



Sveriges
lantbruksuniversitet

Avsättningsalternativ för avloppsslam från Gästrik Vatten

Möjligheter att återföra fosforföreningar i avloppsslam till produktiv mark

Louise Andersson

SAMMANFATTNING

Avsättningsalternativ för avloppsslam från Gästrikre Vatten

– Möjligheter att återföra fosforföreningar i avloppsslam till produktiv mark

Louise Andersson

Gästrikre Vatten är ett kommunalägt driftbolag bildat 2008. Bolaget har avloppsreningsverk i Gävle, Hofors, Ockelbo och Älvkarleby kommuner som tillsammans renar avloppsvatten från cirka 120 000 personer. Totalt producerar Gästrikre Vatten cirka 11 000 ton slam per år som renderar en total kostnad om 5 000 000 kr.

Med anledning av riksdagens uppsatta miljömål om återföring av 60 % av fosfor till produktiv mark vill Gästrikre Vatten undersöka hur deras avsättningsmöjligheter ser ut.

I dag går slam från samtliga Gästrikre Vattens reningsverk till kompostering till anläggningsjord eller som täckmaterial på deponier. Slammet från fem av sex avloppsreningsverk har metallhalter under, i SFS 1998:944 ansatta, gränsvärden för att få spridas på produktiv mark. Det reningsverk som innehåller för höga metallhalter är Duvbackens reningsverk som tar emot spillvatten från Gävle kommun med omnejd och bidrar med mer än 60 % av den totala slammängden från Gästrikre Vatten. Av den anledningen kommer Gästrikre Vatten ha svårt att nå riksdagens ansatta miljömål avseende återföring av fosfor till produktiv mark. Syftet med denna studie var att utreda vilka avsättningsalternativ som är hållbara miljömässigt och ekonomiskt.

Studien beskriver Gästrikre Vattens avloppsreningsverk och avsättningsalternativ för slammet. En massbalansstudie har upprättats för utvalda metaller i spillvatten från olika upptagningsområden och producerat slam. Studien visade att det enda avsättningsalternativ som i dag gör det möjligt att nå riksdagens miljömål avseende återföring av fosfor till produktiv mark, till en rimlig kostnad, är en kvalitetssäkring av slammet enligt REVAQ med påföljande återföring till åkermark. Sålunda fokuserades studien på att utreda möjligheterna att REVAQ-certifiera Duvbackens reningsverk.

En ökning av Cd, Cu och Zn i slammet på Duvbackens reningsverk de senaste åren tyder på ökade utsläpp till spillvattennätet, vilket är ett troligt resultat av bristande underhåll av oljeavskiljare då Gävle kommuns monopol på hämtning av farligt avfall togs bort 2007. Genom en kartläggning av spillvattennätet och de påkopplade verksamheterna samt en provtagning i större noder på spillvattennätet konstaterades att de största relativa metallmängderna kommer från industriområdena i Gävle. Verksamheter som använder Cd, Cu och Zn är fordonstvättar, verkstadsindustrier och ytbehandlingar. Samtliga industriområden där dessa verksamheter finns är därför viktiga att studera närmre.

Nyckelord: Avloppsslam, kadmium, koppar, zink, avsättning, REVAQ, uppströmsarbete

Institutionen för Mark och miljö, Växtnäring och markbiologi, Sveriges Lantbruksuniversitet, BOX 7014, SE-750 07 Uppsala
ISSN 1401-5765

SUMMARY

Alternative management options for sewage sludge from Gästrike Vatten - Possible options for reutilization phosphorus compounds in sewage sludge as fertiliser in agriculture and forestry

Louise Andersson

Gästrike Vatten is owned by the municipalities of Gävle, Hofors, Ockelbo and Älvkarleby and established in 2008. The company is responsible for handling and treating wastewater in the municipalities. Gästrike Vatten elutes wastewater from approximately 120,000 persons and all in all they handle 11,000 tonnes sewage sludge per year to a total cost of 5,000,000 SEK.

Because of the Swedish Parliament's environmental objectives reutilization of 60 % of the phosphorus from sewage sludge to agricultural soils, Gästrike Vatten now want to investigate possible options for reutilization of their sewage sludge.

Gästrike Vatten has six wastewater treatment plants. Except for Duvbacken sewage treatment plant all of them produce sewage sludge with metal concentrations below the maximum permissible value for spreading sewage sludge on agricultural soils. The sewage sludge from Duvbacken comprises of more than 60 % of the total amount managed at Gästrike Vatten. As a result of this, Gästrike Vatten has difficulties reaching the Swedish Parliament's environmental objectives for reutilization of phosphorous. Today, all sewage sludge from Gästrike Vatten is composted for later use as covering material for landfills. The objective of the present study was to investigate the possible options for environmental and economic sustainable reutilization of sewage sludge.

This thesis describes Gästrike Vatten's treatment plants and possible options for reutilization of sewage sludge. A mass balance study was conducted for Duvbacken as well as a detailed study on cadmium (Cd), copper (Cu) and zinc (Zn) content in the sludge. The study showed that the only option for Gästrike Vatten to meet the Swedish Parliament's environmental objectives on reutilization phosphorous is certifying the sewage sludge according to REVAQ with subsequent reutilization to agricultural soils. Consequently, this study focuses on the possibility to implement REVAQ.

An increase in concentrations of Cd, Cu and Zn in the sewage sludge from Duvbacken during the last years indicates an increase of emissions to the sewerage. The reason may be the abolition of the municipal monopoly on emptying the oil separators. Mapping the sewerage catchment areas and associated industries as well as sampling the effluent, it was found that the major metal contribution to the sewage sludge comes from industrial activities. Industries that can be expected to contribute to excessive release of Cd, Cu and Zn to the sewerage are engineering industries and surface treatment industries. Thus, all the industrial areas containing these industries are of interest in further studies.

Keywords: Sewage sludge, cadmium, copper, zinc, REVAQ

*Department of Soil and Environment, Plant nutrition and soil biology, Swedish University of Agricultural Sciences, BOX 7014, SE-750 07 Uppsala, Sweden
ISSN 1401-5765*

FÖRORD

Detta examensarbete om 30 hp är genomfört som den avslutande delen på civilingenjörsprogrammet inom Miljö- och vattenteknik vid Uppsala Universitet. Arbetet har utförts på uppdrag av Gästrike Vatten och Ramböll i Uppsala under handledning av Dr. Mattias von Brömssen, enhetschef för Geomiljö, Ramböll. Ämnesgranskningen har utförts av Dr. Gunnar Börjesson, forskare på institutionen för Mark och miljö vid Sveriges Lantbruksuniversitet.

Jag vill börja med att tacka min handledare Mattias von Brömssen på Ramböll för konstruktiv och rak handledning samt min ämnesgranskare Gunnar Börjesson för noggrann korrekturläsning och värdefull feedback. Jag vill även tacka Gästrike Vatten, och då framför allt Charlotta Kolmodin-Holmberg och Hans Simonsson, för all hjälp och ett intressant examensarbete, men även Peo, Johnny och David på Duvbacken för svar på otaliga frågor under arbetets gång. Sist, men inte minst, vill jag tacka mina kollegor på Ramböll för stöd och bra tips.

Louise Andersson

Uppsala 2012

Copyright © Louise Andersson och Institutionen för Mark och miljö, Växtnäring och markbiologi, Sveriges Lantbruksuniversitet.

UPTEC W12004, ISSN 1401-5765

Tryckt hos Institutionen för geovetenskaper, Geotryckeriet. Uppsala universitet, Uppsala, 2012

POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

Avsättningsalternativ för avloppsslam från Gästrike Vatten

– Möjligheter att återföra fosforföreningar i avloppsslam till produktiv mark

Louise Andersson

Avloppsreningsverk har för avsikt att skydda vårt naturliga vatten från de farliga ämnen som vi människor spolat ut i avloppet dagligen. På ett avloppsreningsverk avskiljs de fasta partiklarna från avloppsvattnet för att få ett så rent vatten som möjligt. Det rena vattnet släpps sedan ut i naturen igen och kan återanvändas. Men vad händer med det fasta materialet som avskilts?

Partiklarna i det fasta materialet tillsammans med en del av vattnet bildar det vi kallar avloppsslam. Slammet består framför allt av den mat och dryck som vi fått i oss och som vi sedan spolat ut i toaletten, men även av alla produkter som vi använder oss av i vardagen när vi städar, tvättar, diskar eller duschar. Men det är inte bara spillvatten från hushåll som kommer till ett avloppsreningsverk, utan även vatten från industrier där många olika kemikalier används. Därför består slammet till största delen av material som kommer från djur- eller växtriket, men kan också innehålla ämnen som är farliga för miljön, som till exempel tungmetaller. Tungmetaller finns naturligt i jordskorpan och vissa behövs även för att djur och växter ska kunna fungera, men de är samtidig ofta mycket giftiga för människor och natur om de förekommer i för höga halter. För ett avloppsreningsverk innebär hanteringen av avloppsslam stora kostnader varje år. Hur kan vi då använda oss av slammet och se det som en resurs istället för en skadlig biprodukt?

För att växter ska kunna växa kräver de näring. Sådana näringsämnen, i form av fosfor och kväve, återfinns i slammet i höga halter. Eftersom fosfor är en ändlig resurs och brytning av fosfor medför stora ingrepp i naturen har riksdagen som ett delmål i miljömål 15 *God bebyggd miljö* att återföra 60 % av fosfor i avloppsslammet till så kallad produktiv mark, det vill säga åkermark och skogsmark. Men för att kunna få fosfor i kretslopp krävs att halterna av tungmetaller och andra miljöfarliga ämnen inte är för höga, då detta skulle kunna vara skadligt för människors hälsa och miljön. Hur kan då ett reningsverk säkerställa att deras avloppsslam innehåller tungmetallhalter under de tillåtna gränserna?

För att kontrollera halterna i slammet har certifieringssystemet REVAQ tagits fram av Svenskt Vatten som är en vattentjänstföretagens branschorganisation. REVAQ står för Ren Växtnäring från Avlopp. Att REVAQ-certifiera sitt slam innebär en kvalitetssäkring av slammet och är ett intyg på att det innehåller så låga halter av tungmetaller att det får spridas på åkermark. Lantbrukarnas riksförbund, LRF, rekommenderar svenska lantbrukare att endast använda sig av slam som gödselmedel om detta är certifierat enligt REVAQ. På så sätt kan man säkerställa att slammet inte är farligt för människors hälsa eller miljön. Att använda slam på åkermark kan dock

uppfattas som kontroversiellt då effekten av de föroreningar som finns i slam till viss del är okänd.

Syftet med den här studien var att undersöka möjligheterna för Gästrikre Vatten att uppnå det av riksdagen ansatta miljömålet angående återföring av fosfor till produktiv mark. Gästrikre Vatten är ett kommunalägt driftbolag som levererar dricksvatten och renar spillvatten åt ungefär 120 000 personer i Gästrikland och norra Uppland. Bolaget innehar sex stycken avloppsreningsverk varav ett, Duvbackens reningsverk, har för höga halter av tungmetaller i sitt slam. Detta reningsverk bidrar med mer än 60 % av den totala slammängden som Gästrikre Vatten producerar. På grund av detta komposteras i dag avloppsslammet innan det används som anläggningsjord på exempelvis golfbanor eller för att täcka deponier. Denna hantering av slammet bidrar inte till Riksdagens miljömål och innebär stora kostnader för Gästrikre Vatten. Studien visade att en REVAQ-certifiering av avloppsslammet är det enda sättet att möta riksdagens miljömål för återföring av fosfor till produktiv mark. Vad kan då Gästrikre Vatten göra för att bidra till ansatta miljömål?

Ett av resultaten från denna studie visar bland annat på ökande halter av vissa tungmetaller i slammet på Duvbackens reningsverk, som har Gävle som upptagningsområde. Detta kan bero på dåligt tömda oljeavskiljare sedan monopolet på tömning av farligt avfall slopades den 1 juli 2007. För att komma till bukt med dessa ökande halter krävs en grundlig kartläggning av avloppsledningsnätet. Varifrån kommer de stora metallflödena? Vilka verksamheter har oljeavskiljare? Vilka industrier använder sig av de tungmetaller som förekommer i högre halter än tillåtet? Ett första steg till kartläggning har gjorts i denna studie. Provsvarerna visar dock på stora mätosäkerheter och det troliga är att vissa mätningar inte visar den korrekta metallhalten. Därför behövs nu fler och mer regelbundna provtagningar, med både flödesmätningar i provpunkten och ordentlig omrörning av det vatten som provtas.

Genom att spåra källorna till metallerna i slammet kan Gästrikre Vatten försöka förhindra att metallerna hamnar i avloppsnätet från första början. Tanken är även att om inga tungmetaller används, kan inte heller några tungmetaller hamna i avloppsvattnet och sedan i avloppsslammet.

DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR ETC.

LRF	Lantbrukarnas Riksförbund – intresse- och företagarorganisation för människor och företag inom jord, skog, trädgård och landsbygdens miljö
PAH	Polycykliska aromatiska kolväten – en grupp ämnen som består av minst tre aromatiska kolväten och återfinns i bland annat petroleum och kol och som bildas vid förbränning av organiskt material
PCB	Polyklorerade bifenyler – en grupp ämnen som består av två aromatiska ringar med kloratomer kopplade till sig, PCB:er har lång nedbrytningstid och finns därför kvar i miljön trots förbud mot all nyanvändning i Sverige sedan 1973
pe	Personekvivalenter – det teoretiska antalet personer anslutna till ett reningsverk beräknat utifrån avloppsvattnets innehåll
REVAQ	Ren Växtnäring från Avlopp – ett certifieringssystem för avloppsslam framtaget av vattentjänstföretagens branschorganisation Svenskt Vatten
SCB	Statistiska centralbyrån – en svensk myndighet som producerar statistik
SFS	Svensk författningssamling – en sammanställning av svenska lagar och förordningar
SNFS	Statens naturvårdsverks författningssamling – en sammanställning av föreskrifter och allmänna råd, föreskrifterna är bindande
SS	Suspenderat material – den totala mängden partiklar i vattnet, mäts som [kg]
TS	Torrsubstans - den totala mängden organiska och oorganiska föreningar som finns i ett vattenprov, mäts ofta som [kg]

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	i
SUMMARY	ii
FÖRORD	iii
POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING	iv
DEFINITIONER, FÖRKORTNINGAR ETC.....	vi
1. INLEDNING.....	1
1.1 SYFTE OCH MÅL.....	2
1.2 AVGRÄNSNINGAR.....	2
2. BAKGRUND - KOMMUNALT AVLOPPSSLAM.....	3
2.1 RENINGSMETODER.....	3
2.1.1 Mekanisk rening	3
2.1.2 Kemisk rening	4
2.1.3 Biologisk rening	4
2.1.4 Kombinerad rening.....	6
2.2 SLAMMETS INNEHÅLL	6
2.2.1 Växtnäringsämnen.....	6
2.2.2 Oorganiska föroreningar och metaller.....	6
2.2.3 Organiska föroreningar.....	7
2.3 SLAMHANTERING INOM EU	7
2.4 SLAMHANTERING I SVERIGE.....	8
2.4.1 Lagar och regler.....	8
2.4.2 Riksdagens miljömål	10
2.5 ÅTERFÖRING AV FOSFOR TILL PRODUKTIV MARK	10
2.5.1 Bakgrund	10
2.5.2 Regler för REVAQ	11
2.5.3 Uppströmsarbete.....	13
3. MATERIAL OCH METOD.....	15
3.1 GÄSTRIKE VATTEN.....	15
3.2 AVSÄTTNINGSSALTERNATIV	15
3.3 KVALITETSSÄKRING AV SLAM VID ANDRA RENINGSVERK	15
3.4 LOKALT INTRESSE FÖR SPRIDNING AV SLAM I JORDBRUK	15
3.5 METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN	16

3.5.1	Metallhalter i slammet i dag	16
3.5.2	Tidigare provtagningar	16
3.5.3	Fördjupad beskrivning av kadmium, koppar och zink	16
3.6	KARTERING OCH UTFÖRD PROVTAGNING	17
3.6.1	Kartering av Duvbackens reningsverks upptagningsområde	17
3.6.2	Spillvattenprovtagning	17
3.6.3	Massbalans över Duvbackens metallflöden	19
4.	RESULTAT	21
4.1	GÄSTRIKE VATTEN	21
4.1.1	Duvbackens reningsverk	22
4.1.2	Hedesunda reningsverk	23
4.1.3	Hofors reningsverk	23
4.1.4	Norrsundets reningsverk	24
4.1.5	Ockelbo reningsverk	25
4.1.6	Skutskärs reningsverk	25
4.1.7	Kostnader för slamhanteringen på Gästrike Vatten	26
4.2	AVSÄTTNINGSSALTERNATIV	26
4.2.1	Energiskog	26
4.2.2	Åkermark	27
4.2.3	Skogsmark	28
4.2.4	Kompostering	28
4.2.5	Anläggningsjord	29
4.2.6	Deponitäckning	30
4.2.7	Återställande av mark vid gruvor	30
4.2.8	Förbränning	30
4.3	KVALITETSSÄKRING AV SLAM VID ANDRA RENINGSVERK	31
4.4	LOKALT INTRESSE FÖR SPRIDNING AV SLAM I JORDBRUK	31
4.5	FÖRDJUPAD STUDIE AV KADMIUM, KOPPAR OCH ZINK	32
4.6	METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN	33
4.6.1	Metallhalter i slammet i dag	34
4.6.2	Höga metallhalter i reningsverk och avloppsslam	35
4.6.3	Tidigare provtagningar	37
4.6.4	Korrelation mellan kadmium, koppar och zink	37

4.6.5	Tungmetallernas beroende av lokala parametrar... Fel! Bokmärket är inte definierat.	
4.6.6	Koppar- och zinkhalter före och efter den 1 juli 2007 .. Fel! Bokmärket är inte definierat.	
4.7	KARTERING OCH UTFÖRD PROVTAGNING	41
4.7.1	Kartering av Duvbackens reningsverks upptagningsområde	41
4.7.2	Spillvattenprovtagning	44
4.7.3	Massbalans över Duvbackens metallflöden	44
5.	DISKUSSION	45
5.1	AVSÄTTNINGSSALTERNATIV	45
5.1.1	REVAQ	45
5.2	METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN	46
5.2.1	Korrelation mellan kadmium, koppar och zink	46
5.2.2	Aktuella parametrar	46
5.2.3	Oljeavskiljare	47
5.3	UTFÖRD PROVTAGNING	47
6.	SLUTSATSER	49
7.	REFERENSER	51
7.1	SKRIFTLIGA REFERENSER	51
7.2	PERSONLIG KOMMUNIKATION	56
	BILAGA 1 – Tillförsel av tungmetaller från fällningskemikalier	57
	BILAGA 2 – Metallinnehåll i slam från Gästrike Vatten	58
	BILAGA 3 – Åkermarkens användning	60
	BILAGA 4 – Provtagningspunkterna år 2006	61
	BILAGA 5 – Metallflöde till Duvbackens reningsverk år 1999	62
	BILAGA 6 – Metallflöde till Duvbackens reningsverk år 2006	63
	BILAGA 7 – Metallkoncentrationer i avloppsvattnet	64
	BILAGA 8 – Provtagningspunkter år 2011	65
	BILAGA 9 – Metall/fosfor-kvoter i slam från Gästrike Vatten	66
	BILAGA 10 – Diagram över metallhalterna i slammet på Duvbacken	69
	BILAGA 11 – Metall/fosfor-kvoter i slammet på Duvbacken	72
	BILAGA 13 – Metall/fosfor-kvoter i avfallsvattnet till Duvbacken år 2011	76

1. INLEDNING

Det vatten som avleds från hushåll och industrier kallas med ett gemensamt ord för spillvatten. Spillvatten innehåller förutom växtnäring i form av fosfor och kväve i fekalier och urin från människor även metaller och svårnedbrytbara organiska ämnen. För att kunna återföra vattnet till naturen krävs att det renas från oönskade ämnen samt att det fasta materialet separeras från vattnet. Denna rening sker vid avloppsreningsverk. De lösta föreningar som finns i vattnet omvandlas till fast form genom kemisk fällning eller biologisk rening för att kunna avskiljas. Vid kemisk rening tillsätts ofta en fällningskemikalie, vanligtvis järnkloridsulfat eller polyaluminiumhydroxiklorid, vilken i sig kan bidra med en ökad halt av tungmetaller (Naturvårdsverket, 2011a). Det fasta material som blir kvar efter reningsprocessen kallas slam. Då slammet ofta innehåller merparten av föroreningarna, både organiska och oorganiska, innebär detta att en särskild hantering av slammet krävs för att inte orsaka en negativ miljöpåverkan (Svenskt Vatten, 2007a).

Tidigare har det varit vanligt att deponera slam, men år 2005 förbjöds deponering av organiskt avfall, vilket även omfattar avloppsslam. I Sverige är cirka 85 % av befolkningen anslutna till kommunala avloppsreningsverk. Varje år produceras ungefär 20 – 25 kg TS avloppsslam per person. I dag avsätts cirka 25 % av Sveriges slam på produktiv mark (odlingsbar mark och produktiv skogsmark), drygt 20 % komposteras för produktion av anläggningsjord och ungefär 20 % komposteras för att användas som täckmaterial på deponier (SCB, 2011).

Naturvårdsverkets målsättning är att växtnäringen, främst fosfor, i avloppsslammet istället ska kunna utnyttjas i jordbruket (Naturvårdsverket, 2004), som står för 40 % av fosforförlusterna (SCB, 2011). Behovet av fosfor, vilket är en ändlig resurs och vars brytning är förknippat med stora miljö- och arbetsmiljöproblem, ökar globalt i takt med att världens befolkning ökar och kräver en ökad spannmålsproduktion (LRF, 2011a). Brytning av fosfor sker framförallt i Kina, Marocko och USA vilket innebär att den ofta transporteras långa sträckor innan dess användning. Riksdagen skriver i miljömål om God bebyggd miljö – delmål om avfall att ”senast år 2015 ska minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp återföras till produktiv mark, varav minst hälften bör återföras till åkermark.” (Miljömålportalen, 2011). För att försöka möta det målet har Svenskt Vatten i nära samråd med LRF, Lantmännen och dagligvaruhandeln tagit fram certifieringssystemet Ren Växtnäring från Avlopp (REVAQ). Detta certifieringssystem avser att kvalitetssäkra det avloppsslam som sprids inom jordbruket (Svenskt Vatten, 2011a).

Denna studie fokuserar på Gästrikre Vattens möjlighet att uppnå riksdagens miljömål om återföring av fosfor. I dag komposteras allt slam från Gästrikre Vatten vid Forsbacka avfallsanläggning vilket gör att ingen fosfor återgår i kretsloppet. Det saknas i dag förutsättningar att snabbt kunna ställa om slamhanteringen så att 60 % av den fosfor som finns i deras avloppsslam ska kunna återföras till produktiv mark, då mer än 60 % av slammet har för höga halter av kadmium (Cd), koppar (Cu) och zink (Zn). Detta slam

kommer uteslutande från Duvbackens reningsverk. För att miljömålet om återföring av fosfor från avlopp till jordbruksmark ska kunna uppnås finns därför ett behov att utreda möjligheten att sänka metallhalterna i detta slam.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Den övergripande frågeställningen för det här examensarbetet var att beskriva Gästrike Vattens möjligheter att få avsättning för sitt avloppsslam och samtidigt nå riksdagens uppsatta miljömål. I denna studie studerades avsättningsalternativ för slam med avseende på ekonomi, teknik och juridik, samt vilka av dessa avsättningsalternativ som möjliggör Gästrike Vattens mål att bidra till riksdagens miljömål om återföring av fosfor till produktiv mark. Målet med studien var att beskriva dagens metallhalter i slammet från samtliga av Gästrike Vattens avloppsreningsverk genom en litteraturstudie. Då metallhalterna av kadmium, koppar och zink är för höga i Duvbackens slam har, för detta reningsverk, även tidigare provtagning som gjorts i spillvattennätet studerats. För att hitta delområden till Duvbackens reningsverk som bidrar med stort metallbidrag har en ny provtagning i spillvattennätet utförats och en massbalans utefter detta upprättats. Kadmium, koppar och zink har även studerats i en fördjupad litteraturstudie samt hur dessa korrelerar med varandra och andra aktuella parametrar.

1.2 AVGRÄNSNINGAR

Denna studie har begränsats till att studera kommunalt avloppsslam från Gästrike Vatten. Studien begränsas också av data som funnits tillgängliga från tidigare studier. Fokus för provtagningen har varit metallinnehållet i avloppsvatten och slam.

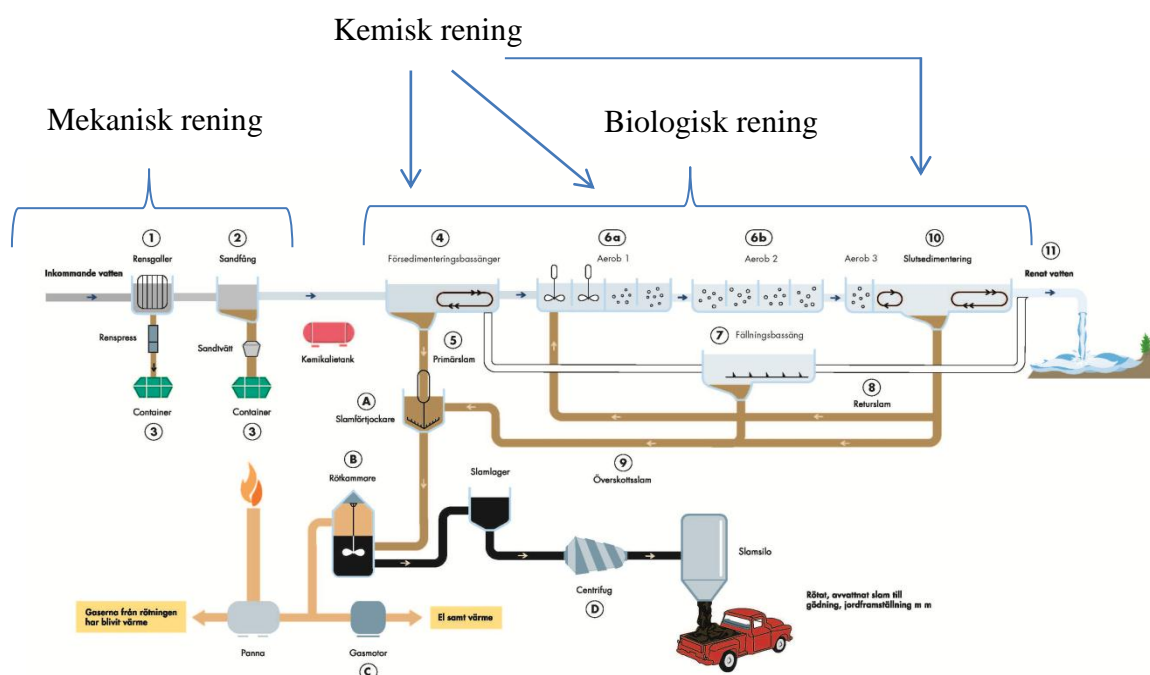
Litteraturstudien som gjordes har begränsats till att undersöka vilka avsättningsalternativ för avloppsslam som gör det möjligt för Gästrike Vatten att bidra till riksdagens miljömål angående återföring av fosfor till produktiv mark. I den här studien har endast alternativ som i dag finns på marknaden beaktats.

Examensarbetet har översiktligt undersökt det lokala intresset för avloppsslam som gödningsmedel hos lantbrukare. Kostnad för olika avsättningsalternativ har studerats mycket översiktligt.

2. BAKGRUND - KOMMUNALT AVLOPPSSLAM

2.1 RENINGSMETODER

Avloppsslam uppstår i reningen av avloppsvatten i ett reningsverk och består av viktiga näringsämnen såsom kväve och fosfor, men även av föroreningar som tungmetaller, miljögifter och läkemedel. Vid rening av avloppsvatten uppkommer slam i tre olika typer av reningsprocesser; mekanisk, biologisk och kemisk, enligt figur 1 (Svenskt Vatten, 2007b).



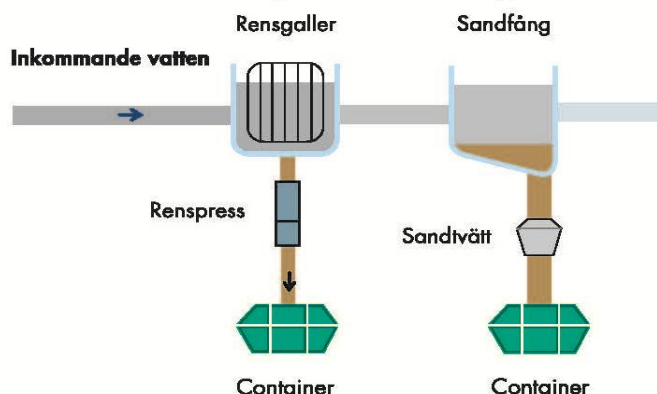
Figur 1: Flödesschema över de olika reningsstegen (Gästrikte Vatten, 2010b).

För att effektivisera hanteringen av slam sker i dag ofta en behandling av slammet redan på reningsverket. Genom att minska vattenhalten i slammet minskar volymen slam som måste hanteras. Avvattningen medför att både behandling och transport av slam minskar (Naturvårdsverket, 2011b).

