

Avloppsslammet består av organiskt, mullbildande material och är rikt på växtnäringsämnen, främst fosfor och kväve. Dessa växtnäringsämnen är viktiga för att kunna upprätthålla produktiviteten i åkermark. Just tillgången till fosfor kommer troligtvis att vara begränsad i framtiden, eftersom användningsbehovet av gödselmedel i jordbruk är stort och naturtillgångarna av brytbar fosfor ändliga. Spridning av slammet på åkrarna kan sannolikt bidra till en hållbar återvinning av de växtnäringsämnena som annars skulle lämna kretsloppet.

Slamanvändning inkluderas i Sveriges nationella miljö kvalitetsmål *God bebyggd miljö* för ekologisk hållbar utveckling, där målet är att "*fosfor bör ingå i kretsloppet mellan stad och land och återföras till jordbruksmark*". Vidare omfattas användningen av avloppsslam av miljö kvalitetsmålet *Ingen övergödning*, där målet är att minska läckaget av näringsämnen som kan bidra till övergödning av sjöar, vattendrag och havet. Utsläppet av växthusgaser från slamhanteringsprocessen påverkar miljö kvalitetsmålet *Begränsad klimatpåverkan*. Vidare berörs fler miljö mål av slammets spridning på åkermark, bland dessa *Giftfri miljö* och *Bara naturlig försurning*.

Användning av slammet inom jordbruket har minskat kraftigt. I början av 1980-talet spreds det mesta av slammet på åkermark, medan bara en liten andel av slammet har tillförts åkermark på senare tid. Detta var en följd av anti-slamkampanjer som kom i slutet av 1980-talet och under 1990-talet. Genom en ökande miljömedvetenhet och inriktning på långsiktig hållbarhet inom jordbrukssektorn kom det till diskussioner omkring problem med spridning av gifter på den marken där maten skulle produceras. Som konsekvens blev det förbjudet att sprida slam på odlingsmarker. Både jordbrukssektorn och allmänheten vände sig emot denna typ av användning av det förorenade slammet. I den senaste statliga utredningen (SOU 2020:3) finns det förslag på att behålla det generella slamspridningsförbudet på åkermark med möjlighet för vissa undantag. Genom Revaq-certifieringen har det åter blivit möjligt att sprida slammet på åkermark under kontrollerade förhållanden.

Effekter av slamåterföring till åkermarken

De lokala förhållandena på åkermarken är styrande över möjligheten till att återföra slam som närings- och jordförbättringsmedel. Markens befintliga innehåll av näringsämnen, tungmetaller och organiska föroreningar påverkar möjligheterna att använda avloppsslam som gödselmedel (Albertsson 2013, Revaq 2020).

Reglering av tillförseln av metaller och oönskade organiska ämnen till åkermark sker genom att sätta gränser för maximalt tillåtna mängder i gram ämne per hektar och år. Givorna kan även beräknas som mikrogram per kg fosfor för att tydliggöra huruvida fosfor- eller ämneshalten bör vara begränsande för spridningsdosen. För organiska ämnen gäller förstås att de egentligen inte bör finnas i marken överhuvudtaget. Därför har Naturvårdsverket haft svårt att sätta relevanta gränser för dessa ämnen (Naturvårdsverket 2013). För de genom kemikalielagstiftningen prioriterade ämnena för utfasning är det primärt av vikt att se halterna i jord minska med tiden, inte öka.

I denna rapport har några exempel beräknats från de redovisade haltdata med beräkningar i verktyget Slamhanteraren.xlsx (Revaq, 2019-års slamproduktion). För att resultaten ska kunna användas utan större fel behöver anvisningarna i bilaga 5 till Revaq-reglerna följas. Analysvärden i

modellen för svensk åkermark är tagna från bilaga 6 i Naturvårdsverkets rapport nr 5148 (Naturvårdsverket 2001). Notera att det inför denna studie inte har funnits riktiga markkemiska data att jämföra med, istället har de av Revaq använda standardvärden behållits i verktyget.

Resultat kan relateras till markens bördighet och hur lång tid det kan krävas för marken att få en bra odlingsbalans i länet. För slam från Revaq-certifierat avloppsreningsverk ställs krav på att kadmium-fosforkvoten ska minska linjärt från 34 mg Cd/kg P år 2011 till 17 mg Cd/kg P år 2025 (Revaq 2013). Dessutom analyseras 60 spårämnen regelbundet i både slam- och markprover. Naturvårdsverket (2018) ger exempel på hur en slambalans kan räknas fram med hjälp av data från SMP. Det är en avvägning mellan in- och utgående mängder slam i verkets lager, åkermark och annan användning. För markens bördighet kan det vara tillräckligt med mindre fosforgivor än de lagstadgade maximala givorna på 22 kg per hektar och år. Här kan halterna av oönskade ämnen användas för att minimera risk för ökande markhalter av just dessa ämnen.

Kriterierna, det vill säga de ämnesegenskaper ett organiskt miljögift ska ha för att vara ett utfasningsämne är cancerframkallande, mutagent, reproduktionstoxiskt, hormonstörande, PBT/vPvB – persistenta, bioackumulerande, toxiska/ mycket persistenta, mycket bioackumulerande och/eller ozonstörande ämnen (Naturvårdsverket 2008). Men detta angreppssätt tar inte hänsyn till mängder av ämnena. Revaq hanterar metaller på ett annorlunda sätt. 60 spårämnen/metaller analyseras, de som har en ackumulerings-takt större än 0,20 % per år vid gödsling med slam benämns prioriterade spårämnen. För dessa prioriterade spårämnen och de som regleras av svensk lagstiftning och som vid normal fosforgiva tillförs med mer än hälften av tillåtet gränsvärde ska en handlingsplan tas fram (Hörsing och Ledin 2016).

I Stockholmsområdet produceras de största mängder slam. Nära Stockholm råder det brist på åkermark som lämpar sig för slamspridning. Slammet behöver transporteras till slätterna runt Mälaren, det vill säga Uppsala, Enköping, Västerås och Nyköping. Stockholm Vatten har tidigare föreslagit att cirka 40 procent av Stockholms slam har åker inom rimligt avstånd att bli utspridd på (Stockholm Vatten 2013). Genom Revaq kan samordning ske för att slamproducenterna kan skriva avtal med lämpliga underentreprenörer om transport och spridning på lämplig åkermark (Käppalaförbundet 2020). Dessa transport- och spridningsföretag granskas sedan av oberoende revisorer (Revaq 2020).

På gårdar där endast handelsgödsel tillförs åkermarken minskar de markbundna förråden av koppar och zink med en genomsnittlig förändringstakt på minus 15 % respektive minus 6 % under kommande 100-årsperioden, förutsatt oförändrade förhållanden. Halterna av kvicksilver och bly tenderar däremot att öka på dessa gårdar, med drygt 3 % respektive 2 % på 100 år (Knutson 2011). Genom minskande atmosfäriska bidrag kan halterna komma att närma sig en balans mellan tillförsel och bortförsel. För arsenik,

kadmium, mangan och nickel är det i princip redan jämvikt mellan tillförsel och bortförsel. I södra delarna av landet kan man på växtodlingsgårdar, där det ingår sockerbetor i växtföljden, se att halterna av kadmium i matjorden minskar med 6 % på 100 år. Orsaken är att stora mängder kadmium förs bort via skörd då sockerbetor tar upp relativt rikliga mängder kadmium. På gårdar specialiserade på antingen mjölk- eller slaktsvinsproduktion, där åkermarken enbart tillförs stallgödsel, är det en påtaglig ökning av koppar och zink då båda dessa spårämnen finns i rikliga mängder i stallgödseln (Knutson 2011). Dessa förändringstakter måste ses som små och indikerar att det i stort är jämvikt mellan tillförsel och bortförsel för flera av dessa spårämnen. Jämfört med 1990 har nettotillförseln avtagit för majoriteten av spårämnen oberoende av driftsinriktning. För arsenik, kadmium, krom, kvicksilver, mangan, nickel och bly har förändringstakterna i matjorden sjunkit till försumbara nivåer. Vilket beror framför allt på en kraftigt minskad atmosfärisk deposition. Oftast är det depositionen som ger det största bidraget av de icke önskvärda spårämnena kadmium, kvicksilver och bly (Knutson 2011). Behovet av tillförda näringsämnen varierar stort mellan olika delar av landet. För lerjordar i Mellansverige finns idag vanligen ett överskott av fosfor i marken och för dessa jordar är det viktigare att förbättra jordens mullhalt än att skjuta till mer fosfor (Naturvårdsverket 2005).

Metodik

Inventeringsmetodik

Datakällor

Data har exporterats från den svenska miljörapporteringsportalen (SMP) som är tillgänglig via webben. Flera rapporter, vägledningar och artiklar har granskats inför skrivandet av denna rapport. Det har funnits viss vägledning att ta del av från Länsstyrelsen Västra Götaland (2010).

Reningsanläggningar dimensionerade för fler än 2 000 personekvivalenter (PE) är tillståndspliktiga enligt miljöbalken (en personekvivalent motsvarar mängden syreförbrukande organiskt material som en person teoretiskt belastar avloppet med per dygn = cirka 70 g/dygn⁶). I denna rapport har vi använt data från länets samtliga anläggningar större än 2 000 PE (Figur 1). För slammets användning på åkermark har vi fokuserat på de reningsverk som redan har blivit Revaq-certifierade (se avsnitt om Revaq).

Tidigare hade inrapporterade data många brister, både i EMIR och i den nu gällande SMP (Naturvårdsverket 2014). Rättning utförs i en granskningsprocess som ständigt pågår vid tillsynsmyndigheterna. Efter datauttag ur systemet har vi på Länsstyrelsen manuellt granskat och i vissa fall rättat uppgifterna.

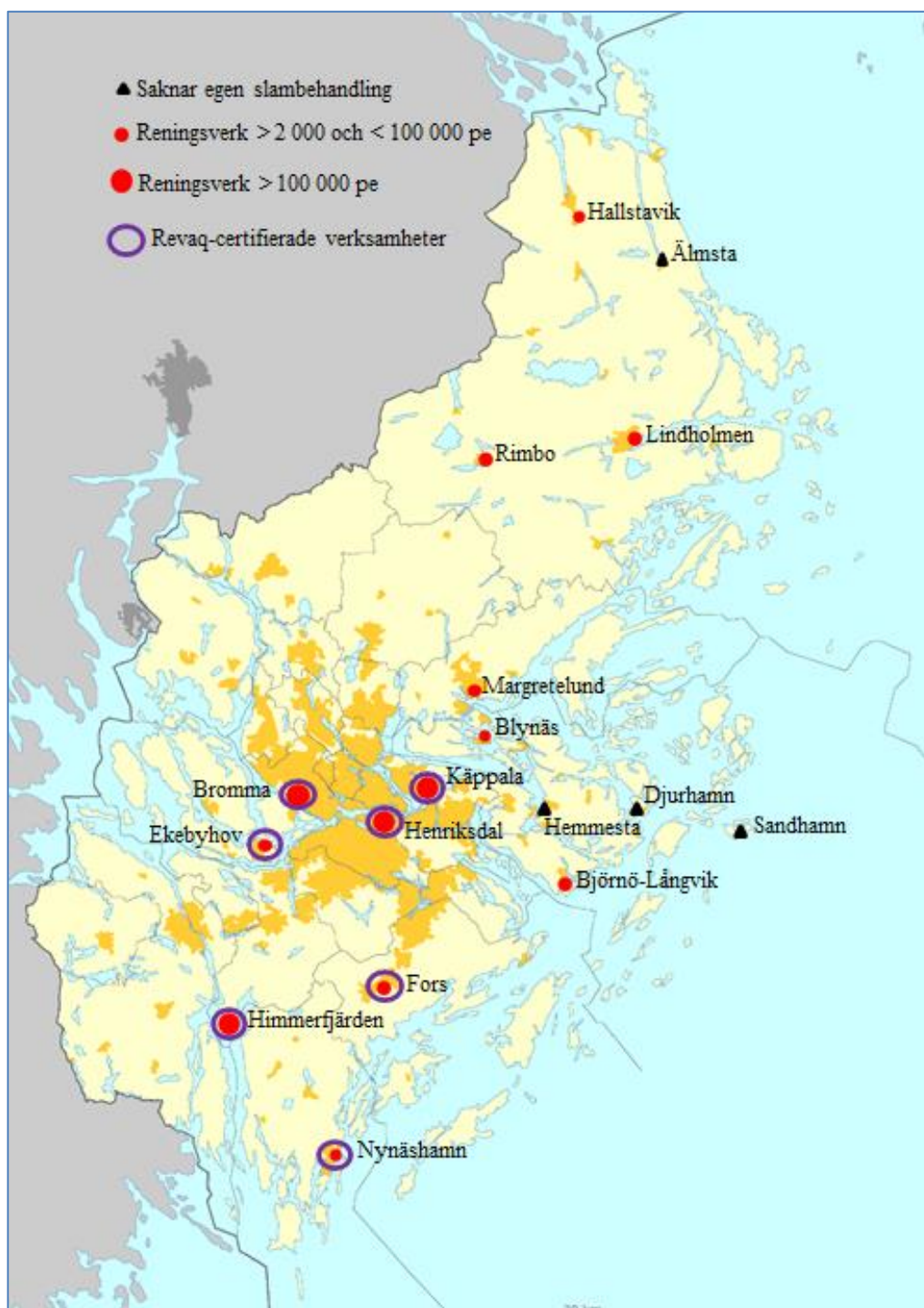
Bearbetning

Data som rapporterats in av verksamhetsutövarna är i formatet årtotaler som massviktade värden, vilket innebär att de anges i relation till den årligt producerade mängd slam i ton torr substans (torrvikt, TS) per år. Halterna är angivna i mg/kg TS, vilket motsvarar g/ton TS. Torrsubstanshalten är oftast mellan 20 och 25 procent av mängden slam som våtvikt (Naturvårdsverket 2014). Analysvärdena som rapporterats in har sammanställts som både årsmedelvärden från månadsvisa och kvartalsvisa provtagningar samt från analyser vid enstaka provtagningstillfällen. Data exporterade från SMP har sedan importerats och bearbetats i en Microsoft Access databas på Länsstyrelsen Stockholm. Naturvårdsverket anger att osäkerheten i torrsubstansen från SMP emissionsrapporter på nationell basis kan vara omkring 15 % (Naturvårdsverket 2014), vilket resulterar i en genomsnittlig osäkerhet för haltdata på +/- 25 %.

För en översiktlig bedömning av möjligheten att sprida slam producerad 2019 vid de sju Revaq-certifierade reningsverk har årsmedelvärden för metallerna matats in i Revaqs slamtestaren⁷ för slam producerad det året. Utfallet presenteras i tabellform.

