

Matavfallskvarnar – Långtidseffekter på ledningsnät

*Jonathan Mattsson
Annelie Hedström*



Svenskt Vatten Utveckling

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

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvatten
Management

SVU styrs av en kommitté, som utses av styrelsen för Svenskt Vatten AB. För närvarande har kommittén följande sammansättning:

Agneta Granberg, ordförande	Göteborgs Stad
Daniel Hellström, sekreterare	Svenskt Vatten
Henrik Aspegren	VA SYD
Per Ericsson	Norrvatten
Stefan Johansson	Skellefteå kommun
Henrik Kant	Göteborg Vatten
Lena Ludvigsson-Olafsen	Smedjebackens kommun
Kenneth M. Persson	Sydvatten AB
Lars-Gunnar Reinius	Stockholm Vatten AB
Bo Rutberg	Sveriges Kommuner och Landsting
Lena Söderberg	Svenskt Vatten
Lisa Osterman	Örebro kommun

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

Svenskt Vatten Utveckling
Svenskt Vatten AB
Box 47607
117 94 Stockholm
Tfn 08-506 002 00
Fax 08-506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se

Svenskt Vatten AB är servicebolag till föreningen Svenskt Vatten.

Rapportens titel:	Matavfallskvarnar – Långtidseffekter på ledningsnät
Title of the report:	Food waste disposers – Long term impact on sewer systems
Rapportnummer:	2012-08
Författare:	Jonathan Mattsson och Annelie Hedström, Luleå tekniska universitet
Projektnummer:	10-118
Projektets namn:	Köksavfallskvarnar – Långtidseffekter på avloppsnät
Projektets finansiering:	Svenskt Vatten Utveckling
Rapportens omfattning	
Sidantal:	46
Format:	A4
Sökord:	Matavfallskvarnar (MAK), Ledningsnät, TV-inspektion, Avlagringar, Vattenförbrukning, Svavelväte
Keywords:	Food waste disposers (FWD), Sewer, TV-inspection, Deposits, Water consumption, Hydrogen sulphide
Sammandrag:	Studien har undersökt långtidseffekter av matavfallskvarnar (MAK) på ledningsnät. MAK synes ha haft en påverkan, men denna var av mindre art. Ytterst sällan kunde någon större funktionsnedsättning påvisas.
Abstract:	The study has examined long term impacts of food waste disposers (FWD) on sewer systems. FWD seemed to have an impact, albeit a minor one. Only rarely could any significant negative impact on the function be observed.
Målgrupper:	VA-avdelningar på kommuner
Omslagsbild:	Matavfallskvarn. foto: Per Andersson, Suratek
Rapport:	Finns att hämta hem som PDF-fil från Svenskt Vattens hemsida www.svensktvatten.se
Utgivningsår:	2012
Utgivare:	Svenskt Vatten AB © Svenskt Vatten AB

Förord

Detta projekt initierades under en workshop i Kiruna där framtidens tekniska försörjningssystem i staden och möjligheter att integrera olika system diskuterades. Projektet har finansierats av både Svenskt Vatten Utveckling och det EU finansierade tillväxtprojektet NyaGiron.

Under arbetets gång med att genomföra detta projekt och färdigställa föreliggande rapport har ett stort antal personer hjälpt till och dessa förtjänar ett stort tack. De personer som initialt bör nämnas är medlemmarna av projektgruppen: Per Andersson (Surahammars KommunalTeknik) samt Tage Hägerman (Smedjebacken Energi och vatten). Utöver den rent organisatoriska supporten har de stöttat med detaljkunskaper samt bistått med kontakter till personer och bolag som engagerats i studien. Projektets referensgrupp har också bidragit i stor utsträckning. Gruppen har bestått av följande: Åsa Davidsson (Lund Tekniska Högskola), Ralph Hedenström (Stockholm Vatten), Cecilia Johansson (Tekniska Verken, Kiruna), Stefan Marklund (Luleå Tekniska Kontor) samt Britt-Inger Norlander (Kretsloppskontoret, Göteborg Stad). Ett särskilt omnämnande ges till Stefan Marklund för hans noggranna korrekturläsning av språket i manuskriptet samt Ralph Hedenström för hans input rörande fettavlagringar i ledningsnät. Vidare har följande personer hjälpt till vid olika faser av inspektionerna i de kommuner som berörts av studien: Eva Bergquist och Alf Ulves (Hallstahammar kommun); Martina Andersson, Inger Knutsson och Tommy Norgren (Smedjebacken energi och vatten); Stefan Larsson, Per Sallander och Åsa Wievegg (Surahammars KommunalTeknik). Svavelvätemätningen genomfördes med stöd från Jes Vollertsen (Ålborg Universitet) och Jan Erik Ylinenpää (Luleå Tekniska Kontor). Rörinspektörerna Kenneth Eriksson (Aros Rörinspektion) samt Kenneth Johansson (VVS Teknik i Falun) har på ett professionellt sätt utfört inspektionerna samt också delat med sig av tidigare erfarenheter.

Utöver dessa har Hans Bäckman (Svenskt Vatten), Mathias De Maré (VA-Syd) och Ewa Kjellman (Puls AB, Staffanstorps) bistått med information. Matthias Borris, Sven Johansson, Adam Jonsson och Erik Vanhatalo (samtliga Luleå Tekniska Universitet) har hjälpt till på olika sätt med idéer och förslag på den statistiska delen av studien samt input rörande processandet av data. Bärkehus AB har vidare bistått med fotografier från områden som berörts i studien. Slutligen har Pimkamol Mattsson (Lund Tekniska Högskola) hjälpt till med design av figurer.

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	6
Summary.....	8
1 Bakgrund.....	10
2 Syfte.....	11
3 Arbetsmetodik.....	12
3.1 Inspektion och utvärdering av ledningar	12
3.2 Vattenförbrukning	19
3.3 Svavelvätehalter	19
3.4 Administrativ utvärdering.....	20
4 Resultat.....	21
4.1 Förekomst av avlagringar i ledningar – villaområden	21
4.2 Förekomst av avlagringar i ledningar – flerfamiljsbostäder.....	27
4.3 Övriga observationer.....	28
4.4 Olika faktorerers inverkan på förekomst av avlagringar	29
4.5 Faktorerers påverkan på ledningarnas funktion.....	30
4.6 Funktionsklassning av ledningar.....	30
4.7 Mätning av svavelvätehalter	32
4.8 Uppskattning av vattenförbrukning	32
4.9 Organisation och taxor för MAK	33
5 Diskussion	35
5.1 Matavfallskvarnar och påverkan på ledningsnätet i villaområden	35
5.2 Matavfallskvarnar och påverkan på ledningsnätet i flerbostadsområden	36
5.3 Andra faktorer med påverkan på avlagringar	37
5.4 Funktionsklassning av ledningar.....	37
5.5 Metodik kring inspektion av ledningar	38
5.6 MAK och brukaraspekter	39
5.7 MAK och vattenförbrukning.....	40
5.8 Organisation	40
5.9 Praktiska implikationer	41
5.10 Framtida studier	41
6 Slutsatser	43
7 Referenser.....	44