2.1.1 Mekanisk rening

Först i reningssprocessen av avloppsvatten sker i regel en mekanisk rening, figur 2, där föremål och fasta partiklar avskiljs. I detta reningssteg passerar vattnet först genom ett rensgaller för att rensa bort större föremål som kan störa senare processer. Efter detta passerar vattnet genom ett sandfång där större fasta partiklar sorteras bort, varefter vattnet går ut i sedimenteringsbassänger där de resterande fasta partiklarna i vattnet

sjunker till botten. Det slam som bildas under denna process benämns primärslam (Svenskt Vatten, 2007a).



Figur 2: Flödesschema över mekanisk rening (Gästrike Vatten, 2010b).

2.1.2 Kemisk rening

Den kemiska reningen består av en kemisk process där vatten renas med hjälp av en fällningskemikalie. Som fällningskemikalie används vanligtvis olika metallsalter såsom järn- eller aluminiumsalt. Det slam som då bildas benämns kemslam. Huvudskälet till kemisk rening är att fälla ut fosfor, men processen bidrar även till att minska organiskt material och bakterier. Kemisk fällning används också för att avlägsna metalljoner, vilka då hamnar i slammet (Svenskt Vatten, 2007a).

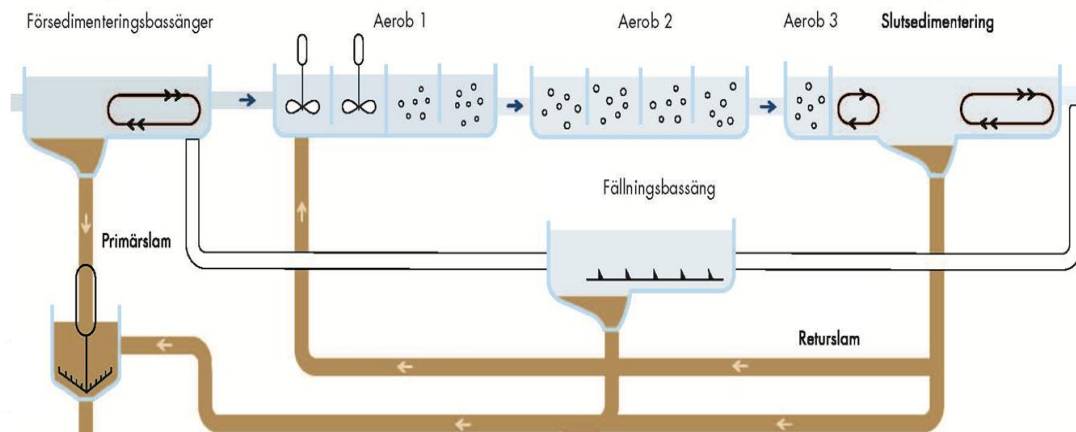
Fällningskemikalien, vanligen järnkloridsulfat eller polyaluminiumklorid, bidrar till att tre processer sker; fosfatutfällning, partikelfällning och hydroxidfällning. Under dessa reaktioner slås små partiklar ihop och bildar slamflockar som den utfällda fosfor binder till. Olika typer av flockar eftersträvas beroende på efterföljande separationssteg (Svenskt Vatten, 2007a).

Utfällning och flockbildning är beroende av pH-värdet i vattnet, då fällningarna kan lösas upp vid både för låga och för höga pH-värden. Fällningen kan ske under olika stadier i reningsprocessen beroende på var i reningsprocessen fällningskemikalien tillsätts. Den kan ske som direktfällning, förfällning, simultanfällning och efterfällning, alternativt som flerpunktsfällning om en eller flera av dessa fällningssteg kombineras. De olika fällningsförfaranden sker före, efter eller samtidigt som den biologiska reningen, alternativt under fler än ett av dessa tillfällen (Svenskt Vatten, 2007a).

2.1.3 Biologisk rening

Under den biologiska reningen omvandlas och koncentreras föreningar som finns i avloppsvatten med hjälp av levande organismer, figur 3. Det slam som bildas i denna process kallas bioslam. Mikroorganismerna förekommer i avloppsvattnet i form av brunaktiga slamflockar. Reningen sker ofta med aktivt slam där mikroorganismer bryter ner organiskt material när de tillväxer. De mikroorganismer som tillvuxit avskiljs. I aktivslamprocessen är uppehållstiden för slammet längre än uppehållstiden för vattnet i

den volym som används. En stor del av bioslammet recirkuleras för att processen aldrig ska avstanna och det är endast överskottsslammet som tas ut. Detta överskottsslam motsvarar det kontinuerligt bildade slammet (Svenskt Vatten, 2007a).



Figur 3: Flödesschema över aktivslamprocess med för- och slutsedimentering (Gästrik Vatten, 2010b).

Biologisk fosforavskiljning

Biologisk rening kan också vara ett alternativ till kemisk rening. Biologisk fosforavskiljning, eller bio-P, är en relativt ny metod och tillämpas endast på reningsverk i ett tjugotal kommuner i Sverige. Duvbackens reningsverk är ett av dessa reningsverk och reningsverket har haft bio-P-rening istället för kemisk rening sedan år 2004. Genom bio-P-rening istället för kemisk rening görs fosfor mer biologiskt tillgänglig, då den inte är uppbunden i ett metallsulfat. Detta medför att slammet från en bio-P-process är bättre lämpat för spridning på åkermark. För att bio-P-processen ska fungera behövs både en anaerob och en aerob zon (Borglund, 2004).

I den anaeroba zonen bryts det organiska materialet ner. Bakterierna tar upp det organiska materialet i form av lättflyktiga fettsyror och släpper samtidigt fosfor till vattenfasen. Därefter passerar avloppsvattnet igenom den aeroba zonen där bakterierna nyttjar kolet för att tillväxa samtidigt som de återigen binder fosfor till cellmassan. Sett över hela biosteget fås ett nettoupptag av fosfat eftersom upptaget i den aeroba zonen är större än släppet i den anaeroba zonen. Nettoupptaget av fosfor tas ut ur systemet med det slam som förs vidare till slambehandlingssteget, resten recirkuleras för att bibehålla en stabil bakteriekultur. På detta sätt reduceras fosfor från det utgående vattnet (Borglund, 2004).

De problem som kan uppkomma genom att använda en bio-P-process istället för kemisk rening är att processen är betydligt känsligare för störningar och därmed kräver mer tillsyn, att processen tar längre tid att starta upp samt att problem med fosforutlakning i rötningssteget kan uppkomma. Fördelarna däremot är minskad hantering och kostnad

för inköp av fällningskemikalier, vilket betyder en minskad belastning på miljön, ett bättre näringsinnehåll i slam då fosfor blir mer lättillgänglig för växter samt mindre slammängder att hantera och således även minskade transporter (Borglund, 2004).

2.1.4 Kombinerad rening

Dessa tre reningsprocesser, i form av mekanisk -, biologisk - och kemisk rening, kan även kombineras. Det slam som då fås benämns blandslam och är en blandning av två eller tre olika fraktioner. Blandslam kan till exempel uppkomma vid en så kallad simultanfällning där kemisk och biologisk rening pågår i samma bassäng, eller genom en sammanblandning av det slam som genereras i varje reningssteg (Svenskt Vatten, 2007b).

I Sverige bidrar varje person som är påkopplad till ett kommunalt avloppsreningsverk med 18 kg SS (suspenderat material) primärslam/år, 22 kg SS bioslam/år och 93 kg SS kemslam/år (Svenskt Vatten, 2007b).

2.2 SLAMMETS INNEHÅLL

Slammets torrsubstans består i stort av organiskt och oorganiskt material, där det organiska materialet agerar föda åt de mikroorganismer som finns i slammet. Det betyder att en hög organisk halt i slammet gör det lättare för mikrobiella nedbrytningsprocesser i uppstartsfasen (Svenskt Vatten, 2007b). Beroende på slammets pH-värde gynnas olika bakterier och sålunda olika nedbrytningsprocesser.

2.2.1 Växtnäringsämnen

Slam innehåller mycket växtnäringsämnen, eftersom mycket av den växtnäring som finns i mat till slut hamnar i avloppet. Varje år avskiljs drygt 6 500 ton fosfor och ungefär 9 000 ton kväve ur Sveriges avloppsreningsverk. Även andra makronäringsämnen som svavel (S) och kalcium (Ca) återfinns i slam samt mikronäringsämnen som koppar och zink (Svenskt Vatten, 2007b). I svenska avloppsreningsverk förekommer i slammet totalfosfor med en ungefärlig medelhalt på 2,8 % av TS (torrsubstans) och totalkväve med 3,6 % av TS (Eriksson, 2001). Vid denitrifikation övergår kväve i gasfas och därmed kan dess innehåll i slam variera mer än innehållet av fosfor.

2.2.2 Oorganiska föroreningar och metaller

Förutom växtnäringsämnen finns även miljöfarliga ämnen såsom tungmetaller och organiskt svårnedbrytbara ämnen. Fekalier från människan innehåller i medeltal 250 mg Zn/kg, 70 mg Cu/kg, 5 mg Ni/kg, 2 mg Cd/kg och 10 mg Pb/kg (Vargová *m. fl.*, 2005) och bidrar i urbana områden, där vattnet blandas med industrivatten, med drygt 20 % av den totala mängden av dessa ämnen. Andra källor är skönhetsprodukter, läkemedel och rengöringsmedel (Thornton *m. fl.*, 2001). Tillförseln kommer dock inte bara från anslutna hushåll och verksamheter, utan även från fällningskemikalier och svårnedbrytbara organiska polymerer som används på avloppsreningsverk vid förtjockning och avvattning av slam. Enligt VA-FORSK Rapport 2001-05 *Slamkvalitet och trender för slamhantering* har metaller som regleras i lagstiftningen minskat med 30-50 % mellan åren 1987 och 1998. Det finns dock ett undantag i koppar vars

medelhalt har varit mer eller mindre oförändrad de senaste 20 åren, vilket beror på att koppar är det vanligaste materialet i tappvattensystem för dricksvatten (Svenskt Vatten, 2007a). Det är viktigt att förstå att olika metaller förekommer i olika verksamheter i samhället och har olika egenskaper som ger olika effekter på miljön.

2.2.3 Organiska föroreningar

I slam finns, förutom metaller, också organiska föroreningar. Bindningen till slammet är den dominerande reduktionsfaktorn för huvuddelen av avloppsvattnets svårnedbrytbara organiska ämnen. Tre av dessa, nonylfenol, PCB och PAH, finns reglerade i REVAQ. Nonylfenol är ett ämne som är svårnedbrytbart och tas upp av växter och djur. Det tillverkas inte längre i Sverige, men importeras däremot i stor mängd som syntesråvara (Kemikalieinspektionen, 2009). Nonylfenol har hormonstörande effekter och är speciellt giftigt för vattenorganismer (Naturskyddsföreningen, 2007). Det är ett ämne som passerar oförändrat genom reningsverket och återfinns i utgående avloppsvatten. Trots detta visar miljörapporter från 25 avloppsreningsverk, med fler än 100 000 pe anslutna, att halten nonylfenol minskade med cirka 70 % under perioden 1993-1998 (Svenskt Vatten, 2007b).

Vissa organiska ämnen är svårnedbrytbara och har låg löslighet i vatten. Dessa är fettlösliga och bioackumulerbara och binds till slammet. PCB:er är sådana ämnen och studier har visat att det är den typen av ämnen som inte renas bort i behandlingen i ett avloppsreningsverk. PCB:er användes framför allt som isolerande skikt i elektrisk utrustning, men finns även i fogmassor vid husbyggen, bekämpningsmedel samt i kosmetika. De är långlivade och lagras effektivt i näringskedjorna. Sedan nyanvändning av PCB:er förbjöds i Sverige år 1973 har dock halten PCB:er i slam sjunkit med cirka 90 % i avloppsslam från kommunala avloppsreningsverk. Den främsta sänkningen skedde under tidigt 1980-tal och ingen ytterligare reduktion inträffade mellan åren 1993 och 2000. PAH:er är också en grupp organiska föroreningar som är svårnedbrytbara. PAH:er sprids till omgivningen genom slitage av bildäck, men även från gummifabriker och bensinstationer samt via bilavgaser. De är bioackumulerande och cancerframkallande och en stor del av det som sprids i luften hamnar till slut i vattenmiljön, där de lagras i sedimenten (Kemikalieinspektionen, 2011). När det gäller PAH:er kan ingen trend över de senaste åren utläsas vilket kan bero på att halten hela tiden har legat nära eller under analysmetodens detektionsgräns (Svenskt Vatten, 2007b).

2.3 SLAMHANTERING INOM EU

I Sverige är kraven på metallinnehållet i slam bland de strängaste i hela EU. Hur avloppsslammet behandlas och omhändertas varierar mycket länder emellan, både inom och utanför EU. De två främsta alternativen till användning av slam inom jordbruket är deponering och förbränning. Liksom Sverige har många länder inom EU antagit striktare gränsvärden, än de som är ansatta inom EU för spridning av slam i jordbruk, genom antingen bindande föreskrifter eller frivilliga överenskommelser. På grund av detta varierar gränsvärden för tungmetaller mellan olika medlemsländer (LRF, 2011b).

Totalt inom EU används 37 % av den totala slamproduktionen i jordbruk. I Sverige används 15 % av slammet i jordbruk. Det betyder att det finns länder som sprider betydligt mer slam på åkermark än genomsnittet. Storbritannien är ett av dessa länder, tabell 1. De har sedan början av 2000-talet antagit strängare kontroll över slambehandling, borttagning av patogener och slamspridning. De, tillsammans med Spanien och Portugal, har även definierat olika gränsvärden för olika pH-värden i jord (LRF, 2011b).

Norge, Danmark och Nederländerna har liksom Sverige betydligt hårdare krav avseende föroreningsinnehåll på sitt slam än de som finns i EU:s slamdirektiv. I Norge finns hygieniseringskrav för all användning av slam för att minska innehållet av patogener. Även i Danmark har en maximal halt för patogener införts. I Nederländerna ledde dock de skärpta kraven till en minskning av slamanvändningen och den största delen av slammet förbränns medan endast cirka 5 % sprids i jordbruket, tabell 1. Även i Schweiz där oron för de potentiella riskerna för människors hälsa och miljön lett till ett förbud mot slamspridning i jordbruket förbränns den största delen av slammet (LRF, 2011b).

Tabell 1: Översiktlig användning av slam i jordbruk för olika länder inom EU (LRF, 2011b).

Land	Slamproduktion (tusen ton TS)	Slam till jordbruk (tusen ton TS)	Andel slam till jordbruk av den totala mängden (%)
EU (totalt)	9 867	3 653	37
Sverige	(år 2009) 240	36	15
Storbritannien	(år 2006) 1 545	1 051	68
Danmark	(år 2002) 140	82	59
Nederländerna	(år 2003) 550	34	5
Norge	(år 2008) 86	56	65

2.4 SLAMHANTERING I SVERIGE

I Sverige produceras årligen 240 000 ton TS avloppsslam i våra kommunala reningsverk (LRF, 2011b). Sedan år 2002 har en stadig ökning av slamanvändning inom jordbruket skett och mellan åren 2006 och 2008 ökade mängden slam till jordbruket från ca 31 500 ton till ca 55 500 ton. År 2008 gick 26 % av Sveriges avloppsslam till gödsel på åkermark (SCB, 2010a). Det betyder att den största andelen slam går till avsättning inom jordbruket, tätt följt av deponitäckning och anläggningsjord (SCB, 2009). Spridning av avloppsslam på åkermark är dock reglerat av ett antal lagar, författningar och regler avseende kvalitet och innehåll, se påföljande kapitel nedan.

2.4.1 Lagar och regler

De regler som, i huvudsak, styr spridningen av slam på produktiv mark är Statens naturvårdsverks författningsförsamling (SNFS) 1994:2 *Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket* och Svensk författningssamling (SFS) 1998:944 *Förordning om förbud m.m. i vissa fall i samband med hantering, införsel och utförsel av kemiska produkter*.

I SFS 1998:944 står att läsa att slam endast får användas i jordbruk om metallhalterna inte överstiger de i tabell 2.

Tabell 2: Vid användning av slam i jordbruk får slammet ej ha metallhalter som överstiger dessa värden (SFS 1998:944).

Metall	Metallhalter (mg/kg TS)
Bly	100
Kadmium	2
Koppar	600
Krom	100
Kvicksilver	2,5
Nickel	50
Zink	800

I SFS 1994:2 beskrivs hur användningen av avloppsslam ska gå till. Hygienisering är inte ett krav för att få sprida slam på produktiv mark, dock ska obehandlat slam brukas ned i jorden senast inom ett dygn från spridningen och användningen får inte leda till olägenheter för närboende. Avloppsslam får inte användas så att det kan smitta djur och människor. På grund av detta får avloppsslam inte spridas på betesmark eller på åkermark som ska användas för bete eller vallfodergrödor vilka ska skördas inom tio månader från slamspridningstillfället. Slammet får inte heller spridas på mark med odlingar av bär, potatis, rotfrukter, grönsaker eller frukt som inte odlas på träd, ej heller ska det användas på mark avsedd för odling av bär, potatis, rotfrukter, grönsaker i direktkontakt med jord och som konsumeras råa, under tio månader före skörden (SNFS, 1994). På grund av detta sprids slam i regel på hösten (Andersson, 2009).

Det finns inga krav, enligt svensk lag, på att mäta organiska föroreningar i avloppsslammet, dock finns rekommendationer från Naturvårdsverket att analysera nonylfenol, PAH:er och PCB:er.

Innan avloppsslam används i jordbruket ska prover av brukaren göras på den mark där slammet ska spridas. Dessa prover ska analyseras med avseende på pH-värde, torrsubstans, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. I de fall en eller flera metaller i åkermarken överstiger de ansatta gränsvärdena får avloppsslam inte användas. Det finns även gränsvärden på hur stor mängd metaller som årligen får tillföras åkermarken genom gödning med avloppsslam (SNFS, 1994).

Slamproducenten ansvarar för att ta ut representativa prover av avloppsslammet för analys avseende torrsubstans och glödningsförlust, pH, totalfosfor, totalkväve, ammoniumkväve, bly, kadmium, koppar, krom, kvicksilver, nickel och zink. Producenten är även skyldig att lämna en innehållsdeklaration till den som ska använda slammet. Denna förteckning ska innehålla avloppsslammets ursprung och behandling, slammets beståndsdelar och blandningsförhållanden (i de fall slammet är blandat med

annat material), avloppsslammets sammansättning före blandning med annat material samt lämplig giva med avseende på fosfor-, kväve- och metallinnehåll. Det åligger också slamproducenten att föra register över slamanvändarnas namn och adress samt mark där avloppsslammet sprids (SNFS, 1994).

Naturvårdsverket har fått i uppdrag av regeringen att revidera rapport 5214 *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp*. I den nya förordning som väntas komma ut år 2012 finns krav på hygienisering, skärpta krav på innehållet av kadmium, silver och kvicksilver samt krav på dokumentation och spårbarhet. Det kommer även att finnas mål på de enskilda metallerna till år 2025, där fördubblingstiden inte får understiga 500 år (Naturvårdsverket, 2010a). I och med denna nya förordning kommer all reglering kring slamspridning att finnas samlat på ett ställe.

I januari 2012 kunde dock meddelas att regeringen inte kommer att besluta om en ny slamförordning enligt Naturvårdsverket rapport 5214 *Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp*. Miljödepartementet har kommit med ett nytt uppdrag om hållbar återföring av fosfor till Naturvårdsverket. Svenskt Vatten bedömer att detta troligen kommer innebära en försening av den nya slamförordningen på 2-3 år (Svenskt Vatten, 2012).

2.4.2 Riksdagens miljömål

Det finns miljömål som är uppsatta av riksdagen, där framförallt fyra av de totalt 16 berör utsläpp från avloppsreningsverk. Dessa är:

- Miljömål 1. Begränsad klimatpåverkan
- Miljömål 4. Giftfri miljö
- Miljömål 7. Ingen övergödning
- Miljömål 15. God bebyggd miljö
 - delmål avfall, angående återföring av 60 % av fosfor till produktiv mark (Miljömålsportalen, 2011).

Svenska avloppsreningsverk jobbar i dag med dessa miljömål genom att utveckla reningsprocesser för fosfor- och kväverening, produktion av biogas, minskad energianvändning samt ett aktivt uppströmsarbete för att minska kemikalier i samhället och samtidigt förbättra slamkvaliteten.

I Gästrikke Vattens miljömål finns kvalitetssäkring av slam samt en minskning av totalfosfor i utgående vatten inskrivet (Kolmodin Holmberg, pers. komm., 2011b).

2.5 ÅTERFÖRING AV FOSFOR TILL PRODUKTIV MARK

2.5.1 Bakgrund

I och med ökade miljöproblem och ett ökat behov av växtnäring i kretslopp har REVAQ tagits fram av Svenskt Vatten i nära samråd med LRF, Lantmännen och dagligvaruhandeln. REVAQ är ett certifieringssystem av avloppsslam och innebär att avloppsreningsverk jobbar med ständiga förbättringar genom att bedriva ett aktivt uppströmsarbete samt att omfattande kontroller av hanteringen av slam och dess

innehåll görs. Systemet ägs av Svenskt Vatten och startade som ett utvecklingsprojekt år 2002. REVAQ står för Ren Växtnäring från Avlopp, där Q står för målet med arbetet; konsument, kvalitet och kretslopp. Tack vare samarbetet mellan olika branschorganisationer i och med framtagandet av certifieringen tar REVAQ både hänsyn till VA-branschen och till livsmedelsindustrin. Målet med REVAQ är att slammet ska kunna återföras till jordbruksmark (Svenskt Vatten, 2011a). I februari, år 2010, var 23 av Sveriges 500 reningsverk REVAQ-certifierade och fler har påbörjat arbetet för att få en certifiering. Detta betyder att ungefär 40 % av allt producerat avloppsslam i Sverige i dag är REVAQ-certifierat (LRF, 2011c).

Syftet med ett certifieringssystem för avloppsreningsverk är att säkerställa reningsverkens kvalitet på deras arbete med återföring av slam till jordbruk. Inom REVAQ ställs stora krav på spårbarhet och systemet ska erbjuda information för alla aktörer rörande slammets sammansättning och hur det produceras. En REVAQ-certifiering ska säkra att växtnäring från avloppsfraktioner produceras på ett ansvarsfullt sätt och att kvaliteten uppfyller de krav som är uppsatta. REVAQ ska vara en drivkraft för att aktörer fortlöpande ska vilja förbättra kvaliteten på det vatten de släpper ut till reningsverken (Svenskt Vatten, 2011a). Detta kommer, i sin tur, inte bara att ha inverkan på slammets kvalitet utan även ha stor betydelse för framtida miljöbelastning på våra sjöar, vattendrag och kustområden (LRF, 2011c).

Sedan år 2005, då deponering av slam förbjöds, har spridningen av slam i jordbruk ökat. Röster har dock höjts mot slamspridning i jordbruk då detta kan medföra hälsorisker. Många anser att slamspridning i jordbruket är olämpligt då grödor kan ta upp medicinrester och miljögifter som sprids till åkern via slammet. Naturskyddsföreningen skriver att den ökade hanteringen av kemikalier i samhället är en av anledningarna till att slammet inte bör spridas på åkrar. De framhåller att den kunskapsbrist, om kemikaliers effekter och deras eventuella omvandling, som i dag finns, gör att slamanvändning i jordbruket är ett orimligt stort risktagande. Många av ämnena som finns i slam har inte bara negativa effekter på människors hälsa, utan även på växter och djur (Naturskyddsföreningen, 2011). Den mest uppmärksammade tungmetallen i dag är kadmium, vilken kommer ställas hårdare krav på i kommande slamförordning. Initiativet ”*Ren Åker Ren Mat*” startade år 2009 och motsätter sig all spridning av slam i jordbruk. De lyfter samma argument som Naturskyddsföreningen och menar att det finns icke kartlagda föroreningar i slammet som kan riskera människors hälsa och kan vara en fara för miljön (Ren Åker Ren Mat, 2009).

2.5.2 Regler för REVAQ

De lagar som gäller för slamspridning på produktiv mark, både de som gäller för hela EU och de som gäller för bara Sverige, ställer lägre krav än vad de inblandade aktörerna gör internt. Lantbrukarnas Riksförbund rekommenderar därför att enbart slam från reningsverk som är REVAQ-certifierade används vid spridning av slam på produktiv mark för att få en högre kvalitetssäkring.

Inom REVAQ finns krav på mätning av organiska föroreningar. Dessa är olika för olika reningsverk och bestäms beroende av lokala förhållanden. På samma sätt finns det ett långsiktigt krav på att halterna av metaller i jordbruksmark inte ska öka, utan att en balans av bort- och tillförsel ska råda. Några metaller är livsviktiga för allt liv och kallas essentiella metaller. Koppar, krom, nickel och zink är exempel på essentiella metaller. För lite av dessa ämnen ger bristsymptom samtidigt som ämnena i för hög dos är giftiga. Det finns även metaller som inte är essentiella för människa och natur. Exempel på dessa är bly, kadmium, kvicksilver och silver. Varken essentiella eller icke-essentiella metaller får ackumuleras i åkermarken i sådan takt att markorganismer eller grödor påverkas negativt. Således finns som första delmål att ackumuleringstakten i åkermarken ej får överstiga 0,2 % per år, senast år 2025. Detta betyder att fördubblingstiden i marken ej får överstiga 500 år. För kadmium är målet att ingen ackumulering alls får ske i marken från och med år 2025. I de fall fördubblingstakten i marken understiger 500 år anses metallen vara ett prioriterat spårämne och en handlingsplan ska upprättas för att metallhalten ska kunna minskas eller helt fasas ut (Svenskt Vatten, 2011b).

I tabell 3 återges gränsvärden, för de vanligaste metallerna, som är ansatta för slam som ska spridas på produktiv mark enligt SNFS 1994:2 *Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket*, samt gränsvärden på hur mycket metaller åkermarken där slammet ska spridas får innehålla.

Tabell 3: Gränsvärden för slam som ska spridas på produktiv mark (Svenskt Vatten, 2011b) och gränsvärden för den åkermark där slammet ska spridas (SNFS 1994:2).

Metall	Gränsvärde för slam som ska spridas på åkermark 2011 (g (ha år)⁻¹)	Gränsvärde för slam som ska spridas på åkermark 2025 (g (ha år)⁻¹)	Gränsvärde för åkermark där slam ska spridas (mg (kg TS)⁻¹)
Bly	25	25	40
Kadmium	0,75	0,37	0,4
Koppar	300	60	40
Krom	40	8	60
Kvicksilver	1,5	0,23	0,3
Nickel	25	5	30
Silver	5,63	0,56	-
Zink	600	120	100

Förutom specifika krav på innehållet i slam, innebär en certifiering enligt REVAQ att verksamheten ska bedrivas på ett strukturerat och systematiskt sätt samt att ett systematiskt förbättringsarbete sker. Det finns även krav på fullkomlig insyn och spårbarhet för att hög kvalitet ska uppnås i den praktiska hanteringen samt att relevant redovisning av sammansättningen i slammet ska finnas. Kraven inom REVAQ innebär

dessutom att slammet ska hygieniseras innan det sprids på åkermark, ett krav som inte finns i svensk lag (Svenskt Vatten, 2011b).

För att bedöma vilka ämnen som är begränsande i ett slam parti och om detta får spridas i jordbruk beräknas metall/fosfor-kvoten och jämförs med ansatta gränsvärden inom REVAQ, tabell 4. Metall/fosfor-kvoten beräknas med en maximalt tillåten giva på 22 kg P/ha och år (Albertsson, 2012). Om metall/fosfor-kvoten hos någon metall överskrider gränsvärdet får det slampartiet inte spridas på produktiv mark. Värdena i tabell 4 är uträknade med värden från tabell 3. Mängden avloppsslam som får spridas på åkermark begränsas framförallt av kadmium-, koppar- och fosforinnehåll (Svenskt Vatten, 2011b). I tabell 4 visas dagens metall/fosfor-kvoter samt de metall/fosfor-kvoter som är ansatta för år 2025.

Tabell 4: Metall/fosfor-kvoter för de metaller, plus silver, som måste analyseras enligt SNFS 1994:2 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Gränsvärde för slam som ska spridas på åkermark 2011 (g/kg P)	Gränsvärde för slam som ska spridas på åkermark 2025 (g/kg P)
Bly	1,1	1,1
Kadmium	0,03	0,02
Koppar	13,6	3,2
Krom	1,8	0,4
Kvicksilver	0,07	0,02
Nickel	1,1	0,2
Silver	0,3	0,03
Zink	27,3	15,4

I och med det nya slamdirektivet kommer de i dag gällande reglerna, angående hygienisering och mål på metaller till år 2025 som finns inom REVAQ, att lagstadgas.

När ett reningsverk ska anslutas till REVAQ innebär det även vissa kostnader. Dels kostar det, efter 1 januari 2012, 70 öre för varje fysisk person som är ansluten till reningsverket, dock med en maxkostnad på 170 000 kr, dels tillkommer en granskningsavgift varje år, för granskning av reningsverkets årsrapport (Berggren, pers. komm., 2012).