⁶ Från definitionen i SNFS 1994:7.

⁷ Slamtestaren är en Excel-baserad beräkningsmodell som går att ladda ner från Revaqs webb på [Aktivt uppströmsarbete med Revaq-certifiering - Svenskt Vatten](#)



Figur 1: Länskartan med placering av länets tillståndspliktiga avloppsreningsverk. De som saknar egna slambehandlingsmöjligheter lämnar sitt slam vidare till andra anläggningar för behandling.

I denna rapport valde vi att presentera data från de sju Revaq-certifierade reningsverk i länet. Certifiering är aktuell för Margretelund (Österåker) och Lindholmen (Norrtälje) som för närvarande saknar Revaq-certifieringen, men för vilka verksamhetsutövarna strävar efter att erhålla den under de närmaste åren (pers. kom., Augustinsson). Dessa två reningsverk har en årlig slamproduktion som tillsammans uppgår till cirka 3 procent av länets slam. Trots att inte alla verken har haft Revaq-certifikat sedan 2008, valde vi att presentera data för åren 2009 till och med 2019 från alla certifierade reningsverk. Revaq-certifierade reningsverken är Nynäshamns avloppsreningsverk, Himmerfjärdsverket, Fors avloppsreningsverk, Henriksdals avloppsreningsverk, Bromma avloppsreningsverk, Ekebyhovs reningsverk och Käppalaverket som tillsammans står för drygt 95 procent av slamproduktionen i länet.

Bedömning av effekterna på åkermark

Genom att studera haltförändringar av föroreningar i marken efter en eventuell spridning av slammet på åkermark har en analys av slammets spridningsrisker tagits upp i denna rapport. Först redovisar vi kvoter mellan kadmium och fosfor i slammet. Sedan kollar vi halterna i slam relaterade till fosforhalterna och sist vilka haltpåslag dessa fosfor-relaterade halter av metaller kan leda till. Haltpåslaget har gjorts med hjälp av Revaq slamtestaren⁸ med inställningar för slam producerat och klart för spridning under 2019. Effekterna på markens belastning bedöms fram till och med 2025. Halterna av kadmium, bly, kvicksilver, krom, koppar, nickel, zink och silver (mg/kg torrsvikt slam) för slam från år 2019 matas in i de gröna cellerna på slamtestarens huvudflik. Sedan har en standard mätosäkerhet av 25 procent använts för dessa värden. Både torrhalten (TS-halt) för slampartiet och slammets årsmedelinnehåll av totalfosfor har matats in i huvudfliken.

Ifall slammet är olämpligt för spridning enligt nu gällande parametrar markeras beräknade cellerna i Excelbladet med olika färg- eller teckensnitt. De fält med beräknade värden har sedan importerats denna rapport som bilder för att visa markeringarna och beräknade värden.

⁸ Slamtestaren är en Excel-baserad beräkningsmodell som går att ladda ner från Revaqs webb på [Aktivt uppströmsarbete med Revaq-certifiering - Svenskt Vatten](#)

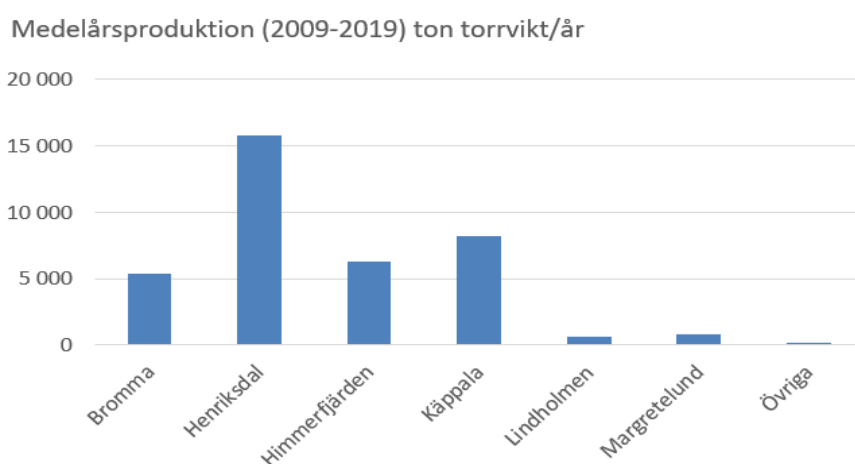
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K				
1	Bedömning av ett slamparti producerat år 2019														
2						OBS. Filen är utvecklad i Excel i Microsoft Office 2016, samt med Windows 10. För äldre mjukvara är det inte säkert att alla funktioner fungerar.									
3	<p>1. Fyll i analysvärden för lagstadgade metaller och verkets prioriterade spårelement för aktuellt slamparti i de gröna cellerna nedan. Om någon metallhalt överstiger §20 i SFS 1998:944 så blir cellen röd. Om detta händer kan slampartiet överhuvudtaget inte användas för jordbruksändamål.</p> <p>2. Fyll i mätosäkerheten i % eller i absoluta tal. Absolut mätosäkerhet prioriteras före mätosäkerhet i %, men fyll bara i en av kolumnerna för respektive metall.</p> <p>3. I de lila cellerna till höger görs en beräkning av maximal tillåten giva utifrån respektive ämne enligt svensk lagstiftning respektive bilaga 8 i REVAQ, förutsatt att slampartiet får spridas, se pkt 4. Det lägsta värdet i kolumn M bestämmer givan, vilket också förs vidare till de slutliga värden som visas i den gula rutan.</p> <p>4. Kontrollera i filken "Bilaga 8" om slampartiet får spridas eller inte. Där syns också vilket år man närmar sig eller överskrider gällande gränsvärden.</p>					RESULTAT AV BERÄKNINGARNA ANGES I DENNA RAM									
4						Parameter		1-årgiva		5-årgiva					
5						Maximal tillåten slamgiva:		2,32 ton slam/ha,år		11,60 ton slam/ha,5 år					
6						Varav TS:		647 kg TS/ha,år		3 235 kg TS/ha,5 år					
7	Fosforgiva utifrån aktuellt slamparti:		22,0 kg P/ha, år		110,0 kg P/ha,5 år										
8	Kadmium/Fosfor-kvot:				19,4		mg Cd/kg P								
9	Välj mätosäkerhet i procent eller nominellt värde					Tillförsel av metall / ha, år vid maximal fosforgiva.		Mätosäkerhet [+/- -mg/kg TS]		Minsta värde [mg/kg TS]					
10						Rosa fält anger om tillförseln överstiger vad som är tillåtet enligt svensk lagstiftning.				Tillförsel vid lägre halt av spårelement [g/ha, år]					
11	Partiets namn		Bromma 2019		Mätosäkerhet, %		Mätosäkerhet, +/-								
12	TS-halt		27,9 %		1										
13	Fosfor, P		34000 mg/kg TS		5										
14	Lagstadgade metaller														
15	Kadmium, Cd		0,60 mg/kg TS		25		0,43 g Cd/ha, år		0,17		0,50				
16	Bly, Pb		10 mg/kg TS		25		10,35 g Pb/ha, år		4,00		12,00				
17	Kvicksilver, Hg		0,40 mg/kg TS		25		0,29 g Hg/ha, år		0,11		0,34				
18	Krom, Cr		31 mg/g TS		25		20,06 g Cr/ha, år		7,75		23,25				
19	Koppär, Cu		404 mg/kg TS		25		261,41 g Cu/ha, år		101,00		303,00				
20	Nickel, Ni		23 mg/kg TS		25		14,88 g Ni/ha, år		5,75		17,25				
21	Zink, Zn		350 mg/kg TS		25		359,76 g Zn/ha, år		139,00		417,00				
22	Prioriterade spårelement														
23	Ag (2% 2011) - Silver		1,7 mg/kg TS				1,16 g Ag/ha, år		0,00		1,70				
24	Huvudfil		Bilaga 8												

Figur 2: Revaq-slamtestaren som har använts för att bedöma möjligheten till att återföra slampartier från reningsverken i Stockholms län till åkermark utan allvarliga negativa konsekvenser för marken eller grödorna.

Resultat

Produktion av avloppsslam i Stockholms län

För Stockholms län står de fyra största avloppsreningsverk för produktionen av mer än 95 procent av länets slam. Figur 3 visar den beräknade årsmedelproduktionen av torrt slam för de fyra stora certifierade reningsverk (Bromma, Henriksdal, Himmerfjärdsverket, Käppalaverket), de två mindre reningsverk (Lindholmen och Margretelund) som kommer att certifieras under de närmaste två åren samt ett genomsnittligt medelvärde för övriga tio tillståndspliktiga anläggningar i länet.



Figur 3: Medelårsproduktion av avloppsslam (n=11) vid tillståndspliktiga reningsverk i Stockholms län, beräknad på årstotaler i ton torrvikt för åren 2009 till och med 2019. Övriga anger den samlade medelårsproduktion för reningsverken i Blynäs, Djurhamn, Ekebyhov, Fors, Hallstavik, Nynäshamn, Rimbo, Sandhamn, Skärgårdsstad och Ålmsta.

Jämfört med den årliga slamproduktion i hela landet (Tabell 2) står Stockholmsregionens reningsverk för en allt större andel av produktionen i samband med att fler människor flyttar in till regionen (Tabell 3). För närvarande ligger andelen i länet runt 20 % av landets slamproduktion. Notera att det inte finns något linjärt samband mellan befolkningstillväxt och slamproduktion. Statistiken visar även att en allt större andel av slammethärrör från hushållen, troligen beroende av att åtgärder för recirkulation och återanvändning har genomförts inom industrin.

Torrsubstanshalten i slammeth från de sju Revaq-certifierade reningsverken under åren 2009 till och med 2019 varierade mellan 15,8 och 32,6 % av mängden slam som våtvikt. Medeltorrsubstanshalten var högst för slam från Bromma reningsverk (30,8 %, n=11), lägst för slam från Fors reningsverk (19,4 %, n=11). Generellt låg de mindre reningsverk i lägre torrhalter än för de större verksamheterna.

Tabell 2: Årlig produktion av torrt slam (ton torrvt/år) för samtliga kommunala avloppsreningsverk i hela landet och i Stockholms län. Sista kolumnen anger andelen slam (%) som Stockholms län bidrar med till hela landets produktion.

Årtal (vartannat år)	Hela Sverige	Stockholms län	andel
2010	203 500	36 030	18
2012	207 460	38 880	19
2014	200 510	37 560	19
2016	204 253	38 068	19
2018	211 604	41 448	20

Källa: SCB, 2021-03-18 <https://www.statistikdatabasen.scb.se/> och Sveriges Officiella Statistik: Statistiska meddelanden åren 2010, 2012 och 2014.

Förutom produktionen av avloppsslam i länets reningsverk kommer en liten andel av slammet från länets tre mindre anläggningar för våtkompostering av slam som härrör från en del enskilda avloppsbrunnar. Sammanlagd står dessa tre anläggningar för mindre än 1 procent av slamproduktionen i länet.

Befolkningsutveckling i Stockholms län

Befolkningen i länet ökar stadigt och även antalet anslutna personer till kommunala reningsverk. Mellan 2009 och 2019 växte befolkningen i länet med cirka 330 000 personer (Tabell 3).

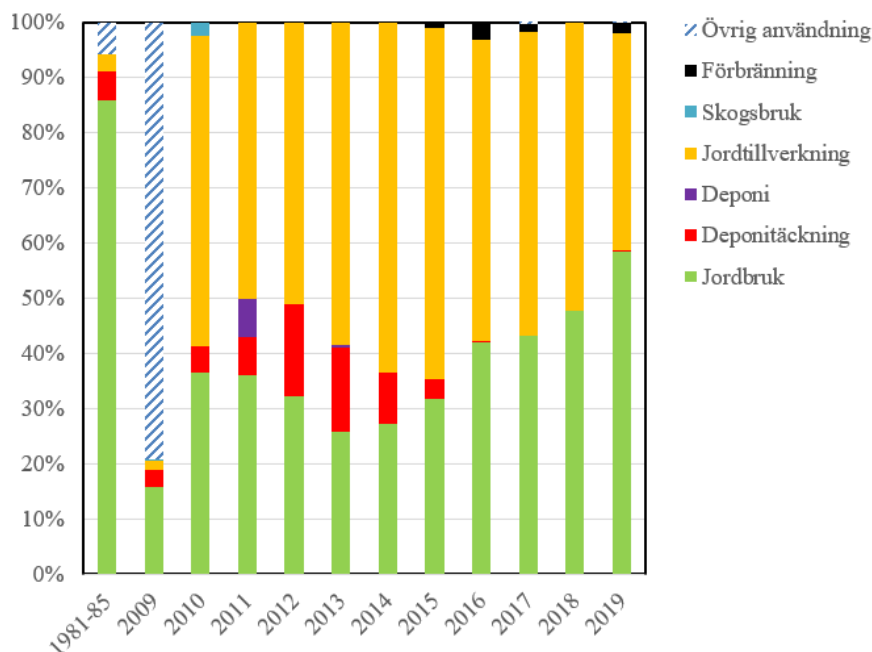
Tabell 3: De årliga befolkningssiffrorna i Stockholms län för åren mellan 2009 och 2019. Totalt antal personer folkbokförda i länet den 31 december för det givna året. Andel årlig ökning och andel med eget avlopp anges i procent av totalen.

Årtal	Antal personer i Stockholms län	Andel årlig ökning	Andel med eget avlopp
2009	2 019 182	1,7	
2010	2 054 343	1,7	4,8
2011	2 091 473	1,8	
2012	2 127 006	1,7	
2013	2 163 042	1,7	
2014	2 198 044	1,6	4,5
2015	2 231 439	1,5	4,4
2016	2 269 060	1,7	
2017	2 308 143	1,7	
2018	2 344 124	1,6	
2019	2 377 081	1,4	(4,3)

Källa: SCB, 2021-03-18 <https://www.statistikdatabasen.scb.se/> Data för typer av avloppsanslutning presenteras endast vart femte år.

De flesta nyinflyttade ansluter sig till befintliga kommunala reningsverk. I länet finns en svag ökande trend för befolkningen att bosätta sig utanför tätorterna, där avlopp ofta ordnas i form av enskilda anläggningar. Slammet från dessa omhändertas mestadels i de kommunala reningsverken, medan en mindre andel omhändertas i de tre anläggningar för våtkompostering som nämndes ovan. Det pågår samtidigt ett omfattande kommunalt arbete med att dessa reningsinstallationer ska uppfylla de nu gällande kraven med hänsyn till miljö- och hälsoskydd. Diverse områden i länet som tidigare huvudsakligen användes för fritidsboende omvandlas numera till året runt bostadsområden. Dessa områden omfattas därmed av kravet på kommunalt anslutna VA-verksamhetsområden enligt lagen om allmänna vattentjänster. Därför ser vi en svag minskning av antalet enskilda avloppsanläggningar i länet.