Sammanfattning

Att integrera matavfallskvarnar (MAK) i det svenska VA-systemet har föreslagits som en lösning för att minska fordonstransporter av avfall samt ge en ökad biogasproduktion på reningsverket. Emellertid finns farhågor om att den extra belastning organiskt material som MAK skulle stå för skulle kunna skapa problem i det kommunala ledningsnätet. MAK kan i första hand antas påverka förekomsten av tre typer av avlagringar i ledningsnätet såsom finsediment, fett och biologisk påväxt. I tidigare svenska studier av ledningsnät efter korttidsförsök med MAK har inte några större negativa konsekvenser kunnat konstateras. I andra internationella studier från bland annat Norge och Japan har man dock kunnat påvisa att kvarnrester har sedimenterat i ledningsnät kort efter en introduktion av MAK.

Syftet med den aktuella studien var att, genom dokumentation med TV-inspektion och beprövade graderings- och klassificeringssystem för ledningsnät, besvara frågan vilken långsiktig påverkan ett införande av MAK har haft i två kommuner som valt att införa systemet i stor skala, Surahammar och Smedjebacken. Förekomsten av avlagringar i ledningsnät i villa- och flerfamiljsområden har jämförts mot graden av installerade MAK i hushåll som belastar en specifik ledning. Ytterligare faktorer såsom utbredningen av svackor, material, lutning och kriterier för självrens för ledningarna användes i en statistisk regressionsanalys som parametrar för att kunna förklara skillnaden i omfattning av avlagringar i ledningsnätet. Även ledningarnas eventuella nedsättning i funktion på grund av MAK analyserades med en regressionsanalys. Delfrågor som i mindre omfattning undersökts i denna studie var MAKs påverkan på de enskilda hushållens vattenförbrukning, samt generering av svavelväte från sediment som kan antas innehålla kvarnrester i ledningar.

Resultaten indikerar att MAK har haft en inverkan på förekomsten av avlagringar i ledningsnäten där tekniken har nyttjats, men av mindre valör. Den mest konkreta påverkan som dokumenterats vid inspektionerna var äggskal som MAK ej klarat att finfördela på ett adekvat sätt. Äggskalen har sedimenterat på många ställen i ledningsnätet, framförallt i svackor. Resultatet tyder överlag på att MAK förvärrat situationen i ledningar med redan nedsatt funktionsduglighet. När samtliga tre avlagringskategorier analyserades tillsammans blev utfallet att ledningar som belastades av ett stort antal MAK hade en ökad förekomst av avlagringar, som i sin tur till viss del påverkade ledningarnas funktion. I de flesta fallen rörde det sig dock om relativt små avlagringar som graderats på de två lägsta nivåerna och därför bör dessa ledningars försämrade funktion betraktas som ringa.

MAK observerades vidare ej ge upphov till en ökad vattenkonsumtion för de enskilda hushållen. Inga svavelvätehalter kunde heller uppmätas under fältstudien.

Genom en integrerad analys av ledningens utsatthet för svackor tillsammans med om ledningen uppfyllde kriterierna för självrens kunde en klassning av funktionsdugligheten göras. Resultaten från denna analys visade att

denna metod kan ge en indikation på om en ledning kan belastas med en avfallsfraktion från MAK utan att problem med avlagringar uppkommer i ledningsnätet. Som komplement till denna metod krävs att användare av MAK informeras om vilka matrester som går att processa i MAK samt vilka som bör undvikas för att säkerställa att partiklar med hög relativ densitet hålls borta från ledningsnätet. Om en framtida introduktion av MAK planeras utifrån ett sådant tillvägagångssätt kommer troligen en stor andel av de observerade problemen i denna studie att undvikas.

Summary

To integrate food waste disposers (FWD) into the Swedish water and wastewater system has been proposed as a solution to decrease the demand for vehicle transportation of solid waste, as well as generating a larger output of biogas from anaerobic digestion at the wastewater treatment plant. However, concerns have been raised that the additional load of organic material to the sewer might cause in-pipe deposition problems. The three different types of deposits that FWD would most probably affect in a sewer environment are finer sediments, fats and biological growth. Previous studies of sewers after a short term introduction of FWD performed in Sweden were not able to identify any major negative consequences. However, international studies previously conducted in Norway and Japan have documented waste originating from the FWD in the sewer after a short term introduction.

The objective of the present study was, by performing TV-inspections of the sewers and applying established grading- and classification systems, to investigate whether a large scale and long term installment of FWD in the municipalities of Surahammar and Smedjebacken have had a detrimental impact on the sewers. The extent of deposits in the sewer from residential areas as well as apartment blocks was compared to the relative number of FWD previously installed among households connected to a separate pipe. Other factors such as sagging, material, inclination and ability of self cleansing of the pipes were used in a statistical analysis to be able to explain the differences in extent of deposits in the sewers. Further, the impact that the observed deposits may exert on the functioning of the sewer was also examined and analyzed by applying regression analysis. Other questions investigated to a smaller extent in this study were the impact of FWD on water consumption patterns for the households, and the generation of hydrogen sulphide from sewer sediments containing waste fractions originating from the FWD.

The results indicated that the introduction of FWD has had an impact on the sewer, albeit a minor one. The most evident impact was eggshells which were documented in a number of places, in particular where sags were present. FWD cannot handle the grinding of shells to the adequate particle size but instead just turns them into smaller flakes which settle and accumulate in i.e. pipe sags. The result from the regression analysis further indicated that FWD exacerbated the function of pipes which already had many sags as well as a gentle slope. However, the impact must still be considered minor since only relatively few larger deposits were documented.

FWD could not be determined to significantly increase water consumption for individual households. No levels of hydrogen sulphide could be measured from a section of a sewer containing heavy build-ups of sediments.

Through an integrated analysis of sagging and self cleansing ability, a classification of the functionality for each pipe was performed. This method

could give an indication regarding if a pipe would be compatible with the additional sewer load from the FWD without the generation of any in-pipe deposition problem. Furthermore, FWD users must be informed concerning which food waste is fit to be grounded in the FWD, as well as which are unfit, when an introduction is planned to ensure that particles with a high relative density are kept out of the sewer. If any future introduction of FWD is performed following this manner, it is likely that a substantial part of the observed problems in this study would be avoided.