2.5.3 Uppströmsarbete

Inom REVAQ är uppströmsarbete en central del i förbättringsarbetet. Uppströmsarbete innebär att arbetet med minskade miljögifter i slam börjar redan vid utsläppskällan. Det är den, i dag, enda långsiktigt hållbara lösningen för att kunna förebygga och minska utsläppen av kemikalier. Arbetet bidrar till att avloppsreningsverkens slam blir renare och sedan kan användas i jordbruk. Detta betyder skärpta lagar, ändrade konsumtionsvanor, såsom ökad användning av miljömärkta varor i hushåll och industri,

samt att farliga kemikalier byts ut mot mindre farliga kemikalier. Genom kartläggning av anslutna verksamheters användning av oönskade organiska ämnen kan utsläppskällan identifieras (Svenskt Vatten, 2011a).

Enligt SFS 2006:412 *Lag om allmänna vattentjänster* ansvarar verksamheter som är anslutna till det allmänna spillvattennätet själva för sitt spillvatten. Ett reningsverk har rätt att ställa krav på det spillvatten som släpps ut från anslutna aktörer och är enligt lag inte skyldiga att ta emot processavloppsvatten från industrier eller andra verksamheter (SFS, 2006). Processerna i kommunala reningsverk är anpassade till att avskilja suspenderat material, fosfor och i vissa fall kväve samt att bryta ner biologiskt nedbrytbara ämnen, varför de inte klarar av rening av tungmetaller, läkemedel eller miljögifter. Verksamheter vilkas spillvatten består av hälso- och miljöfarliga ämnen eller skiljer sig avsevärt mot det spillvatten som kommer från hushåll kan således stängas av från spillvattennätet enligt vattentjänstlagen (Svenskt Vatten, 2011a).

Höga halter av ammonium, klorid, magnesium, sulfat och syra i spillvattnet kan bland annat leda till korrosion på ledningsnätet. Utsläpp av gaser eller flyktiga ämnen ökar även risken för explosion i spillvattennätet. Fett och produkter som spolats ned i toaletten kan täppa till ledningarna och orsaka översvämningar som i sin tur leder till att föroreningar läcker ut (Svenskt Vatten, 2011a). Miljögifter, som sprids både via luft och via vatten, kan lagras i levande organismer. De är långlivade och följer med avloppsvattnet till reningsverken. Tekniken som krävs för att rena avloppsvattnet på reningsverket är dyr och energikrävande, vilket leder till större koldioxidutsläpp samt skadliga restprodukter.

Ett aktivt uppströmsarbete är det enda sättet att bidra till riksdagens miljömål för Giftfri miljö och Mindre klimatpåverkan samt en förutsättning för att klara kraven i EU:s vattendirektiv om god ekologisk och kemisk status i grund-, yt- och kustvatten, vilket alla medlemsländer ska uppnå senast 2015 (Svenskt Vatten, 2011a).

En stor del i att jobba med uppströmsarbetet är att sprida information och öka medvetenheten om problemställningen hos de aktörer som är kopplade på avloppsvattennätet. Det finns olika informationsbroschyrer att ge ut både till hushåll och till företag. Här spelar kommunen en viktig roll för att nå ut till de anslutna hushållen (LRF, 2011b).

3. MATERIAL OCH METOD

I denna studie har alternativ för en hållbar slamhantering som bidrar till riksdagens miljömål angående återföring av fosfor till produktiv mark varit i fokus. Litteraturstudier avseende Gästrikre Vattens olika reningsverk samt alternativa slamavsättningsalternativ har genomförts liksom analyser och sammanställningar av tidigare slamprovtagningar på de olika reningsverken inom Gästrikre Vatten. Då Duvbackens reningsverk visade sig ha högre metallhalter än tillåtet för spridning av slam i jordbruket har en kartering av Duvbackens reningsverks upptagningsområde samt nya provtagningar ute i spillvattennätet till Duvbackens reningsverk gjorts för att se hur metallflödet i ledningsnätet ser ut.

3.1 GÄSTRIKRE VATTEN

För att få en översiktlig bild av de olika reningsverken och slammets metallinnehåll vid respektive reningsverk gjordes en sammanställning baserad på besök, intervjuer samt litteraturstudie av miljörapporter från de olika reningsverken inom Gästrikre Vatten. Sammanställningen beskriver bland annat reningsverkens reningssteg, deras upptagningsområden, hanterade slammängder, metallmängder i slammet samt mängden tillsatta kemikalier.

3.2 AVSÄTTNINGSSALTERNATIV

Som ett första steg i denna studie undersöktes tillgängliga avsättningsalternativ genom en litteraturstudie. Detta för att kunna identifiera vidare fördjupningsarbete med de alternativ som passar Gästrikre Vatten och som kan bidra till riksdagens mål med återföring av fosfor till produktiv mark. Studien visade att olika avsättningsalternativ kostar olika mycket och bidrar till riksdagens miljömål olika mycket.

3.3 KVALITETSSÄKRING AV SLAM VID ANDRA RENINGSVERK

För att få en bild av hur andra avloppsreningsverk har genomfört en kvalitetssäkring av sitt slam har ett studiebesök vid Käppalaverken gjorts samt deltagande vid ett brukarföreningsmöte där representanter från olika reningsverk i framför allt södra Sverige deltog. Studiebesöket gjordes i avseende att se hur avloppsreningsverk som varit certifierade länge jobbar med sitt respektive REVAQ-arbete samt hur de jobbar för att klara de krav som ställs inom REVAQ. På brukarföreningsmötet gavs chans att ta del av nyheter inom REVAQ. Diskussioner med representanter från reningsverk som inte är certifierade hölls beträffande hur de jobbar med slamfrågor och vad de eftersträvar för slamhantering.

3.4 LOKALT INTRESSE FÖR SPRIDNING AV SLAM I JORDBRUK

Intervjuer med fem lokala lantbrukare, bland annat ordförande för LRF Gävleborg, hölls för att undersöka möjligheten för avsättning av slam i jordbruk i regionen. Intervjuerna har delvis skett över telefon och delvis genom personligt möte.

3.5 METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN

3.5.1 Metallhalter i slammet i dag

För att bättre förstå dagens slamsituation på de olika reningsverken inom Gästrike Vatten har dagens metallhalter studerats. Då vissa av dagens metallhalter på Duvbackens reningsverk visades vara högre än tillåtet, för spridning av slam på produktiv mark, har även förändringen av metallhalterna på Duvbackens reningsverk studerats över tiden. För de prioriterade metallerna på Duvbackens reningsverk studerades även hur de korrelerar med varandra, samt deras beroende av andra aktuella parametrar.

Sammanställningar över metallhalter och med metall/fosfor-kvoter har upprättats i tabeller för samtliga reningsverk. Metallhalterna har jämförts med ansatta gränsvärden inom REVAQ. Metall/fosfor-kvoterna har jämförts med ansatta gränsvärden, både för år 2011 och för år 2025, som finns inom REVAQ. Metall/fosfor-kvoten beräknades med hjälp av de värden, i respektive miljörapport för reningsverken, som finns över metall- och växtnäringsinnehållet i slammet.

Metallhalterna i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden har sammanställts och redovisas tillsammans med ansatta gränsvärden inom REVAQ. För bly, kadmium, krom, koppar, nickel och zink har en sammanställning gjorts över metall/fosfor-kvoter över tiden tillsammans med gränsvärdena, både för år 2011 och för år 2025, som finns inom REVAQ. Den maximala fosforgivan är då antagen till 22 kg/ha enligt Naturvårdsverkets rekommendationer.

För att förstå vilka konsekvenser höga metallhalter i inkommande vatten till ett avloppsreningsverk kan ha gjordes en mindre litteraturstudie. Möjliga problem i processerna och ungefärliga gränsvärden på metallhalter i vattnet har sammanställts.

3.5.2 Tidigare provtagningar

Eftersom det varit känt under en längre tid att metallhalterna i slammet på Duvbackens reningsverk ligger högre än ansatta gränsvärden har provtagningar på spillvattnet gjorts under 1990-talet och tidigt 2000-tal. Provtagningarna gjordes i sex olika provtagningspunkter ute på ledningsnätet, enligt karta i bilaga 4. En massbalans upprättades år 1999 över de metallflöden som då fanns till Duvbackens reningsverk, bilaga 5. År 1999, till skillnad från år 2011, provtogs även centrala Gävle och Sättra. Det är dock oklart var på ledningsnätet denna provtagning ägde rum. De senaste provtagningarna gjordes år 2006 och en massbalans över kadmium, koppar och zink finns i bilaga 6. Samtliga provsvar från mätningen år 2006 är sammanställda i tabell 7:1.

3.5.3 Fördjupad beskrivning av kadmium, koppar och zink

Då slammet från Duvbackens reningsverk innehåller halter över ansatta gränsvärden av kadmium, koppar och zink utfördes en mer ingående studie av dessa. Studien bestod av en omfattande litteraturstudie samt intervjuer med personal ansvarig för slamhanteringen på andra reningsverk. Resultatet beskriver metallernas kemi, hur de

kan påverka människors hälsa och miljö samt vilka industrier metallerna kan härstamma ifrån.

3.6 KARTERING OCH UTFÖRD PROVTAGNING

3.6.1 Kartering av Duvbackens reningsverks upptagningsområde

För att kunna lokalisera utsläppskällor uppströms har Gästrike Vattens kundregister samkörts med den lista över miljöfarliga verksamheter Bygg- och miljöavdelningen vid Gävle kommun har. På så vis har de kunder till Gästrike Vatten som bedriver miljöfarlig verksamhet kunnat identifieras.

Med miljöfarlig verksamhet menas alla verksamheter som på något sätt bidrar till utsläpp till mark, luft eller vatten eller på annat sätt kan vara en risk för människors hälsa eller miljön. Miljöfarliga verksamheter delas in i olika klasser beroende på deras storlek och hur stor risken för utsläpp från verksamheten bedöms vara. Det finns fyra olika klasser; A-, B-, C- respektive U-klass. En A-klassad verksamhet bedöms vara mest miljöfarlig och en U-klassad verksamhet är minst miljöfarlig (1998:899, SFS, 1998).

Efter detta användes kartor över det upptagningsområde som Duvbackens reningsverk täcker. Dessa kartor innehöll fastighetsbeteckningar och Gästrike Vattens avloppsledningsnät. Programmet ArcGIS som är ett geografiskt informationssystem (GIS) användes för att hantera databaserna samt redovisa resultaten i kartor. ArcGIS användes i denna studie för att förenkla arbetet med organiseringen av verksamheter påkopplade på spillvattennätet. Alla verksamheter som är kunder till Gästrike Vatten, och är miljöklassade, prickades ut och gavs en specifik klass beroende på vilken typ av miljöklassning verksamheten har. Därefter delades avloppsledningsnätet in i fem mindre upptagningsområden, vilka undersöktes var för sig för att därefter kunna välja ut ett antal provpunkter i större noder på spillvattennätet.

Syftet med den färdiga kartan är att lätt kunna se vilka typer av verksamheter som finns inom vilka upptagningsområden och utifrån detta kunna avgöra vilka upptagningsområden som bedöms vara riskklassade för utsläpp av höga halter metaller. Då kartan visar både Duvbackens upptagningsområde med tillhörande verksamheter samt spillvattennätet kan provpunkter placeras strategiskt för att provtagningen ska utföras i det samlade spillvattnet från de verksamheter som är intressanta att undersöka. Genom att börja brett med några få provpunkter kan eventuell fortsatt provtagning efter denna studie sedan förfinas med ytterligare provtagningspunkter och utsläppskällan så småningom identifieras.

3.6.2 Spillvattenprovtagning

Provtagning på Duvbackens reningsverk har skett i det inkommande vattnet, i slammet i det utgående vattnet och i spillvattennätet. Detta har utförts så att en massbalans över Duvbackens reningsverk kan upprättas för att spåra eventuella punktkällor längs ledningsnätet. Sex punkter valdes efter studier av den karta, bilaga 8, som gjordes i ArcGIS. Provtagningen utfördes sedan i både pumpstationer, figur 5, och

nedstigningsbrunnar, figur 6, med portabla vattenprovtagare, modell XIAN 1000. Provtagaren består av en slang med ett munstycke längst ner och en behållare dit vattnet sugts upp och lagras. Metallhalten i avloppsvattnet mättes i de huvudinflöden som finns till Duvbackens reningsverk.



Figur 5: Högst upp, till vänster; Näringens pumphus. Högst upp, till höger; provtagaren, XIAN 1000. Längst ner, centrerad; det avloppsvatten som provtas.



Figur 6: Högst upp, till vänster; Andersbergledningens nedstigningsbrunn. Högst upp, till höger; provtagaren, XIAN 1000, isolerad. Längst ner, centrerad; det avloppsvatten som provtas.

Provtagningen ute i spillvattennätet genomfördes under två olika veckor då det bara fanns utrustning för tre provpunkter på samma gång. Munstycket sänktes ner i avloppsvattnet och lades i vissa fall på botten, medan den i andra fall bara sänktes ner

under ytan. Detta berodde på att utrustningen inte klarade av att suga upp vatten då slangen var för lång. Provtagningen var tidsstyrd och prover togs ut en gång i timmen under fem dygn. Behållaren tömdes varje dag och provvolymerna förvarades mörkt och svalt. Ett samlingsprov för de fem dygnen skickades in till laboratorium för analys. Samlingsprovet analyserades för de sex vanligaste tungmetallerna bly, kadmium, koppar, krom, nickel, och zink samt för silver som är en metall som det kommer att ställas högre krav på framgent (Naturvårdsverket, 2010a). Under veckan gjordes även en mätning av pH-värdet samt togs ett dygnsprov för analys av totalfosfor ut och skickades till laboratorium för analys. Även för inkommande och utgående vatten på Duvbackens reningsverk har samlingsprov för en vecka tagits och skickats in till laboratorium för analys. Slamprovet är ett samlingsprov från hela november månad som tagits ut efter centrifugeringen av slammet och skickats in för analys till laboratorium. Det laboratorium som användes var Eurofins i Lidköping som är ackrediterade för de beskrivna analyserna

3.6.3 Massbalans över Duvbackens metallflöden

För att översiktligt kunna se mängden metall som kommer in samt mängden metall som släpps ut från Duvbackens reningsverk gjordes en massbalans över reningsverket. Mängden metall från varje delområde beräknades med ekvation 1.

$$m = c \cdot Q \quad (1)$$

m är totala massan av ämnet i g, c är koncentrationen av ämnet i vattnet i g/l och Q är vattenföringen i l/s.

I massbalansen finns metallbidraget från varje upptagningsområde uträknat samt metallbidraget från fällningskemikalier, metallinnehållet i inkommande- och utgående vatten, metallförluster vid bräddning och metallinnehållet i det avskilda slammet. Massbalansen är uträknad med både metallmängder och metall/fosfor-kvoter. Upprättad massbalans ger en tydlig överblick över de olika upptagningsområdenas metallbidrag.

4. RESULTAT

I resultatdelen presenteras, i fyra olika avsnitt, resultat från de intervjuer som gjordes med andra reningsverk och lantbrukare, den sammanställning som gjordes av befintlig data från Duvbackens reningsverk samt de kartor som upprättades och resultat från den utförda provtagningen i Duvbackens spillvattennät.

4.1 GÄSTRIKE VATTEN

Gästrike Vatten är ett kommunalägt driftbolag bildat 2008. Bolaget har ansvar för dricksvattenproduktion och avloppsrening i Gävle, Hofors, Ockelbo och Älvkarleby kommuner, figur 4. Gästrike Vatten levererar dricksvatten och renar spillvatten åt sammanlagt cirka 120 000 personer. Inom Gästrike Vattens verksamhetsområden i Gävle, Hofors, Ockelbo och Älvkarleby finns totalt 2 130 km ledning för vatten, spill- och dagvatten, två ytvattenverk, 17 grundvattenverk liksom tryckstegringar, pumpstationer och högreservoarer.



Figur 4: Karta över Gästrike Vattens upptagningsområde (Eniro, med tillstånd, 2011). Samtliga reningsverk är utpräklade med svarta prickar.

I dag komposterar Gästrike Vatten det mesta av sitt slam vid Forsbacka avfallsreningsverk innan det används för sluttäckning, med undantag för slammet från Skutskärs reningsverk samt Norrsundets reningsverk. Slammet från Skutskärs reningsverk transporteras till Dragmossens avfallstipp för bearbetning till anläggningsjord, och slammet från Norrsundets reningsverk tas omhand av lokala entreprenörer. Det finns i dag en god kännedom om innehållet av tungmetaller i slammet (Gästrik Vatten, 2010 b-g). Studier avseende innehållet av läkemedel och

önskade organiska substanser är dock begränsade (Weglin Nilsson, pers. komm., 2011).

4.1.1 Duvbackens reningsverk

Duvbackens reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från Gävle tätort med omnejd inklusive Forsbacka, Hille och Valbo. Reningsverket är dimensionerat för 100 000 pe, med 88 469 pe anslutna, varav 6 000 pe är från industri. Den inkommande vattenmängden under året, inklusive bräddad mängd vid verket, var 14 027 887 m³. Utgående vatten leds till Inre Fjärden (Gästrike Vatten, 2010b).

Vid Duvbackens reningsverk används mekanisk och biologisk rening och endast undantagsvis kemisk rening. Den mekaniska reningen består av rens-galler och sandfång. Sedan sker en biologisk rening med aktivslamprocess samt försedimentering och slutsedimentering. Den kemiska reningen används bara vid högflöden eller vid en stor störning i processen. Kemiska reningen består av för- och efterfällning med järnkloridsulfat (PIX-118) från Kemira (Simonsson, pers. komm., 2011). Fällningskemikalie byttes år 2010 till PIX-118 på grund av att den tidigare slutade tillverkas. Tungmetallhalterna som tillförs med fällningskemikalier har i och med detta ökat. År 2010 tillfördes 77,2 ton PIX-118. Detta innebär en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1 (Gästrike Vatten, 2010b).

År 2010 hanterades 6 590 ton slam, varav allt var interns-lam. Det hade en TS-halt på 19,3 %. Slammet rötas i två röt-kammare som finns på reningsverket, med en total aktiv volym på 3 000 m³ (SWECO VIAK, 2007). Det rötas i 37° C under 15-18 dygn och biogas för fordonsgastillverkning produceras. Därefter förtjockas och avvattnas det i centrifug. Därefter lagras slammet under en kort tid i silos, och töms sedan till lastbil. Det finns lagringskapacitet i två silos för sammanlagt 200 m³ slam. Allt slam transporterades till Forsbacka avfallsanläggning för kompostering till täckmaterial (Gästrike Vatten, 2010b).

Slammet från Duvbackens reningsverk innehåller halter över ansatta gränsvärden (SNFS 1994:2) för kadmium, koppar och zink. Det har en totalfosforhalt på 4,1 % TS och en totalkvävehalt på 6,6 % TS, vilket är högre än medelvärdena för totalfosfor och totalkväve i slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2 (Gästrike Vatten, 2010b).

Medelvärdet för kadmiumhalten i slammet på Duvbackens reningsverk år 2010 var 1,7 mg/kg TS att jämföra med medlet i Sverige år 2008 för reningsverk med 20 001 – 100 000 pe som låg på 0,8 mg/kg TS, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Kadmiumhalten är mer än dubbelt så hög som medelhalten i de svenska reningsverken. Samma medelhalt gäller för reningsverk med 100 001 pe anslutna eller mer (SCB, 2010a).

Medelvärdet på zinkhalten i slammet på Duvbackens reningsverk år 2010 var 1097 mg/kg TS, att jämföra med medelvärdet i Sverige, för reningsverk med 20 000 – 100 000 pe, som låg på 498 mg/kg TS år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Här ligger medelhalten för reningsverk med 100 001 pe anslutna eller mer på

606,2 mg/kg TS. Även medelvärdet på kopparhalten i slammet på Duvbackens reningsverk år 2010 låg högre än det nationella medelvärdet för reningsverk 20 001 – 100 000 pe år 2008. I slammet på Duvbackens reningsverk var medelvärdet 1116 mg/kg TS år 2010, att jämföra med 319,6 mg/kg TS i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Medelhalten för svenska reningsverk med 100 001 pe anslutna eller mer låg år 2008 på 367,5 mg/kg TS (SCB, 2010a).

4.1.2 Hedesunda reningsverk

Hedesunda reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från Hedesunda tätort som ligger i södra delen av Gävle kommun. Reningsverket är dimensionerat för 2 000 pe, men år 2010 var det bara 420 pe anslutna. Industrin bidrog inte med något spillvatten till anläggningen. Den inkommande vattenmängden under året, inklusive bräddad mängd vid verket, var 121 396 m³. Utgående vatten leds till Dalälven (Gästrike Vatten, 2010c).

Vid Hedesunda reningsverk används mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen består av rensgaller. Sedan sker en biologisk rening med hjälp av biorotorer och slutligen en kemisk rening genom fällning med fällningskemikalien Ekoflock 90. År 2010 tillsattes 25,8 ton polyaluminiumhydroxiklorid (Ekoflock 90) från AkzoNobel. Detta innebär en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1 (Gästrike Vatten, 2010c).

År 2010 hanterades 142,6 ton slam, varav allt var internslem. Slammets TS-halt låg på 14,4 %. Allt slam som produceras läggs på torkbädd. Vid Hedesunda reningsverk finns två torkbäddar. De är av olika storlek och djup, där den ena rymmer 210 m³ och den andra 280 m³ (Simonsson, 2011). Slammet transporteras till Forsbacka avfallsanläggning för kompostering till täckmaterial på tippen (Gästrike Vatten, 2010c).

Slammet från Hedesundas reningsverk innehåller inte metallhalter över ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Totalfosforhalten är 2,35 % TS och totalkvävehalten är 3,9 % TS, vilket är högre än medelvärdena för totalfosfor och totalkväve i slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2 (Gästrike Vatten, 2010c).

4.1.3 Hofors reningsverk

Hofors reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från Hofors tätort. Reningsverket är dimensionerat för 15 000 personer, men år 2010 var det endast 8 200 personer anslutna. Inget bidragande spillvatten från industri. Den inkommande vattenmängden under året, inklusive bräddad mängd vid verket, var 1 272 182 m³. Utgående vatten leds till Lill-Gösken via Hoån (Gästrike Vatten, 2010d).

Vid Hofors reningsverk används mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen består av rensgaller och sandfång. Efter detta sker en försedimentering med kemisk fällning med järnkloridsulfat (PIX-118) från Kemira. År 2010 tillfördes 115 ton PIX-118. Detta innebär en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1. Sedan sker en biologisk rening med aktivslamprocess

samt mellansedimentering och slutsedimentering som ett poleringssteg (Gästrike Vatten, 2010d).

År 2010 producerades 1 377 ton slam vid reningsverket. Slammets TS-halt låg på 19,8 %. De har även tagit emot externslam från enskilda brunnar, Torsåkers reningsverk samt Bodås reningsverk, vilket tömts på inkommande ledning. Då det visade sig att slam från trekammarbrunnar orsakade stöbelastning som var negativ för processen, upphörde detta under 2011. Allt slam förtjockas och avvattnas i skruvpress. Det finns ingen lagringskapacitet vid reningsverket utan allt slam transporteras till Forsbacka avfallsanläggning för kompostering till täckmaterial på tippen (Gästrike Vatten, 2010d).

Slammet från Hofors reningsverk innehåller inte metallhalter över ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Totalfosforhalten är 2,0 % TS och totalkvävehalten är 4,2 % TS, vilket är högre än medelvärdena för totalfosfor och totalkväve i slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2 (Gästrike Vatten, 2010d).

4.1.4 Norrsundets reningsverk

Norrsundets reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från tätorterna Norrsundet, Bergby och Hamrångefjärden. Reningsverket är dimensionerat för 3 400 personer, men år 2010 var bara 3 000 personer anslutna. Inget spillvatten kommer från någon industri. Den inkommande vattenmängden under året, inklusive bräddad mängd vid verket, var 845 967 m³. Utgående vatten leds till Bottenhavet (Gästrike Vatten, 2010e).

Vid Norrsundets reningsverk används mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen består av rens-galler och sandfång. Sedan sker en biologisk rening i en biologisk bädd. Kemiska reningen består av efterfällning med fällningskemikalien Ekoflock 90. År 2010 tillsattes 93,2 ton polyaluminiumhydroxiklorid (Ekoflock 90) från AkzoNobel. Detta innebar en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1 (Gästrike Vatten, 2010e).

År 2010 producerades 559 ton slam, varav allt var internslam. Slammets TS-halt låg på 19,3 %. Det förtjockas med polymer innan avvattning i centrifug. Det finns en lagringskapacitet vid reningsverket på 500 + 300 m³, där en slamplatta med 500 m³ lagringsvolym fungerar som mellanlager och där slam lagras under 6 månaders tid, medan en andra slamplatta på 300 m³ lagringsvolym fungerar som slutlager och där slammet lagras under 3 månaders tid. Efter lagring på slamplatta blandas slammet med gammeljord, bark och finsand i lika delar och används som anläggningsjord. Allt slam transporterades bort och togs omhand av lokal entreprenör (Gästrike Vatten, 2010e).

Slammet från Norrsundets reningsverk innehåller inte metallhalter över ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Totalfosforhalten är 1,9 % TS och totalkvävehalten är 3,3 % TS, vilket är under medelvärdena för totalfosfor och totalkväve i slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3 (Gästrike Vatten, 2010e).

4.1.5 Ockelbo reningsverk

Ockelbo reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från Ockelbo tätort. Reningsverket är dimensionerat för 4 800 pe, men år 2010 var det bara 2 750 pe anslutna, varav ca 150 pe från industri. Den inkommande vattenmängden under året var ungefär 500 000 m³. Utgående vatten leds till Testeboån (Gästrike Vatten, 2010f).

Vid Ockelbo reningsverk används mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen omfattar maskinrensat galler, sandfång och försedimenteringsbassänger. En aktivslamprocess utgör det biologiska reningssteget och den kemiska reningen består av en efterfällning med Ekoflock 91. År 2010 tillsattes 54 ton polyaluminiumhydroxiklorid (Ekoflock 91) från AkzoNobel. Detta innebar en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1 (Gästrike Vatten, 2010f).

År 2010 hanterades 675 ton internslem samt 682 m³ externslam. Slammets TS-halt låg på 19,9 %. Slambehandlingen är i dag utformad så att slammet först pumpas från slamförtjockaren till en slamtank och avvattnas därefter med en silbandpress. Före avvattningen tillsätts polymer. Därefter går slammet i transportör till en slamsilo. Silon töms direkt på bilflak och transporteras till Forsbacka avfallsanläggning för kompostering till anläggningsjord eller täckmassor. I dagsläget finns ingen lagringskapacitet vid reningsverket (Gästrike Vatten, 2010f).

Slammet från Ockelbo reningsverk innehåller inte metallhalter över ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Totalfosforhalten är 1,9 % TS och totalkvävehalten är 4,6 % TS. Detta betyder att totalfosforhalten är precis under medelhalten för slam i Sverige år 2008 och att totalkvävehalten är över medelhalten för slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3 (Gästrike Vatten, 2010f).

4.1.6 Skutskärs reningsverk

Skutskärs reningsverk behandlar kommunalt avloppsvatten från Älvkarleby kommun inklusive Furuviks område, tillhörande Gävle kommun. Reningsverket är dimensionerat för 16 000 pe, men år 2010 var det bara 10 144 pe anslutna. Den inkommande vattenmängden under året var ungefär 1 000 000 m³. Utgående vatten leds till Bottenhavet (Gästrike Vatten, 2010g).

Vid Skutskärs reningsverk används mekanisk, biologisk och kemisk rening. Den mekaniska reningen består av galler och sandfång. Den biologiska reningen utgörs av aktivt slam samt mellansedimentering. Eftersedimentering sker med kemisk fällning med järnkloridsulfat (PIX-118) från Kemira. År 2010 tillfördes 103 ton PIX-118. Detta innebar en tillförsel av tungmetaller till avloppsvattnet enligt tabell 1:1 (Gästrike Vatten, 2010g).

År 2010 hanterades 963 ton slam, varav 156 m³, med en TS-halt på 3,9 %, kom från Gårdskärs reningsverk för avvattning. Slambehandlingen är i dag utformad så att det avskilda slammet förtjockas och avvattnas i en skruvpress. TS-halten efter avvattning var 21,9 %. Allt slam transporterades till Dragmossens återvinningsanläggning. I dagsläget finns ingen lagringskapacitet vid reningsverket (Gästrike Vatten, 2010g).

Slammet från Skutskärs reningsverk innehåller inte metallhalter över ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Totalfosforhalten är 26,15 % TS och totalkvävehalten är 4,7 % TS, vilket är högre än medelvärdena för totalfosfor och totalkväve i slam i Sverige år 2008, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3 (Gästrik Vatten, 2010g).

4.1.7 Kostnader för slamhanteringen på Gästrik Vatten

Allt slam från Gästrik Vatten komposteras idag för att sedan användas som anläggningsjord eller täckmaterial på deponier (Gästrik Vatten, 2011b-g). Gästrik Vatten betalar dels för transporter av slam till Forsbacka avfallsanläggning och dels för behandlingen av slammet med en TS-halt på 20 %. Gästrik Vatten betalar transportkostnader för allt sitt slam, tabell 17. För Gävle kommuns slam betalar Gästrik Vatten 150 000 kr i transportkostnader, vilka i tabell 17 är delade på de tre reningsverk som finns inom Gävle kommun. Behandlingsavgiften för slammet är 395 kr/ton TS (Linder, pers. komm., 2011).

Tabell 5: Kostnad för behandling och transport av slam (Linder, 2011).