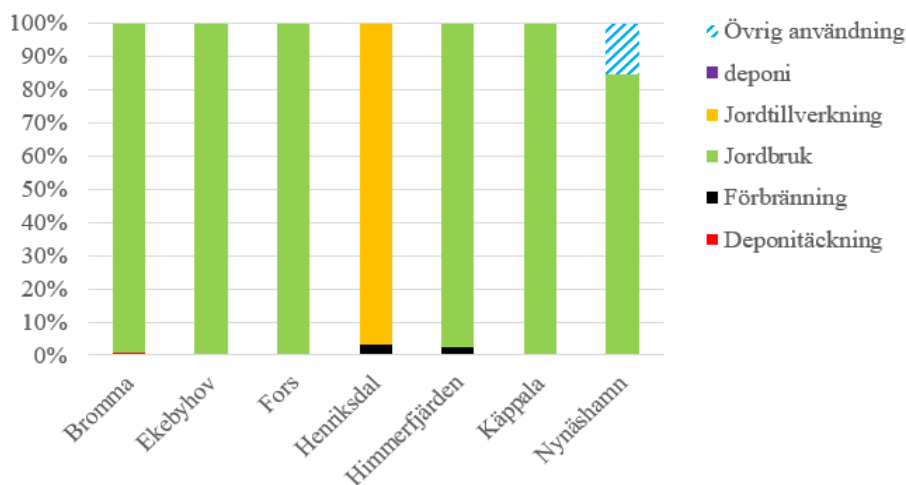
Användningsområden för avloppsslam



Figur 4: Procentuell fördelning av användningsområden för avloppsslam från sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län under åren mellan 2009 och 2019 jämfört med fördelningen av medelvärden för åren 1981 - 1985 för samma anläggningar.

Genom Revaq-satsningen har flera reningsverk i länet åter levererat sitt slam till spridning på åkermark. Under 2019 spreds drygt 58 procent av dessa sju anläggningars slam på åkermark (Figur 4). Enbart slam från Henriksdals reningsverk användes inte direkt för spridning på åkermark (Figur 5) utan den delen som inte redan gått till åkern har främst använts vid jordtillverkning. En mindre del av slammet har använts för deponitäckning.

Användningsområden för 2019-års slam



Figur 5: En detaljerad presentation av användningsområden⁹ för avloppsslam från de sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län, producerad året 2019.

Deponering tillåts endast efter förbehandling av slammet, till exempel genom kompostering. När det gäller slam som har lagts på deponi, syftar systemet på direkt kvittblivning av slammet, inte deponitäckning med komposterat slam. Inget slam har lagts direkt på deponi under 2019. I kategorin ”övrig användning” ingår slam som har använts för försöksverksamhet med förbränning eller vid salixodling för energiskogsproduktion. Den användning av länets slam som tidigare varit aktuell, efterbehandling av områden vid gruvdriften i norra Sverige, har helt upphört idag.

Slamkvalitet

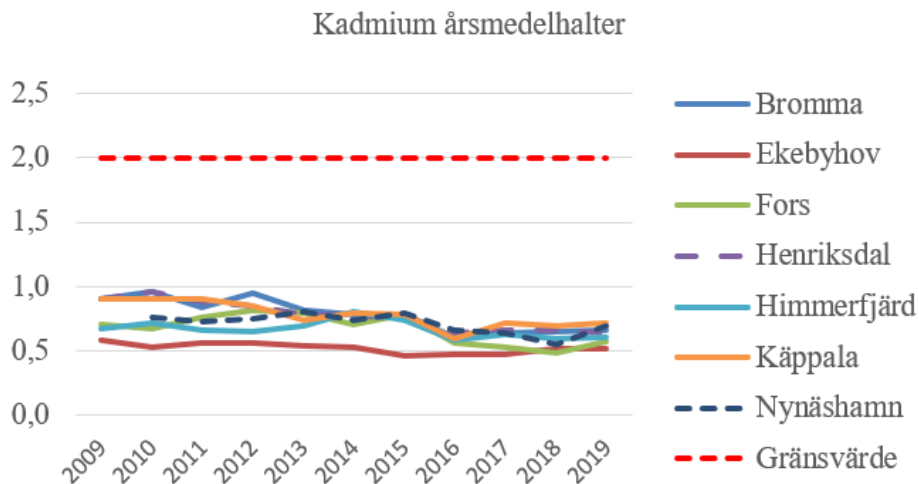
Nedan redovisar vi inrapporterade årsmedelhalter för prioriterade metaller och organiska ämnen i slam från länets Revaq-certifierade reningsverk för åren 2009 till och med 2019.

Metaller med gränsvärden

Följande metaller har beslutade gränsvärden för slam som angetts i *Förordning 1998:944 om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter*. Dessa gränsvärden syftar endast till användningen av slam på åkermark. Naturvårdsverket (2013) har senare föreslagit en successiv minskning av gränsvärdena fram till 2030 (Tabell 1) för att komma i balans mellan till- och bortförsel.

⁹ Användningsområdena beskrivs mer utförligt i Naturvårdsverkets vägledning för rapportering av miljödata (Naturvårdsverket 2018).

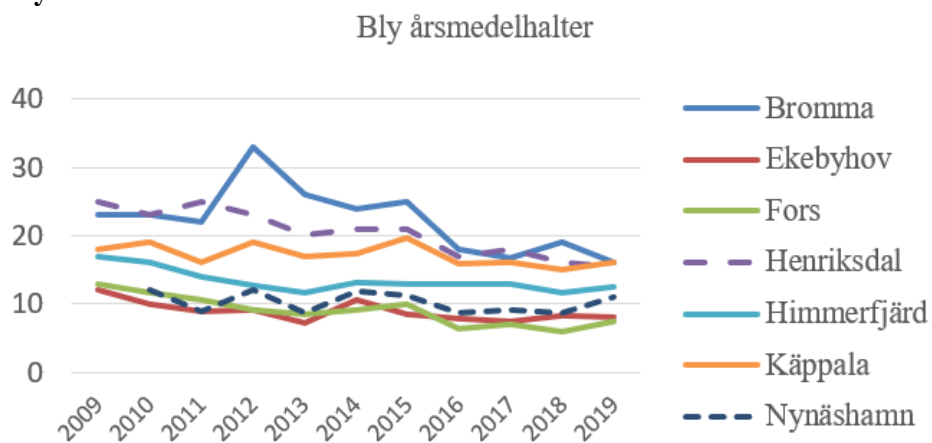
Kadmium



Figur 6: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av kadmium för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för kadmium i slam (2,0 mg/kg torrsvikt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde på 0,8 mg/kg torrsvikt från och med år 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Kadmiumhalterna i slam från de olika reningsverk ligger under gränsvärdet för användning på åkermark och visar en svag minskning över tid (Figur 6). Om minskningen håller i sig kan det nya föreslagna gränsvärdet på 0,8 mg/kg torrsvikt slam från år 2030 underskridas vid samtliga reningsverk.

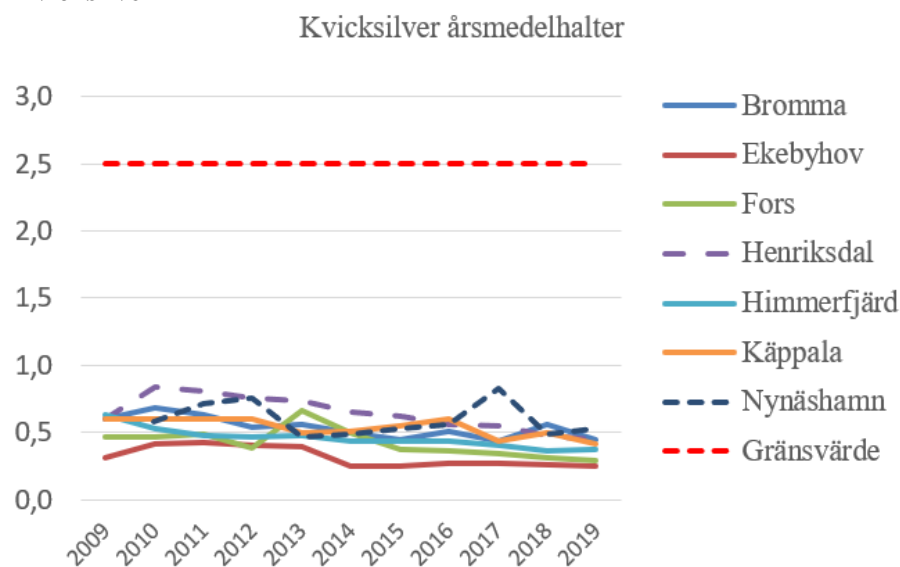
Bly



Figur 7: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av bly för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för bly i slam (100 mg/kg torrsvikt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde på 35 mg/kg torrsvikt år 2015 och 25 mg/kg torrsvikt från och med år 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen. För att inte försämra läsbarheten i diagrammet har vi valt att inte visa gränsvärden här.

För de enskilda reningsverken har blyhalter i slam minskat under det senaste decenniet (Figur 7), medan nivåerna är olika för slam från olika reningsverk. När det av Naturvårdsverket föreslagna gränsvärdet på 25 mg per kg torrsvikt slam (Tabell 1) börjar gälla kan samtliga reningsverk hålla sig under den gränsen, om inte trenden vänder. Även under den redovisade perioden 2009 till och med 2019 har det inte varit något överskridande av blyhalter i slam.

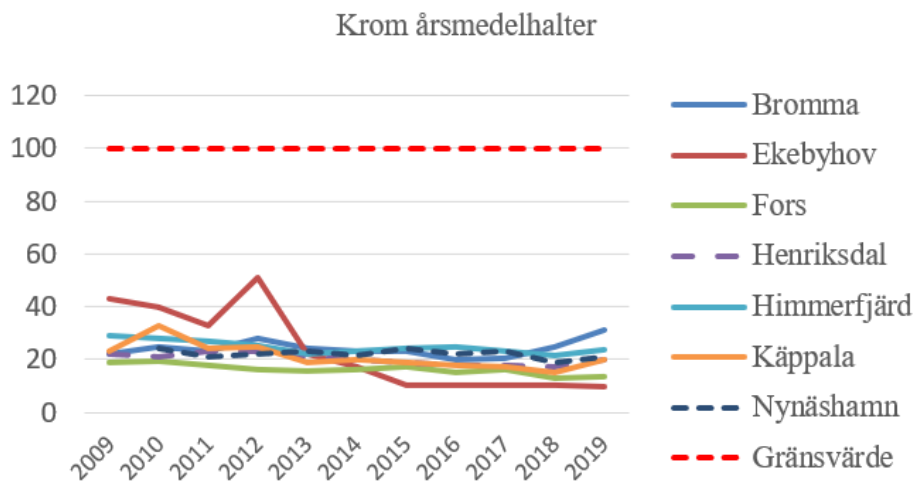
Kvicksilver



Figur 8: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av kvicksilver för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för kvicksilver i slam (2,5 mg/kg torrsvikt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde, som ligger på 0,6 mg/kg torrsvikt från och med 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Trots att utsläppen har minskat kraftigt fortsätter belastningen till reningsverk via det inkommande vattnet att variera runt ungefär samma nivå, även då halterna i slam ligger under nu gällande gränsvärdet för användning på åkermark (Figur 8) och under det för framtiden föreslagna gränsvärdet, det vill säga 1 mg/kg torrsvikt slam från 2015, 0,8 mg/kg torrsvikt från 2023 och 0,6 mg/kg torrsvikt från år 2030 (Tabell 1).

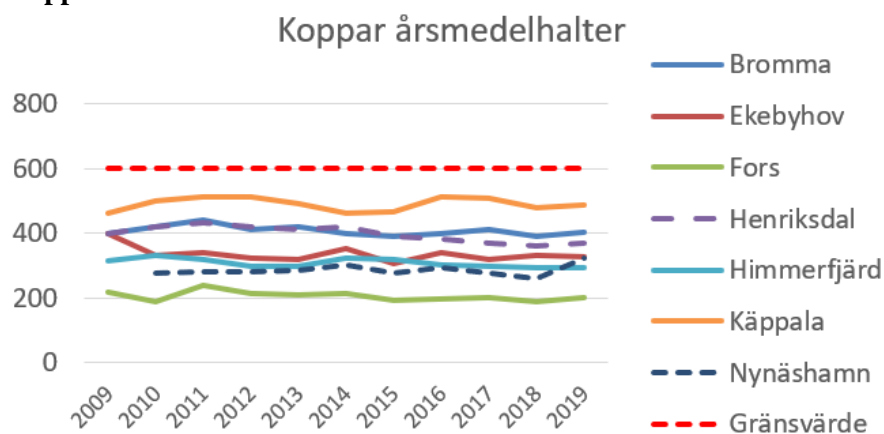
Krom



Figur 9: Årsmedelhalter (mg/kg torrvt slam) av krom för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för krom i slam (100 mg/kg torrvt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde, som ligger på 35 mg/kg torrvt från och med 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Halterna av krom i avloppsslammet har generellt varit låga (Figur 9) och långt under gränsvärdet för spridningsförbud på åkermark (100 mg/kg torrvt slam). Ingen tydlig minskning eller höjning har kunnat ses som trend under perioden 2009 till och med 2019.

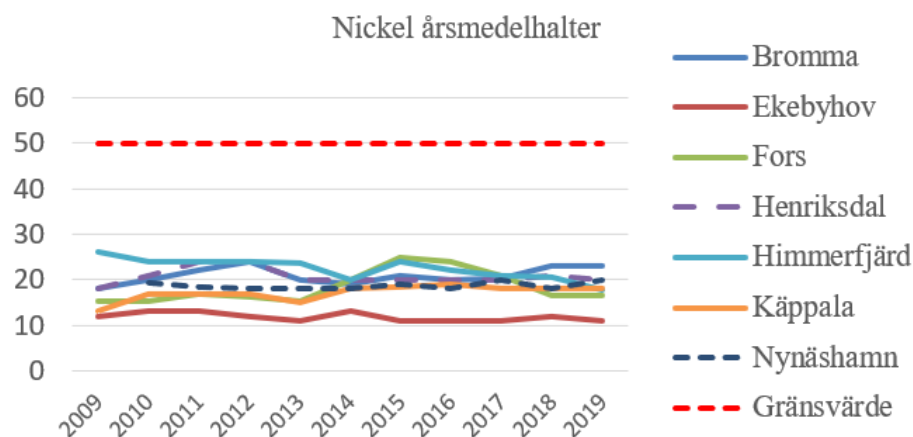
Koppar



Figur 10: Årsmedelhalter (mg/kg torrvt slam) av koppar för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för koppar i slam (600 mg/kg torrvt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde, som ligger på 475 mg/kg torrvt från och med 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Reningsverken som tar emot dag- och spillvatten från Stockholms stadsbebyggelse (Käppala, Henriksdal och Bromma) har relativt höga halter av koppar i slammet. Gränsvärdet överskrids inte för någon av verksamheterna. Kopparhalterna i främst Käppala slammet har varit relativt höga hela den redovisade perioden 2009 till och med 2019. Det kan vara problematiskt framöver, när nya gränsvärdet (475 mg/kg torrsvikt, Tabell 1) för koppar skulle börja gälla. Ingen tydlig upp- eller nedåtgående trend kan ses för kopparhalterna i slammet.