1 Bakgrund

Matavfallskvarnen (MAK) har sitt ursprung i USA. Dess funktion består i att finfördela matavfall som uppstår vid tillagning och matrester från måltider, som sedan kan transporteras i befintligt ledningssystem till reningsverk. För att minska den fordonskrävande insamlingen av solitt avfall samt att höja biogasproduktionen från rötningskammare på reningsverk har system med MAK föreslagits i ett antal studier (Kärrman et al., 2001, Lagerkvist & Karlsson, 1983, Stockholm Vatten, 2008). Det finns dock frågetecken för vilka effekter en högre belastning av organiskt material kommer att få på befintligt ledningsnät (Energimyndigheten, 2010).

När ledningsnät tidigare undersökts efter att ha infört system med MAK har man, i de svenska studier som företagits, inte kunnat påvisa några större negativa korttidseffekter i form av ökat antal avlagringar i ledningsnätet (Karlberg & Norin, 1999, Karlsson et al., 2008, Nilsson et al., 1990). Det finns dock internationella studier som har visat negativa effekter av MAK, där man hittat ansamlingar av finsediment i form av matrester i ledningsnätet efter korttidstests (Nedland et al., 2006, Yoshida et al., 2004). Det finns också en oro för att ett införande av MAK skulle kunna leda till mer fett i ledningsnätet (Blecken et al., 2010). Nilsson et al (1990) simulerade laborativt effekterna av ett 15-årigt införande av MAK på servisleddningar, inga större negativa effekter rapporterades men en tunn biologisk påväxt noterades.

En studie vars avsikt är att belägga långtidseffekter på ledningsnätet är därför önskvärd för att fylla de aktuella kunskapsluckorna. De skiftande resultaten från korttidstudierna tycks indikera att effekter av MAK sker i samspel med faktorer såsom ledningens lutning, ålder, material och belastning.

För att bättre belysa långtidseffekter av MAK är det således av intresse att inspektera de kommuners ledningsnät som har haft systemet infört i större skala under en 10–15 års period. I Sverige finns endast två kommuner som motsvarar dessa kriterier, Smedjebacken i södra Dalarna samt Surahammar strax norr om Västerås. Surahammar installerade största delen av sina 2000 MAK i slutet av 90-talet, medan Smedjebacken installerade största delen av sina 660 MAK i början av 2000-talet.

Andra frågeställningar som knyter an till ett storskaligt införande av MAK är hur mycket den enskilda vattenförbrukningen kan tänkas förändras och hur ett införande påverkar halter av den giftiga och korrosiva gasen svavelväte i ledningsnätet. I en nyligen publicerad studie som laborativt undersökte nedbrytning av MAK-fraktioner i ledningsnät (Davidsson et al., 2011) bedömdes risken för svavelvätebildning vara liten, då svavelhalten i det nermalda matavfallet visade sig vara låg. Författarna konkluderar ändå att frågan kan vara värd att utreda vidare, exempelvis om matavfall skulle bli kvar i ledningsnätet under en längre tid och nedbrytning av det samma startar. För andra kommuner som överväger ett införande bör också det rent administrativa kring MAK utredas vidare då det är ett system som berör både Avfall samt VA, exempelvis kring taxor och ansvarsfördelning.

2 Syfte

Projektets syfte var att besvara följande frågeställningar:

- I vilken utsträckning kan ett storskaligt införande av MAK på sikt leda till ökade avlagringar i ledningsnätet, framförallt genom uppbyggnad av finsediment, fettavlagringar samt biologisk påväxt?
- Till vilken grad kan observerade avlagringar förklaras genom vissa faktorer, exempelvis lutning, ålder, material samt belastning?
- Att utarbeta en metod som kan användas för att identifiera vilka ledningar som kan vara lämpliga för ett införande av MAK.
- I vilken omfattning kan användning av MAK ge upphov till en högre vattenkonsumtion för det enskilda hushållet?
- I vilken utsträckning påverkar MAK produktionen av svavelväte i självfallsledningar med mycket sediment?
- Vilka administrativa lärdomar går det att få från de kommuner som använt sig av MAK-system under en längre tid med avseende på taxor och ansvarsfördelning?

3 Arbetsmetodik

Projektet kan översiktligt indelas i fyra delprojekt: inspektion och utvärdering av ledningar, analys av vattenförbrukning, mätning av svavelvätehalter samt administrativ utvärdering.

3.1 Inspektion och utvärdering av ledningar

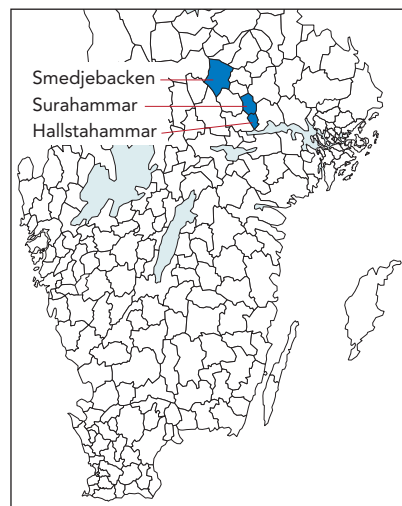
3.1.1 Urval av ledningar

De kommuner som valdes ut för inspektioner var Hallstahammar, Smedjebacken samt Surahammar se Figur 3-1.

I Surahammar och Smedjebacken var totalt cirka 2 660 MAK installerade. Tidpunkten för installation var för den stora majoriteten sent 90-tal samt tidigt 00-tal. För att kunna jämföra ledningar belastade med MAK med sådana som var helt utan valdes också ledningar att inspekteras i Hallstahammar. Detta gjordes för att det var svårt att hitta områden helt utan MAK-belastning i både Surahammar och Smedjebacken. Områden i utkanterna av respektive stad valdes primärt som inspekteringsobjekt. Anledningen till detta var att uppnå ett mer homogent avloppsvatten som inte kunde förväntas ha andra fraktioner uppblandade från exempelvis restaurangverksamhet eller industrier. Endast separerade avloppsledningar valdes ut för inspektion. Två ledningar med en ackumulerad längd på 105 meter valdes bort i de inspekterade områdena eftersom kontinuerlig spolning utfördes där.

De ledningar som valdes ut är belägna i områden med villa- och flerfamiljsbostäder. Villaområden med MAK inspekterades i Surahammar och Hallstahammar men också till viss del i Smedjebacken, tomterna för de flesta villor var cirka 1 000 m², se Figur 3-2.