Reningsverk	Transport (kkr)	Slam (ton)	Behandlingsavgift (kkr)	Total slamkostnad (kkr)
Duvbacken	50	6 590	2 603,1	2 653,1
Hedesunda	50	142,6	56,3	106,3
Norrsundet	50	559	220,8	270,8
Hofors	200	1 377	543,9	743,9
Ockelbo	135	818	323,1	458,1
Älvkarleby	160	963	0,0	160,0
Summa	645	10 449,6	4 127,6	4 772,6

Gästrik Vattens totala kostnad för sitt avloppsslam blir cirka 4,8 miljoner kronor årligen, med både behandling och transporter inräknade (Linder, pers. komm., 2011). Avtalet med Forsbacka avfallshantering sträcker sig fram till 31 april år 2014, med möjlighet till ett års förlängning av Forsbacka avfallshantering (Larsson, pers. komm., 2011).

4.2 AVSÄTTNINGSLTERNATIV

Det avloppsslam som produceras vid ett reningsverk behöver omhändertas och nedan utreds avsättning på energiskog, åkermark, skogsmark, kompostering, anläggningsjord, deponitäckning, återställande av mark vid gruvor samt förbränning.

4.2.1 Energiskog

Energiskog ger förnybart bränsle som inte bidrar till växthuseffekten. Detta beror på att grödan tar upp CO₂, som är en växthusgas, och vatten för att kunna växa, vilket lagras i växten under dess livstid. När växten sedan förbränns bildas CO₂, men då bildas lika mycket CO₂ som den en gång tagit upp och således ökar inte den totala CO₂-halten i atmosfären.

I Sverige används i dag biomassa för energiändamål från cirka 3 % av jordbruksarealen, vilket motsvarar cirka 70 000 hektar (Energimyndigheten, 2011). Energiskog består främst av snabbväxande videarter (*sp. salix*) (Axdorff, 2011).

Vid spridning av avloppsslam på energigrödor krävs samma omsorg som för åkermark angående markens långsiktiga bördighet, men produktens upplevda kvalitet är mindre utsatt (Svenskt Vatten, 2007). Energiskog odlas på åkermark som för tillfället inte behövs för spannmål, eller på mark som inte är lämpad för odling av grödor avsedda för livsmedelsproduktion. Energiskog anläggs av sticklingar och skördas ungefär var fjärde år. Vid avverkningen lämnas 5-10 cm höga stubbar kvar där nya skott kan skjuta upp. Efter 20-25 år börjar tillväxten avta. Då tas alla rötter upp, varvid antingen nya sticklingar planteras eller en förändring av markanvändningen sker för att istället kunna nyttja marken för livsmedelsproduktion (Aldén, 2006).

Energiskog kräver ofta inhyrning av specialmaskiner. Detta har gjort att få lantbrukare valt att satsa på denna gröda. Odling av energigrödor innebär även en stor initial investering och ofta blir produktionen inte lönsam förrän efter många år. Då pris, efterfrågan och politisk satsning varierar över tid betyder en satsning på energigrödor en osäker satsning (Hadders, 2004).

Fördelar med slamgödning av energiskog, till skillnad från åkermark, är att de befintliga rutiner som finns för slammets omhändertagande kan behållas och att slammet ersätter handelsgödsel, särskilt fosfor, och samtidigt bidrar till en ökad mullhalt. Genom att slamgödning av energigrödor sker på våren efter skörd är risken för utlakning av näringsämnen liten och därmed fås ett högre resursutnyttjande jämfört med slamgödning på åkermark (Lindoff Communications, 2004).

År 2010 fanns det totalt 67 921 hektar åkermark i Gävleborgs län, 43 hektar av dessa var energiskog. Detta motsvarar 0,06 % av den totala arealen åkermark i länet (SCB, 2011). Det är en minskning med 6 hektar under år 2010 (SCB, 2010b).

4.2.2 Åkermark

Åkermark är mark som används eller lämpligen kan användas till växtodling eller bete och som är lämplig att plöja. Vid användning av avloppsslam på åkermark ska denna alltid ske efter grödans behov. I regel finns det tillräckligt med näring i form av stallgödsel på gårdar med djur, vilket gör att det endast är på spannmålgårdar som det finns ett behov av slammets näringsämnen. Slamgödning är praktiskt möjlig efter skörd på sensommaren och på hösten. På våren är det ofta svårt att komma ut med tung slamspridningsutrustning på grund av blöta jordar. Även regniga höstar kan detta vara ett problem (Svenskt Vatten, 2007).

År 2010 fanns det i Sverige 3,1 miljoner hektar jordbruksmark, varav 2,6 miljoner hektar utgjordes av åkermark. Samma år fanns det i Gävleborgs län 68 282 hektar åkermark, som är fördelad enligt tabell 3:1.

4.2.3 Skogsmark

Skogsmark är mark som är lämplig för virkesproduktion och som inte i väsentlig utsträckning används för annat ändamål. Marken ska anses som lämplig för virkesproduktion om den i genomsnitt kan producera minst en kubikmeter virke om året per hektar. På skogsmark är det ofta kväve som är begränsande för växten till skillnad från på åkermark där det ofta är fosfor (Tideström *m. fl.*, 2009).

I dag finns det ingen lagstiftning kring spridning av slam på skogsmark, på samma sätt som det finns för åkermark. Det förslag till slamförordning som finns säger att avloppsslam får spridas på skogsmark, men inte hur det får spridas. Dock ska avloppsslam som sprids på skogsmark ha högsta graden av hygienisering för att minimera risken för smittspridning. Det krävs även att slammet omvandlas, genom pressning och torkning, till slampellets. I denna process hygieniseras slammet och det blir mer lätthanterligt. Enligt SNFS 1994:2 får inte slamspridning ske på mark där bär odlas eller ska odlas inom tio månader från spridningstillfället. Detta är dock svårkontrollerat på skogsmark och med detta som grund bedömer Skogsstyrelsen att slamspridning på skogsmark bör föregås av anmälan om samråd, då det anses vara en åtgärd som kan påverka naturmiljön (Flyckt, 2010).

År 2010 fanns det i Sverige 3,7 miljoner hektar skogsmark, varav 192 974 hektar återfanns i Gävleborgs län (SCB, 2011). Nettoarealen skog har dock minskat i Sverige de sista 13 åren, en minskning med 15 % (Jordbruksverket, 2011).

4.2.4 Kompostering

Vid kompostering av avloppsslam utnyttjas ofta avfall i form av bark, grön- och träflis samt naturgödsel som strukturmaterial. Det komposterade avloppsslammet kan användas på olika sätt beroende på om det komposteras tillsammans med annat avfall eller separat. Användningsområdet är även beroende av hur länge slammet komposteras. Antingen kan det komposterade slammet användas till täckning av deponi, anläggningsjord, återställande av mark vid gruvor eller som gödningsmedel i jordbruk, eller så kan det spridas i jordbruket (Åkerman, 2010).

Då slammet ska spridas i jordbruket krävs en längre förbehandling för att slammet ska hinna stabiliseras och hygieniseras. Då reningsverk tar emot spillvatten från såväl friska som sjuka människor finns mikroorganismer, som bakterier, virus och parasiter, i slammet. Dessa anrikas i avloppsslammet och kan därefter spridas till människor och djur. Avloppsslam kan även sprida störande lukter, vilket är det vanligaste klagomålet från närboende. För att reducera luktproblem samt reducera mängden patogener stabiliseras respektive hygieniseras slammet. Detta leder samtidigt till en minskad slamvolym som är mer lätthanterlig. Temperatur och pH-värdet är de två parametrar som har störst effekt på reducering av patogener. När slammet hygieniseras behandlas det antingen biologiskt, fysikaliskt eller kemiskt. I dag finns ingen lag på att avloppsslam ska hygieniseras, dock finns ett krav på att allt slam som sprids på åkermark ska hygieniseras. Vid slamspridning finns alltid en risk för smittspridning,

vilket har gjort att slam som ska användas i jordbruk ska provtas för salmonella innan spridning sker. På detta sätt minskar risken för smittspridning (Svenskt Vatten, 2011b).

Stabilisering och hygienisering kan göras i en gemensam process eller genom ett separat hygieniseringssteg följt av stabilisering. Hygienisering kan göras genom pastörisering, termofil rötning, kalkning eller långtidslagring, minst 6 månader, av avloppsslammet. Vid pastörisering hettas slammet upp till ungefär 70 °C under endast några timmar. Termofil rötning däremot sker vid lägre temperaturer, cirka 55 °C, under en längre tid, ofta runt 20 dagar, eller med en tillsats av kalk för att höja pH-värdet över 12 och på så sätt döda patogenerna (Schönning, 2003). Även kompostering används för att hygienisera slam, men i dag är den vanligaste hygieniseringsprocessen långtidslagring, som innebär att slammet får ligga orört i minst 6 månader (Kärrman *m. fl.*, 2007). Stabilisering innebär att en långtgående biologisk nedbrytning sker under kontrollerade former. Ofta sker en sådan stabilisering genom rötning, men slammet kan också stabiliseras genom långtidsluftning, 20-30 dygn, eller genom att blanda det med bark eller sågspån efter avvattning för att sedan kompostera blandningen (Svenskt Vatten, 2011b).

Ungefär 70 % av de svenska kommunala avloppsreningsverken rötar sitt slam och utvinner biogas. Oftast används biogasen för att värma upp egna lokaler och rötkammare, men i takt med att efterfrågan på bränsle till gasbilar ökar har även produktionen av fordonsgas ökat. Rötning är vanligast hos större avloppsreningsverk med fler än 10 000 pe anslutna. För reningsverk som är mindre brukar det inte anses ekonomiskt lönsamt med rötning (Tideström *m. fl.*, 2009). Dock är det vanligt att större reningsverk rötar sitt slam vid cirka 35 °C, så kallad mesofil rötning. Denna process är mer stabil än termofil rötning, vilket innebär att den är mindre känslig mot temperaturväxlingar och ämnen som kan störa processen. Emellertid innebär mesofil rötning ingen direkt hygienisering av slammet även om antalet patogener minskar. För att det ska räknas som hygieniserat krävs en ytterligare behandling av det rötade slammet (Schönning, 2003).

I de fall avloppsslammet inte stabiliserats och hygieniserats kan avloppsslammet istället användas som anläggningsjord, deponitäckning eller för återställande av mark vid gruvor (Åkerman, 2010).

4.2.5 Anläggningsjord

I Sverige går ungefär en femtedel av avloppsslammet till anläggningsjord efter att en kompostering av slammet har genomförts (SCB, 2010a). Anläggningsjord används bland annat vid anläggning av golfbanor, bullervallar och planteringar (Naturvårdsverket, 2011c). För att tillförseln av anläggningsjord inte ska bidra till övergödning föreslår Naturvårdsverket en totalfosforhalt i anläggningsjorden på 0,08 % i torr jord. Överstiger totalfosforhalten detta kan inte växterna ta upp all näring och fosfor lakas ur till närliggande vattendrag där den bidrar till övergödning. Användning av slammet för anläggningsändamål innebär att för lite fosfor återförs till produktiv

mark för att riksdagens miljömål om återföring av fosfor till produktiv mark skall kunna uppnås.

4.2.6 Deponitäckning

Ungefär en femtedel av avloppsslammet i Sverige går till deponitäckning efter att det har komposterats (SCB, 2010a). Deponitäckning görs för att förhindra infiltration av vatten i avfallsdeponier. Täckningsmaterial är en bristvara och slam från reningsverk finns i överskott, speciellt i storstadsregionen. Med anledning av detta finns ett samhällsekonomiskt incitament att använda avloppsslam. Dock recirkuleras inte tillräckligt med fosfor till produktiv mark för att riksdagens miljömål skall kunna uppnås.

4.2.7 Återställande av mark vid gruvor

Arbete med gruvbrytning gör att stora mängder restprodukter erhålls. Gruvbolagen har en plikt att återställa marken kring gruvorna. Här kan avloppsslam användas för att sänka redoxpotentialen i systemet och på så sätt förhindra läckage av tungmetaller från sulfidrester samtidigt som marken tillförs näring och ett uthålligt växtskikt erhålls. Dock finns risk för ett läckage av närsalter om slammet innehåller mer än den från Naturvårdsverket föreslagna halt på 0,08 % fosfor (Naturvårdsverket, 2011b), vilket ofta är fallet då svenskt slam i snitt innehåller 2,8 % totalfosfor. Genom att använda slammet till återställande av mark vid gruvor återgår inte tillräckligt med fosfor till produktiv mark för att riksdagens miljömål ska uppnås. Även risken för övergödning i sjöar och hav ökar påtagligt som en följd av näringsläckage.

4.2.8 Förbränning

Förbränning av slam förekommer inte i någon större utsträckning i Sverige, trots att ett tiotal anläggningar har tillstånd för detta. Vid förbränning av avloppsslam utvinns energi ur slammets organiska beståndsdelar. För att slammet ska kunna förbrännas optimalt bör TS-halten ökas från dagens cirka 25 % till åtminstone 60 % (Östlund, 2003). Askan som blir kvar vid förbränning klassificeras ofta som farligt avfall och deponeras. För att nå upp till riksdagens miljömål om återföring av fosfor till produktiv mark måste fosfor utvinnas ur slammet antingen innan förbränning eller ur askan efter förbränning. I dag finns metoder för detta, men dessa är fortfarande under utveckling och det krävs ofta dyra investeringar för att kunna utvinna fosforprodukter med tillräckligt hög kvalitet (Tideström *m. fl.*, 2009).

Vid utvinning av fosfor innan förbränning kan avsevärt mindre fosfor omhändertas, jämfört med efter förbränning, då nästan all fosfor kan utvinnas. Om utvinning av fosfor sker innan förbränning används biologisk fosforrening följt av rötning. Drygt 50 % av fosfor kan utvinnas med denna metod. Fosfor fälls ut i form av struvit (magnesiumammoniumfosfat) från rejektvattnet. Den biologiska fosforreningen gör dock att slammängden blir mindre, vilket medför att möjligheten till biogasproduktion minskar. Om förbränning istället sker innan fosforutvinningen bygger detta på monoförbränning av slam, vilket det i Sverige i dag saknas anläggningar för. Med monoförbränning menas att slammet bränns separat och genom detta kan 98 % av

fosfor utvinns ur askan. Båda metoderna innebär emellertid betydande investeringar och ökade transporter vilket leder till ökad drivmedelsförbrukning. Vid monoförbränning fås även något ökade utsläpp av kväveoxider (Naturvårdsverket, 2010a).

Avloppsslam kan även samförbrännas, vilket betyder att slammet bränns tillsammans med avfall eller biobränslen. Detta gör dock att fosfor i askan späds ut samt att metallhalten koncentreras, vilket gör att det inte blir lönsamt att separera fosfor (Tideström *m. fl.*, 2009). I dagsläget innebär förbränning av slam svårigheter att uppnå riksdagens miljömål om fosforåterföring (Naturvårdsverket, 2011c).

4.3 KVALITETSSÄKRING AV SLAM VID ANDRA RENINGSVERK

Efter diskussioner med redan certifierade verk framkom att en ökad arbetsbelastning tillkommit i och med REVAQ. Käppalaverken, med över 500 000 pe, har tre heltidsanställda som arbetar med REVAQ-relaterade frågeställningar. Dessa anser att det varit relativt lätt att hitta avsättning för sitt slam och Käppalaverken avsätter i dag 65 % av sitt slam på åkrar. Distributionen av slam sker både genom direktkontakt med lantbrukarna och genom entreprenörer (Vienola, pers. komm., 2011).

Käppalaverken jobbar framför allt med ett ökat informationsflöde. Tillsammans med kommunen ordnar de utbildningar för industrier, informationsbroschyrer till företag och privatpersoner samt reklam i media. De lyfter fram det positiva med REVAQ i form av att LRF, Lantmännen, Svensk Dagligvaruhandel och Svenskt Vatten gemensamt tagit fram certifieringssystemet, vilket gör att det både ställer höga krav på uppströmsarbete samt slammets innehåll av metaller, fosfor och mullbildande ämnen som kan nyttiggöras på åkermark. Det negativa med REVAQ anser de är all byråkrati vad gäller papper och uppgifter som ska hanteras och skickas in (Vienola, pers. komm., 2011).

Efter samtal med Uppsala Vatten och Eskilstuna Energi och Miljö, som inte är REVAQ-certifierade, framkom det att de under våren kommer att satsa på uppströmsarbete för att sänka sina metallhalter i avloppsvattnet. De hoppas på att kunna genomföra ett examensarbete som, med hjälp av verktyget Source Finder (SoFi), ska utreda vilka typer av industrier som bidrar med de högsta metallflödena samt hur stora mängder hushållen bidrar med (Holm och Virkkala, pers. komm., 2011).

SoFi är ett verktyg för spårning av metallkällor. Verktyget ska kunna användas för att kartlägga metallmängder samt spåra och hitta nya källor. SoFi kan beräkna var det är effektivast med åtgärdsinsatser för att minimera kostnaderna. Verktyget kan appliceras på såväl små som stora avloppsreningsverk (Agduhr Eronen, 2010).

4.4 LOKALT INTRESSE FÖR SPRIDNING AV SLAM I JORDBRUK

Den allmänna åsikten bland de tillfrågade bedöms som positiv till återföring av fosfor via slam, dock krävs en grundligare undersökning bland fler lantbrukare i regionen för att få ett statistiskt hållbart resultat. Lantbrukarna är överens om att en kvalitetssäkring av det slam som ska spridas i form av en certifiering enligt REVAQ är essentiell. Detta är även en rekommendation från Lantbrukarnas Riksförbund (LRF, 2011d).

4.5 FÖRDJUPAD STUDIE AV KADMIUM, KOPPAR OCH ZINK

Generellt sett har metallhalter i slam minskat i Sverige de senaste 10 åren (Svenskt Vatten, 2007a). Då detta, enligt tidigare resultat, inte gäller kadmium-, koppar- och zinkhalten på Duvbackens reningsverk, är dessa tungmetaller begränsande för att slammet på Duvbackens reningsverk ska kunna spridas på åkermark. Med anledning av detta gjordes en fördjupad litteraturstudie av dessa tre tungmetaller. Nedan beskrivs hur metallerna beter sig kemiskt, hur de påverkar människa och miljö samt vilka industrier som släpper ut respektive metall.

Kadmium

I jordskorpan är kadmium sällsynt och förekommer i medelhalten 0,15 mg/kg, då ofta tillsammans med zink. Kadmium binds relativt svagt i marken, och 10 – 40 % av markens kadmium kan betraktas som utbytbart bundet (Eriksson *m. fl.*, 2005). Kadmiumproduktionen har minskat de senaste decennierna då det visat sig att metallen är cancerframkallande och giftig för mikroorganismer och vattenlevande arter. Vanligen tas metallen upp genom intag av föda. Upptaget sker genom mag-tarmkanalen eller lungorna och transporteras genom kroppen för att bioackumuleras framförallt i njure och lever. Kadmium kan bidra till benskörhet och njursten. Markens egenskaper har stor betydelse för kadmiums mobilitet (Svenskt Vatten, 2009). Kadmiumrörligheten i marken är relativt liten men ökar vid lägre pH-värden (Eriksson *m. fl.*, 2005). Kadmium tas upp av grödor, särskilt vete och ris. Användningen av kadmium är i dag hårt reglerad, men får användas i varmvattenberedare, konstnärsfärger, bordsartiklar och som korrosionsskydd för kryssningsfartyg och färjor (Naturvårdsverket, 2010b). Kadmium kan också finnas i flygsektorn och i elektroniska maskiner som importerats till Sverige (Svenskt Vatten, 2009). Dessutom kan kadmium förekomma som förorening i konstgödsel (Naturvårdsverket, 2010b), som stabilisator i PVC-plast, vid ytbehandling och i nickel/kadmiumbatterier (Svenskt Vatten, 2009). Mest förekommer dock kadmium tillsammans med zink och återfinns därför i zinkprodukter och även som biprodukt vid zink-, koppar och blyframställning. En stor del av det kadmium som kommer till reningsverken kommer från hushåll, via bland annat livsmedel, från biltvättanläggningar och från konstnärsfärger (Svenskt Vatten, 2009).

Från och med den 10 december 2011 har EU beslutat att kadmium inte längre får finnas i smycken, plast och svetstråd (Kemikalieinspektionen, 2012). Detta betyder förhoppningsvis att kadmiumhalten i kretsloppet kommer att minska.

Koppar

Koppar uppskattas förekomma i jordskorpan i mängden 50 mg/kg och världens totala kopparreserver uppskattas till 3 700 miljoner ton. Den brytbara kopparn återfinns till 90 % i sulfidmalmer. Mindre än 1 % återfinns som metallisk koppar. Koppar är rödglänsande och den metall som näst silver leder värme bäst. Metallen har även god konduktivitet för elektrisk ström och är korrosionsmotståndig. Koppar är en livsnödvändig tungmetall och finns i människans blodplasma. För människan är brist på koppar ovanligt, men kan förekomma vid tarmsjukdom och kan då bidra till blodbrist. Vid för höga halter blir dock koppar giftigt och kan ge akut förgiftning med diarré och

kräkningar. För vattenlevande organismer kan förhöjda kopparhalter leda till beteenderubbningar och störd fortplantning för fiskar. Koppar kan även göra att den mikrobiella nedbrytningen hämmas, vilket kan innebära att kvävereningen i avloppsreningsverk kan störas (Naturvårdsverket, 2010b).

Framförallt används koppar inom den elektriska industrin, där i stort sett all tråd för elinstallationer i hus är gjord av koppar. Koppar förekommer också ofta i rör för värme och i värmväxlare på grund av dess goda ledningsförmåga. Då vissa bakterier och organismer inte växer på kopparytor används även ofta kopparrör för att leda vatten, vilket ger en bättre vattenkvalitet. Det största kopparbidraget kommer framför allt från tappvattensystemet igenom varmvattenberedare och kopparrör, men också via biltvättar och verkstadsindustri (Svenskt Vatten, 2009). I områden med hårt vatten bidrar kopparledning med mer än 50 % av de totala kopparmängderna i spillvattnet (Thornton *m. fl.*, 2001). Koppar kan också förekomma i koppartak, hushållsmaskiner, mässing och bromsbelägg (Svenskt Vatten, 2009), samt i både gödningsmedel och foder då kopparföreningar är nödvändiga för växternas fotosyntes och syrebärare i många enzym (Naturvårdsverket, 2010b).

Zink

I jordskorpan finns zink i medeltal i mängden 76 mg/kg och då framförallt associerat till zinkblände (ZnS). Metallen är dock ytterst ovanlig i metallisk form. De senaste decennierna har zinkproduktionen ökat. Det är en god ledare för värme och elektricitet och en oädel metall som är kemiskt reaktiv. Zink är ett livsnödvändigt spårelement för alla levande organismer och spelar, hos människan, en viktig roll i tillverkningen av RNA, vilken är en viktig komponent i cellens uppbyggnad. Brist på zink leda till försämrad sårhäkning, håravfall och hudförändringar. Hos barn kan zinkbrist dessutom leda till försenad pubertet och fördröjd mental utveckling. Om zink, däremot, tas upp i för stor mängd hämmas upptaget av andra essentiella ämnen. Zink, i för höga halter, är giftigt för vattenlevande organismer och växter (Svenskt Vatten, 2009).

Den totala årliga världskonsumtionen av zink är ungefär 12 miljoner ton. Av dessa 12 miljoner ton används mer än hälften till ytbehandling och korrosionsskydd av järn och stål, ungefär en tredjedel till framställning av legeringar och resterande dels till plåt, bilplåt, mässing, fasader, rörkopplingar, vattenkranar och kylskåp, men även i gummi, batterier, asfalt, hygienprodukter, i solskydd och som stabilisator i PVC-golv mattor (Svenskt Vatten, 2009).

4.6 METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN

Genom att jämföra de sex reningsverkens metallhalter med ansatta gränsvärden i SNFS 1994:2 identifierades de reningsverk inom Gästrike Vatten som har problem med metallhalter över gränsvärdena samt vilka dessa metaller är. Uppmätta metaller visas i figurer över tiden för att se hur halterna har varierat. De metaller som överstiger ansatta gränsvärden har studerats mer ingående i en litteraturstudie. Dessa metaller är även jämförda med lokala parametrar som pH-värde, organiskt material och nederbörd.

4.6.1 Metallhalter i slammet i dag

De metaller som år 2025 kommer ha en högre ackumuleringstakt än 0,2 % per år benämns inom REVAQ som prioriterade spårelement. Kadmium är oavsett halten i slammet ett prioriterat spårelement. Inom REVAQ ska en handlingsplan för dessa spårelement tas fram av reningsverket, där det ska framgå hur metallhalten ska kunna minskas eller helt fasas ut (Naturvårdsverket, 2010a). Samtliga reningsverk inom Gästrike Vatten har studerats med avseende på metallhalter i slammet. För att utreda vilka de prioriterade spårelementen på de olika reningsverken är har en sammanställning över metall/fosfor-kvoterna, av de i dag analyserade tungmetallerna, upprättats för respektive reningsverk. Dessa finns i bilaga 9. Även en sammanställning av vilka metaller, på respektive verk, som överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944 har gjorts. Dessa tabeller finns i bilaga 2.

Duvbackens reningsverk

Koppar och zink överstiger de ansatta gränsvärdena enligt SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Tabell 9:1 visar att kadmium, koppar och zink är de begränsande ämnena enligt bestämmelserna i REVAQ för att Duvbackens reningsverks slam ska få spridas på åkermark. Tabell 9:1 visar även att värdena på kvicksilver och silver överstiger gränsvärdena år 2025, vilket innebär att dessa är prioriterade spårämnen och att en handlingsplan för att minska dessa ämnen bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Vid en REVAQ-certifiering finns heller inget utrymme för en ökning av blyhalten i förhållande till fosforhalten då bly ligger nära det ansatta gränsvärdet för år 2025.

Hedesunda reningsverk

Inga metallhalter överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Tabell 9:2 tyder på att det är fosfor som är det begränsande ämnet då alla metaller håller sig under de ansatta gränsvärdena för vad som är tillåtet enligt REVAQ för spridning av slam på åkermark. Dock ligger både kadmium och koppar över gränsvärdena för år 2025, vilket gör att dessa är prioriterade spårämnen och att en handlingsplan för dessa ämnen bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Vid en REVAQ-certifiering finns heller inget utrymme för en ökning av silverhalten i förhållande till fosforhalten då silver ligger nära det ansatta gränsvärdet för år 2025.

Hofors reningsverk

Inga metallhalter överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:2. Tabell 9:3 visar att fosfor är det begränsande ämnet i dag, dock ligger koppar över det ansatta gränsvärdet för år 2025. Detta gör att det är ett prioriterat spårämne och att en handlingsplan bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Vid en REVAQ-certifiering finns heller inget utrymme för en ökning av kadmium- och silverhalten i förhållande till fosforhalten då kadmium och silver ligger nära de ansatta gränsvärdena för år 2025.

Norrsundets reningsverk

Inga metallhalter överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Tabell 9:4 visar att fosfor är det begränsande ämnet i dag, dock ligger koppar över det ansatta gränsvärdet för år 2025. Detta gör att det är ett prioriterat spårämne och att en handlingsplan bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Vid en REVAQ-certifiering finns heller inget utrymme för en ökning av kadmium- och silverhalten i förhållande till fosforhalten då kadmium och silver ligger nära de ansatta gränsvärdena för år 2025.

Ockelbo reningsverk

Inga metallhalter överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Tabell 9:5 visar på att det är fosfor som är det begränsande ämnet i dag, dock ligger koppar över det ansatta gränsvärdet för år 2025. Detta gör att det är ett prioriterat spårämne och att en handlingsplan bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Vid en REVAQ-certifiering finns heller inget utrymme för en ökning av silverhalten i förhållande till fosforhalten då silver ligger nära det ansatta gränsvärdet för år 2025.

Skutskärs reningsverk

Inga metallhalter överstiger ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, enligt tabell 2:1 och tabell 2:3. Tabell 9:6 visar att fosfor är det begränsande ämnet i dag, dock ligger kadmium, koppar och zink över de ansatta gränsvärdena för år 2025. Detta gör att dessa är prioriterade spårämnen och att en handlingsplan för dessa ämnen bör upprättas, i det fall Gästrike Vatten avser att genomföra en REVAQ-certifiering. Inget annat ämne ligger nära gränsvärdena.

Generellt sett, för de sex olika reningsverken inom Gästrike Vatten, är kopparhalten i slammet hög. Dessutom kan även kadmium- och silverhalterna bli potentiella problem för slamkvaliteten i framtiden.

4.6.2 Höga metallhalter i reningsverk och avloppsslam

Vid för höga metallhalter i det inkommande vattnet på ett reningsverk kan vissa problem i processerna uppstå. Nitrifikationshämmande bakterier, så kallade nitrifikationsbakterier, i det aktiva slammet kan påverkas, vilket kan leda till nitrifikationshämning. Nitrifikationsbakterierna är aktiva i kvävereningen och omvandlar ammonium till nitrit och nitrat. Sedan omvandlas nitriten och nitraten genom denitrifikation av andra bakterier till kvävgas och avges till atmosfären. Detta kan göra att kväverengingsprocessen på reningsverket fungerar sämre än avsett. Kopparutsläpp kan orsaka nitrifikationshämning i aktivt slam om koppar finns i koncentrationen 75 mg/l eller mer med en inhiberingsgrad på 50 %. Även kadmium- och zinkutsläpp kan orsaka nitrifikationshämning. Där skiljer sig dock tidigare studier i fråga om i vilka halter ämnena verkar hämmande. För kadmium skiljer sig värdena så mycket att det enda som kan utläsas i tabellen är att kadmium har förekommit hämmande vid halter så låga som 0,5 mg/l. För zink har halter på 3 mg/l eller mer med en inhiberingsgrad på 100 % visat nitrifikationshämning (Svenskt Vatten, 2009). På Duvbacken ligger

koncentrationen av samtliga tre metaller långt under dessa värden och ingen negativ påverkan på kvävereningen från dessa torde finnas.