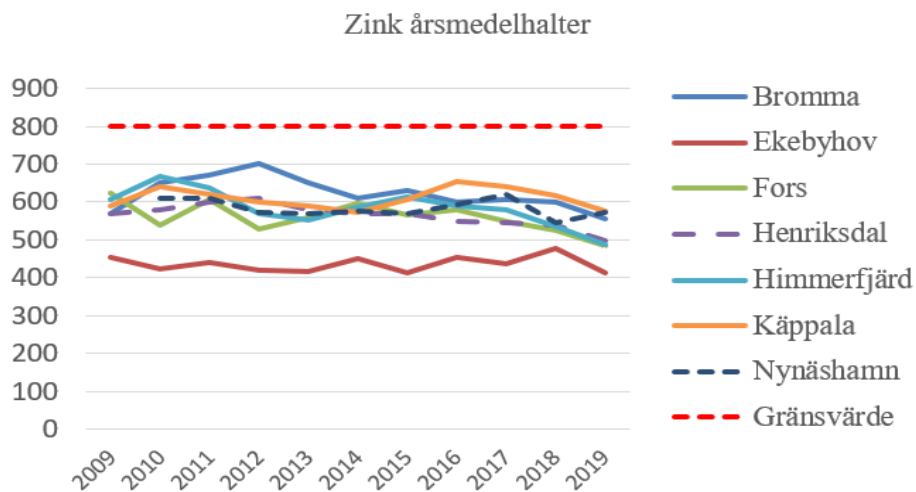
Nickel



Figur 11: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av nickel för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för nickel i slam (50 mg/kg torrsvikt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde, som ligger på 30 mg/kg torrsvikt från och med 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Halterna av nickel i avloppsslammet har legat under gällande gränsvärdet (50 mg/kg torrsvikt). Även med nya gränsvärden för nickel så som Naturvårdsverket har föreslagit (30 mg/kg torrsvikt, Tabell 1), kommer dessa kunna underskrivas av samtliga reningsverk. Ingen tydlig upp- eller nedåtgående trend har noterats för nickelhalterna under perioden från 2009 till och med 2019.

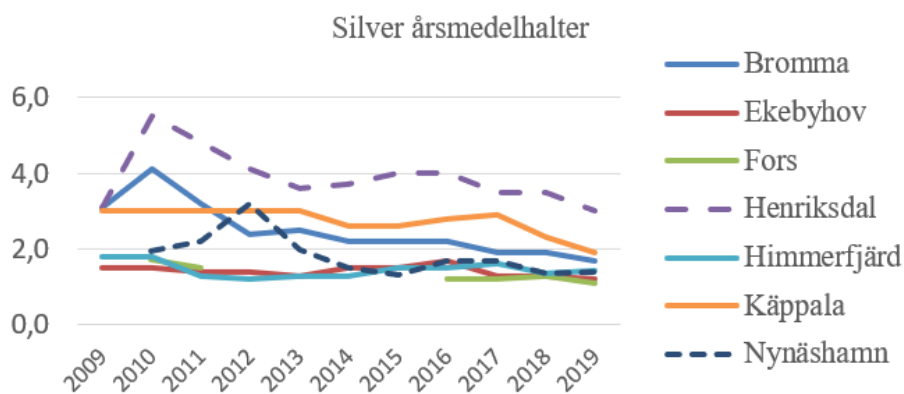
Zink



Figur 12: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av zink för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk jämfört med gränsvärdet för zink i slam (800 mg/kg torrsvikt) som angetts i förordning 1998:944. Naturvårdsverket (2013) har föreslagit ett nytt gränsvärde, som ligger på 700 mg/kg torrsvikt från och med 2030. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen.

Halterna av zink i slam varierar mellan åren och mellan de olika reningsverk och ingen tydlig trend uppvisas för minskning eller ökning av ämnet. Samtliga inrapporterade årsmedelhalter i slam har legat under nu gällande (800 mg/kg torrsvikt) och för framtiden föreslagna (700 mg/kg torrsvikt, Tabell 1) gränsvärde för zink.

Silver



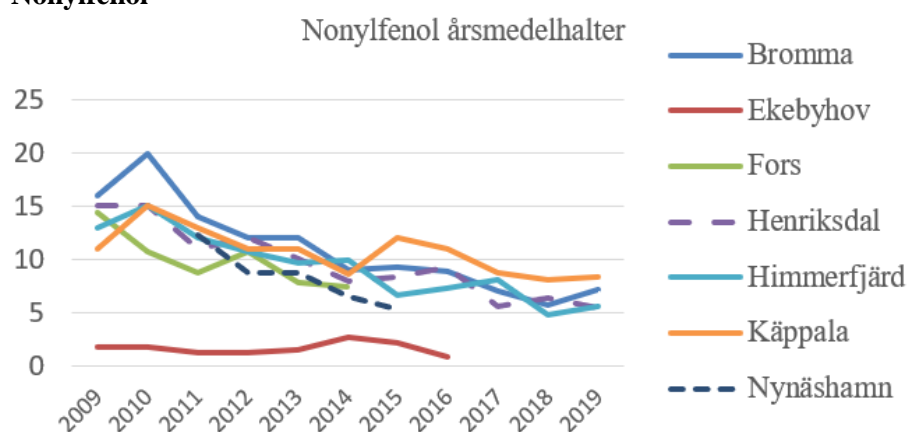
Figur 13: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) av silver för Stockholms läns Revaq-certifierade reningsverk. Data från emissionsrapporter i svenska miljörapporteringsportalen. Gränsvärde saknas idag för silver i slam medan ett nytt gränsvärde på 5 mg/kg torrsvikt har föreslagits av Naturvårdsverket (2013) från och med året 2015 och 3 mg/kg torrsvikt slam från och med 2030.

En minskande trend har observerats för perioden mellan 2012 till och med 2019. Gränsvärdet för halten silver i slam har av Naturvårdsverket angetts som 5 mg/kg torrsvikt slam (år 2015) med en successiv minskning till 3 mg/kg torrsvikt slam i 2030 (Tabell 1). Dessa gränsvärden kan underskridas av samtliga reningsverk under förutsättning att de minskande trenderna håller i sig.

Organiska ämnen med gränsvärden

Naturvårdsverket har föreslagit begränsning av fem typer av organiska ämnen i avloppsslam; perfluoroktansulfonat (PFOS), bromerade flamskyddsmedlet dekabromdifenyleter (BDE-209), klorparaffiner, polyklorerade bifenyler (PCB-7) och dioxiner (Naturvårdsverket 2013). För nonylfenol, polyaromatiska kolväten (PAH) och PCB-7 finns redan gränsvärden eller riktvärden framtagna av VA-branschen. Dessa har ännu inte en tvingande juridisk verkan, men kan användas för kvalitetsstyrning. Här redovisar vi data för de ämnena som löpande analyserats och rapporterats in. Det är nonylfenol, PAH och PCB som finns med i SMP.

Nonylfenol

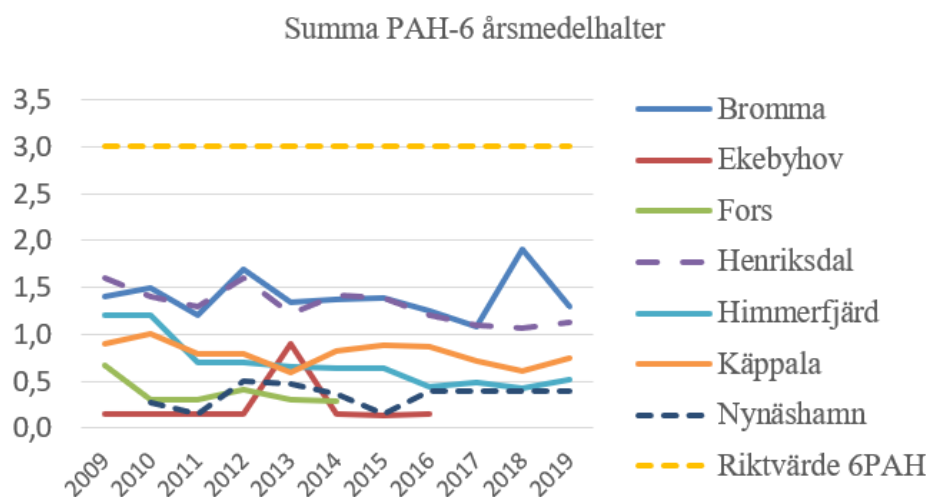


Figur 14: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) för nonylfenol i avloppsslam från länets sju Revaq-certifierade reningsverk under perioden 2009 till och med 2019. Riktvärdet (50 mg/kg torrsvikt, inte visat) är det som föreslagits av VA-branschen, vilket underskrids under hela perioden.

En minskande trend för halterna av nonylfenol i slam finns för samtliga reningsverk (Figur 14). Halterna i slam från Ekebyhov har genomgående varit mycket låga. Alla inrapporterade årsmedelhalter ligger väl under det av VA-branschen föreslagna riktvärdet för nonylfenol (50 mg/kg torrsvikt).

Polyaromatiska kolväten (PAH-6)

Riktvärdet för summan av de sex prioriterade polyaromatiska kolväten, på 3 mg/kg TS har underskridits i hela länet under den undersökta tidsperioden. De reningsverken med högsta halter av summa PAH är Bromma och Henriksdal. Det är troligt att bidraget främst kommer från vägdagvatten som leds till verken via kombinerade dag- och spillvattenledningar. Mellanårsvariationen är stor och inga tydliga ned- eller uppgående trender kan ses för perioden mellan 2009 till och med 2019 (Figur 15).

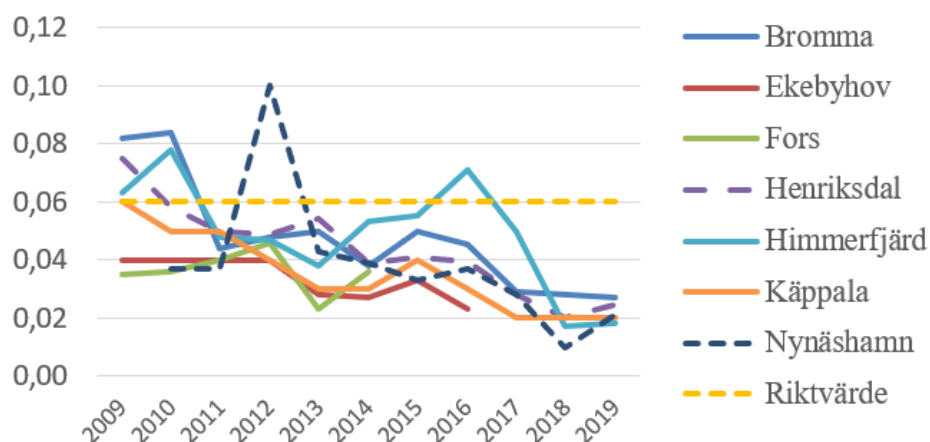


Figur 15: Årsmedelhalter (mg/kg torrsvikt slam) för summa av de sex prioriterade polyaromatiska kolväten (PAH) i avloppsslam från länets sju Revaq-certifierade reningsverk under perioden 2009 till och med 2019. Riktvärdet (3 mg/kg torrsvikt) är det som föreslagits av VA-branschen.

Polyklorerade bifenyler (PCB)

En svagt nedåtgående trend i halterna PCBer kan konstateras för samtliga reningsverk i länet, medan det föreslagna riktvärdet från och med 2015 har överskridits vid Himmerfjärdsverket under 2016. Det av Naturvårdsverket (2013) föreslagna nya gränsvärdet från och med 2030 har underskridits vid samtliga reningsverk i länet under perioden 2018 och 2019 (Figur 16). Mönstret för variationer mellan PCB-halter i de olika slampartierna indikerar att det främst handlar om enstaka perioder med högre exponering för bifenyler vid enskilda reningsverk.

Summa PCB-7 årsmedelhalter

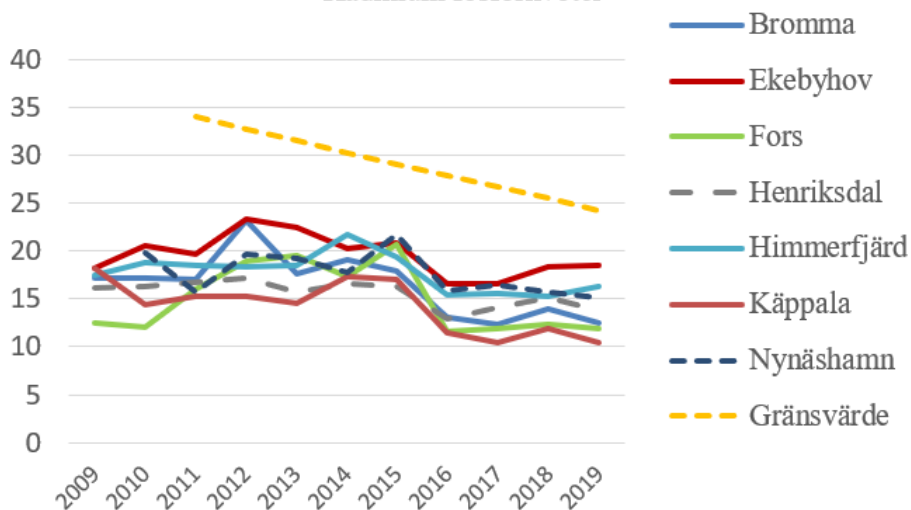


Figur 16: Årsmedelhalter (mg/kg TS) för summa av de sju prioriterade polykloreerade bifenyler (PCB-7) i avloppsslam från länets sju Revaq-certifierade reningsverk under perioden 2009 till och med 2019. Riktvärdet (0,06 mg/kg TS från och med 2015) är det som föreslagits av Naturvårdsverket 2013.