Ledningar som betjänade flerfamiljsbostadsområden inspekterades i Smedjebacken: Hagbacken samt Malmen, se Figur 3-3. Området Hagbacken består av två bostadsföreningar där den ena föreningen har infört MAK för samtliga 29 hushåll och där den andra, med 33 hushåll, helt har avstått. De två bostadsföreningarna har varsitt separat ledningsnät med de två utgående



Figur 3-1

De tre kommunerna Smedjebacken, Surahammar samt Hallstahammar är de som berörs av inspektionerna. Bild anpassad från SCB.



Figur 3-2 Villaområde i Surahammar under pågående inspektion.



Figur 3-3

Hyresrättsbostäder i Malmen, Smedjebacken (Foto från Bärkehus AB).

ledningarna från respektive förening sammankopplade strax nedströms. Ledningarna är av plast, lagda under sent 80-tal. Hyresrättsområdet Malmen består av sex längor där samtliga lägenheter har MAK installerade (114 kvarnar totalt) samt tolv villor (varav två hade MAK) som ligger runt hyresrättslägenheterna med serviser inkopplade på samma utgående ledningar. Betongledningar lagda under 1950-talet dominerade detta område.

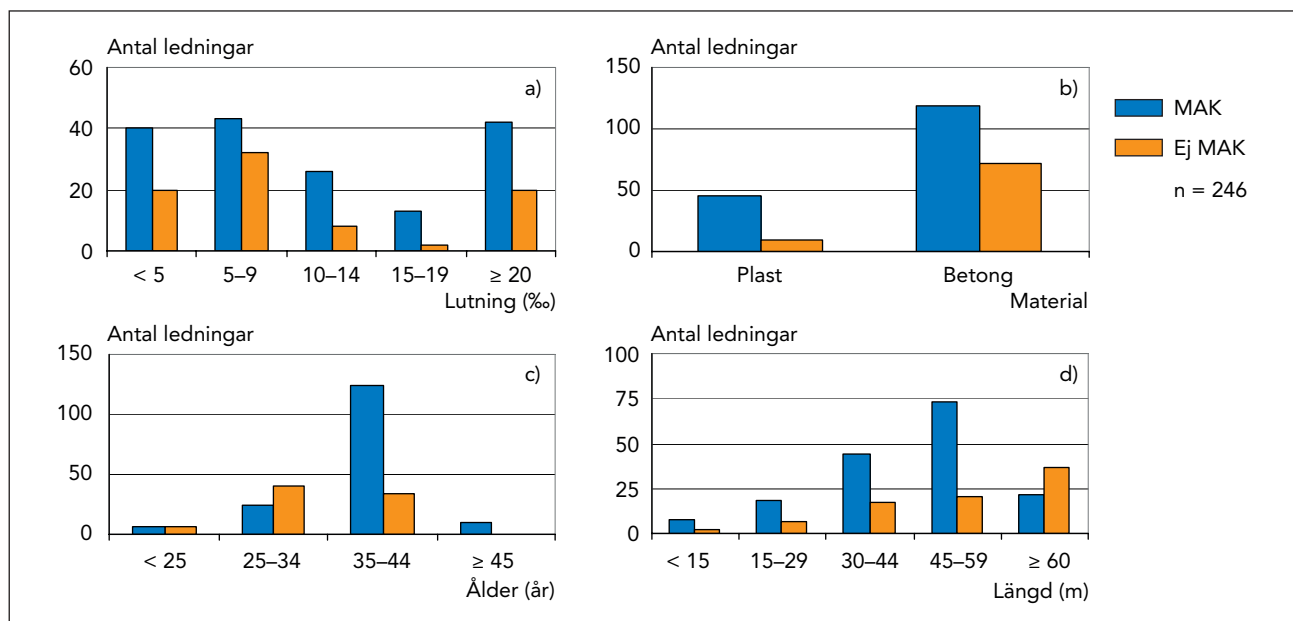
Inga servisledningar som anslöt till kommunala ledningar valdes ut för inspektion i denna studie.

Totalt valdes 246 ledningar med en kumulativ längd av 11 842 meter ut för inspektion. Av den totala längden utvalda ledningar var 82 ledningar (totalt 4 444 meter) helt utan MAK medan 164 ledningar (7 394 meter) belastades av MAK, antingen påkopplade direkt via hushållens serviser eller uppströms i ledningsnätet se Tabell 3-1. Anledningen till att MAK ledningar inspekterades i större omfattning än ledningar utan kvarnar var att kunna erhålla ett statistiskt underlag för MAK ledningar med olika anslutningsgrad av kvarnar.

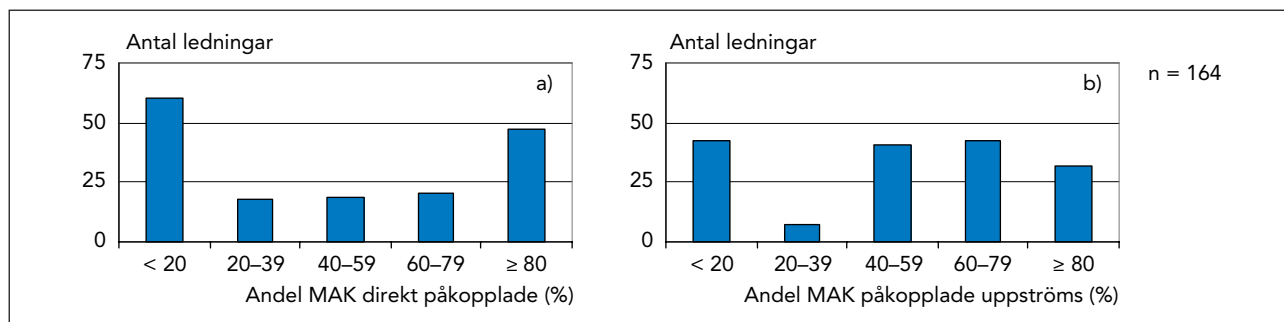
Tabell 3-1 Inspektionsunderlag uppdelat på de olika typerna av områden.