Andra utsläpp som kan verka nitrifikationshämmande är utsläpp av tvätt- och sköljmedel i tvätteriverksamhet, utsläpp från läkemedelsindustrier, utsläpp från gummidetalj tillverkare samt utsläpp från färgtillverkning (Svenskt Vatten, 2009).

I tabell 6 redovisas olika parametrar som har inverkan på reningsprocessen eller slamkvaliteten. Korrosionsskador eller igensättning kan uppstå under den tid som angivna halter eller nivåer överskrids (Svenskt Vatten, 2009).

På Duvbacken ligger medelhalterna under de angivna, dock är kadmiumhalterna, vissa månader, över varningsvärdena i tabell 6. Dessutom närmar sig både koppar- och zinkhalterna, vissa månader, varningsvärdena. De andra metallhalterna ligger samtliga under de ansatta varningsvärdena i tabell 6.

Tabell 6: Parametrar som kan påverka reningsprocesserna eller slamkvaliteten jämfört med inkommande vatten på Duvbackens reningsverk (Gästrikre Vatten, 2011b). Överskrids dessa värden medför det vanligen krav på interna reningsåtgärder (Svenskt Vatten, 2009).

Parameter	Varningsvärde = likvärdigt med hushållspillvatten (samlingsprov för dygn, vecka och månad)	Inkommande vatten på Duvbackens reningsverk (årsmedelvärden)
Bly, Pb	0,05 mg/l	0,003 mg/l
Kadmium, Cd	bör inte förekomma ¹	0,0002 mg/l
Koppar, Cu	0,2 mg/l	0,13 mg/l
Krom total, Cr	0,05 mg/l ²	0,003 mg/l
Kvicksilver, Hg	bör inte förekomma ³	< 0,0001 mg/l
Nickel, Ni	0,05 mg/l	0,004 mg/l
Silver, Ag	0,05 mg/l	-
Zink, Zn	0,2 mg/l	0,16 mg/l
Miljöfarliga organiska ämnen	bör inte förekomma ⁴	-
Cyanid total, CN _{tot}	0,5 mg/l ⁵	-
Oljeindex	5-50 mg/l ⁶	-

1. Kadmium förekommer i låga halter i normalt hushållspillvatten men bör inte tillåtas i industriellt processavloppsvatten som släpps till avloppsnätet. Men kan tillåtas vara samma halt som i aktuellt dricksvatten.
2. Sexvärt krom ska reduceras till trevärt före behandling i internt reningsverk.
3. Kvicksilver förekommer i låga halter i normalt hushållspillvatten men bör inte tillåtas i industriellt processavloppsvatten som släpps till avloppsnätet men kan tillåtas vara samma halt som i aktuellt dricksvatten.
4. Kemikalieförteckningen tillsammans med Kemikalieinspektionens prioriteringsverktyg PRIO och Begränsningsdatasen utgör en grund för att identifiera och ersätta miljöfarliga organiska ämnen.

5. Cyanidoxideringsprocesser ska drivas maximalt så att lättillgänglig (fri) cyanid inte släpps till avloppsnätet.
6. Med en klass 1 oljeavskiljare kan man teoretiskt klara 5 mg/l. En skälighetsbedömning görs av VA-huvudmannen.

4.6.3 Tidigare provtagningar

För att få en historisk överblick av metallinnehållet i slammet på Duvbackens reningsverk visas både metallhalter per kg TS och metallhalter per kg fosfor i diagram i bilaga 10 och bilaga 11. Diagrammen visar bly (Pb), kadmium (Cd), koppar (Cu), krom (Cr), nickel (Ni), zink (Zn) och silver (Ag).

I diagrammen i bilaga 10 redovisas förändringen i metallhalter per kg TS jämfört med det gränsvärde som avloppsslam maximalt får innehålla för att få spridas på åkermark enligt SFS 1998:944. Diagrammen visar att samtliga metaller utom kadmium, koppar och zink ligger under ansatta gränsvärden i SFS 1998:944. Figur 10:1 visar att kopparhalten har legat över 600 mg Cu/kg TS, vilket är det ansatta gränsvärdet i SFS 1998:944, sedan år 2003, med undantag för sommaren år 2006. Figuren visar även att zinkhalten har legat över 800 mg Zn/kg TS, vilket är det ansatta gränsvärdet i SFS 1998:944, sedan år 2007. Innan dess varierade zinkhalten runt gränsvärdet. Kadmiumhalten ligger under, eller är samma som, ansatta gränsvärden i SFS 1998:944, med undantag för våren 2010 då värden över 2,0 mg Cd/kg TS finns registrerade, figur 10:2.

Då halterna kadmium, koppar och zink överskrider ansatta gränsvärden visas metall/fosfor-kvoten över tiden för dessa metaller i diagram i bilaga 11. Metall/fosfor-kvoterna är jämförda med de gränsvärden, både för år 2011 och för år 2025, som är ansatta inom REVAQ. Den maximala fosforgivan är då antagen till 22 kg/ha enligt Naturvårdsverkets rekommendationer. Diagrammen visar tydligt att det är framför allt kadmium och koppar men även zink som är de begränsande ämnena för spridning av Duvbackens reningsverks slam.

Kadmium/fosfor-halten varierar stort, dock visar figur 11:1 på att halter över ansatta gränsvärdet inom REVAQ för år 2011 är vanligt förekommande. Koppar/fosfor-kvoten varierar också mycket, men ligger konstant över ansatta gränsvärdet inom REVAQ för år 2011 enligt figur 11:2. Diagrammet visar även på en trolig ökning av koppar/fosfor-kvoten med tiden. Zink/fosfor-kvoten varierar även den och en tydlig ökning med tiden kan påvisas, enligt figur 11:3. Innan år 2007 låg zink/fosfor-kvoten under ansatta gränsvärden inom REVAQ för år 2011. Efter år 2007 har däremot zink/fosfor-kvoten varierat runt gränsvärdet för år 2011, med flera värden över det ansatta gränsvärdet noterade.

4.6.4 Korrelation mellan kadmium, koppar och zink

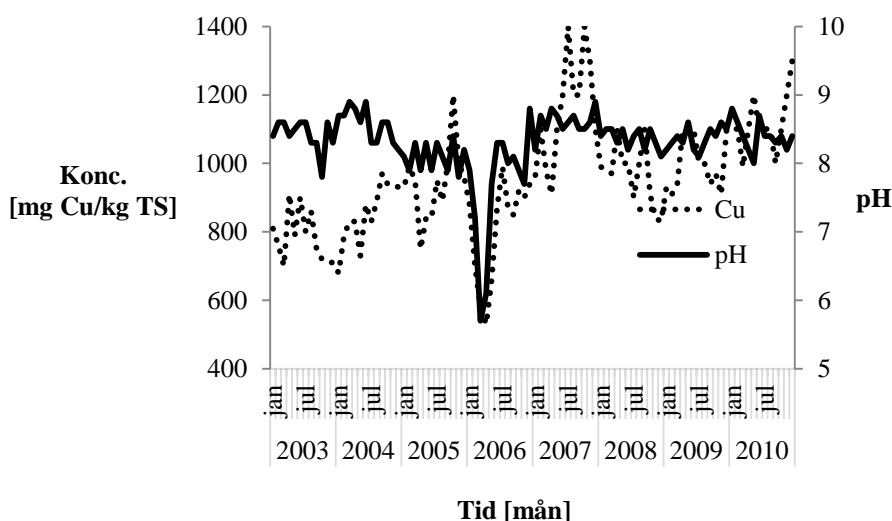
Korrelationen mellan kadmium, koppar och zink i slammet från Duvbackens reningsverk beräknades med månadsmedelvärden av metallhalterna i slammet sedan 7 år tillbaka. Detta gjordes för att kunna utröna om kadmium, koppar och zink kan

komma från samma verksamheter. En tydlig korrelation upptäcktes mellan zink och koppar, med en korrelationskoefficient på 0,7, samt mellan zink och kadmium, med en korrelationskoefficient på 0,8. Korrelationskoefficienten mellan koppar och kadmium är 0,3.

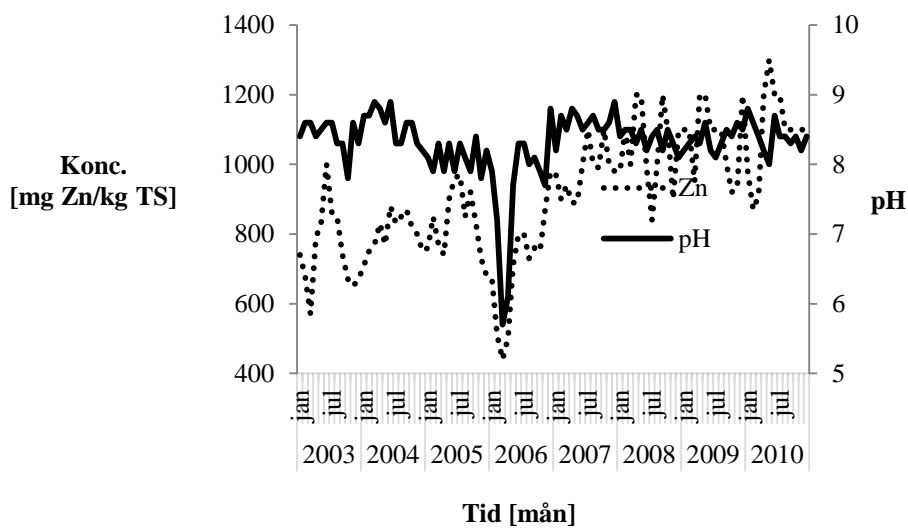
4.6.5 Tungmetallernas beroende av lokala parametrar

För att försöka förstå anledningen till de höga kadmium-, koppar- och zinkhalterna gjordes en studie hur de varierar över tiden med pH-värdet och nederbörd samt hur kopparhalten varierar med halten organiskt material i slammet.

Ingen korrelation kunde påvisas mellan pH-värdet och kadmium. Dock kunde en viss korrelation mellan pH-värdet och koppar, figur 7, samt mellan pH-värdet och zink, figur 8, påvisas. Både koppar och zink korrelerar med pH-värdet med en korrelationskoefficient på 0,4. Ingen variation med avseende på nederbörd kunde påvisas för någon av metallerna.



Figur 7: Koppar haltens variation i slammet på Duvbackens reningsverk beroende av pH över tiden (Gästrike Vatten).

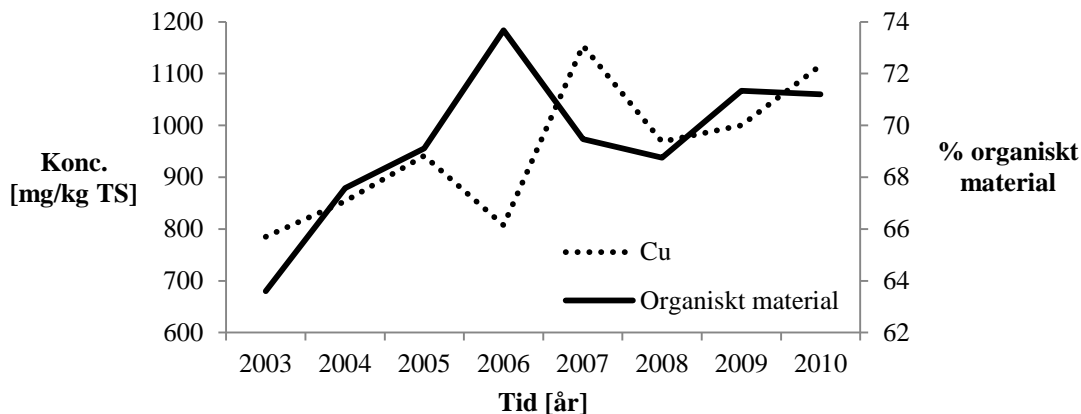


Figur 8: Zink haltens variation i slammet på Duvbackens reningsverk beroende av pH över tiden (Gästrike Vatten).

Uppsala Vatten har haft stora problem med sina kopparhalter och har nu lyckats minska dessa genom att bygga nya vattenverk. I Uppsala är grundvattnet kalkrikt med höga halter av organiskt material. På Uppsala Vatten har de vattenverk som får sitt vatten från Uppsalaåsen byggts om för att minska korrosionen på vattenledningarna. Vattnet leds då först till en avluftningstrappa där naturlig kolsyra avluftas. Vattnet pumpas sedan upp genom reaktorer för att mjukgöras. Detta sker genom att vattnets pH-värde höjs genom att tillsätta släckt kalk. Efter detta tillförs fin sand som förs uppåt i den uppåtriktade vattenströmmen från pumparna. Vattnets kalk avsätts på sandkornen som växer till 2 mm storlek och sjunker till botten. Reaktorn tappas regelbundet ut och varje år tas många tusen ton kalk bort från vattnet. Detta gör vattnet mjukare och minskar kopparkorrosionen från drickvattennätet och således kopparhalten i slammet (Uppsala Vatten och Avfall, 2011).

Andelen organiskt material kan ha en påverkan på vilka metaller som dominerar i slammet. Organiskt material i jord binder koppar, vilket även är fallet i slam. COO^- -grupper bildar ligander med koppar. I och med dessa ligander uppstår det brist på koppar i organiska jordar (Alloway, 1990). Detta betyder även att en ökning av organiskt material medför en minskning av koppar.

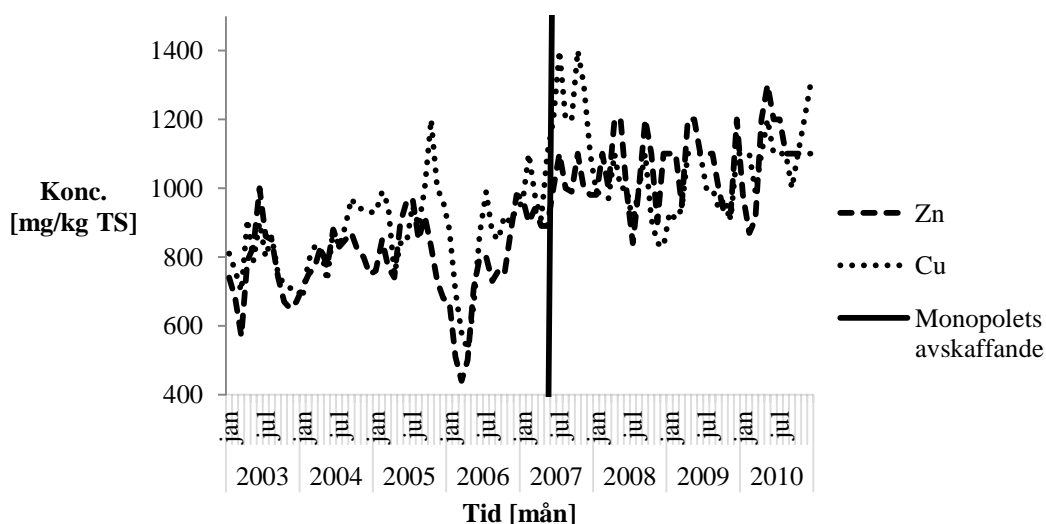
I figur 9 visas kopparhaltens variation med andelen organiskt material på Duvbackens reningsverk. Då det är en stor andel organiskt material i slammet ökar kopparhalten.



Figur 9: Kopparhaltens variation med procenthalten organiskt material i slammet på Duvbackens reningsverk (Gästrike Vatten).

4.6.6 Koppar- och zinkhalter före och efter den 1 juli 2007

Det har i Sverige funnits ett monopol på hämtning av farligt avfall. Detta togs bort den 1 juli 2007. Det var därför intressant att studera koppar- och zinkhalterna före och efter detta, för att studera om rutinerna kring hämtningen förändrats. Figur 10 visar halterna innan och efter monolets avskaffande. Metallhalterna pendlade runt ungefär 800 mg/kg TS innan monolets avskaffande och runt ungefär 1 100 mg/kg TS efter monolets avskaffande. Detta är en ökning med ungefär 35 %.

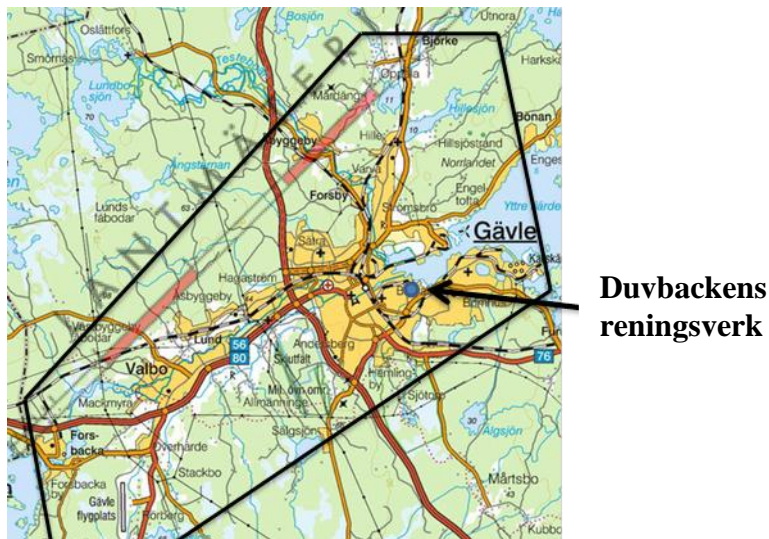


Figur 10: Variation av halten Zn och Cu i slammet på Duvbackens reningsverk innan och efter monolets avskaffande (Gästrike Vatten).

4.7 KARTERING OCH UTFÖRD PROVTAGNING

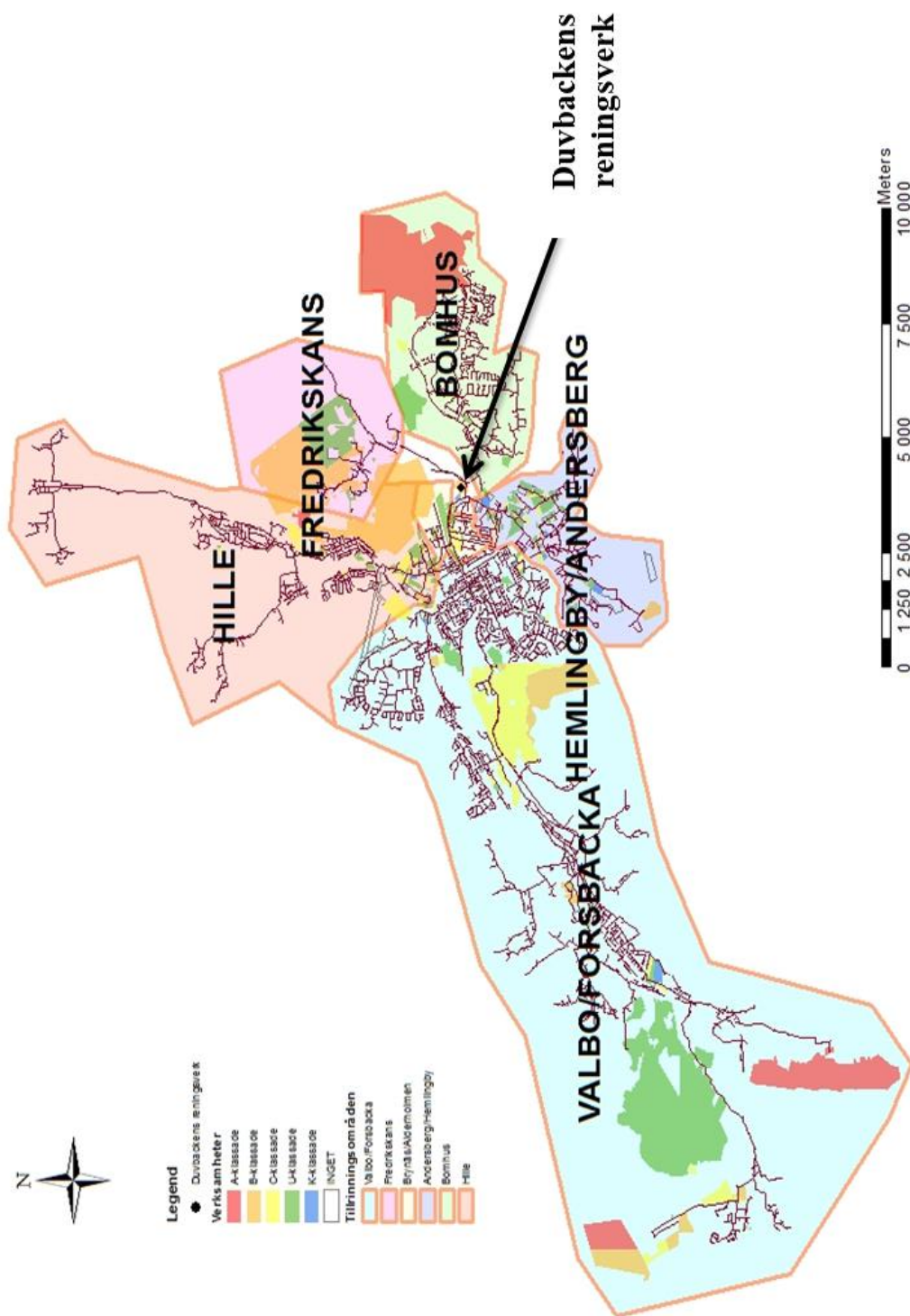
4.7.1 Kartering av Duvbackens reningsverks upptagningsområde

Duvbackens reningsverks upptagningsområde sträcker sig över hela Gävle stad. En grov skiss av området ses i figur 11.



Figur 11: Duvbackens reningsverks upptagningsområde (Lantmäteriet, © Lantmäteriet Gävle 2008. Medgivande I 2008/1606, 2011).

För att kunna uppskatta vad olika områden i Gävle bidrar med delas upptagningsområdet upp i mindre upptagningsområden enligt figur 12.



Figur 12: Upptagningsområden till Duvbackens reningsverk.

Totalt finns ungefär 300 miljöfarliga verksamheter i Gävle, varav drygt hälften är bensinstationer, biltvättar, bil-/maskinverkstäder, åkerier, däckverkstäder, plastfabriker, ytbehandlingar och verkstadsindustrier. Alla dessa verksamheter bidrar till förhöjda halter av kadmium, koppar och zink (Svenskt Vatten, 2009). Nedan beskrivs varje upptagningsområde översiktligt.

Hemlingby/Andersberg

Upptagningsområde Hemlingby/Andersberg består till en tredjedel av två olika industriområden. Dessa två är Kryddstigen respektive Sörby Urfjäll, vilka innehar ungefär ett sextiototal miljöklassade verksamheter tillsammans. De flesta av dessa verksamheter är U-klassade, ett drygt tiotal verksamheter är C-klassade och tre stycken är B-klassade. Framför allt består verksamheterna av åkerier, biltvättar, bil-/maskinverkstäder eller annan verkstadsindustri. Resterande två tredjedelar är bostadsområden med några tillhörande U-klassade verksamheter såsom tandläkare, bensinstation och bil-/maskinverkstad. I utkanten av bostadsområdet finns även en förbränningsanläggning som är B-klassad.

Bomhus

Upptagningsområde Bomhus består framför allt av bostäder. Dock finns, i anslutning till dessa, bland annat tandläkare, verkstadsindustrier, åkerier och Gävleanstalten som alla är U-klassade verksamheter. Det finns även två C-klassade verksamheter bestående av en bensinstation och en lagringsplats av miljöfarligt avfall samt en cellulosafabrik som är A-klassad verksamhet. Cellulosafabriken har egen rening av sitt processvatten, men ett visst läckage till det kommunala ledningsnätet kan förekomma.

Fredrikskans

Upptagningsområde Fredrikskans är Gävles hamn. Detta område består ungefär till tre fjärdedelar av B-klassade verksamheter. Dessa avser oljelagring, lagring av miljöfarligt avfall samt en snötipp. Resterande cirka 25 % består av en U-klassad snötipp.

Hille

Upptagningsområde Hille består till ungefär 80 % av bostäder. Resterande 20 % är industriområdet Näringen. På Näringen är ungefär 80 % av verksamheterna U-klassade, ungefär 15 % C-klassade och sedan finns några B-klassade verksamheter samt en A-klassad verksamhet. De U-klassade verksamheterna är framförallt verkstäder och åkerier, de C-klassade är biltvättar, bensinstationer och kylserviceföretag, de B-klassade är ytbehandlingar och skrotupplag och den A-klassade verksamheten är en ytbehandling.

Valbo/Forsbacka

Upptagningsområde Valbo/Forsbacka består till ungefär 60 % av bostäder och resterande 40 % av miljöklassade verksamheter. Totalt är det ungefär 30 stycken miljöklassade verksamheter. Av dessa miljöklassade verksamheter är ungefär 30 % U-klassade, ungefär 30 % C-klassade, ungefär 30 % B-klassade och resterande 10 % är A-klassade. De U-klassade verksamheterna består bland annat av en golfbana, en högskola, några verkstäder, åkerier och tandläkare. De C-klassade verksamheterna

består bland annat av två förbränningsanläggningar, ett sjukhus, ett asfaltverk, ett alkoholdestilleri och en bränsleförvaring. De B-klassade verksamheterna till största delen av en skjutbana, ett hönseri och en avfallsdeponi och de A-klassade verksamheterna är en flygplats och en avfallsdeponi.

4.7.2 Spillvattenprovtagning

Provsvär från samtliga provpunkter finns sammanställda i tabell 7:2. Vid en jämförelse med de koncentrationer som uppmättes år 2006, tabell 7:1, syns en tydlig minskning i metallhalter samt i totalfosforhalten ute på ledningsnätet.

4.7.3 Massbalans över Duvbackens metallflöden

De resultat som provtagningen gav, tillsammans med de resultat som erhållits från Duvbackens reningsverk för samma period, användes för att upprätta en massbalans för de olika metallerna, figur 12:1.

Massbalansen visar stora skillnader i bidragande mängder från olika upptagningsområden. Noteras bör dock att den summerade mängden från upptagningsområdena inte stämmer överens med den totala uppmätta mängden i det inkommande vattnet på Duvbackens reningsverk, vilket tyder på en osäkerhet i provtagningen och beräkningen.

Vid en jämförelse av massbalansen från år 2011 med den massbalans som gjordes för provtagningen år 2006, figur 6:1, samt med den massbalans som fanns för år 1999, figur 5:1, kan generellt konstateras att Fredrikskans bidrar med liknande metallmängder år 2006 som år 2011. Dock har både kadmium- och zinkmängden, från Fredrikskans år 2011, minskat i jämförelse med år 1999. Generellt kan också konstateras att Bomhus bidrar med lägre metallmängder nu i jämförelse med både år 2006 och år 1999. Metallbidraget från Andersberg varierar de tre åren emellan, dock verkar kadmiummängden ha minskat. Metallmängder från Näringen har minskat stadigt sedan år 1999. På Stenborg är samtliga metallmängder tre gånger lägre år 2011 än år 1999. År 2006 är metallmängderna från Stenborg ungefär dubbelt så stora som år 1999.

I den provtagning som utfördes år 2011 har även Sörby Urfjäll provtagits, vilket inte har gjorts i tidigare provtagningar. Sörby Urfjäll bidrar med relativt höga koncentrationer tungmetaller, tabell 7:2.

Avloppsvattnet från samtliga provpunkter innehåller höga kopparhalter i jämförelse med fosforhalten. Från Andersberg, Fredrikskans och Sörby Urfjäll kommer dessutom höga halter av kadmium och zink i jämförelse med fosfor, enligt figur 13:1.

Vid en jämförelse av inkommande metallmängder på Duvbackens reningsverk, de tre provtagningsåren emellan, ses en minskning av kadmium, men en ökning av både koppar och zink.

5. DISKUSSION

Diskussionen är indelad i tre olika avsnitt: i) avsättningsalternativ, ii) metallinnehåll i slam från Gästrike Vatten samt iii) utförd provtagning.

5.1 AVSÄTTNINGSSALTERNATIV

I dag komposteras allt slam från Gästrike Vatten till anläggningsjord eller sluttäckning av deponi. Detta bidrar inte till riksdagens ansatta miljömål avseende fosfor. Av de avsättningsalternativ som studerades i denna studie var en kvalitetssäkring av slammet enligt REVAQ med efterföljande spridning på produktiv mark det enda alternativ som i dag, till en rimlig kostnad, uppfyller riksdagens miljömål angående återföring av fosfor. En förbränning av slammet skulle också kunna göra att Gästrike Vatten bidrar till riksdagens miljömål, men denna teknik är under utveckling och innebär stora investeringskostnader. De andra avsättningsalternativen bidrar inte till riksdagens miljömål angående återföring av fosfor till produktiv mark. För att slammet ska kunna certifieras måste de höga halter av kadmium, koppar och zink som noterats i slammet på Duvbackens reningsverk sänkas. Nedan diskuteras hur ett sådant arbete skulle kunna genomföras samt vilka för- och nackdelar som finns med en certifiering enligt REVAQ.