Kadmium-fosforkvoter

Slammets innehåll av kadmium i relation till dess fosforhalt ger en anvisning av slammets lämplighet för användning på åkermark. Nedan framgår de beräknade kvoter mellan kadmium och fosfor för slamm från samtliga Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län.

Kadmium fosforkvoter



Figur 17: Kvoter mellan halt av kadmium per kg fosfor (mg Cd/kg P) i slam från de sju Revaq-certifierade reningsverken i Stockholms län, för åren 2009 till och med 2019. Gränsvärdet anger den linjära minskningen som ska eftersträvas enligt Revaq. Minskningen ska vara linjär från 34 mg Cd/kg P år 2011 till 23 mg Cd/kg P år 2025.

Under perioden mellan 2009 till och med 2019 har kvoterna mellan kadmiumhalter och slammets innehåll av fosfor varit väl under de av VA-branschen föreslagna maximala kvoters gränsvärden. Eftersom inga ned- eller uppgående trender kan konstateras för den studerade perioden och mellanårsvariationen är relativt stor, kan det framöver komma att bli svårare att innehålla gränsvärdena i form av kadmium-fosforkvoter, men inte omöjligt.

Beräknade belastningar för åkermark

Data presenteras i tabellerna (Tabell 5, Tabell 6, Tabell 8) i Bilaga 1. Där framgår beräknade värden för de undersökta ämnena när det gäller innehållet av fosfor i slammet från de sju Revaq-certifierade reningsverken i länet. Även beräknade kvoter i mg ämne per kg fosfor, och spridningsarealer med halter i jord efter tillåtna givor (i g/ha och år). Vid körning av dessa data genom slamtestaren visade sig slammet hålla den önskvärda kvaliteten, med några undantag för kvicksilver och silver.

Tabell 4: Andelar i procent av ämnesvisa gränsvärden för de givor av metaller (g/ha och år) som tillåts på åkermark med en areell fördelning av maximalt 22 kg totalfosfor per hektar mark. Färgerna indikerar risken för att gränsvärden närmas eller överskrids endast på grund av slammets andel. Grön färg indikerar låg risk, gul markerar en ökad risk och orange/röd markerar risk för överskridna gränsvärden.

Anläggningsnamn	Årtal	Pb	Zn	Ni	Hg	Cu	Cr	Cd
Bromma	2009	60	61	47	26	43	36	78
Bromma	2010	58	68	50	28	44	39	80
Bromma	2011	59	74	59	28	49	38	75
Bromma	2012	97	86	70	26	50	51	93
Bromma	2013	72	74	55	26	48	41	75
Bromma	2014	70	75	56	24	49	42	76
Bromma	2015	71	75	60	21	46	41	74
Bromma	2016	50	69	55	23	46	34	56
Bromma	2017	44	66	53	19	45	34	56
Bromma	2018	52	69	63	26	45	43	60
Bromma	2019	41	60	60	19	44	50	57
Ekebyhov	2009	40	63	40	17	55	89	64
Ekebyhov	2010	37	65	48	25	51	92	65
Ekebyhov	2011	31	64	46	25	50	73	66
Ekebyhov	2012	35	67	46	26	52	122	71
Ekebyhov	2013	28	66	42	25	51	53	69
Ekebyhov	2014	39	69	48	15	54	39	65
Ekebyhov	2015	34	69	44	17	51	25	61
Ekebyhov	2016	28	66	39	16	50	22	55
Ekebyhov	2017	26	64	39	16	47	22	55
Ekebyhov	2018	29	70	42	15	49	22	61
Ekebyhov	2019	29	61	39	15	49	22	61

Anläggningsnamn	Årtal	Pb	Zn	Ni	Hg	Cu	Cr	Cd
Fors	2009	32	65	38	19	23	30	59
Fors	2010	29	56	38	20	20	31	56
Fors	2011	29	69	46	22	27	30	69
Fors	2012	26	63	46	18	26	29	78
Fors	2013	25	68	45	32	26	28	78
Fors	2014	27	73	59	24	26	29	69
Fors	2015	31	72	77	19	25	33	80
Fors	2016	17	65	65	16	22	25	51
Fors	2017	20	65	59	16	23	28	50
Fors	2018	18	65	49	15	23	24	49
Fors	2019	20	55	45	13	23	23	51
Henriksdal	2009	63	60	45	25	42	35	75
Henriksdal	2010	56	59	51	34	43	32	78
Henriksdal	2011	65	65	62	35	46	37	76
Henriksdal	2012	61	68	64	33	47	38	76
Henriksdal	2013	53	64	53	32	46	35	69
Henriksdal	2014	58	65	55	30	48	34	71
Henriksdal	2015	58	65	55	28	45	33	70
Henriksdal	2016	45	61	53	25	42	30	57
Henriksdal	2017	49	62	55	25	42	31	60
Henriksdal	2018	45	64	59	23	42	30	62
Henriksdal	2019	43	57	55	20	42	34	59
Himmerfjärden	2009	52	77	79	32	40	55	68
Himmerfjärden	2010	49	84	73	27	42	53	73
Himmerfjärden	2011	44	84	75	25	42	53	69
Himmerfjärden	2012	40	75	76	25	39	49	68
Himmerfjärden	2013	36	70	72	24	38	42	71
Himmerfjärden	2014	40	75	62	22	41	44	82
Himmerfjärden	2015	39	78	73	22	40	46	75
Himmerfjärden	2016	39	75	67	22	38	47	60
Himmerfjärden	2017	38	71	62	20	37	42	62
Himmerfjärden	2018	35	67	62	18	37	41	60
Himmerfjärden	2019	39	62	55	19	38	46	62
Käppala	2009	48	66	35	27	51	38	80
Käppala	2010	45	63	40	24	50	49	71
Käppala	2011	39	63	42	24	52	37	73
Käppala	2012	48	63	43	25	54	39	71
Käppala	2013	45	65	40	22	54	31	65
Käppala	2014	48	66	50	23	53	34	74
Käppala	2015	55	70	51	25	54	32	72
Käppala	2016	41	70	49	26	55	29	52
Käppala	2017	36	60	41	16	48	24	54

Anläggningsnamn	Årtal	Pb	Zn	Ni	Hg	Cu	Cr	Cd
Käppala	2018	37	63	44	20	49	23	57
Käppala	2019	36	54	41	15	46	28	54
Nynäshamn	2009	värden saknas						
Nynäshamn	2010	36	77	59	29	35	46	77
Nynäshamn	2011	24	70	50	33	32	36	67
Nynäshamn	2012	36	72	55	38	35	42	76
Nynäshamn	2013	26	69	52	23	35	42	78
Nynäshamn	2014	35	70	52	24	37	40	72
Nynäshamn	2015	35	74	59	28	36	47	82
Nynäshamn	2016	25	72	52	27	36	40	64
Nynäshamn	2017	28	78	60	42	35	43	64
Nynäshamn	2018	27	72	57	26	34	38	58
Nynäshamn	2019	30	65	55	24	37	36	64

Från ovanstående tabell (Tabell 4) framgår att det i allra flesta fall är kadmiumhalterna som blir den begränsande faktorn för möjligheten att sprida slammet på odlingsmark. Bly-, nickel- och zinkhalter kan enskilda år vara problematiska för något reningsverk. Blyhalterna verkar ha minskat så pass mycket under senare år att de inte längre utgör en risk. Det underlättar därför att beskriva relationen mellan metallinnehållet och fosforhalten av slammet, så att det tydligare framgår vilka mängder som kan spridas per hektar. Riskerna för att en haltökning större än 0,2 procent per år sker i åkerjorden är mer överhängande när metallhalten i slam fyller en större del av utrymmet som finns totalt innan gränsvärdet är nått. För de olika ämnena är det inte bara det som tillförs via slammet som belastar jorden. Därför är en grön färg i ovanstående tabell inte enbart ett tecken på att jordens belastning är i balans. För den slutsatsen behövs det kompletteras med en fullständig budget för ämnets tillförsel och bortförsel från jorden.

Slamtestaren 2019

Slamtestarens resultat visas för slam från 2019 för de enskilda reningsverken, se följande sju bilder. Röd bakgrund visar vilket år metallen överskrider det årets gränsvärde vid nominella data, ej medräknad mätosäkerhet. Överstruken text visar det år metallen överstiger gränsvärdet om mätosäkerheten tagits med (och man räknar med ett lägre värde på spårämnet än det nominella värdet). Partiet får ej spridas enligt Revaq om siffran är överstruken, men det är okej att spridas om enbart bakgrunden är röd.

Bromma reningsverk 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 18: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Bromma reningsverk. Kvicksilver och kadmium ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2024 och 2025. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark.

Ekebyhovs reningsverk 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 19: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Ekebyhovs reningsverk. Kadmium ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2024 och 2025. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark.

Fors reningsverk 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 20: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Fors reningsverk. Kadmium ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2025. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark.

Henriksdals reningsverk 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 21: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Henriksdals reningsverk. Kadmium och kvicksilver ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken redan år 2021. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark. Stockholm Vatten och Avfall har valt att inte sprida detta slam på åkermark.

Himmerfjärdsverket 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 22: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Himmerfjärdsverket. Kadmium och kvicksilver ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2024 och 2025. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark.

Käppalaverket 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 23: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Käppala. Kadmium och kvicksilver ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2024 och 2025. Notera att det i nuläget inte finns gällande gränsvärden för silver, vilket gör att slammets får spridas på åkermark.

Nynäshamns reningsverk 2019

Bilaga 8 [g/ha, år]															
År	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Cd	0,75	0,72	0,7	0,67	0,64	0,61	0,59	0,56	0,53	0,51	0,48	0,45	0,42	0,40	0,37
Pb	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Hg	1,13	1,06	1	0,93	0,87	0,8	0,74	0,68	0,61	0,55	0,48	0,42	0,35	0,29	0,23
Cr	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Cu	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Ni	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Zn	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600	600
Ag	5,625	5,2633929	4,9017857	4,540179	4,178571	3,816964	3,455357	3,09375	2,7	2,4	2,0	1,6	1,3	0,92	0,56

Figur 24: Slamtestaren visar dessa resultat för spridningslämplighet av slam producerad år 2019 vid Nynäshamns reningsverk. Kadmium och kvicksilver ligger i riskzonen, medan slammets spridning kan ge upphov till för höga halter av silver i marken år 2024 och 2025. Det överskridandet som noteras för kvicksilver år 2025 gör egentligen att slampartiet inte får spridas enligt Revaq-reglerna 2021.

Diskussion

Slamproduktionen i länets tillståndspliktiga reningsverk är till största delen koncentrerad till de fyra största anläggningar vid Henriksdal, Käppala, Himmerfjärden och Bromma. Samtliga är Revaq-certifierade sedan en tid och har arbetat med att minska de inkommande strömmarna av miljögifter. Stockholmsregionen har under studieperioden 2009–2019 växt något snabbare än landets genomsnittliga befolkningstillväxt på cirka 1,2 %. Befolkningsökningen i länet har inte lett till en motsvarig ökning av mängden producerad slam. Däremot innebär den att andelen föroreningar från hushållen som kommer in till reningsverken har blivit allt mer betydande. En studie av reningsverkets källor till inkommande avloppsvattnet indikerar att större delen (>65 %) kommer från hushåll (Gryaab 2008). För länet kan vi se en liten minskning av mängden producerad slam per person, från cirka 20 kg per person och år 2009 till cirka 17,5 kg per person år 2019. Länets ständiga befolkningsökning leder till en svag ökning av mängden producerad slam och påverkar genom att en allt större andel av landets totala slamproduktion koncentreras till Stockholmsområdet. Det innebär också att en allt större del av slammet i regionen kommer från hushåll istället för industrier och mindre verksamheter.

Resultaten av denna sammanställning visar att det för de redovisade önskade ämnena generellt handlar om relativt låga halter av ämnena i avloppsslammet. Flera ämnen visar en nedåtgående trend, som är i linje med det omfattande arbetet som pågår i VA-branschen för att minska mängderna önskade ämnen i det inkommande vattnet i reningsverken. För vissa särskilt problematiska ämnen, speciellt kadmium, silver och kvicksilver, behöver ännu mera göras för att kunna följa de av Naturvårdsverket och branschen föreslagna gräns- eller riktvärden. Sedan finns det en rad ämnen som kommer att behöva mer uppmärksamhet på grund av den potentiella risken dessa utgör. I nuläget är dataunderlaget för dessa ämnen för dåligt för att kunna dra slutsatser om de aktuella riskerna.

Riskbilden som visats upp behöver ses i sitt rätta sammanhang för att kunna göra en rättvis bedömning av den realistiska risken. För det behöver man titta på vad som händer med ämnena när de sprids till åkermarken. Halterna av spårämnen i jord står till en mindre del för upptag av ämnet i grödornas kärnor (Eriksson m.fl. 2010). Andra faktorer än halter i jord som styr upptag varierar, men kan till exempel vara vädret, jordens beskaffenhet och bindningsförmåga för ämnet, typ och sorten gröda. För spårämnena var de främsta samband av betydelse halten i jord och andel lerpartiklar (positiva samband), surhetsgraden i jorden, ledningsförmågan och andel organiskt material i jorden (negativa samband). Enligt en modellstudie som utförts vid Sweco (Törneman m.fl. 2014) styrs halterna i miljön efter slamspridning primärt av ämnets grad av nedbrytning och omvandling (halveringstid) och i

andra hand av ämnets vattenlöslighet. Strax efter spridningen påverkar halterna av ett ämne i slammet halterna i porvatten och jord. Efterhand försvinner det direkta sambandet. För en bedömning av påverkan över tid är det därför viktigt att ha koll på det specifika ämnets egenskaper. För metallerna innebär det att vattenlösligheten blir helt avgörande för rörligheten av ämnet.