Typ av område	Antal ledningar	Kumulativ längd (m)
Villa	216	10 775
MAK	144	6 634
Ej MAK	72	4 141
Flerbostad	30	1 067
MAK	20	764
Ej MAK	10	303
Summa	246	11 842

En variation av ledningar med avseende på material, ålder, lutning och MAK-belastning eftersträvades i urvalet vilket sammanfattas i Figur 3-4. Då betong- och plastmaterial tillsammans omfattade nästan 100% av respek-



Figur 3-4 Ledningarnas egenskaper med avseende på a) lutning, b) material, c) ålder och d) längd för MAK- respektive Ej MAK-ledningar



Figur 3-5 Fördelning avseende på hur stor andel av hushåll med MAK som belastar respektive ledning i MAK-områden a) visar andelen MAK som via servisledning direkt var påkopplade, b) visar andelen MAK som belastade uppströms.

tive kommuns ledningsnät, med en stark övervikt åt betong, valdes endast sådana ledningar ut för inspektion. Dimensionen var, med några få undantag, 225 mm för betongledningarna och 200 mm för plastledningarna. De flesta områden som valdes ut hade ledningar av betong lagda under 70-talet, och snittåldern på ledningarna i den här studien var därför strax under 40 år. Några nyare områden med plastledningar från 80-talet förekom också samt på senare år sporadiskt insatta plastinfodringar (så kallad "relining").

Termen MAK-belastning delades in i två olika parametrar, den ena tog i beaktning andelen MAK som via hushållens serviser var direkt påkopplade på ledningen, den andra var andelen MAK uppströms i ledningsnätet (se Figur 3-5). I genomsnitt användes MAK i 46 % av hushållen som belastade en ledningar direkt. Den genomsnittliga andelen hushåll som hade MAK installerade uppströms i systemet låg på 50 %.

3.1.2 Avlagringar

Som angavs i syftet valdes tre olika avlagringstyper ut som utvärderingsparametrar: (i) ansamling av finsediment, (ii) fettavlagring samt (iii) biologisk påväxt. Med finsediment menas här avlagringar bestående av mindre mineral- och organiska fraktioner där cirka 80% understiger en partikelstorlek av 6 mm. Dessa kan antas komma från hushållens spillvattenflöden, men kan också avsatts till följd av sprickor eller rörbrott på ledningsmaterialet. Finare partiklar kan också komma via ej täta nedstigningsbrunnar. Fettavlagringar kan visuellt i ledningsnät liknas vid tvålar av vit till gul färg. De påträffas ofta ovanför den normala vattennivån (Ducoste et al, 2008). Biologisk påväxt sitter i de flesta fallen fast vid rörväggen kring vattennivån. Dessa avlagringar har ofta en grågrön till vit ton i ledningsnätet beroende på kontrast mot rådande ledningsmaterials färg.

3.1.3 Inspektion

TV-inspektion var den metod som användes för att dokumentera förhållandena i de utvalda ledningarna. Rörinspektörer med mobil utrustning hyrdes in för att utföra själva inspektionen och klassificeringen av ledningsnätet, en inspektörsfirma för Hallstahammar och Surahammar samt en annan för Smedjebacken. Kameravagnar av modell TC 125 för grövre dimensioner samt TC 107 för mindre dimensioner användes för att filma ledningarna,

se Figur 3-6. En representant från projektgruppen deltog vid flertalet av inspektionstillfällena.

Då olika inspektörer användes var det nödvändigt att se över klassificeringarna i efterhand för att göra dessa konsekvent överensstämmande vilket utfördes av projektgruppen. Om det fanns några oklarheter kring en avlagring eller andra tveksamheter kring klassificeringen tillfrågades projektets referensgrupp eller andra etablerade rörinspektörer.



Figur 3-6 Kameravagnarna som användes för att utföra inspektionerna, den mindre (TC 107) närmast i bild och den större (TC 125) strax bakom.

3.1.4 Gradering av avlagringar

Metoden som användes för att gradera avlagringar i ledningarna var i enlighet med den som redovisas i P93 (Svenskt Vatten, 2006). P93 använder sig av ett visuellt graderingssystem som graderar samtliga avlagringar i ledningsnätet efter hur mycket av tvärsektionen den täcker, se Tabell 3-2.

Tabell 3-2 Gradering av avlagringar i ledningsnät, från P93 (Svenskt Vatten, 2006).

Grad	Utbredning tvärsektion
1	$X \leq 5 \%$
2	$5 \% < X \leq 15 \%$
3	$15 \% < X \leq 30 \%$
4	$X \geq 30 \%$

X anger avlagringens storlek.

3.1.5 Självrensförhållanden

De identifierade avlagringarna i ledningarna utvärderades i relation till självrensförhållanden. Självrensflödet¹ beräknades för ledningar med en belastning överstigande 100 person ekvivalenter (pe) utifrån ekvation 1 (Svenskt Vatten, 2004):

¹ Självrensflödet kan sägas utgöra det kriteriet som en ledning behöver uppfylla för att kunna spola rent sig själv från avlagringar en gång per dygn.

$$q_{\text{självrens}} = \frac{pe \cdot 0,7(1 + \frac{25}{\sqrt{pe}}) q_{\text{medel}}}{3\,600 \cdot 24} \quad (\text{ekvation 1})$$

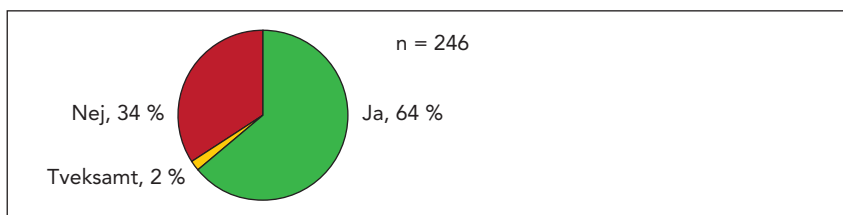
där

$q_{\text{självrens}}$ = självrensflöde (m^3/s)

pe = person ekvivalenter

q_{medel} = specifik spillvattentillrinning ($\text{l}/\text{pe} \cdot \text{dygn}$)

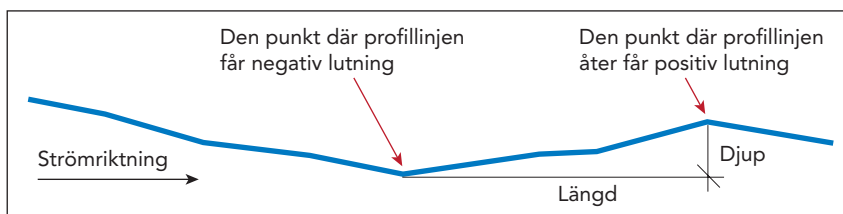
Den specifika spillvattenavrinningen, q_{medel} , sattes till $150 \text{ l}/\text{pe} \cdot \text{dygn}$ i enlighet med uppskattningar för år 2010 i VAV P83 (2001). Efter samråd med kommunanställda med insikt i demografiska förhållanden i de berörda områdena sattes antalet pe i villaområdena till 3 samt 2 i hyresrättsbostäderna. Rekommendationerna i P90 (Svenskt Vatten, 2004) är en minsta lutning av 6 ‰ för ändledningar, och detta sattes som gränsvärde när självrensförhållanden bestämdes för samtliga ledningar med en anslutning som understeg 100 pe^2 . Kriteriet för självrens var uppfyllt i 64 % av ledningarna medan 34 % inte uppfyllde kriteriet och 2 % av ledningarna klassades som tveksamt självrensande (Figur 3-7).