5.1.1 REVAQ

Att certifiera ett reningsverk enligt REVAQ är en lång process. Hur lång tid en sådan process skulle ta för Gästrike Vatten beror på hur stora resurser processen ges, samt hur snabbt halterna av kadmium, koppar och zink kan stabiliseras under ansatta gränsvärden i SFS 1998:944.

Till att börja med behöver handlingsplaner för hur höga metallhalter ska kunna sänkas tas fram och även rutiner för REVAQ skapas. I detta examensarbete har bara en översiktlig studie av hur många lantbrukare i närområdet det finns som är intresserade av ett certifierat slam till sitt jordbruk gjorts. En grundligare studie bör därför utföras i en tidig fas av certifieringsprocessen för att få ett bättre statistiskt säkerställt resultat. Den allmänna inställningen bland de tillfrågade i regionen är dock positiv och andra reningsverk som blivit certifierade enligt REVAQ har inte haft några svårigheter att finna avsättning för sitt slam på åkermark. Andra REVAQ-certifierade reningsverk använder sig både av entreprenörer och av direktkontakt med lantbrukarna.

Ett första steg i certifieringsprocessen är att starta ett fungerande uppströmsarbete för att kunna sänka halterna av framför allt kadmium, koppar och zink. I figur 10:1 åskådliggörs både koppar- och zinkhaltens ökning de senaste åren. I figur 10:3 syns under samma period även en tendens till ökning av kadmiumhalten. Anledningarna till dessa ökningsar kan variera. Det viktiga är därför att fokusera på hur halterna kan minskas.

I dag sker ingen provtagning ute på spillvattennätet. Därför kräver ett strukturerat uppströmsarbete att rutiner skapas för provtagning i ledningsnätet och att dessa provsvar analyseras, utvärderas och följs upp. Tillsammans med ett aktivare uppströmsarbete kan ett ökat informationsflöde till verksamheter och hushåll öka medvetenheten för de regler

som finns för vad som får spolas ner i avloppet och vilka effekter som fås då dessa regler inte efterföljs. Kommande provtagning i spillvattennätet bör specificeras för att spåra metallkällorna och försöka minska användningen av oönskade metaller för att förhindra att dessa hamnar i spillvattennätet. Detta sker ofta genom att byta ut de kemikalier som innehåller höga koncentrationer av prioriterade ämnen.

De samtal som hållits med andra reningsverk indikerar att en halvtidstjänst skulle krävas på Gästrike Vatten för att starta certifieringsprocessen. Samtalen visar även att ett nära samarbete med Bygg- och miljöavdelningen på kommunen underlättar vid informationsspridning. Förhoppningen med ett kvalitetssäkrat slam är att i framtiden kunna ha en attraktiv inkomstbringande produkt istället för en kostsam biprodukt.

De potentiella risker som spridning av slam på åkermark kan medföra diskuteras hela tiden. Röster från till exempel Naturskyddsföreningen och Sveriges konsumenter i Samverkan hävdar att slamspridning i jordbruket kan få effekter på både miljön och människors hälsa. I en rapport som Hushållssällskapet släppte i december 2009 har dock motsatsen visats. Slamgödslingens effekt på grödan har visats vara klart positiv och skördeökningen har varit i genomsnitt 7 %. Försöken visade även att slamtillförseln inte haft någon negativ påverkan på växternas upptag av tungmetaller. Dessa försök har pågått sedan 1981 där kommunalt avloppsslam har spridits på åkrar i Malmö och Lund. Under den här försökstiden har slammets kvalitet genomgått en avsevärd förbättring och samtliga metallhalter har minskat med tiden och minskningen, sedan försöksstarten, har i genomsnitt uppgått till över 70 % från de båda avloppsreningsverken som är med i försöket (Andersson, 2009). Under senare år har flera rapporter fastlagt att risken för ökad smittspridning är låg vid korrekt hantering av slammet (Carlsson, 2003).

5.2 METALLINNEHÅLL I SLAM FRÅN GÄSTRIKE VATTEN

5.2.1 Korrelation mellan kadmium, koppar och zink

Då en tydlig korrelation mellan zink och koppar samt mellan zink och kadmium kunde påvisas tyder detta på att verksamheter med stora zinkutsläpp troligen också släpper ut en betydande mängd kadmium och koppar.

5.2.2 Aktuella parametrar

Ofta finns en stark korrelation mellan metaller och pH-värde. pH-värdet i provtagningspunkterna har varit 6,7– 6,8. Detta tyder på att ingen ökad risk för korrosion av koppar på vattenledningarna torde finnas. En ökad risk för korrosion i ledningsnätet finns då pH-värdena är under 6,5 eller över 10 (Svenskt Vatten, 2009). Då avloppsvattnets pH-värden dock ligger nära dessa undre värden kan ett tillskott av koppar från dricksvattennätet inte helt uteslutas, varför vidare studie av detta borde göras.

Vid en jämförelse med pH-värdena i provtagningspunkterna mellan år 2011, tabell 7:2, och år 2006, tabell 7:1, verkar det som att en minskning i pH-värdet har skett. År 2006 låg pH-värdet i provtagningspunkterna mellan 7 och 7,7. Vad detta kan bero på har inte

studerats här men är av intresse för framtida studier då det kan finnas ett samband mellan pH-värdet och kopparinnehållet i slammet.

Uppsala Vatten som också hade problem med höga kopparhalter fann att detta berodde på att dricksvattnet dels innehöll höga halter av naturligt organiskt material, dels mycket kalk vilket gör det hårt. Med sådana vattenkvaliteter korroderar koppar från de vattenledningar som finns i husen och kopparn följer med spillvattnet till reningsverket. Uppsala Vatten lyckades sänka sina kopparhalter genom att förändra dricksvattenkvaliteten. En grundlig studie av dricksvattenkvaliteten i Gävle bör därför göras för att kunna utesluta detta som en orsak till höga kopparhalter i spillvattnet.

5.2.3 Oljeavskiljare

Svenska kommuner har, innan 1 juli 2007, haft möjligheten att ha ett utökat renhållningsansvar med ansvar för, inte bara hushållsavfall utan även, farligt avfall. Cirka 80 kommuner i Sverige utnyttjade denna möjlighet varav Gävle kommun var en (Ragn-Sells, 2011). Detta betyder att Gävle kommun under mer än 30 år hade ansvar för det farliga avfallet i kommunen. I och med monolets avskaffande den 1 juli 2007 har detta ansvar istället lagts på verksamhetsutövaren. Halterna av zink och koppar ligger efter 1 juli 2007 kring ett värde om 1 100 mg/kg TS istället för 800 mg/kg TS, figur 10. En trolig orsak till ökningen är att verksamhetsutövaren, som nu har ansvar för sitt farliga avfall, inte tömmer sin oljeavskiljare nog ofta för att den ska fungera. Då oljeavskiljaren inte fungerar går olja från verksamheten rakt ut i spillvattennätet och orsakar förhöjda halter av metaller i avloppsvattnet på Duvbackens reningsverk. För att stoppa denna uppåtgående trend behöver nya avtal, med verksamheter där oljeavskiljare används, slutas. Det är viktigt att verksamhetsutövaren förstår vad som händer när oljeavskiljaren inte töms och att denne blir medveten om vilka konsekvenser det kan få, både för miljön, men också personligen genom lagbrott.

5.3 UTFÖRD PROVTAGNING

Skillnader mellan de olika årens provsvar upptäcktes vid massbalansberäkningen som genomförts, det innebar att det var svårt att dra distinkta slutsatser avseende metallkällorna på spillvattennätet. Denna variation kan antingen bero på hur provtagningen utfördes eller hur proverna analyserades.

Möjliga anledningar till felmarginaler vid massbalansberäkningen kan vara:

- Flödesmätningar gjordes endast i vissa punkter under provtagningen. Beräkningar av metallflöden till Duvbackens reningsverk har på grund av detta gjorts med approximativa flöden tagna från massbalansen år 1999.
- Provtagningen i spillvattennätet gjordes inte samtidigt som provtagningen av inkommande och utgående vatten på Duvbackens reningsverk. Provtagningen i spillvattennätet skedde dessutom under två olika veckor, på grund av otillräckligt antal fungerande provtagare. Med anledning av detta har medelvärden på metallhalter och flöden använts. Provtagningen av slam är dessutom ett

samlingsprov från hela månaden, vilket ger ytterligare mätosäkerheter till massbalansen.

- Mätosäkerheterna vid analys av proverna kan vara upp till 35 %.
- I pumpstationer där stora mängder spillvatten hanteras kan uppehållstiden inne i pumpstationen ibland vara så lång att metallerna börjar sedimentera och således förekommer i högre halter närmare botten. På grund av detta kommer det vattenprov som tas inte att representera den verkliga halten metall i spillvattnet.

Beräknade metall/fosfor-kvoter för slam från Gästrike Vatten visar att kopparhalten i slammet överstiger det, i REVAQ, ansatta gränsvärdet för år 2025. Med anledning av att kopparhalten har visats vara hög i slammet från samtliga reningsverk är det troligt att dricksvattennätet bidrar till de höga halterna. Grundvattnet i Gästrikland och norra Uppland är medelhårt, vilket kan medföra en korrosion av koppar från dricksvattenledningarna.

Massbalansen som gjordes visar på att olika upptagningsområden till Duvbackens reningsverk bidrar med olika metallmängder. I områden som bidrar med högst relativ metallmängd, figur 12:1, finns industriområden anslutna till spillvattennätet enligt studie av de olika upptagningsområdena. En massbalans fungerar som ett bra verktyg i det vidare uppströmsarbetet.

Fredrikskans, som är Gävles hamn och där det bara är industrier anslutna till spillvattennätet, bidrar, enligt figur 12:1, med höga metallhalter och i ett fortsatt uppströmsarbete är det intressant att finna de verksamheter som verkar vara troliga bidragare till höga kadmium-, koppar- och zinkhalter och närmare studera dessa verksamheters spillvatten. Även Andersbergsledningen bidrar, enligt figur 12:1, med höga metallhalter och delflöden till ledningen är därför intressanta att studera. Då den största mängden spillvatten kommer från Stenborgs pumpstation är det naturligt att även den största metallmängden kommer härifrån. Då det är svårt att säga var dessa metallmängder kommer ifrån, eftersom upptagningsområdet är så stort, bör dess delflöden studeras för att identifiera mindre områden, uppströms Stenborg, med höga metallutsläpp.

För att, i fortsatta studier av spillvattnet, minska risken för stora mätosäkerheter ska provtagningen ske samtidigt och med proportionerlig flödesmätning i samtliga punkter. Provtagning i större pumpstationer kräver att partiklarna i vattnet inte hinner börja sedimentera för att få representativa provsvar. Förslagsvis kan en fortsatt provtagning göras i de tre industriområdena, Sörby Urfjäll, Kryddstigen och Fjällbacken, som alla bidrar till flödet i Andersbergsledningen samt i industriområdet Näringen och i Centrala Gävle som bidrar till flödet i Stenborgs pumpstation. Provtagningen bör avse de vanligaste metallerna (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn), tot-P, pH-värdet, flöde och eventuell oljeindex för att hitta ickefungerande oljeavskiljare. En studie som ger svar på hur den vattenkemiska sammansättningen i dricksvattnet påverkar kopparinnehållet i slammet bör genomföras, denna studie kan samtidigt, med fördel, ge svar på om sammansättningen kan förändras för att minska kopparmängden.

6. SLUTSATSER

- Slammet från Gästrike Vattens samtliga reningsverk, med undantag för det som kommer från Duvbackens reningsverk klarar de, i SFS 1998:944, ansatta gränsvärden för spridning på produktiv mark. För att Gästrike Vatten ska få certifiera det slam som de producerar på Duvbackens reningsverk krävs att zink-, kadmium- och kopparhalterna i slammet sänks.
- Av de studerade avsättningsalternativen är REVAQ-certifiering och återföring av slammet till produktiv mark det alternativ som, till en rimlig kostnad, uppfyller riksdagens miljömål om återföring av fosfor.
- Massbalansstudierna för Duvbackens reningsverk visar på tydliga skillnader avseende relativ metallbelastning för de olika upptagningsområdena. De upptagningsområden som bidrar med de största relativa metallmängderna är framför allt de upptagningsområden som har industriområden anslutna till spillvattennätet – Andersberg, Näringen och Fredrikskans. Enligt studier av massbalansen från år 1999 bidrar troligtvis även Centrala Gävle med stora metallmängder.
- Studien av metallhalter i slammet på Duvbackens reningsverk visar ökade halter av framför allt zink, koppar och kadmium under de senaste åren.
- Beräknade metall/fosfor-kvoter för slam från Duvbackens reningsverk visar att zink, kadmium och koppar är begränsande för spridning på produktiv mark. Metall/fosfor-kvoterna för slam från Gästrike Vatten visar att kopparhalten i slammet, från samtliga reningsverk, överstiger det, i REVAQ, ansatta gränsvärdet för år 2025. Koppar benämns därför som ett prioriterat ämne.
- Av de i avloppsvattnet undersökta metallerna visar zink en stark korrelation med kadmium och koppar. Det tyder på att metallerna kommer från liknande eller samma verksamheter/källa. Zink, kadmium och koppar i avloppsvatten härstammar från bland annat fordonstvättar, verkstadsindustrier, ytbehandlings- och konstnärsateljéer som använder dessa metaller i sin dagliga verksamhet. I Gävle finns flera sådana verksamheter och det är sannolikt att en del av belastningen härrör från dessa företag.
- Koppar- och zinkhalten i slammet på Duvbacken har ökat med ungefär 35 % efter sommaren år 2007. Tidpunkten sammanfaller med att kommunens monopol på hämtning av farligt avfall avskaffades. Det synes troligt att verksamhetsutövarnas skötsel av oljeavskiljare bitvis är bristfällig och att detta resulterat i en ökad belastning.

- Den utförda provtagningen i Duvbackens spillvattennät visade stora mätosäkerheter. För att undvika detta vid en fortsatt provtagning i spillvattennätet bör alla provtagningar göras samtidigt, med proportionerliga flödesmätningar i samtliga punkter.
- För att Gästrike Vatten ska kunna kvalitetssäkra sitt slam enligt REVAQ krävs ett aktivt uppströmsarbete. Detta innebär fortsatta studier av avloppsvattnet från olika upptagningsområden till Duvbackens reningsverk, upprättande av handlingsplaner för prioriterade ämnen och tydliga riktlinjer för verksamheter som bidrar med höga utsläpp. Inom ramen för ett aktivt uppströmsarbete ingår även informationsspridning för att nå ut till verksamhetsutövare och hushåll.

7. REFERENSER

7.1 SKRIFTLIGA REFERENSER

Agduhr Eronen, S., (2010), *Substansflödesanalys av tungmetaller i avloppssystemet – Nytt verktyg testat på Sigtuna och Solna kommuner*. Uppsala Universitet, Uppsala.

Albertsson, B. (2012), *Riktlinjer för gödsling och kalkning 2012*. Jordbruksverket, Malmö.

Aldén, S. (2006), *Energiskog*. <http://www.metsavastaa.net/energiskog> (2011-09-13)

Alloway, B. J., (1990), *Heavy metals in soils*. Thomson Litho Ltd, East Kilbride, Storbritannien.

Andersson, P-G., (2009), *Slamspridning på åkermark – fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981-2008*. Hushållningssällskapens rapportserie nummer 15, Skåne.

Axdorff, R., (2011), *Dags att skrota salixodlingen*.
<http://www.bioenergiportalen.se/?p=4569&pageID=4302> (2011-09-13)

Berggren, A., Finnson, A. (2012), *Information till samtliga REVAQ-verk*. Svenskt Vatten, Stockholm.

Borglund, A. M., (2004), *Kombinerad kemisk och biologisk fosforrening på Käppalaverken, Lidingö – En studie ur ett processtekniskt, mikrobiologiskt och ekonomiskt perspektiv*. VA-Forskrappport nr 2004-06.

Carlsson, B., (2003), *Återanvändning av växtnäring från avlopp – aktörernas värderingar, ställningstaganden och agerande*. Naturvårdsverkets rapport 5223, Naturvårdsverket, Stockholm.

Energimyndigheten, (2011), *Åker*.
<http://www.energimyndigheten.se/sv/Forskning/Bransleforskning/Bransletillforsel/Aker/> (2011-09-13)

Eriksson, J., (2001), *Halter av 61 spårelement i avloppsslam, stallgödsel, handelsgödsel, nederbörd samt i jord och gröda*. Naturvårdsverkets rapport 5148, Naturvårdsverket, Stockholm.

Eriksson, J., Nilsson, I., Simonsson, M., (2005), *Wiklanders marklära*. Studentlitteratur, Lund.

Flyckt, R., (2010), *Riskabelt att sprida avloppsslam*. SkogsEko 2/2010, Skogsstyrelsen, Jönköping.

Gästrike Vatten, (2010a), *Årsredovisning 2010*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010b), *Miljörapport 2010 – Duvbackens reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010c), *Miljörapport 2010 – Hedesunda reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010d), *Miljörapport 2010 – Hofors reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010e), *Miljörapport 2010 – Norrsundets reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010f), *Miljörapport 2010 – Ockelbo reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Gästrike Vatten, (2010g), *Miljörapport 2010 – Skutskärs reningsverk*. Gästrike Vatten, Gävle.

Hadder, G., (2004), *Spannmål som bränsle – Tillgångar i Västmanlands, Dalarnas och Gävleborgs län*. Delrapport nr 7, GDE-Net.

Johansson, Mattias – Pressekreterare hos Andreas Carlgren, (2009), *Regeringen förbjuder all användning av kvicksilver i Sverige*.
<http://www.regeringen.se/sb/d/11443/a/118546?setEnleCookies=true> (2011-10-04)

Kemikalieinspektionen, (2009), *Nonylfenol*.
<http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/nonylfenol.htm> (2012-02-10)

Kemikalieinspektionen, (2011), *Polycykliska aromatiska kolväten (PAH)*.
<http://www.kemi.se/sv/Innehall/Fragor-i-fokus/Polycykliska-aromatiska-kolvaten-PAH/>
(2012-02-10)

Kemikalieinspektionen, (2012), *Kadmium förbjudet i smycken, svetstråd och plast*.
<http://kemi.se/sv/Innehall/Nyheter/Kadmium-forbjudet-i-smycken-svetstrad-och-plast/>
(2012-01-19)

Kommunförbundet, (1976), *Avloppsteknik 5 – Slambehandling*. Kommunförbundet, Kristianstad.

Kärman, E., Malmqvist, P-A., Rydhagen, B., Svensson, G., (2007), *Utvärdering av ReVAQ-projektet*. Svenskt Vatten Utveckling Rapport Nr 2007-02, Svenskt Vatten, Stockholm.

Lantbrukarnas Riksförbund, (2011a), *LRF och slam*.
<http://www.lrf.se/Miljo/Avloppsslam/LRF-och-slam/> (2011-12-13)

Lantbrukarnas Riksförbund, (2011b), *Metaller*.
<http://www.lrf.se/Miljo/Avloppsslam/Fakta-om-slam1/Oonskade-amnen/Metaller/>
(2011-10-07)

Lantbrukarnas Riksförbund, (2011c), *Slam i jordbruket i andra länder*.
<http://www.lrf.se/Miljo/Avloppsslam/Fakta-om-slam1/Slam-i-andra-lander/>
(2011-10-07)

Lantbrukarnas Riksförbund, (2011d), *Vad innebär REVAQ-systemet- certifiering av reningsverk?* <http://www.lrf.se/Miljo/Avloppsslam/REVAQ-certifiering/> (2011-09-14)

Lindoff Communications, (2004), *Salix i kretsloppet – Hållbar användning och behandling av avloppsvatten och slam i Salixodling*. Grahns Tryckeri.

Miljömålportalen, (2011), *Avfall (2005-2015)*
<http://www.miljomal.nu/15-God-bebyggd-miljo/Delmal/Avfall-2005-2015/>
(2011-09-13)

McBride, M.B. (1994), *Environmental chemistry in soils*. Oxford University Press Inc., Oxford.

Naturskyddsföreningen, (2007), *Miljögåta har fått sin lösning: Miljögiften nonylfenol i vatten kommer från handdukar*.
<http://www.mynewsdesk.com/se/view/pressrelease/miljoegaata-har-faatt-sin-loesning-miljoegiftet-nonylphenol-i-vatten-kommer-fraan-handdukar-166717> (2012-02-10)

Naturskyddsföreningen, (2011), *Hälsorisker med slamspridning*.
<http://www.naturskyddsforeningen.se/natur-och-miljo/jordbruk-och-mat/jordbrukets-miljopaverkan/slamspridning/> (2011-10-07)

Naturvårdsverket, (2004), *Deponering av avfall*. Handbok 2004:2, Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket, (2010a), *Uppdatering av "Aktionsplan för återföring av fosfor ur avlopp"*. Naturvårdsverket, Stockholm.

Naturvårdsverket, (2010b), *Utsläpp i siffror – Swedish Pollutant Release and Transfer Register*. <http://utslappisiffror.naturvardsverket.se/Amnen/Tungmetaller/> (2011-10-04)

Naturvårdsverket, (2011a), *Användningsmöjligheter för avloppsslam*.
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Avloppsslam/Anvandningsmojligheter-for-avloppsslam/> (2011-09-07)

Naturvårdsverket, (2011b), *Avloppsvattnets miljöpåverkan*.
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Avloppsvattnets-miljopaverkan/> (2011-10-03)

Naturvårdsverket, (2011c), *Behandling av avloppsslam*.
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Start/Verksamheter-med-miljopaverkan/Avlopp/Avloppsslam/Behandling-av-avloppsslam/> (2011-09-14)

Naturvårdsverket, (2011d), *Vägledning om Naturvårdsverkets föreskrifter om miljörapport*. Naturvårdsverket, Stockholm.

Ragn-Sells, (2011), *Monopol på farligt avfall upphör*.
<http://www.ragnsells.se/Miljokunskap/Avfallslagstiftning/Calendar-List/2007/Monopol-pa-farligt-avfall-upphor/> (2012-02-14)

Ren Åker Ren Mat, (2009), *Ren Åker Ren Mat*.
<http://www.renakerrenmat.se/pdf/ren-aker-ren-mat%202009-10.pdf> (2011-10-07)

Schönning, C., (2003), *Risk för smittspridning vid avloppsslam – Redovisning av behandlingsmetoder och föreskrifter*. Naturvårdsverkets rapport 5215, Naturvårdsverket, Stockholm.

SFS 1998:899, *Förordningen om miljöfarlig verksamhet och hälsoskydd*

SFS 2006:412, *Lag om allmänna vattentjänster*

SNFS 1994:2, *Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket*.

SNFS 1998:4, *Statens naturvårdsverks föreskrifter om ändring i kungörelsen (SNFS 1994:2) med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket*.

Statistiska centralbyrån, (2007), *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2004 - Kommunala reningsverk, skogsindustri samt viss övrig industri*. Naturvårdsverket och SCB, Statistiskt meddelande MI 22 SM 0701.

Statistiska centralbyrån, (2010a), *Utsläpp till vatten och slamproduktion 2008 – Kommunala reningsverk, skogsindustri samt viss övrig industri*. Naturvårdsverket och SCB, Statistiskt meddelande MI 22 SM 1001.

Statistiska centralbyrån, (2010b), *Jordbruksstatistisk årsbok 2010*. Jordbruksverket, Sverige.

Statistiska centralbyrån, (2011), *Jordbruksstatistisk årsbok 2011*. Jordbruksverket, Sverige.

Svenskt Vatten, (2007a), *Avloppsteknik 2 – Reningsprocessen*. Svenskt Vatten, Stockholm.

Svenskt Vatten, (2007b), *Avloppsteknik 3 – Slamhantering*. Svenskt Vatten, Stockholm.

Svenskt Vatten, (2009), *Råd vid mottagande av avloppsvatten från industri och annan verksamhet*. Publikation P95, Svenskt Vatten, Stockholm.

Svenskt Vatten, (2011a), *Om REVAQ*.

<http://www.svensktvatten.se/Vattentjanster/Avlopp-och-Miljo/REVAQ/> (2011-09-14)

Svenskt Vatten, (2011b), *Regler för certifieringssystemet REVAQ – Återvunnen växtnäring. Utgåva 2.1, 2011-02-07*. Svenskt Vatten, Stockholm.

Svenskt Vatten, (2012), *Miljödepartementet kommer inte att anta Naturvårdsverkets förslag till slamförordning*. <http://www.svensktvatten.se/Aktuellt/Nyheter/Avlopp-och-Miljo-nyhetslista/Miljodepartementet-antar-inte-Naturvardsverkets-forslag-till-slamforordning/> (2012-01-31)

SWECO VIAK, (2007), *Fordonsgas vid Duvbackens reningsverk*. Förstudie, Uppdragsnummer 1584423, Gävle.

Thornton, I., Butler, D., Docx, P., Hession, M., Makropoulos, C., McMullen, M., Nieuwenhuijsen, M., Pitman, A., Rautiu, R., Sawyer, R., Smith, S., White, D., Wilderer, P., Paris, S., Marani, D., Braguglia, C., Palerm, J., (2001), *Pollutants in urban waste water and sewage sludge – Final report*. I C Consultants Ltd, London, Storbritannien.

Tideström, H., Alvin, L., Jennische, U., Hultman, B., (2009), *Fosforutvinning ur avloppsslam – Teknik, miljö-, hälso- och climateffekter*. Naturvårdsverket, Sweco Environment, Stockholm.

Uppsala Vatten och Avfall, (2011), *Beredning av dricksvatten*.
<http://www.uppsalavatten.se/sv/omoss/Verksamhet-Drift/Dricksvattenforsorjning/Behandling/> (2011-12-13)

Vargová, M., Ondrašovičová, O., Sasáková, N., Ondrašovič, M., Čulenová, K., Šmirjáková, S., (2005), *Heavy metals in sewage sludge and pig slurry solids and the health and environmental risk associated with their application to agricultural soil*. University of Veterinary Medicine, Košice, Slovakien.

Åkerman, S., (2010), *Tillstånd enligt miljöbalken till kompostering av slam*. Länsstyrelsen Gävleborg, Miljöprövningsdelegationen, Gävle.

Östlund, C., (2003), *Förbränning av kommunalt avloppsvattenslam*. Svenskt Vatten, Stockholm.

7.2 PERSONLIG KOMMUNIKATION

Holm, C., (2011), *E-postkontakt, 2011-11-24*, Caroline Holm, Uppsala Vatten.

Kolmodin Holmberg, C., (2011a), *Telefonkommunikation, 2011-09-19*, Charlotta Kolmodin Holmberg, Processingenjör Avlopp, Gästrike Vatten.

Kolmodin Holmberg, C., (2011b), *E-postkontakt, 2011-12-15*, Charlotta Kolmodin Holmberg, Processingenjör Avlopp, Gästrike Vatten.

Larsson, A., (2011), *E-postkontakt, 2011-12-08*, Anders Larsson, Drift- och underhållschef, Gästrike Vatten.

Linder, M., (2011), *E-postkontakt, 2011-09-02*, Mats Linder, Produktionschef, Gästrike Vatten.

Simonsson, H., (2011), *Telefonkommunikation, 2011-09-22*, Hans Simonsson, Processtekniker, Gästrike Vatten.

Vienola, S., (2011), *E-postkontakt, 2011-12-16*, Sari Vienola, Miljöingenjör, Käppalaverken.

Virkkala, S., (2011), *Muntlig kommunikation, 2011-11-10*, Sari Virkkala, Eskilstuna Energi och Miljö.

Weglin Nilsson, J., (2011), *E-postkontakt, 2011-08-06*, Johanna Weglin Nilsson, Processingenjör, Gästrike Vatten.

BILAGA 1 – Tillförsel av tungmetaller från fällningskemikalier

Tabell 1:1: Tillförsel av tungmetaller till respektive reningsverk genom dosering av fällningskemikalien PIX-118, Ekoflock 90 eller Ekoflock 91 (max-värde i kg/år) (Gästrike Vatten, 2010b-g).

Reningsverk	Arsenik	Bly	Kadmium	Koppar	Krom	Kobolt	Kviksilver	Nickel	Zink	Fällningskemikalie
Duvbacken	-	0,023	0,0023	0,05	0,54	2,01	0,00039	2,78	4,09	PIX-118
Hedesunda	0,013	0,05	0,003	0,05	0,03	-	0,001	0,05	0,08	Ekoflock 90
Hofors	-	0,03	0,0035	0,069	0,81	3	0,00058	4,1	6,1	PIX-118
Norrundet	0,05	0,21	0,01	0,21	0,1	-	0,003	0,21	0,31	Ekoflock 90
Ockelbo	0,03	0,11	0,005	0,05	0,05	-	0,002	0,05	0,11	Ekoflock 91
Skutskär	-	0,021	0,00036	0,21	2,8	1,1	0,00026	2,4	3	PIX-118

BILAGA 2 – Metallinnehåll i slam från Gästrik Vatten

Tabell 2:1: Ansatta gränsvärden för slam i SNFS 1994:2 (SNFS, 1994) samt medelvärdet för slam i Sverige (SCB, 2010a).

Ämne (mg/kg TS)	Gränsvärde för slam	Medelvärde för slam i Sverige år 2008
Bly	100	17,2
Kadmium	2	0,7
Koppar	600	267,8
Krom	100	27,7
Kvicksilver	2,5	0,5
Nickel	50	14,2
Zink	800	447,3
Fosfor	-	19 940
Kväve	-	38 000

Tabell 2:2: Metallhalten i slammet på Duvbackens, Hedesundas och Hofors reningsverk (Gästrik Vatten, 2010b-d). Metallhalter som överskrider gränsvärdet för slam står i fet stil.