Halterna i olika gödningsmedel (slam, stallgödsel och handelsgödsel) har jämförts för olika spårämnen i en sammanställning av Eriksson (Naturvårdsverket 2001). För metaller med bestämda gränsvärden är halterna i slam vanligen betydligt högre än i de övriga gödningsmedlen. När gödseln väl har tillförts jorden så beror utlakningen främst på vittringen lokalt samt hur stor andel av metallerna som blir vattenlöslig och lakas ur matjorden ner till den underliggande mineraljorden (Naturvårdsverket 2001). I stora delar av Stockholms län består matjorden av styva leror, som har en basisk karaktär med relativt höga, naturliga halter av de flesta spårämnena och fosforhalter som är relativt höga på grund av tidigare intensiv gödsling (Eriksson m.fl. 2010, Naturvårdsverket 2005). Vittringshastigheten är relativt låg, vilket gör att dessa jordar är relativt känsliga för påförda ämnen utöver de som redan finns. Fördelen är att de påförda ämnena inte lakas ur och hamnar i vattenfasen för att sedan kunna förorena yt- eller grundvatten eller tas upp i grödorna. Buffringsförmågan mot markförsurning är god i styva lerjordar, vilket generellt ger ett bra skydd mot eventuell påskyndad urlakning av oönskade ämnen på grund av den svaga försurningseffekten som slamgivor kan orsaka (Johnson m.fl. 1989, Naturvårdsverket 2001). Det som är negativt med leror är att en dålig markstruktur kan leda till att påförda ämnen lätt eroderar bort med material från det översta marklagret vid riklig nederbörd. Slam, som vid spridning kan liknas vid flytgödsel i sin konsistens, kan täppa till porerna i lerjorden (Naturvårdsverket 2005) och öka risk för direkt avrinning över ytan. Därför är det än viktigare att förbättra markstrukturen, vilket slammets organiska material kan bidra med.

Trots att halterna av oönskade metaller och organiska ämnen kan vara relativt höga i länets matjordar, leder det troligen inte till höga halter av dessa ämnen i vatten eller i de odlade grödorna. Det visas i de fältförsök som Hushållningssällskapet gör med spridning av olika gödningsmedel, däribland avloppsslam (Hushållningssällskapet 2015, 2020). Med tillåtna slamgivor på åkermark är risken för fördubbling av halterna i matjorden på tider under 500 år påtaglig för guld, silver, koppar och kvicksilver (Naturvårdsverket 2001). För vissa ämnen är ökningen än större på grund av det höga atmosfäriska nedfallet. Nedfallet påverkar halterna i slam via belastning av reningsverken med ovidkommande vatten (vatten som inte är spillvatten). Samtidigt tar åkermark emot nedfallet direkt. Därmed minskar marginalerna för mängder som kan tillföras via slammet utan att riskera en oacceptabel haltökning i matjorden. Revaq har satt sina rörliga riktvärden på ett sådant sätt att en haltökning i marken över längre tid med slamgödsling förebyggs. För att kunna bedöma påverkan på kort och lång sikt tillhandahåller Revaq en rad verktyg. Dessa kan med fördel användas för att bedöma lämpligheten

av slamspridningen på en viss åker. Det krävs en del analyser på befintliga halter i marken och på det aktuella slammet. Revaq har därför krav på spårbarheten och att det behövs alternativ till spridning på åkermark, ifall slammet inte visar sig lämpligt för det ändamålet. I vårt län är det slammet från Henriksdals och Nynäshamns reningsverk för 2019 som inte kan anses vara lämpligt att spridas på åkermark vid de fosforgivor som tillåts per hektar spridningsareal. Det går att begränsa mängder både på grund av fosfor- och metallinnehåll. Det underlättar därför att beskriva relationen mellan metallinnehållet och fosforhalten av slammet, så att det tydligare framgår vilka mängder som kan spridas per hektar. Vid spridning kan doseringen därefter avpassas till det begränsande ämnets koncentration i förhållandet till fosfor. Även då åkermark inte gödslas med slam varje år kan det vara onödigt att påföra hela den tillåtna fosforgivan vart femte år. Just det kan riskera att leda till förluster av fosfor till vatten, eftersom många åkerjordar redan är fosformättade av historisk övergödning.

En uppföljning av haltförändringar i jord och porvatten efter spridning av slam på åkermark är en viktig del av arbetet med att säkerställa att marken inte tar skada på sikt. Däremot är det för länets åkermark mindre troligt att risk för kontaminering av grödorna kommer att öka på grund av de redovisade, tillförda ämnen via avloppsslam.

Utmaningen kommer främst att finnas i att reducera mängderna kadmium i slammet. Även utvecklingen av belastningar av silver, kvicksilver, zink och nickel behöver beaktas.

Den europeiska miljöbyrån EEA (2019) skriver att det atmosfäriska nedfallet av bly har minskat med drygt 90 procent över hela unionens utbredning sedan 1990. Fortsatt sker en svag minskning för bly. För kadmium och kvicksilver har minskningen fram till cirka 2009 varit 64 respektive 72 procent, och därefter planats ut för dessa ämnen. Industrin har stått för större delen av minskningen av kadmium. För kvicksilver beror minskningen främst på stora satsningar inom energiproduktionen och med att ersätta kvicksilver i konsumentprodukter.

Nedfallet av metaller i Stockholms län undersöks vart femte år av Länsstyrelsen genom att analysera halter av metallerna i mossa, som inventeras från ett fyrtiotal platser. Senaste analyserna är från 2015 och dessa visar att nedfallet för alla undersökta metaller har minskat mellan 2000 och 2015. För kadmium var minskningen 42 procent som länsmedelvärde, för krom 71 procent, koppar 34 procent, nickel och bly 83 procent vardera, zink 27 procent och kvicksilver 60 procent. Med dessa tydliga minskningar kommer troligen även den totala belastningen på åkermarken att minska över tid. Svenskt Vatten och Kemikalieinspektionen har arbetat intensivt för att få bort silver ur kläder och andra behandlade varor till konsument (Kemikalieinspektionen 2012, Svenskt Vatten 2018). Det kan mycket väl ha bromsat upp den ökningen av silver i slam som kunde ses mellan 2006 och 2012. Även framgent är det viktigt att begränsa silverutsläpp via slammet.

Att angripa problem med ovidkommande vatten som belastar våra reningsverk (Kusoffsky 2010) verkar också ge resultat i att minska belastningen av miljögifter i slammet. Den minskningen som kan ses i trenderna för halter av metaller och organiska ämnen i slam från våra reningsverk är både beroende på att minskningen i nedfallet fortsätter och på att det inkommande vattnet till reningsverken blir ännu renare från oönskade metaller och organiska ämnen.

Slutsatser

Trots en stadig ökning av Stockholms läns befolkning, ligger produktionen av avloppsslam i länets reningsverk relativt stabilt. Förändringen sker framförallt i huvudsakliga källor till avloppsvattnet, som allt mer kommer från hushållen i länet.

Användning av avloppsslam från länets Revaq-certifierade reningsverk som gödning på åkermark har ökat de senaste åren. Förutom spridning på åkermark används slammet främst som jordförbättringsmedel. En liten andel gick till förbränning eller användes för övertäckning av deponier.

Halterna av de undersökta metallerna kadmium, kvicksilver, bly, krom och silver har minskat successivt i slam från de sju Revaq certifierade avloppsreningsverken i Stockholms län under perioden 2009 till och med 2019. För metallerna koppar, zink och nickel är mellanårsvariationen relativt stor medan ingen tydlig minskning eller ökning kan ses i slammet. För de undersökta organiska ämnena, PAH, PCB och nonylfenol, kan en tydlig minskning konstateras för PCB och nonylfenol under perioden 2009 till och med 2019, medan halterna av PAH i slam varken ökar eller minskar under perioden. Mellanårsvariationen för både PAH och PCB är relativt stor, mindre för nonylfenol.

Vid slamåterföring på åkermark i och omkring länet finns det risk för en högre ackumulering av kadmium, kvicksilver och silver i åkermarken än den som är önskvärd, det vill säga med en kortare dubblingstid av halterna än 500 år (större än 0,02 % ökning per år). Samtidigt minskar dessa ämnens förekomst i slammet och i det atmosfäriska nedfallet. Naturvårdsverkets föreslagna gränsvärden och VA-branschens föreslagna riktvärden kan följas för nästan allt slam som producerats i länets sju Revaq certifierade reningsverk. För det slam som inte klarar de uppsatta gräns- och riktvärden behöver branschen ha tillgång till alternativa metoder för användning av slampartier.

Våra regionala åkermarker består huvudsakligen av styva leror med en basisk karaktär och vanligen ett överskott av fosfor. Vid spridning av oönskade metaller och organiska ämnen på dessa jordar kan halterna i jorden bli högre. Eftersom metallerna eller organiska ämnena i dessa leror sitter fast på jordpartiklarna, leder inte högre halter i jorden till en ökad risk för läckage till yt- eller grundvatten eller högre upptag i grödor. Däremot kan de relativt höga halterna i jorden utgöra en risk för upptag av betande djur som kommer i kontakt med jordpartiklarna. Att återföra slam till dessa lerjordar bör egentligen snarare syfta till att förbättra jordstrukturen genom tillförseln av slammets organiska mull än att påföra ännu mer fosfor. Genom en förbättrad jordstruktur kan läckage av näringsämnen till yt- och grundvatten minskas. Vid en planerad slamspridning bör hänsyn tas till såväl

näringsbalansen som slammets innehåll av oönskade ämnen. Jordarnas kväve- och fosforhalter i regionen, i kombination med det stora behovet av att minska näringsförluster till yt- och grundvatten, innebär troligen att spridning av slam på åkermark till stor del behöver ske utanför länet.

Referenser

- Albertsson, B. 2013. Riktlinjer för gödsling och kalkning 2014. In: Jordbruksverket (ed.). Jönköping, Jordbruksverket.
- European Environment Agency. 2019. National emissions reported to the convention on long-range transboundary air pollution (LRTAP convention). Report IND-171, EEA, Copenhagen.
- Eriksson, J., Mattsson, L. och M. Söderström. 2010. Tillståndet i svensk åkermark och gröda, data från 2001–2007. Naturvårdsverket, rapport 6349.
- Flodgren, J. 2015. Kartläggning av tungmetaller uppströms Himmerfjärdsverket, en studie i möjliga källor till kadmium och nickel i avloppsslam. Examensarbete vid Lunds universitet, Institutionen för kemiteknik, Lund.
- Gryaab 2008. *Provtagningar i referensområden 2006/2007. Hushållsspillvatten Dell*. Rapport 2008:6. Reviderad 2011-05-19. Göteborg: Gryaab.
- Hushållningssällskapet 2015. Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2014. Hushållningssällskapens rapportserie 17, Skåne.
- Hushållningssällskapet 2020. Slamtillförsel på åkermark. Slamrapport 2015–2018. Projektredovisning. Hushållningssällskapet i Skåne.
- Hörsing, M. 2018. Avloppsslam på åkermark. Vad behöver vi veta om oönskade organiska ämnen? Stockholm, Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2018 - 04.
- Hörsing, M. och A. Ledin. 2016. Identifiering av fokusämnen för slam – organiska miljögifter. Stockholm, Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2016 - 08.
- Ishaq, R. 2011. Kvalitet, produktion och användning av slam från tillståndspliktiga avloppsreningsverk i Stockholms län 1981–2009. Faktablad Länsstyrelsen Stockholm.
- Johansson, C. och S-E. Svensson. 2012. Halter av 60 spårelement i klosettvattnen för fastställande av klosettvattnens kvalitet – förstudie. Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2012 – 05. Alnarp, SLU.
- Johnson, R. L., Cherry, J. A. och J. F. Pankow. 1989. Diffusive contaminant transport in natural clay: A field example and implications for clay-lined waste disposal sites. *Environ. Sci. Technol.* 23(3): 340–349.
- Kemikalieinspektionen. 2011. Kadmiumhalten måste minska – för folkhälsans skull. En riskbedömning av kadmium med mineralgödsel i fokus. Sundbyberg, Kemikalieinspektionen.

- Kemikalieinspektionen. 2012. Antibacterial substances leaking out with the washing water. Analyses of silver, triclosan and triclocarban in textiles before and after washing. Kemikalieinspektionen PM 1/12.
- Knutson, P. 2011. Spårelement i Sveriges jordbruksmark; flöden, trender och fältbalanser. Magisteruppsats SLU, Uppsala.
- Kusoffsky, E. 2010. Ovidkommande vatten i spillvattensystemet, problematik och åtgärder. Kulturgeografiska institutionen, Uppsala universitet, arbetsrapport nr 727, Uppsala.
- Käppalaförbundet. 2020. Miljörapport 2019 med emissionsdeklaration (2 delar). Stockholm, Käppala avloppsreningsverk.
- Länsstyrelsen Västra Götaland. 2010. Miljögifter i slam och utgående vatten från avloppsreningsverk. Manual, sammanställning och rekommendationer. Länsstyrelsens rapport 2010:09. Delprogram för miljöövervakning av miljögifter.
- Lücke-Johansson, S. 2014. Avloppsslam i Stockholm län. Kvalitet, produktion och användning av slam från tillståndspliktiga avloppsreningsverk i Stockholms län 1981–2013. Faktablad 2014:19 Länsstyrelsen Stockholm.
- Naturskyddsföreningen. 2018. Avlopp på våra åkrar. En rapport om miljögifter i slam. Stockholm.
- Naturskyddsföreningen. 2020. Remissyttrande till miljödepartementet angående hållbar slamhantering (SOU 2020:3). Stockholm, 25 maj 2020. Dnr. 2020/0070.
- Naturvårdsverket. 1995. Vad innehåller avlopp från hushåll? Rapport nr 4425. Solna.
- Naturvårdsverket. 2001. Halter av 61 spårelement i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda. Rapport 5148. Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2005. Fosforförluster från mark till vatten. Identifikation av kritiska källor och möjliga motåtgärder. Barbro Ulén (Red.) Rapport 5507. Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2008. Övervakning av prioriterade miljöfarliga ämnen listade i Ramdirektivet för vatten. Rapport 5801, Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2013. Hållbar återföring av fosfor. Rapport 6580. Naturvårdsverkets förlag. Stockholm.
- Naturvårdsverket. 2014. Vägledning om miljörapportering till svenska miljörapporteringsportalen. Stockholm, Naturvårdsverkets förlag.
- Naturvårdsverket. 2018. Vägledning om miljörapportering avloppsreningsanläggningar, avloppsledningsnät och slam. Stockholm.