Figur 3-7 Fördelningen för ledningar med avseende på när självrens var uppfyllt.

3.1.6 Svackor

De identifierade avlagringarna utvärderades även i relation till svackor i ledningsnätet. Dessa definierades utifrån metodik fastställd av De Maré (1995) där svackstorleken bestämdes genom att multiplicera längden med djupet av svackan på en ledning (Figur 3-8). För att kompensera för att längre ledningar har fler svackor än kortare dividerades storleken för en lednings sammanlagda svackor med längden. Poängen som ur detta förfarande erhöles benämns i fortsättningen svackpoäng och kan anses reflektera hur pass utsatt en ledning är för svackor, se Figur 3-9.



Figur 3-8 Bestämning av en svackas storlek. Längden multipliceras med djupet för svackan för att få storleken (från De Maré (1995)).

² Då en stor del av dessa ledningar i strikt mening inte var ändledningar har den självrensande effekten i ledningsnätet troligen underskattats.

Då ingen spolning skedde inför inspektionerna fanns det i ett flertal svackor sediment som fyllde upp en viss volym av svackornas egentliga utbredning och uppskattningen av svackornas storlek kan därför i många fall vara underskattad.

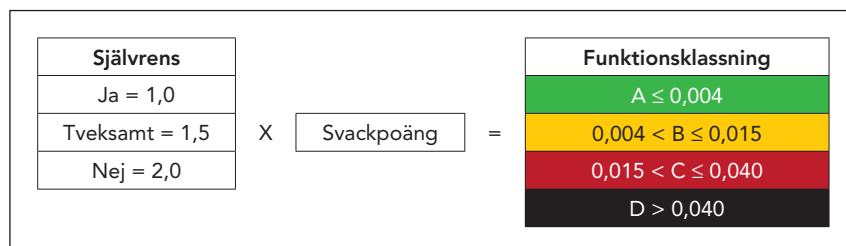
$$\text{Svackstorlek} = \text{Svacklängd [m]} \cdot \text{Svackdjup [m]}$$

$$\text{Svackpoäng} = \Sigma \text{Svackstorlek} / \text{Ledningslängd [m]}$$

Figur 3-9 Förfarandet som använts för att kalkylera svackpoängen för en ledning, från De Maré (1995).

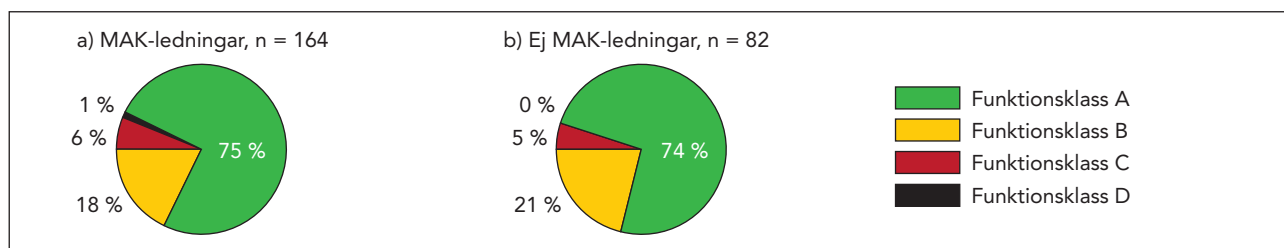
3.1.7 Funktionsklassning

För att relatera de identifierade avlagringarna till ledningarnas funktionsduglighet gjordes en samlad bedömning utifrån svackor och självrens för samtliga ledningar, modifierade från en metod tidigare utarbetad av De Maré (1995). Svackpoängen beskriven under 3.1.6 multiplicerades med korrektionsvärden för självrensförhållanden. Följande korrektionsvärden för självrens användes: 1,0 om självrens var uppfyllt för ledningen, 1,5 om tveksamt självrens rådde samt 2,0 om självrens ej var uppfyllt. Detta förfarande beskrivs illustrativt i Figur 3-10. Funktionen på en ledning klassades mellan "A" till "D" där en ledning med "A" hade god funktionsduglighet och en med "D" mycket dålig funktionsduglighet.



Figur 3-10 Förfarandet med att bestämma funktionsklass av en ledning, modifierat från De Maré (1995). "A" innebär ledning med god funktionsduglighet och "D" med mycket dålig funktionsduglighet.

Funktionsklass A var dominerande för de inspekterade ledningarna. 75 % av MAK-ledningarna samt 74 % av Ej MAK ledningarna kunde infogas i den klassen. För klass B var respektive andel 18 % samt 21 % och klass C 6 % respektive 5 %. Endast en MAK ledning klassades som "D", se Figur 3-11.



Figur 3-11 Inspekterade ledningars funktionsklass för a) MAK ledningar och b) Ej MAK-ledningar.

3.1.8 Statistisk analys

För att utröna vilka faktorer som kunde antas ha en direkt påverkan på avlagringarna i ledningsnät utfördes regressionsanalyser på insamlade data från inspektionerna av ledningarna i villaområdena. Gränsen för statistisk signifikans sattes till ett 95 % konfidensintervall. Den statistiska analysen avgränsades till att bara omfatta betongledningar, detta gjordes av tre skäl: (i) Urvalet av plastledningar var starkt begränsat för samtliga berörda kommuner; (ii) Referensplastledningar som inte belastades av MAK var svåra att hitta; (iii) Den visuella identifieringen av avlagringar kan ha utfallit annorlunda på grund av kontrasterna i de olika ledningsmaterialen, vilket diskuteras vidare under 5.3.1. En primär regressionsanalys utfördes på förekomsten av avlagringar där den horisontella utbredningen för avlagringarna i en ledning multiplicerades med den vertikala, värdet som genom förfarandet erhöles dividerades sedan med ledningslängden. Sedan sattes detta värde som respons för varje ledning varvid en regressionsanalys utfördes för att utröna betydelsen av fyra bakomliggande faktorer: (i) lutning (ledningens absoluta lutning), (ii) svackor (definierad som svackpoäng, se 3.1.6), (iii) MAK direkt (andel MAK påkopplade direkt på en ledningen) samt (iv) MAK-uppstöms (andel MAK påkopplade uppströms en ledning). För faktorerna (iii) och (iv) är det viktigt att påpeka att det är den procentuella andelen av hushållen som har MAK som analyserats och inte enbart MAK mot Ej MAK ledningar.