Ämne (mg/kg TS)	Metall i slam på Duvbackens reningsverk	Metall i slam på Hedesunda reningsverk	Metall i slam på Hofors reningsverk
Bly	25	18	19
Kadmium	1,7	0,71	0,7
Koppar	1 116,00	240	230
Krom	20	24	39
Kvicksilver	0,64	0,24	0,28
Nickel	15	15	21
Zink	1 097,00	490	505
Fosfor	41 000,00	23 500,00	20 000,00
Kväve	66 000,00	39 000,00	42 000,00

Tabell 2:3: Metallhalten i slammet på Norrsundets, Ockelbos och Skutskärs reningsverk (Gästrike Vatten, 2010e-g)

Ämne (mg/kg TS)	Metall i slam på Norrsundets reningsverk	Metall i slam på Ockelbo reningsverk	Metall i slam på Skutskärs reningsverk
Bly	11	12	12
Kadmium	0,69	0,47	0,63
Koppar	350	475	195
Krom	10	13	14
Kvicksilver	0,2	0,41	0,25
Nickel	12,5	7,7	8,9
Zink	395	380	600
Fosfor	19 000,00	19 000,00	26 150,00
Kväve	33 000,00	46 000,00	47 000,00

BILAGA 3 – Åkermarkens användning

Tabell 3:1: Åkermarkens användning i Gävleborg (SCB, 2011)

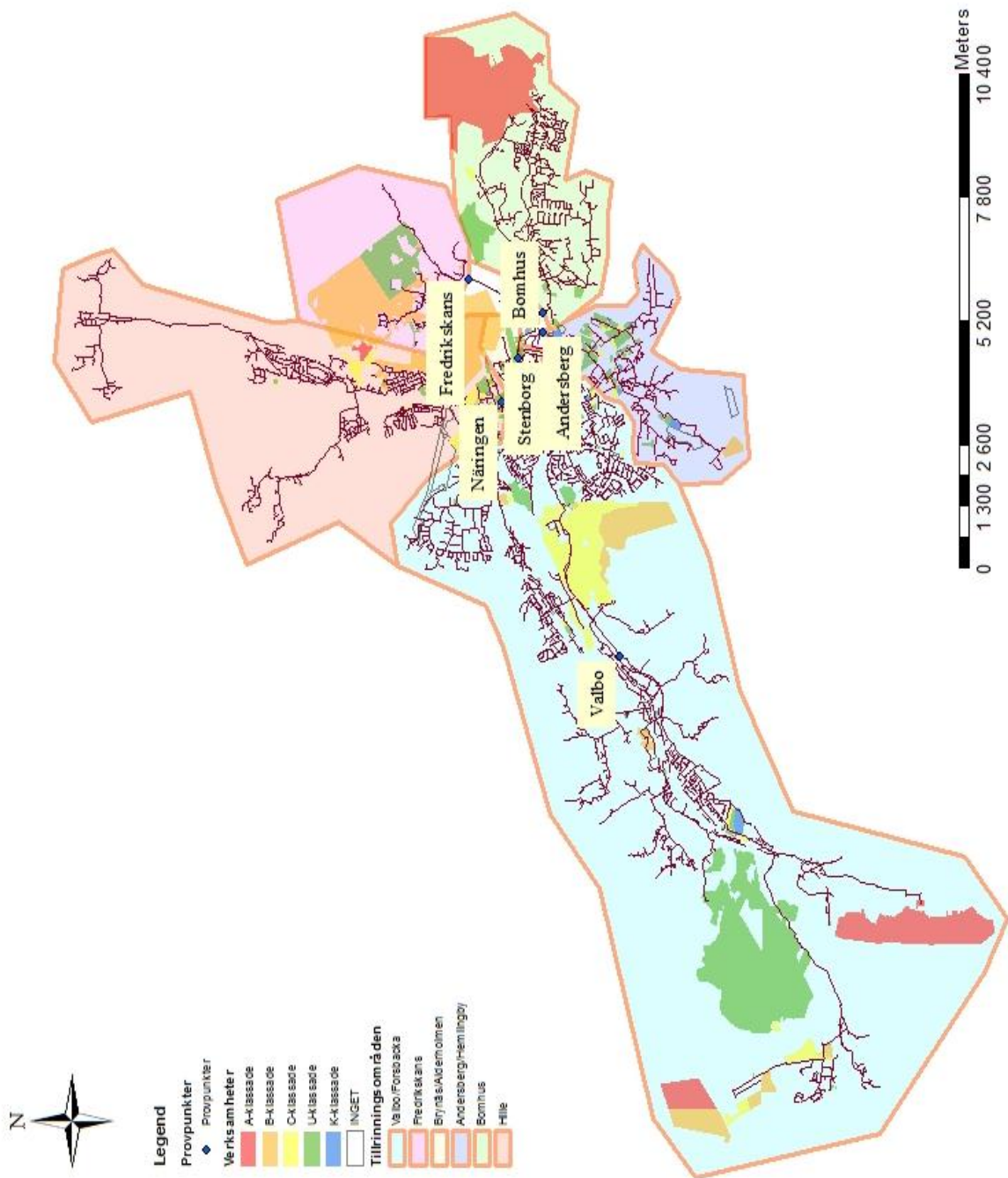
Åkermark i Gävleborg	
Gröda	Hektar
Spannmål	14 947
Baljväxter	128
Oljeväxter	359
Vall	48 003
Matpotatis	291
Potatis för stärkelse	1
Sockerbetor	2
Energiskog	43
Trädgårdsväxter	281
Andra växtslag	83
Träda	3 565
Ospecificerad åkermark	582
Totalt	68 282

- ospecificerad åkermark (arealer som inte kunnat fördelas per gröda)
- trädgårdsväxter är inkl. kryddväxter och utsäde grönsaker
- vall (grönfoder, slåtter- och betesvall, frövall)
- baljväxter (ärter, åkerbönor mm, konservärter, bruna bönor)
- oljeväxter (raps, rybs, oljelin)

Tabell 3:2: Antal hektar spannmålsgröda som odlas i Gävleborg (SCB, 2011)

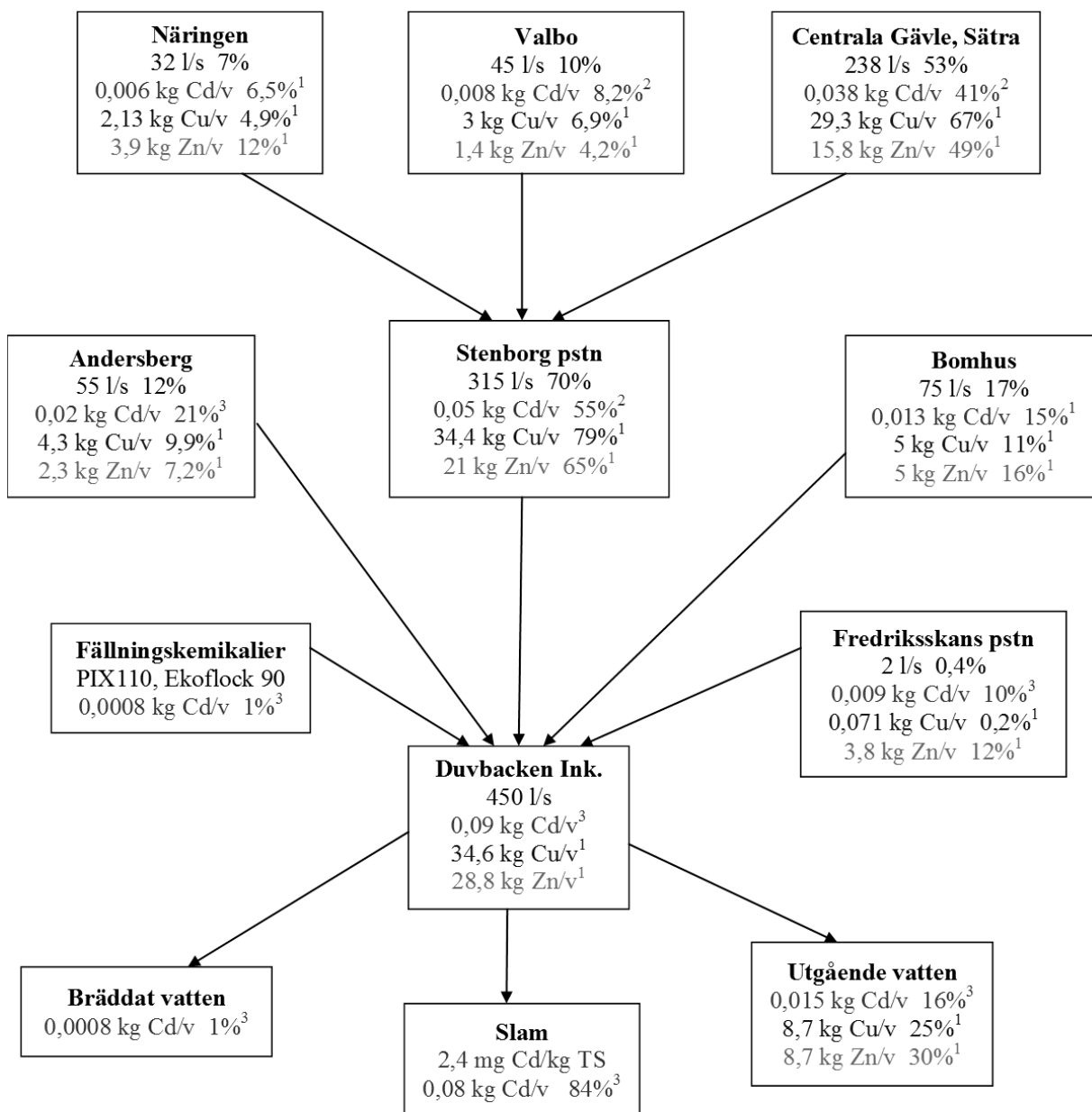
Spannmål i Gävleborg	
Gröda	Hektar
Höstvete	512
Vårvete	784
Råg	82
Höstkorn	0
Vårkorn	10 041
Havre	3 326
Rågvete	38
Blandsäd	164
Totalt	14 947

BILAGA 4 – Provtagningspunkterna år 2006



Figur 4:1: Provtagningspunkter från år 2006.

BILAGA 5 – Metallflöde till Duvbackens reningsverk år 1999



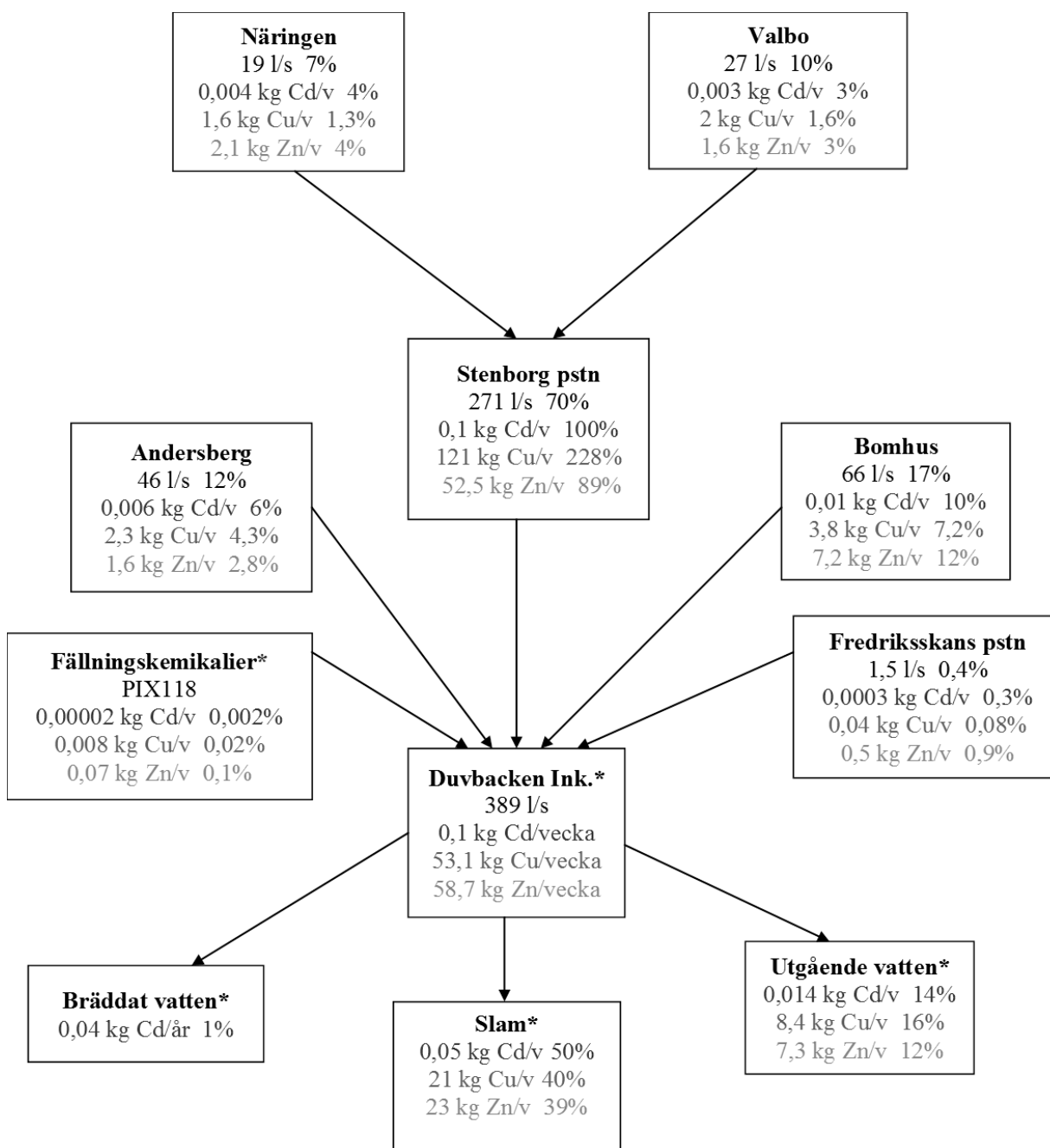
¹⁾ Provtagning under tiden 990902-09

²⁾ Provtagning under tiden 990207-14, 990902-09

³⁾ Medelvärde för provtagningar under hela 1999

Figur 5:1: Bedömning av metallflöde till Duvbackens reningsverk under år 1999 (Gästrikre Vatten).

BILAGA 6 – Metallflöde till Duvbackens reningsverk år 2006



* Medelvärden tagna under maj månad 2006.

* Medelvärden tagna för hela 2006.

- Vattenflöden är uträknade i procent av det inkommande vattnet på Duvbacken. Dessa är uträknade med hjälp av de procentsatser som beräknats i massbalansen år 1999.

- Mängden metall från respektive delområde är uträknad i procent av totala mängden metall i inkommande vatten på Duvbacken.

- Slammet är en medelhalt av totalmängden år 2006.

Figur 6:1: Massbalans över metallflöde till Duvbackens reningsverk år 2006.

BILAGA 7 – Metallkoncentrationer i avloppsvattnet

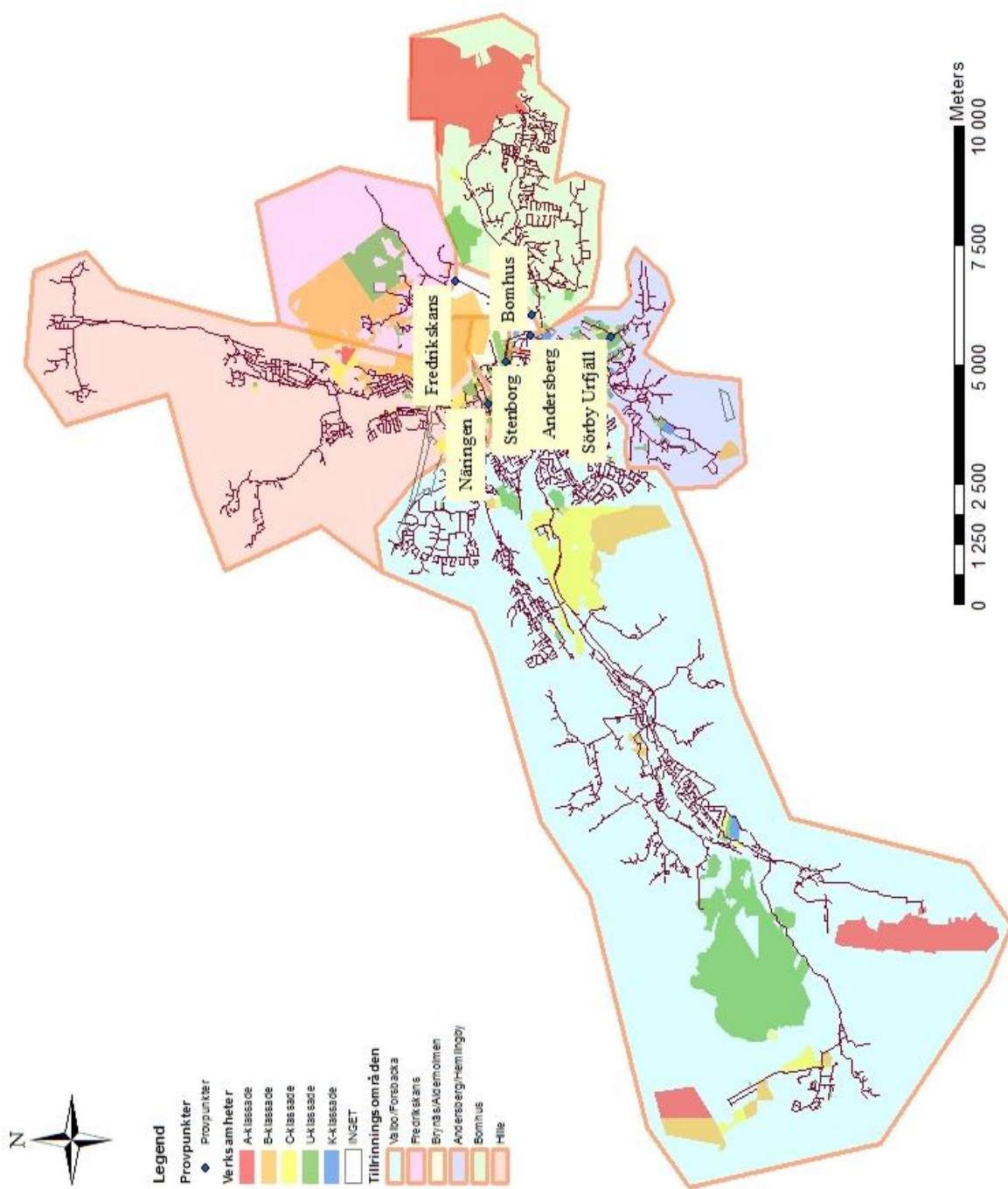
Tabell 7:1: Duvbackens olika upptagningsområdets metallkonc. i avloppsvattnet, år 2006 (Gästrike Vatten).

Upptagningsområdet	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Cd (µg/l)	Hg (µg/l)	Tot-P (mg/l)	pH
Andersberg	82	4,5	59	11	1,6	0,22	0,13	3,9	7
Fredrikskans	43	12	530	13	11	0,37	0,13	9,4	7,7
Stenborg	740	6,9	320	12	9,9	0,6	0,13	6,4	7,2
Bomhus	95	2,8	180	8,5	4,5	0,32	0,13	5,8	7,6
Valbo	120	5,1	100	8,2	4,3	0,21	0,13	6,7	7,5
Näringen	140	11	180	17	12	0,31	0,13	6,5	7,4

Tabell 7:2: Duvbackens olika upptagningsområdets metallkonc. i avloppsvattnet, år 2011

Upptagningsområdet	Cu (µg/l)	Pb (µg/l)	Zn (µg/l)	Cr (µg/l)	Ni (µg/l)	Cd (µg/l)	Ag (µg/l)	Tot-P (mg/l)	pH
Andersberg	190	4,2	170	9,3	9,2	0,17	< 0,50	3,1	6,8
Fredrikskans	56	3,5	300	< 1,0		0,46	< 0,50	3,2	6,7
Stenborg	67	0,71	39	< 1,0	1,5	< 0,10	< 0,50	3,7	6,8
Bomhus	54	0,62	58	< 1,0	< 1,0	< 0,10	< 0,50	3,2	6,8
Sörby Urfjäll	55	1,7	56	< 1,0	1,7	< 0,10	< 0,50	2,1	6,8
Näringen	42	1,1	35	< 1,0	1,5	< 0,10	< 0,50	3,2	6,8

BILAGA 8 – Provtagningspunkter år 2011



Figur 8:1: Provtagningspunkter från år 2011.

BILAGA 9 – Metall/fosfor-kvoter i slam från Gästrikre Vatten

I följande tabeller är metall/fosfor-kvoterna uträknade och jämförda med gränsvärden för både år 2011 och år 2025. Tabellerna är gjorda för samtliga reningsverk inom Gästrikre Vatten. För att lätt kunna utläsa vilka metaller som överstiger dagens gränsvärden är dessa markerade med **feta** siffror. De värden som överstiger gränsvärdena för år 2025 är markerade med understrukna siffror och de metallhalter som ligger nära gränsvärdet år 2025 är markerade med *kursiva* siffror.

Duvbackens reningsverk

Tabell 9:1: Metall/fosfor-kvoter för Duvbackens reningsverk (Gästrikre Vatten, 2011b) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	1,0	1,1	1,1
Kadmium	0,07	0,03	0,02
Koppar	45,8	13,6	3,2
Krom	0,8	1,8	0,4
Kvicksilver	<u>0,03</u>	0,07	0,02
Nickel	0,6	1,1	0,2
Silver	<u>0,1</u>	0,3	0,03
Zink	45,0	27,3	15,4

Hedesunda reningsverk

Tabell 9:2: Metall/fosfor-kvoter för Hedesunda reningsverk (Gästrikre Vatten, 2011c) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	0,4	1,1	1,1
Kadmium	<u>0,02</u>	0,03	0,02
Koppar	<u>5,6</u>	13,6	3,2
Krom	0,6	1,8	0,4
Kvicksilver	0,006	0,07	0,02
Nickel	0,4	1,1	0,2
Silver	<i>0,02</i>	0,3	0,03
Zink	11,5	27,3	15,4

Hofors reningsverk

Tabell 9:3: Metall/fosfor-kvoter för Hofors reningsverk (Gästrikre Vatten, 2011d) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	0,4	1,1	1,1
Kadmium	0,01	0,03	0,02
Koppar	4,6	13,6	3,2
Krom	0,8	1,8	0,4
Kvicksilver	0,006	0,07	0,02
Nickel	0,4	1,1	0,2
Silver	0,02	0,3	0,03
Zink	10,1	27,3	15,4

Norr Sundets reningsverk

Tabell 9:4: Metall/fosfor-kvoter för Norr Sundets reningsverk (Gästrikre Vatten, 2011e) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	0,2	1,1	1,1
Kadmium	0,01	0,03	0,02
Koppar	6,7	13,6	3,2
Krom	0,2	1,8	0,4
Kvicksilver	0,004	0,07	0,02
Nickel	0,2	1,1	0,2
Silver	0,02	0,3	0,03
Zink	7,5	27,3	15,4

Ockelbo reningsverk

Tabell 9:5: Metall/fosfor-kvoter för Ockelbo reningsverk (Gästrik Vatten, 2011f) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

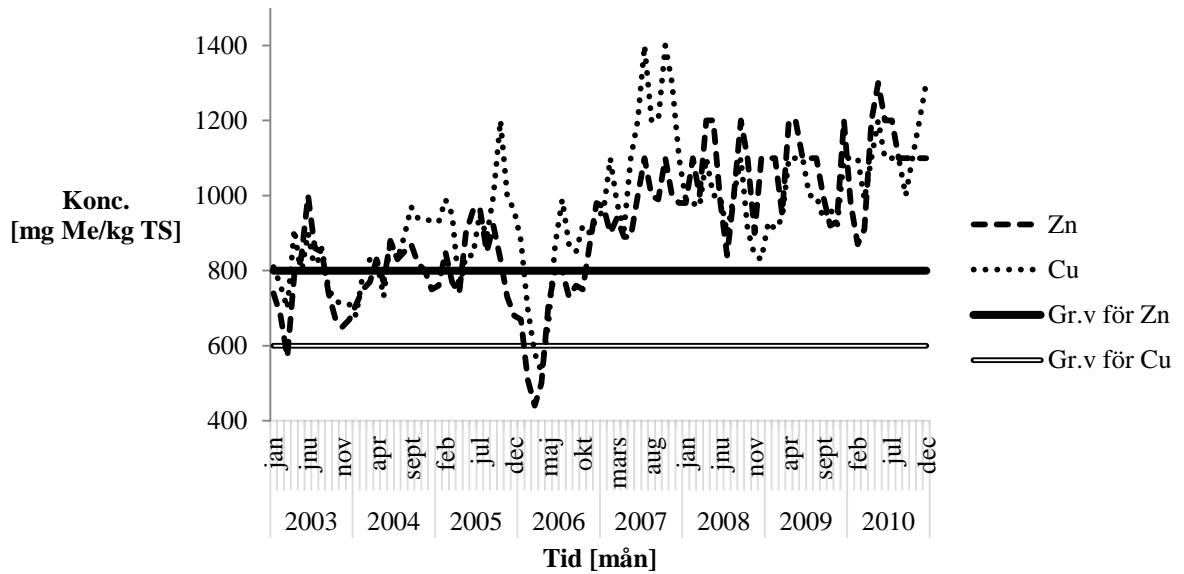
Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	0,2	1,1	1,1
Kadmium	0,01	0,03	0,02
Koppar	<u>9,0</u>	13,6	3,2
Krom	0,2	1,8	0,4
Kvicksilver	0,01	0,07	0,02
Nickel	0,1	1,1	0,2
Silver	0,02	0,3	0,03
Zink	7,2	27,3	15,4

Skutskärs reningsverk

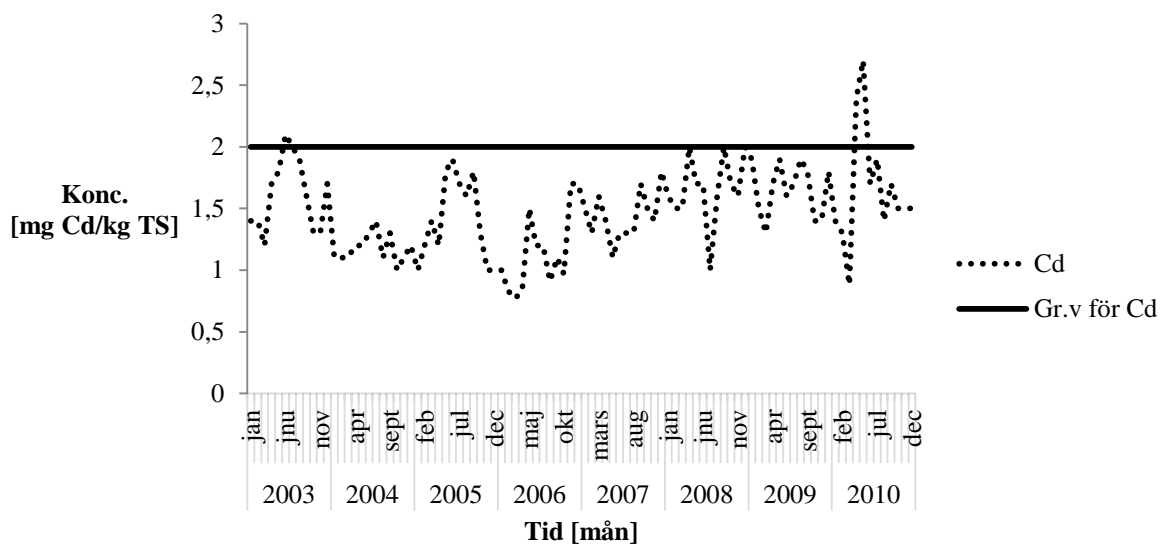
Tabell 9:6: Metall/fosfor-kvoter för Skutskärs reningsverk (Gästrik Vatten, 2011g) jämförda med gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

Metall	Me/P-kvot i slam (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2011 (g Me/kg P)	Gränsvärde för slam, 2025 (g Me/kg P)
Bly	0,5	1,1	1,1
Kadmium	<u>0,02</u>	0,03	0,02
Koppar	<u>7,5</u>	13,6	3,2
Krom	0,5	1,8	0,4
Kvicksilver	0,01	0,07	0,02
Nickel	0,3	1,1	0,2
Silver	-	0,3	0,03
Zink	<u>23,0</u>	27,3	15,4

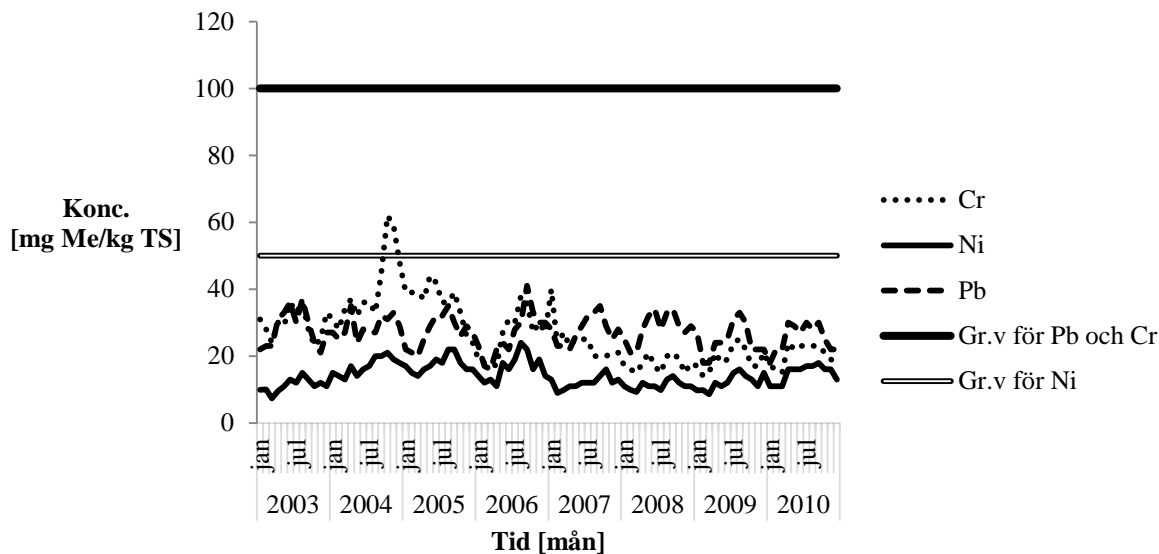
BILAGA 10 – Diagram över metallhalterna i slammet på Duvbacken



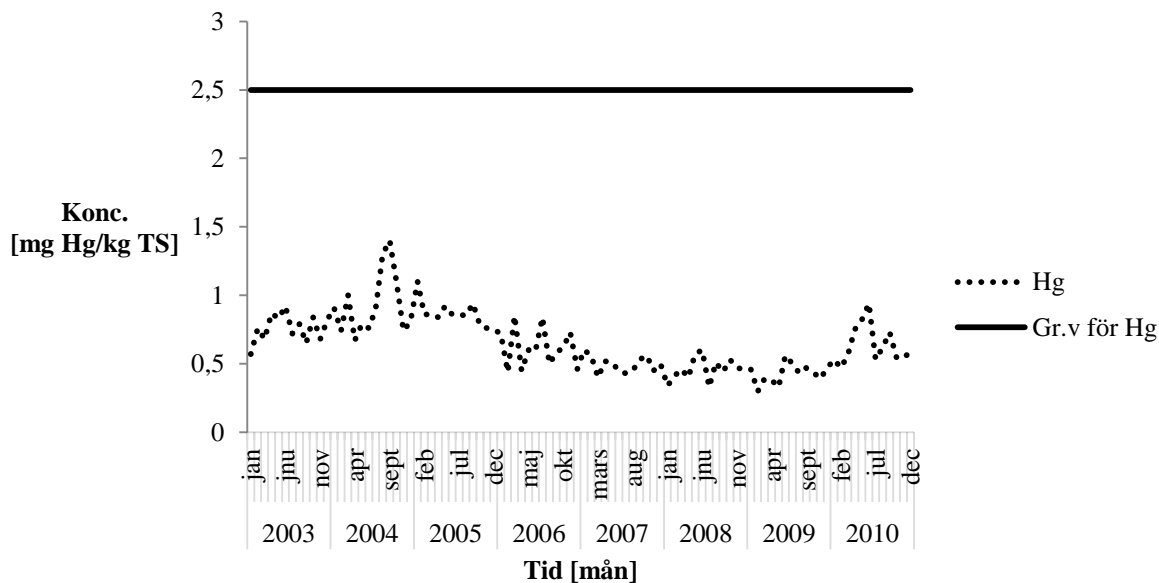
Figur 10:1: Förändringen av koppar- och zinkhalten i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden (Gästrike Vatten) jämfört med de gränsvärden som begränsar tillförseln till åkermark (SFS 1998:944).