- Naturvårdsverket. 2020. Avloppsreningsanläggningar, avloppsledningsnät och slam. Stockholm, Naturvårdsverkets webbversion.
- Revaq. 2013. Revaq årsrapport 2012. REVAQ återvunnen växtnäring. Revaq, Stockholm, rapport.
- Revaq. 2020. Revaq årsrapport 2019. REVAQ renare vatten – bättre kretslopp. Revaq, Stockholm, rapport nummer 2020-02.
- Revaq. 2021. REVAQ – Renare vatten – Bättre kretslopp. Regler för certifieringssystemet. Utgåva 7.1, Stockholm, 2021.01.01.
- Statens offentliga utredning om hållbar slamhantering. Betänkande av Utredningen om en giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam. SOU 2020:3. Statsrådsberedningen, Stockholm 2020.
- Schönning, C. 2003. Risker för smittspridning via avloppsslam. Rapport 5215, Naturvårdsverket, Stockholm.
- Sternbeck, J., Österås, A-H. och M. Allmyr. 2013. Riskbedömning av fosforrika fraktioner vid återförsel till åker- och skogsmark samt vid anläggande av etableringsskikt. Rapport till Naturvårdsverket. WSP Miljö, Stockholm.
- Sternbeck, J. och P. Östling. 1999. Nya metaller och metalloider i samhället. IVL-rapport B 1332, Stockholm.
- Stockholm Vatten. 2013. Remissvar till Miljödepartementet angående Naturvårdsverkets redovisning av regeringsuppdraget om återföring av fosfor. Dnr 13SV843. Stockholm, 9 sidor.
- Svenskt Vatten. 2018. Silverläckan, en rapport om silver i sportkläder. Meddelande M145, Svenskt Vatten och Revaq, oktober 2018.
- Thuresson, M. 2008. Kvalitet, produktion och användning av slam från tillståndspliktiga avloppsreningsverk i Stockholms län, 1981 till 2007. Faktablad Länsstyrelsen Stockholm.
- Thuresson, M. och Haapaniemi, U. 2005. Slam från avloppsreningsverk. Mängder, kvalitet samt användning i Stockholms län under perioden 1981 till 2003. Stockholm: Miljöinformationsenheten, Länsstyrelsen, Rapport 2005:10.
- Tideström, H., Alvin, L., Jennische, U. och B. Hultman. 2009. Fosforutvinning ur avloppsslam. Teknik, miljö- hälso- och klimateffekter. Stockholm, Sweco, uppdragsrapport åt Naturvårdsverket.
- Törneman, N., van Praagh, M. Bjarke, M. Johansson, M., Ingelstedt Frendberg, L. och P. Hallgren. 2014. Organiska ämnen i slam – en prioritering för slamåterföringen. (Sweco) Stockholm, Svenskt Vatten Utveckling rapport nr 2014 – 09.

VA-guiden. 2018. Artikel på nätet: Regeringen vill ha ett förbud mot slam på åkrar. Marie Strand, VA-guiden, publicerad 12 juli 2018. [Regeringen vill ha ett förbud mot slam på åkrar | VA-guiden \(vaguiden.se\)](#)

Wahlberg, C. 2016. Organiska miljöföroreningar i avloppsvatten och slam från Henriksdal och Bromma. Undersökningar 2014 och 2015. Stockholm Vatten rapport, ref nr 15SV1018, Stockholm.

Bilaga 1: Tabeller med beräknade värden

Tabell 5: Data på årsmedelhalter av metaller (mg metall/kg torrvt slam) i slammet inrapporterade till SMP och använda i denna rapport.

Anläggnings-namn	Årtal	Mottagare	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
BROMMA	2009	Slam-Halt	0,9	23	0,6	22	400	570	18	3,1
BROMMA	2010	Slam-Halt	1	23	0,68	25	420	650	20	4,1
BROMMA	2011	Slam-Halt	0,8	22	0,63	23	440	670	22	3,2
BROMMA	2012	Slam-Halt	1	33	0,54	28	410	700	24	2,4
BROMMA	2013	Slam-Halt	0,8	26	0,56	24	420	650	20	2,5
BROMMA	2014	Slam-Halt	0,8	24	0,5	23	400	610	19	2,2
BROMMA	2015	Slam-Halt	0,8	25	0,45	23	390	630	21	2,2
BROMMA	2016	Slam-Halt	0,6	18	0,51	20	400	600	20	2,2
BROMMA	2017	Slam-Halt	0,6	17	0,43	21	411	606	20,2	1,92
BROMMA	2018	Slam-Halt	0,7	19	0,56	25	390	600	23	1,9
BROMMA	2019	Slam-Halt	0,7	16	0,45	31	404	556	23	1,7
EKEBYHOV	2009	Slam-Halt	0,6	12	0,31	43	399	453	12	1,5
EKEBYHOV	2010	Slam-Halt	0,5	10	0,41	40	331	423	13	1,5
EKEBYHOV	2011	Slam-Halt	0,6	8,9	0,42	33	338	439	13	1,4
EKEBYHOV	2012	Slam-Halt	0,6	9,2	0,4	51	325	420	12	1,4
EKEBYHOV	2013	Slam-Halt	0,5	7,2	0,39	22	318	415	11	1,3
EKEBYHOV	2014	Slam-Halt	0,5	11	0,25	17	354	451	13	1,5
EKEBYHOV	2015	Slam-Halt	0,5	8,5	0,25	10	308	412	11	1,5
EKEBYHOV	2016	Slam-Halt	0,5	7,9	0,27	10	338	452	11	1,7
EKEBYHOV	2017	Slam-Halt	0,5	7,4	0,27	10	318	437	11	1,3
EKEBYHOV	2018	Slam-Halt	0,5	8,2	0,26	10	333	477	12	1,3
EKEBYHOV	2019	Slam-Halt	0,5	8,1	0,25	9,8	329	412	11	1,2
FORS	2009	Slam-Halt	0,7	13	0,47	19	220	625	15,2	
FORS	2010	Slam-Halt	0,7	12	0,47	20	187	537	15,2	1,71
FORS	2011	Slam-Halt	0,8	11	0,49	18	238	605	16,8	1,5
FORS	2012	Slam-Halt	0,8	9,1	0,38	16	215	530	16,2	
FORS	2013	Slam-Halt	0,8	8,6	0,66	16	210	560	15,2	
FORS	2014	Slam-Halt	0,7	9,2	0,5	16	213	595	20	
FORS	2015	Slam-Halt	0,8	10	0,37	17	193	565	25	
FORS	2016	Slam-Halt	0,6	6,4	0,36	15	195	578	24	1,2
FORS	2017	Slam-Halt	0,5	7,1	0,34	16	200	550	21	1,2
FORS	2018	Slam-Halt	0,5	5,9	0,31	13	188	525	16,5	1,3
FORS	2019	Slam-Halt	0,6	7,5	0,29	14	200	485	16,5	1,1

Anläggnings-namn	Årtal	Mottagare	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
HENRIKSDAL	2009	Slam-Halt	0,9	25	0,6	22	400	570	18	3,1
HENRIKSDAL	2010	Slam-Halt	1	23	0,84	21	420	580	21	5,5
HENRIKSDAL	2011	Slam-Halt	0,9	25	0,81	23	430	600	24	4,8
HENRIKSDAL	2012	Slam-Halt	0,9	23	0,75	23	420	610	24	4,1
HENRIKSDAL	2013	Slam-Halt	0,8	20	0,73	21	410	580	20	3,6
HENRIKSDAL	2014	Slam-Halt	0,8	21	0,65	20	420	570	20	3,7
HENRIKSDAL	2015	Slam-Halt	0,8	21	0,62	19	390	570	20	4
HENRIKSDAL	2016	Slam-Halt	0,6	17	0,56	18	380	550	20	4
HENRIKSDAL	2017	Slam-Halt	0,7	18	0,55	18	371	544	20	3,5
HENRIKSDAL	2018	Slam-Halt	0,7	16	0,48	17	359	539	20,8	3,5
HENRIKSDAL	2019	Slam-Halt	0,6	16	0,44	20	370	498	20,1	3
HIMMERFJÄRD	2009	Slam-Halt	0,7	17	0,63	29	313	608	26	1,8
HIMMERFJÄRD	2010	Slam-Halt	0,7	16	0,53	28	330	668	24	1,8
HIMMERFJÄRD	2011	Slam-Halt	0,7	14	0,48	27	318	638	24	1,3
HIMMERFJÄRD	2012	Slam-Halt	0,7	13	0,47	25	298	569	24,1	1,2
HIMMERFJÄRD	2013	Slam-Halt	0,7	12	0,48	22	298	553	23,7	1,3
HIMMERFJÄRD	2014	Slam-Halt	0,8	13	0,43	23	322	585	20	1,3
HIMMERFJÄRD	2015	Slam-Halt	0,7	13	0,43	24	320	613	24	1,5
HIMMERFJÄRD	2016	Slam-Halt	0,6	13	0,43	25	304	590	22	1,5
HIMMERFJÄRD	2017	Slam-Halt	0,6	13	0,4	23	299	581	21	1,6
HIMMERFJÄRD	2018	Slam-Halt	0,6	12	0,36	22	293	536	20,6	1,37
HIMMERFJÄRD	2019	Slam-Halt	0,6	13	0,37	24	295	489	17,9	1,43
KÄPPALA	2009	Slam-Halt	0,9	18	0,6	23	460	590	13	3
KÄPPALA	2010	Slam-Halt	0,9	19	0,6	33	500	640	17	3
KÄPPALA	2011	Slam-Halt	0,9	16	0,6	24	510	620	17	3
KÄPPALA	2012	Slam-Halt	0,9	19	0,6	25	512	600	17	3
KÄPPALA	2013	Slam-Halt	0,7	17	0,5	19	493	590	15	3
KÄPPALA	2014	Slam-Halt	0,8	17	0,51	20	463	572	18,1	2,6
KÄPPALA	2015	Slam-Halt	0,8	20	0,55	19	465	606	18,5	2,6
KÄPPALA	2016	Slam-Halt	0,6	16	0,6	18	511	653	18,9	2,8
KÄPPALA	2017	Slam-Halt	0,7	16	0,43	17	509	639	18	2,9
KÄPPALA	2018	Slam-Halt	0,7	15	0,5	15	480	616	18	2,3
KÄPPALA	2019	Slam-Halt	0,7	16	0,41	20	486	575	18	1,9
NYNÄSHAMN	2009									
NYNÄSHAMN	2010	Slam-Halt	0,8	12	0,58	24	275	610	19,5	1,95
NYNÄSHAMN	2011	Slam-Halt	0,7	8,9	0,71	21	283	610	18,3	2,2
NYNÄSHAMN	2012	Slam-Halt	0,8	12	0,75	22	280	573	18	3,2
NYNÄSHAMN	2013	Slam-Halt	0,8	8,8	0,47	23	285	568	18	2
NYNÄSHAMN	2014	Slam-Halt	0,7	12	0,49	22	303	575	18	1,5
NYNÄSHAMN	2015	Slam-Halt	0,8	11	0,53	24	275	568	19	1,3

Anläggningsnamn	Årtal	Mottagare	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
NYNÄSHAMN	2016	Slam-Halt	0,7	8,7	0,56	22	295	593	18	1,7
NYNÄSHAMN	2017	Slam-Halt	0,6	9,2	0,83	23	278	620	20	1,7
NYNÄSHAMN	2018	Slam-Halt	0,6	8,6	0,49	19	259	545	18	1,37
NYNÄSHAMN	2019	Slam-Halt	0,7	11	0,53	21	321	571	20	1,4

Tabell 6: Beräknade halter av metaller i slampartier från sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län, som mg metall per kg totalfosfor samt andel fosfor i kg totalfosfor per kg torrt slam (P/slam).

Anläggningsnamn	Rap- årtal	P/slam	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
BROMMA	2009	0,034	26,5	676	17,6	647	11765	16765	529	91,2
BROMMA	2010	0,035	27,4	657	19,4	714	12000	18571	571	117,1
BROMMA	2011	0,033	25,5	667	19,1	697	13333	20303	667	97,0
BROMMA	2012	0,03	31,7	1100	18,0	933	13667	23333	800	80,0
BROMMA	2013	0,032	25,6	813	17,5	750	13125	20313	625	78,1
BROMMA	2014	0,03	26,0	800	16,7	767	13333	20333	633	73,3
BROMMA	2015	0,031	25,2	806	14,5	742	12581	20323	677	71,0
BROMMA	2016	0,032	19,1	563	15,9	625	12500	18750	625	68,8
BROMMA	2017	0,03375	19,0	495	12,7	614	12178	17967	599	56,9
BROMMA	2018	0,032	20,3	594	17,5	781	12188	18750	719	59,4
BROMMA	2019	0,034	19,4	471	13,2	912	11882	16353	676	50,0
EKEBYHOV	2009	0,02649	21,9	453	11,7	1623	15062	17100	453	56,6
EKEBYHOV	2010	0,02383	22,2	420	17,2	1678	13888	17748	545	62,9
EKEBYHOV	2011	0,025	22,4	356	16,8	1320	13520	17560	520	56,0
EKEBYHOV	2012	0,023	24,3	400	17,4	2217	14130	18261	522	60,9
EKEBYHOV	2013	0,023	23,5	313	17,0	957	13826	18043	478	56,5
EKEBYHOV	2014	0,024	22,1	442	10,4	708	14750	18792	542	62,5
EKEBYHOV	2015	0,022	20,9	386	11,4	455	14000	18727	500	68,2
EKEBYHOV	2016	0,025	18,8	316	10,8	400	13520	18080	440	68,0
EKEBYHOV	2017	0,025	18,8	296	10,8	400	12720	17480	440	52,0
EKEBYHOV	2018	0,025	20,8	328	10,4	400	13320	19080	480	52,0
EKEBYHOV	2019	0,02483	20,9	326	10,1	395	13248	16591	443	48,3
FORS	2009	0,0354	20,1	367	13,3	537	6215	17655	429	
FORS	2010	0,035	19,1	334	13,4	557	5343	15343	434	48,9
FORS	2011	0,03225	23,6	329	15,2	552	7380	18760	521	46,5
FORS	2012	0,0308	26,6	295	12,3	526	6981	17208	526	
FORS	2013	0,03	26,7	287	22,0	517	7000	18667	507	
FORS	2014	0,03	23,7	307	16,7	533	7100	19833	667	
FORS	2015	0,02875	27,1	348	12,9	591	6713	19652	870	