En ytterligare regressionsanalys med samma faktorer (lutning, svackor, MAK direkt, MAK uppströms) utfördes med syfte att relatera betydelsen av finsediment,³ fett samt biologisk påväxt för ledningarnas funktion. Nilsson & Stahre (1994) utarbetade ett viktningssystem som beaktar de olika avlagringarnas relativa betydelse för ledningens funktion, se Tabell 3-3. Viktningssystemet tog dock inte hänsyn till fett varför denna kategori har lagts till för den aktuella studien. Fettavlagringar, som i mångt och mycket kan liknas vid metalliska tvålar (He et al, 2011), kan antas ha en starkare negativ påverkan än det mer porösa finsedimentet för funktionen. De bör således ha en genomgående högre viktning än finsediment och har därför givits värden enligt Tabell 3-3.

Tabell 3-3 Viktning av avlagringar i ledningsnät, anpassad från Nilsson & Stahre (1994).

Driftfel	Grad 1	Grad 2	Grad 3	Grad 4
Finsediment	0,1	3	12	60
Biologisk påväxt	0,1	1	9	24
Fett	1	5	20	90

För att även täcka in den horisontella utbredningen av en avlagring multiplicerades sedan viktningssystemet från Tabell 3-3 för avlagringen med utbredningen angiven i meter. Totalpoängen som på detta sätt erhöles för varje sträcka dividerades sedan med ledningens längd för att kompensera för att långa ledningar är mer benägna att ha fler avlagringar än korta och en funk-

³ I två brunnar på ändledningarna från Hallstahammar hade grovt grus fallit ner från ovanliggande väg och skapat större avlagringar, dessa typer av ansamlingar klassades inte som finmaterial och innefattades därför inte i dataunderlaget som denna rapport baseras på.

tionspoäng erhålls ur detta. För att göra förfarandet mer konkret ges nedan ett exempel:

En ledning på 20 meter innehåller två avlagringar, en 15 meter lång biologisk påväxt av grad 1 samt en större fettavlagring av grad 2 men som bara sträcker sig 1 meter. Funktionspoängen beräknas på följande sätt:

$$\frac{(0,1 \cdot 15) + (5 \cdot 1)}{20} = 0,325$$

Samtliga inspekterade ledningar erhöll en funktionspoäng genom detta förfarande.

3.2 Vattenförbrukning

För att undersöka vilken påverkan ett långtidsanvändande av MAK kunde tänkas ha på det enskilda hushållets vattenförbrukning, utvärderades denna för 12 enskilda hushåll för en 15-års period, där MAK introducerades efter ungefär hälften av tiden. De 12 hushållens karaktär var sådan att de demografiska förhållandena inte hade förändrats i speciellt stor utsträckning under denna period. Ett statistiskt test (students t-test) gjordes för att se om MAK hade haft en statistisk säkerställd effekt på den långsiktiga vattenförbrukningen. Testet repeterades även efter att värdena för vattenförbrukningen korrigerats på grund av den generella minskningen av vattenanvändningen i hushåll som skett i Sverige under perioden, baserat på data från VAV P83 (2001). Ett konfidensintervall på 95 % användes för de två testerna.

3.3 Svavelvätehalter

För att undersöka om MAK kan bidra till bildning av den giftiga och korrosiva gasen svavelväte genomfördes en mindre fältstudie. Självfallsledningarna med dålig lutning och ansamling av sediment har tidigare rapporterats vara en tänkbar kemisk miljö där svavelväte kan uppstå, då syret helt förbrukas och närområdet blir anaerobt. Bildningen av svavelväte sker genom temperaturberoende mikrobiella reaktioner i ledningsnätet och halten kan därför antas öka med stigande temperaturer (Hvitved-Jacobsen, 2002).

Under den initiala fasen av föreliggande studie då ledningar inspekterades påträffades ett större antal finsediment på ett ledningsnätsavsnitt i Surahammar. Ledningarna karakteriserades också av svag lutning och en hög stillastående vattennivå. Detta ledningsavsnitt var avgjort det som mest överensstämde med förutsättningarna för en svavelväteproduktion, av de områden som inspekterats. En svavelvätemätare placerades därför i en brunn i anslutning till detta avsnitt.

Mätaren som användes var en så kallad OdaLogger som kalibrerades av en ackrediterad firma innan den placerades i en brunn nedströms detta område. Mätaren placerades strax ovanför vattenytan i brunnen, och svavelvätehalterna registrerades under perioden 2011-07-07 – 2011-09-02. Efter mätperioden testades åter funktionen på mätutrustningen av samma ackrediterade firma, funktionen visade sig vara fortsatt god.

3.4 Administrativ utvärdering

Intervjuer med personal vid Smedjebacken Energi och Vatten och Suraham-mars Kommunalteknik AB utfördes under projektets gång. Intervjuerna tog fokus på frågor angående taxor och ansvarsfördelning och hur de bör vara utformade.