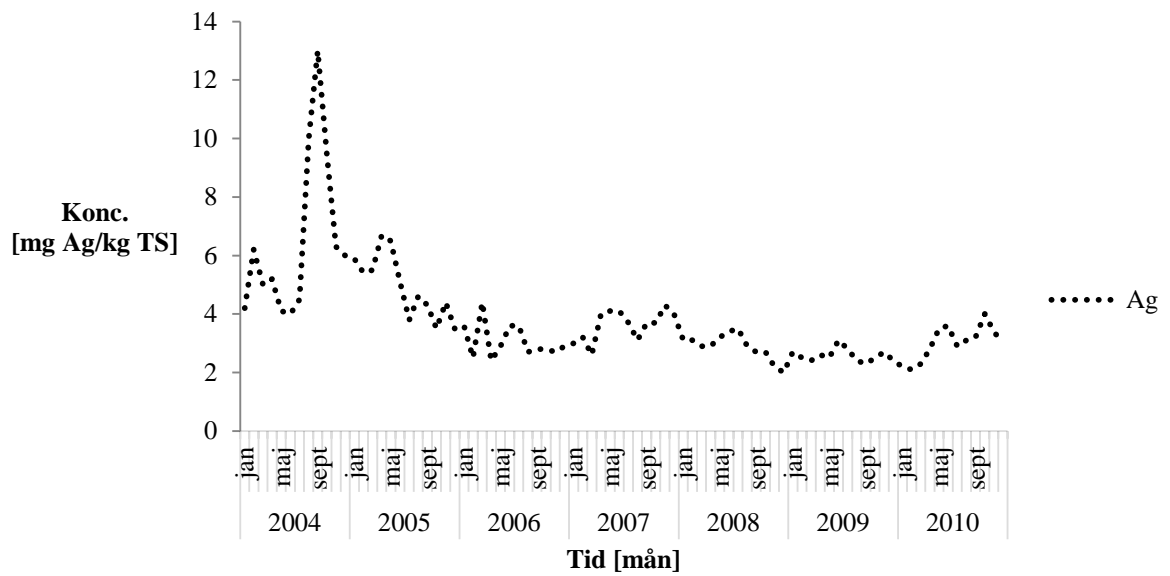
Figur 10:2: Förändringen av kadmiumhalten i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden (Gästrike Vatten) jämfört med det gränsvärde som begränsar tillförseln till åkermark (SFS 1998:944).



Figur 10:3: Förändringen av krom-, nickel- och blyhalten i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden (Gästrike Vatten) jämfört med de gränsvärden som begränsar tillförseln till åkermark (SFS 1998:944).

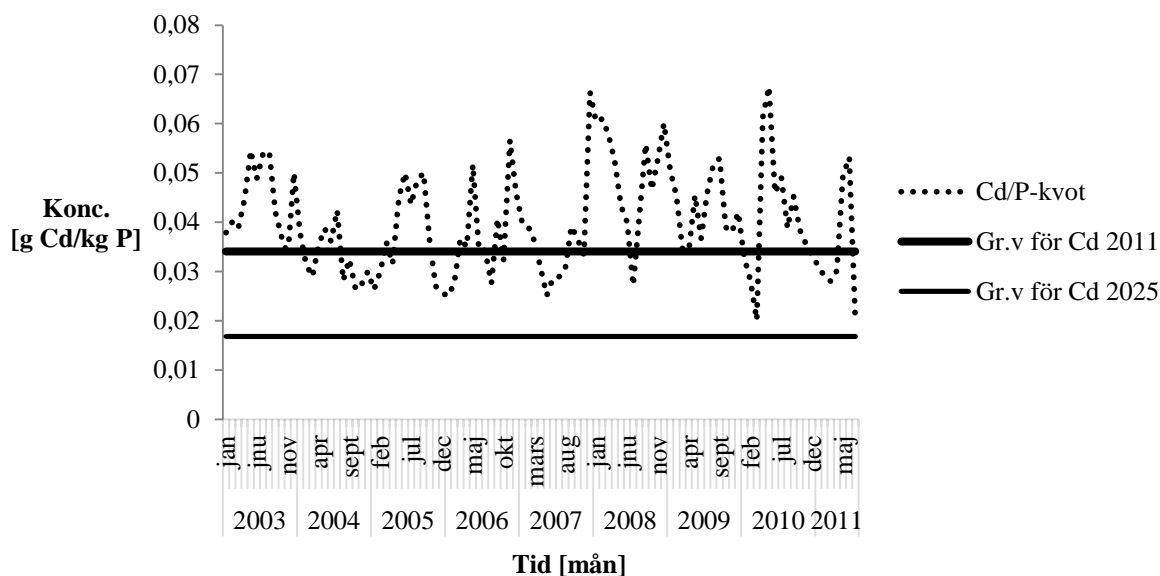


Figur 10:4: Förändringen av kvicksilverhalten i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden (Gästrike Vatten) jämfört med det gränsvärde som begränsar tillförseln till åkermark (SFS 1998:944).

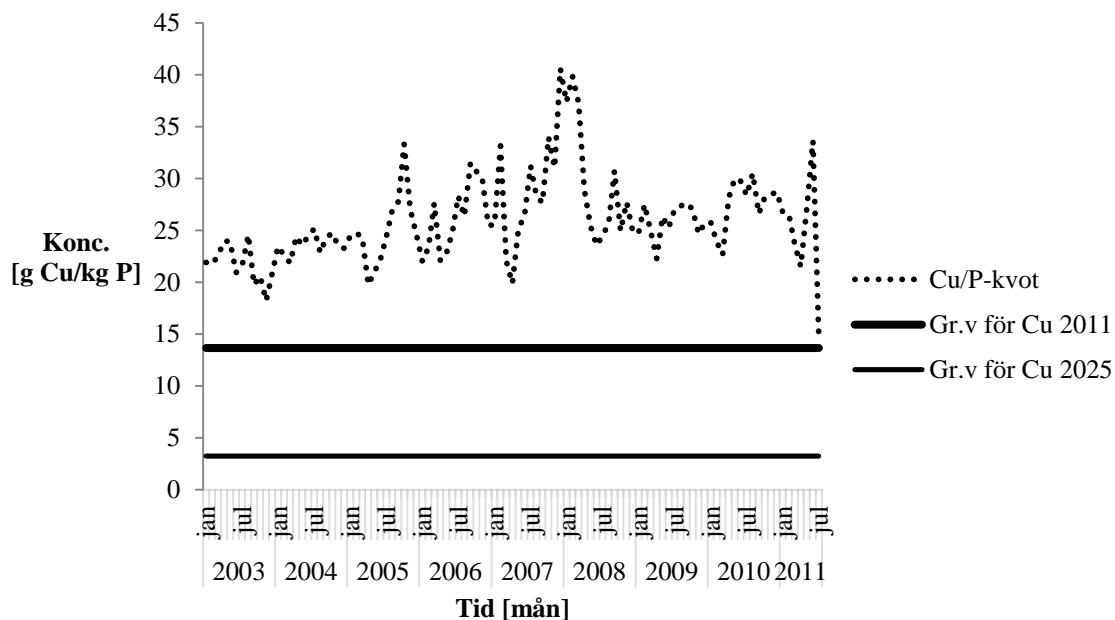


Figur 10:5: Förändringen av silverhalten i slammet på Duvbackens reningsverk över tiden (Gästrikke Vatten). Det finns inte några gränsvärden för silver i SFS 1998:944.

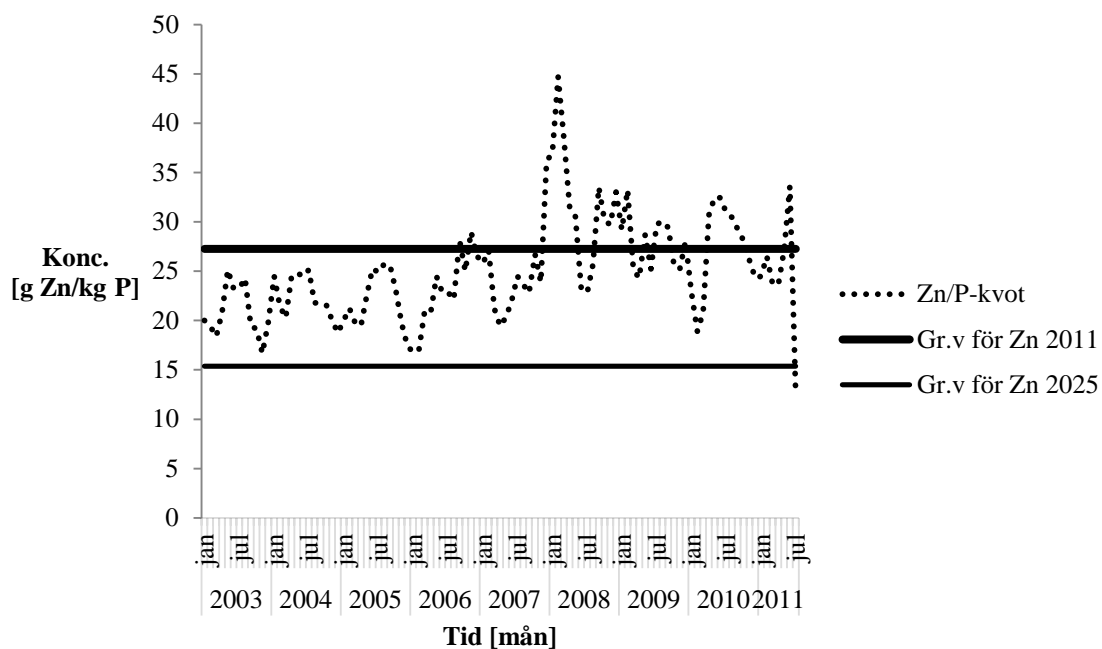
BILAGA 11 – Metall/fosfor-kvoter i slammet på Duvbacken



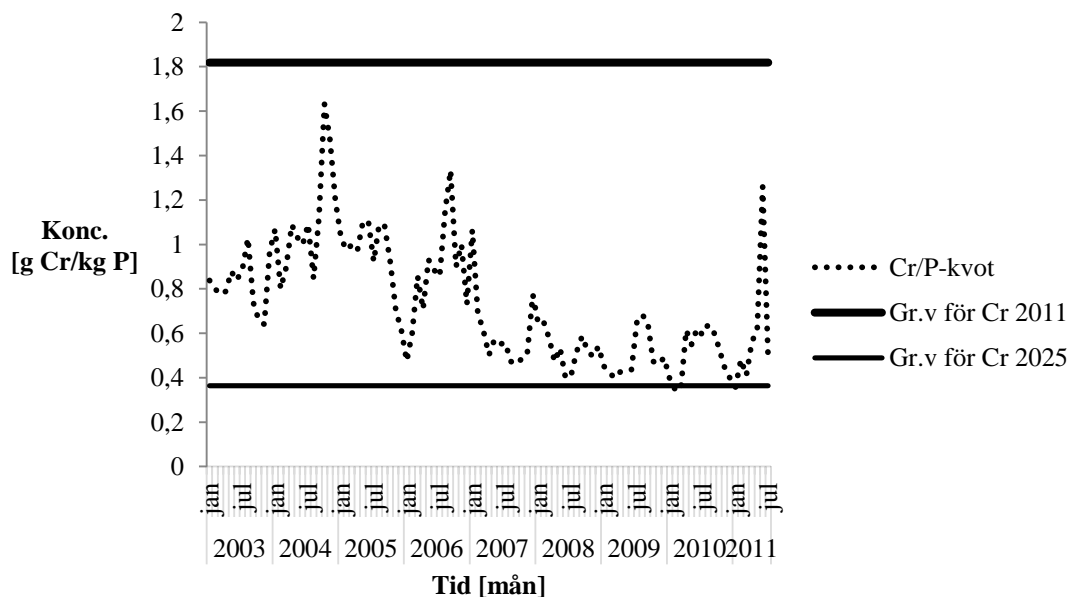
Figur 11:1: Cd/P-kvotens förändring i slammet på Duvbacken reningsverk sedan 2003 (Gästrike Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).



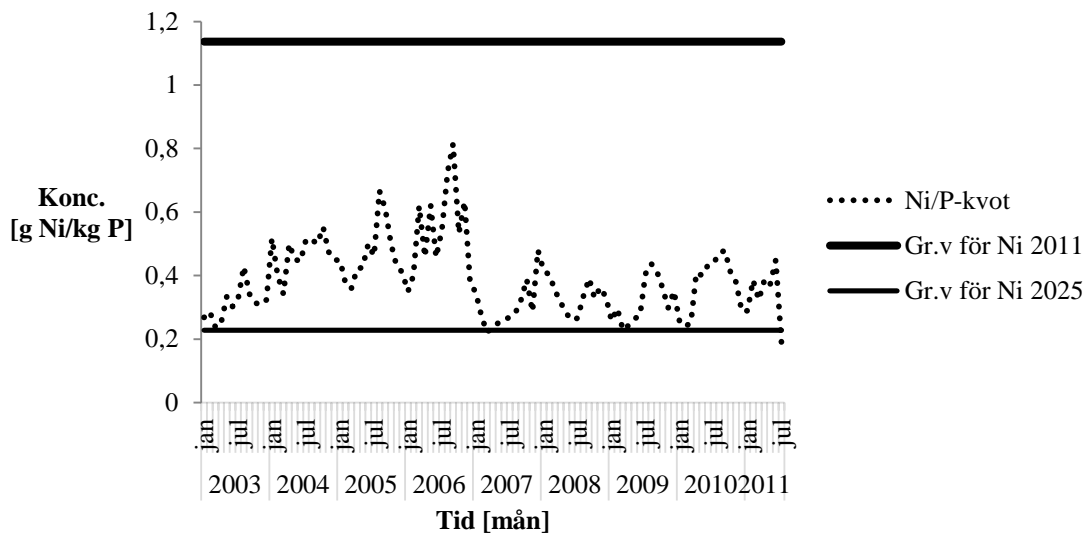
Figur 11:2: Cu/P-kvotens förändring i slammet på Duvbackens reningsverk sedan 2003 (Gästrike Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).



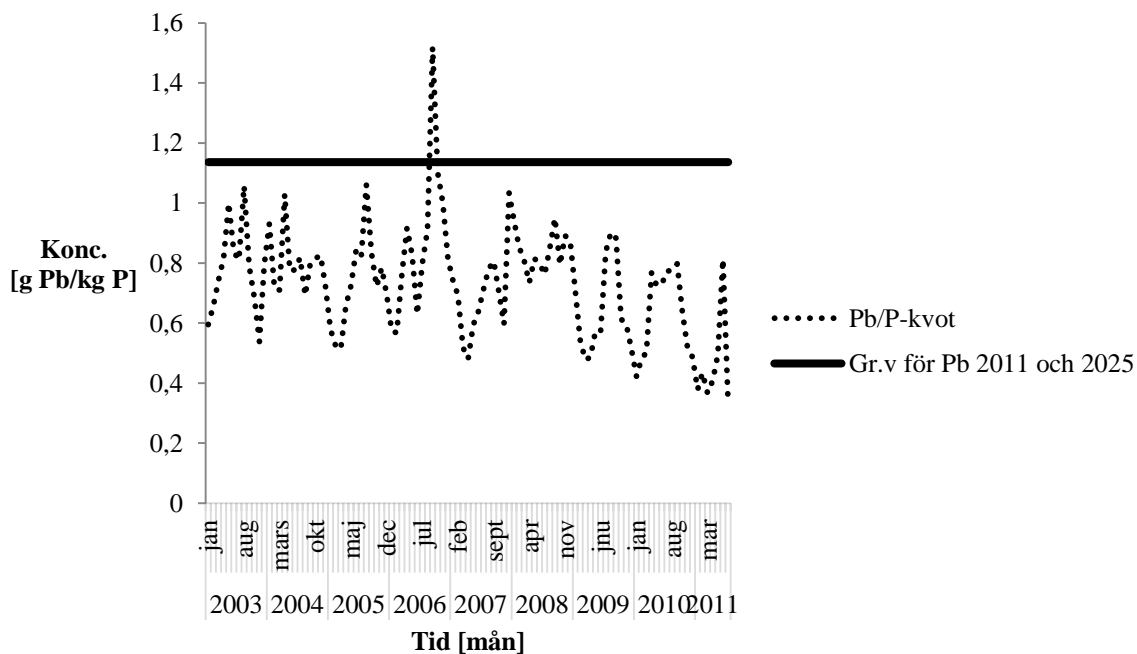
Figur 11:3: Zn/P-kvotens förändring i slammet på Duvbackens reningsverk sedan år 2003 (Gästrike Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).



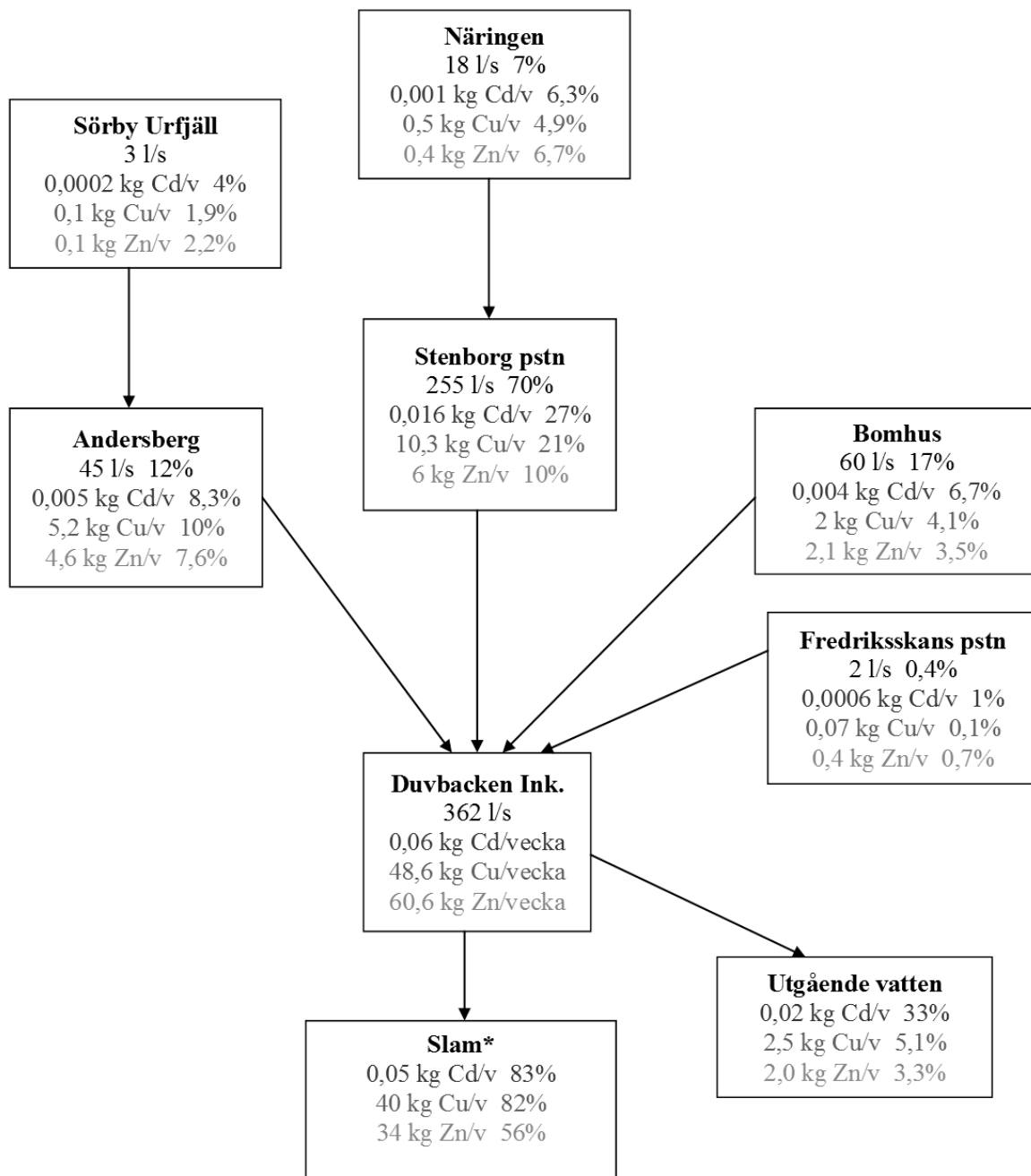
Figur 11:4: Cr/P-kvotens förändring i slammet på Duvbackens reningsverk sedan år 2003 (Gästrike Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).



Figur 11:5: Ni/P-kvotens förändring i slammet sedan år 2003 (Gästrikre Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).



Figur 11:6: Pb/P-kvotens förändring i slammet på Duvbackens reningsverk sedan år 2003 (Gästrikre Vatten) jämförd med ansatta gränsvärden för år 2011 och år 2025 (Svenskt Vatten, 2011b).

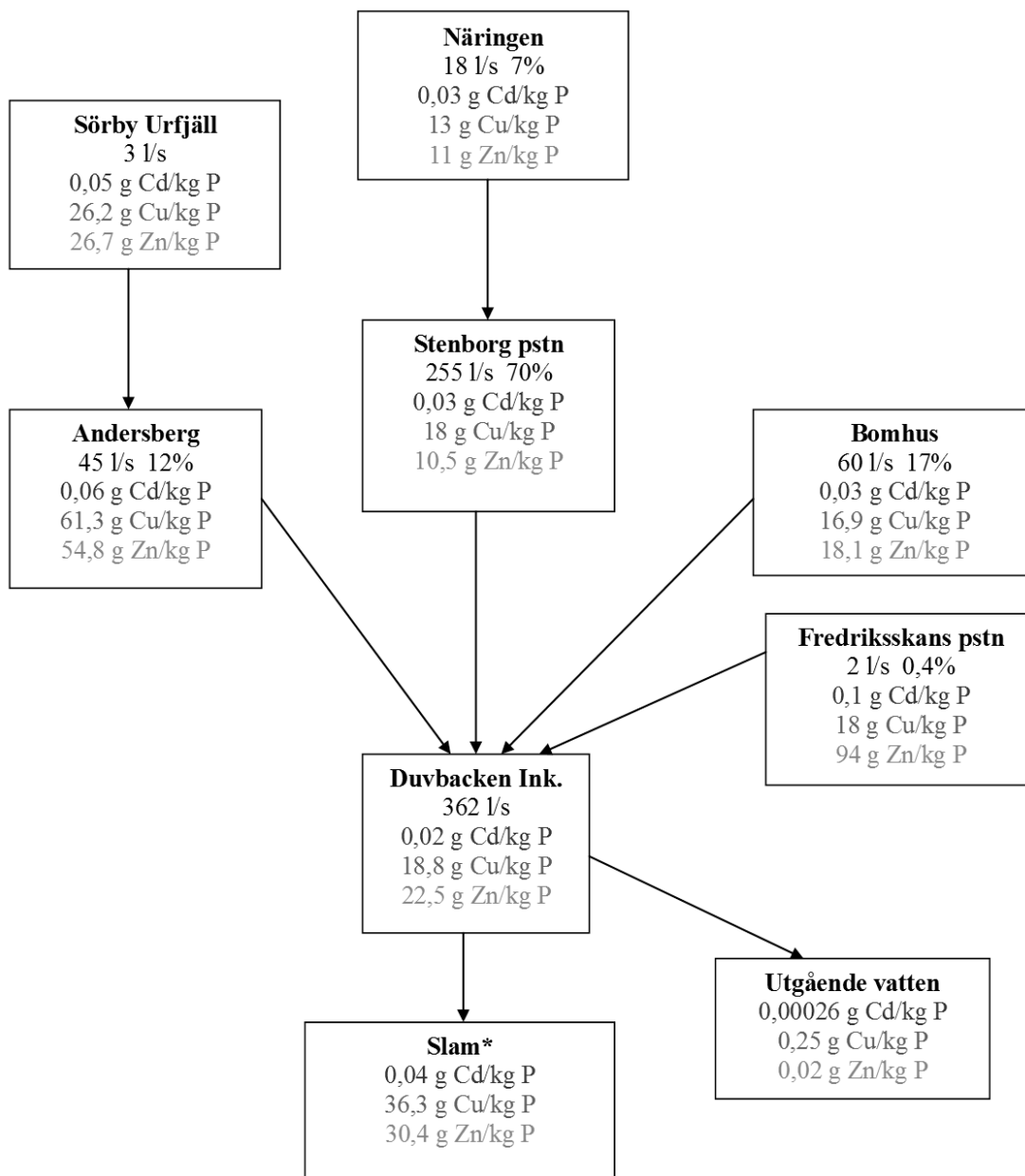


* Medelvärden tagna för november månad 2011

- Vattenflöden är uträknade i procent av det inkommande vattnet på Duvbacken. Dessa är uträknade med hjälp av de procentsatser som beräknats i massbalansen år 1999.
 - Mängden metall från respektive delområde är uträknad i procent av totala mängden metall i inkommande vatten på Duvbacken.
 - Slammet är en medelhalt av totalmängden år 2006.
- Inga fällningskemikalier användes och ingen breddning skedde under den här perioden.

Figur 12:1: Massbalans över metallflöden till Duvbackens reningsverk år 2011.

BILAGA 13 – Metall/fosfor-kvoter i avfallsvattnet till Duvbacken år 2011



* Medelvärden tagna för november månad 2011

- Vattenflöden är uträknade i procent av det inkommande vattnet på Duvbacken. Dessa är uträknade med hjälp av de procentsatser som beräknats i massbalansen år 1999.

- Slammet är en medelhalt av totalmängden år 2006.

Inga fällningskemikalier användes och ingen breddning skedde under den här perioden.

Figur 13:1: Metall/fosfor-kvoter över Duvbackens reningsverk år 2011.