Anläggningsnamn	Rap- årtal	P/slam	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
FORS	2016	0,0325	17,2	197	11,1	462	6000	17785	738	36,9
FORS	2017	0,03125	17,0	227	10,9	512	6400	17600	672	38,4
FORS	2018	0,0295	16,6	200	10,5	434	6373	17797	559	44,1
FORS	2019	0,0325	17,5	231	8,9	415	6154	14923	508	33,8
HENRIKSDAL	2009	0,035	25,7	714	17,1	629	11429	16286	514	88,6
HENRIKSDAL	2010	0,036	26,7	639	23,3	583	11667	16111	583	152,8
HENRIKSDAL	2011	0,034	25,9	735	23,8	676	12647	17647	706	141,2
HENRIKSDAL	2012	0,033	25,8	697	22,7	697	12727	18485	727	124,2
HENRIKSDAL	2013	0,033	23,6	606	22,1	636	12424	17576	606	109,1
HENRIKSDAL	2014	0,032	24,1	656	20,3	625	13125	17813	625	115,6
HENRIKSDAL	2015	0,032	23,8	656	19,4	594	12188	17813	625	125,0
HENRIKSDAL	2016	0,033	19,4	515	17,0	545	11515	16667	606	121,2
HENRIKSDAL	2017	0,03214	20,5	560	17,1	560	11542	16924	622	108,9
HENRIKSDAL	2018	0,031	21,3	516	15,5	548	11581	17387	671	112,9
HENRIKSDAL	2019	0,032	20,0	484	13,8	625	11563	15563	628	93,8
HIMMERFJÄRDEN	2009	0,029	23,1	586	21,7	1000	10793	20966	897	62,1
HIMMERFJÄRDEN	2010	0,029	24,8	552	18,3	966	11379	23034	828	62,1
HIMMERFJÄRDEN	2011	0,028	23,6	500	17,1	964	11357	22786	857	46,4
HIMMERFJÄRDEN	2012	0,0279	23,3	459	16,8	900	10681	20394	864	43,0
HIMMERFJÄRDEN	2013	0,0288	24,3	406	16,7	764	10347	19201	823	45,1
HIMMERFJÄRDEN	2014	0,0285	28,1	460	15,1	807	11298	20526	702	45,6
HIMMERFJÄRDEN	2015	0,029	25,5	448	14,8	828	11034	21138	828	51,7
HIMMERFJÄRDEN	2016	0,029	20,3	448	14,8	862	10483	20345	759	51,7
HIMMERFJÄRDEN	2017	0,0298	21,1	436	13,4	772	10034	19497	705	53,7
HIMMERFJÄRDEN	2018	0,0293	20,4	399	12,2	737	10000	18294	703	46,8
HIMMERFJÄRDEN	2019	0,0287	21,3	439	12,9	833	10279	17038	624	49,8
KÄPPALA	2009	0,033	27,3	545	18,2	697	13939	17879	394	90,9
KÄPPALA	2010	0,037	24,3	514	16,2	892	13514	17297	459	81,1
KÄPPALA	2011	0,036	25,0	444	16,7	667	14167	17222	472	83,3
KÄPPALA	2012	0,035	24,3	543	17,1	714	14629	17143	486	85,7
KÄPPALA	2013	0,0334	22,2	509	15,0	569	14760	17665	449	89,8
KÄPPALA	2014	0,03192	25,1	542	16,0	623	14505	17920	567	81,5
KÄPPALA	2015	0,0317	24,6	621	17,4	590	14669	19117	584	82,0
KÄPPALA	2016	0,034	17,6	468	17,6	521	15029	19206	556	82,4
KÄPPALA	2017	0,039	18,5	410	11,0	436	13051	16385	462	74,4
KÄPPALA	2018	0,036	19,4	417	13,9	417	13333	17111	500	63,9
KÄPPALA	2019	0,039	18,5	410	10,5	513	12462	14744	462	48,7
NYNÄSHAMN	2009	0								
NYNÄSHAMN	2010	0,029	26,2	414	20,0	828	9483	21034	672	67,2
NYNÄSHAMN	2011	0,032	22,8	278	22,2	656	8844	19063	572	68,8

Anläggningsnamn	Rap- årtal	P/slam	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
NYNÄSHAMN	2012	0,029	25,9	414	25,9	759	9655	19759	621	110,3
NYNÄSHAMN	2013	0,03025	26,4	291	15,5	760	9421	18777	595	66,1
NYNÄSHAMN	2014	0,03025	24,5	393	16,2	721	10017	19008	595	49,6
NYNÄSHAMN	2015	0,02825	28,0	400	18,8	850	9735	20106	673	46,0
NYNÄSHAMN	2016	0,03025	21,8	288	18,5	727	9752	19603	595	56,2
NYNÄSHAMN	2017	0,02925	21,9	315	28,4	786	9504	21197	684	58,1
NYNÄSHAMN	2018	0,02775	19,8	310	17,7	685	9333	19640	649	49,4
NYNÄSHAMN	2019	0,03198	21,9	344	16,6	657	10038	17855	625	43,8

Tabell 7: Data på årsmedelhalter av totalfosfor och organiska miljögifter (mg/kg torrsvikt slam) i slammet inrapporterade till SMP och använda i denna rapport.

Anläggningsnamn	Årtal	P-total	Mottagare	PAH	nonylfenol	PCB
BROMMA	2009	34000	Slam-Halt	1,4	16	0,082
BROMMA	2010	35000	Slam-Halt	1,5	20	0,084
BROMMA	2011	33000	Slam-Halt	1,2	14	0,044
BROMMA	2012	30000	Slam-Halt	1,7	12	0,048
BROMMA	2013	32000	Slam-Halt	1,35	12	0,05
BROMMA	2014	30000	Slam-Halt	1,38	9	0,038
BROMMA	2015	31000	Slam-Halt	1,39	9,2	0,05
BROMMA	2016	32000	Slam-Halt	1,25	8,9	0,045
BROMMA	2017	33750	Slam-Halt	1,08	6,97	0,029
BROMMA	2018	32000	Slam-Halt	1,9	5,7	0,028
BROMMA	2019	34000	Slam-Halt	1,3	7,2	0,027
EKEBYHOV	2009	26491	Slam-Halt	0,15	1,8	0,04
EKEBYHOV	2010	23833	Slam-Halt	0,15	1,7	0,04
EKEBYHOV	2011	25000	Slam-Halt	0,15	1,2	0,04
EKEBYHOV	2012	23000	Slam-Halt	0,15	1,2	0,04
EKEBYHOV	2013	23000	Slam-Halt	0,9	1,5	0,028
EKEBYHOV	2014	24000	Slam-Halt	0,15	2,7	0,027
EKEBYHOV	2015	22000	Slam-Halt	0,13	2,2	0,033
EKEBYHOV	2016	25000	Slam-Halt	0,15	0,8	0,023
EKEBYHOV	2017	25000	Slam-Halt		<0,05	
EKEBYHOV	2018	25000	Slam-Halt		<0,05	
EKEBYHOV	2019	24833	Slam-Halt			
FORS	2009	35400	Slam-Halt	0,67	14,4	0,035
FORS	2010	35000	Slam-Halt	0,3	10,7	0,036
FORS	2011	32250	Slam-Halt	0,3	8,8	0,04
FORS	2012	30800	Slam-Halt	0,41	10,7	0,046

Anläggningsnamn	Årtal	P-total	Mottagare	PAH	nonylfenol	PCB
FORS	2013	30000	Slam-Halt	0,3	7,8	0,023
FORS	2014	30000	Slam-Halt	0,29	7,4	0,036
FORS	2015	28750	Slam-Halt			
FORS	2016	32500	Slam-Halt			
FORS	2017	31250	Slam-Halt			
FORS	2018	29500	Slam-Halt			
FORS	2019	32500	Slam-Halt			
HENRIKSDAL	2009	35000	Slam-Halt	1,6	15	0,075
HENRIKSDAL	2010	36000	Slam-Halt	1,4	15	0,058
HENRIKSDAL	2011	34000	Slam-Halt	1,3	11	0,05
HENRIKSDAL	2012	33000	Slam-Halt	1,6	12	0,049
HENRIKSDAL	2013	33000	Slam-Halt	1,22	10	0,054
HENRIKSDAL	2014	32000	Slam-Halt	1,42	8	0,039
HENRIKSDAL	2015	32000	Slam-Halt	1,39	8,4	0,041
HENRIKSDAL	2016	33000	Slam-Halt	1,21	9,3	0,04
HENRIKSDAL	2017	32143	Slam-Halt	1,1	5,6	0,028
HENRIKSDAL	2018	31000	Slam-Halt	1,07	6,4	0,02
HENRIKSDAL	2019	32000	Slam-Halt	1,13	5,4	0,025
HIMMERFJÄRDEN	2009	29000	Slam-Halt	1,2	13	0,063
HIMMERFJÄRDEN	2010	29000	Slam-Halt	1,2	15	0,078
HIMMERFJÄRDEN	2011	28000	Slam-Halt	0,7	12	0,048
HIMMERFJÄRDEN	2012	27900	Slam-Halt	0,7	10,7	0,047
HIMMERFJÄRDEN	2013	28800	Slam-Halt	6,5	9,6	0,038
HIMMERFJÄRDEN	2014	28500	Slam-Halt	0,64	9,9	0,053
HIMMERFJÄRDEN	2015	29000	Slam-Halt	0,64	6,6	0,055
HIMMERFJÄRDEN	2016	29000	Slam-Halt	0,44	7,3	0,071
HIMMERFJÄRDEN	2017	29800	Slam-Halt	0,49	8,1	0,05
HIMMERFJÄRDEN	2018	29300	Slam-Halt	0,43	4,8	0,017
HIMMERFJÄRDEN	2019	28700	Slam-Halt	0,52	5,6	0,018
KÄPPALA	2009	33000	Slam-Halt	0,9	11	0,06
KÄPPALA	2010	37000	Slam-Halt	1	15	0,05
KÄPPALA	2011	36000	Slam-Halt	0,8	13	0,05
KÄPPALA	2012	35000	Slam-Halt	0,8	11	0,04
KÄPPALA	2013	33400	Slam-Halt	0,6	11	0,03
KÄPPALA	2014	31920	Slam-Halt	0,82	8,6	0,03
KÄPPALA	2015	31700	Slam-Halt	0,89	12	0,04
KÄPPALA	2016	34000	Slam-Halt	0,87	11	0,03
KÄPPALA	2017	39000	Slam-Halt	0,72	8,7	0,02
KÄPPALA	2018	36000	Slam-Halt	0,61	8,1	0,02
KÄPPALA	2019	39000	Slam-Halt	0,74	8,3	0,02
NYNÄSHAMN	2009					

Anläggningsnamn	Årtal	P-total	Mottagare	PAH	nonylfenol	PCB
NYNÄSHAMN	2010	29000	Slam-Halt	0,28		0,037
NYNÄSHAMN	2011	32000	Slam-Halt	0,15	12,3	0,037
NYNÄSHAMN	2012	29000	Slam-Halt	0,5	8,8	0,1
NYNÄSHAMN	2013	30250	Slam-Halt	0,47	8,8	0,043
NYNÄSHAMN	2014	30250	Slam-Halt	0,37	6,5	0,039
NYNÄSHAMN	2015	28250	Slam-Halt	0,15	5,3	0,033
NYNÄSHAMN	2016	30250	Slam-Halt	0,4		0,037
NYNÄSHAMN	2017	29250	Slam-Halt	0,4		0,028
NYNÄSHAMN	2018	27750	Slam-Halt	0,4		0,01
NYNÄSHAMN	2019	31979	Slam-Halt	0,4	4	0,021

Följande tabeller innehåller de data som har använts i beräkningsmodellen slamtestaren.xlsx som tillhandahållits av Revaq (2020). Resultaten presenteras under rubriken Resultat.

Tabell 8: A. Resultat (mg/kg TS slam) för slam producerad år 2019 vid sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län. B. Med beräknade givor i g/ha och år. C. Beräknade maximala slamgivor per hektar åkermark (kg slam/ha och år) och beräknad kadmium-fosforkvot för slammet producerad år 2019 vid sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län.

Tabelldel A. mg/kg TS slam.

Anläggningsnamn	Rap- årtal	P-tot	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
BROMMA	2019	34 000	0,7	16	0,45	31	404	556	23	1,7
EKEBYHOV	2019	24 833	0,5	8,1	0,25	9,8	329	412	11	1,2
FORS	2019	32 500	0,6	7,5	0,29	14	200	485	16,5	1,1
HENRIKSDAL	2019	32 000	0,6	16	0,44	20	370	498	20,1	3
HIMMERFJÄRDEN	2019	28 700	0,6	13	0,37	24	295	489	17,9	1,43
KÄPPALA	2019	39 000	0,7	16	0,41	20	486	575	18	1,9
NYNÄSHAMN	2019	31 979	0,7	11	0,53	21	321	571	20	1,4

Tabelldel B. g/ha och år för slam doserad med maximalt tillåtna P-givan (22 kg P/ha och år).

Anläggningsnamn	Rap- årtal	Cd	Pb	Hg	Cr	Cu	Zn	Ni	Ag
BROMMA	2019	0,43	10,35	0,29	20,06	261,41	359,76	14,88	1,10
EKEBYHOV	2019	0,46	7,18	0,22	8,68	291,47	365,00	9,75	1,06
FORS	2019	0,39	5,08	0,20	9,14	135,38	328,31	11,17	0,74
HENRIKSDAL	2019	0,44	10,66	0,30	13,75	254,38	342,38	13,82	2,06
HIMMERFJÄRDEN	2019	0,47	9,66	0,28	18,32	226,13	374,84	13,72	1,10
KÄPPALA	2019	0,41	9,03	0,23	11,28	274,15	324,36	10,15	1,07
NYNÄSHAMN	2019	0,48	7,57	0,36	14,45	220,83	392,82	13,76	0,96

Tabelldel C. Fosfor-relaterade slamgivor per ha och år (kg slam/ha) och beräknade kadmium-fosforkvoter för slampartierna producerade 2019.

Anläggningsnamn	Rap- årtal	Max slamgivor	Cd/P-kvoter
BROMMA	2019	647	32,4
EKEBYHOV	2019	886	42,8
FORS	2019	677	22,9
HENRIKSDAL	2019	688	64,5
HIMMERFJÄRDEN	2019	767	38,2
KÄPPALA	2019	564	27,5
NYNÄSHAMN	2019	688	30,1

Tabell 9: Alla beräknade kadmium-fosfor kvoter för slampartierna från åren mellan 2009 och 2019 från sju Revaq-certifierade reningsverk i Stockholms län.

Anläggningsnamn	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
BROMMA	17,1	17,2	17,0	23,2	17,6	19,1	17,9	13,1	12,4	14,0	12,6
EKEBYHOV	18,2	20,5	19,7	23,3	22,5	20,2	20,9	16,5	16,5	18,3	18,6
FORS	12,5	12,0	16,1	19,0	19,6	17,4	20,8	11,7	11,9	12,4	11,9
HENRIKSDAL	16,2	16,3	16,7	17,2	15,8	16,5	16,3	12,9	14,1	15,1	13,8
HIMMERFJÄRDEN	17,5	18,8	18,5	18,4	18,6	21,7	19,4	15,4	15,6	15,3	16,3
KÄPPALA	18,2	14,5	15,3	15,3	14,6	17,3	17,1	11,4	10,4	11,9	10,4
NYNÄSHAMN		19,9	15,7	19,6	19,2	17,8	21,8	15,9	16,5	15,7	15,1



Länsstyrelsen i Stockholm – en samlade kraft för en hållbar framtid.

Mer information kan du få av
Länsstyrelsens enhet för miljöanalys

Tfn: 010-223 10 00

Rapporten hittar du på vår webbplats
www.lansstyrelsen.se/stockholm