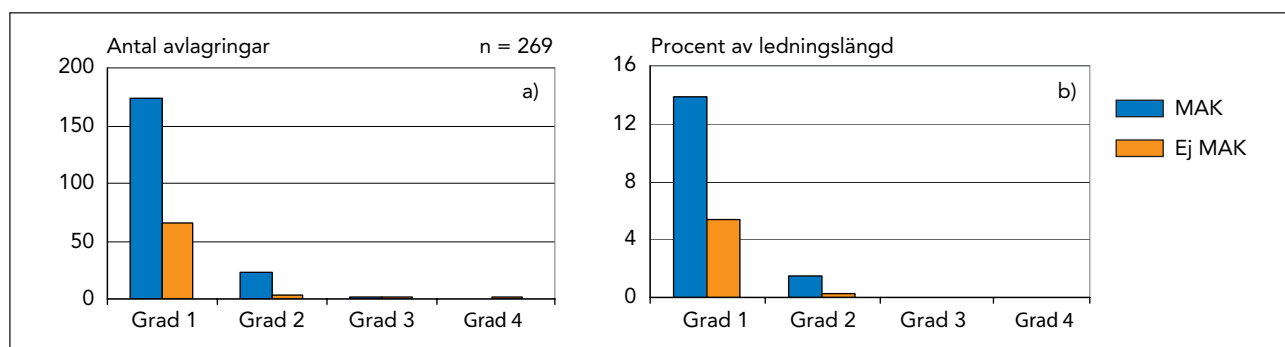
4 Resultat

4.1 Förekomst av avlagringar i ledningar – villaområden

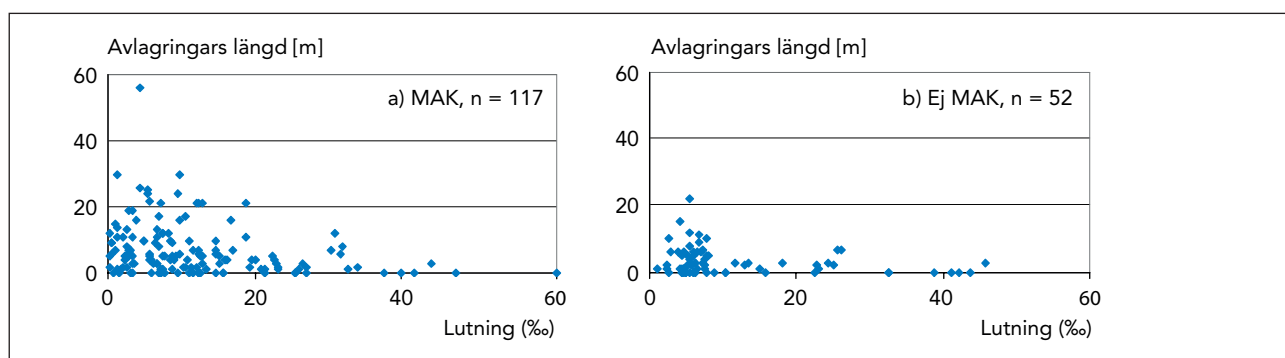
4.1.1 Total förekomst

Totalt observerades 269 avlagringar⁴ i de inspekterade ledningarna och den totala kumulativa längden av avlagringarna motsvarade 1 251 m (cirka 12 % av den kumulativa längden). Avlagringarna i ledningar med MAK uppvisade en större procentuell utbredning motsvarande cirka 14 % av den kumulativa längden, mot drygt 5 % för ledningar utan MAK (Figur 4-1). Mycket få avlagringar över grad 2 noterades vilket betydde att den procentuella delen av den kumulativa ledningslängden för dessa var liten 0,4 %.

De flesta och de längsta avlagringarna noterades i ledningar med en svag lutning, dock påträffades också ett stort antal avlagringar i ett stort antal ledningar med stark absolut lutning, se Figur 4-2. Dessa observationer gällde för samtliga ledningar, oavsett om MAK fanns påkopplade eller ej.



Figur 4-1 Avlagringar av olika grad i ledningsnät för villaområden. a) visar antalet avlagringar av olika grad medan b) belyser den procentuella sträckningen av avlagringar gentemot den kumulativa ledningslängden för MAK-ledningar respektive Ej MAK-ledningar.

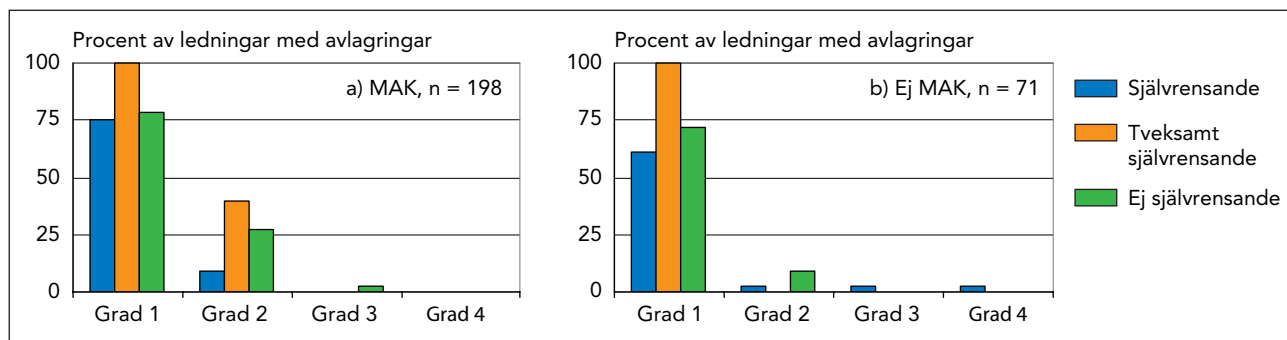


Figur 4-2 Lutningens inverkan på avlagringarnas längd med MAK och utan MAK. I figuren har olika typer av avlagringar räknats samman till en total längd för respektive ledning. (observera att 62 % av den inspekterade ledningslängden var belastade med MAK).

⁴ För att redovisa det totala antalet avlagringar mer överskådligt har två eller flera enskilda avlagringar av samma grad och typ på samma ledning adderats ihop. Det faktiska antalet av enskilda avlagringar är därför i verkligheten högre, dock är den ackumulerade längden korrekt.

Vid närmare analyser av inspektionsunderlaget kunde dessa observationer sättas i samband med svackor på ledningsnätet.

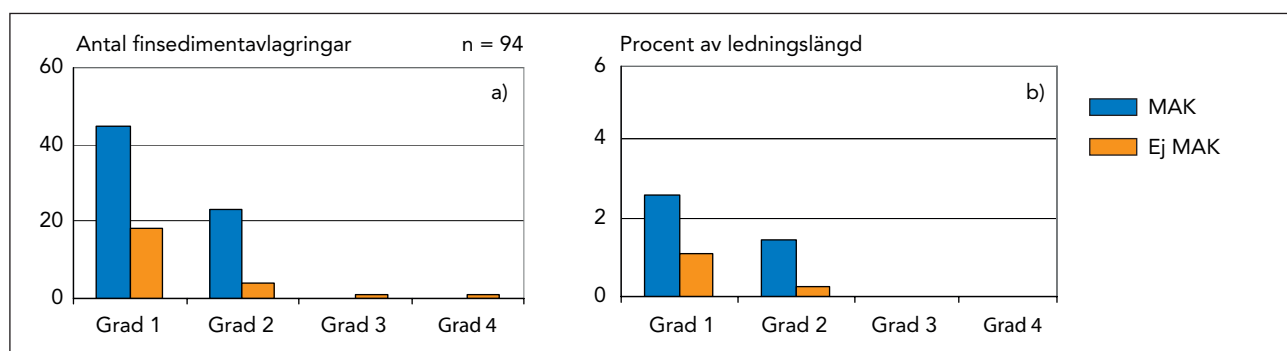
Självremsförhållandenas korrelation till utbredningen av avlagringar var mer påtaglig vid större ackumuleringar. Avlagringar av grad 1 var frekvent förekommande i ledningar som var självremsande. Avlagringar av grad 2 påträffades överlag i ledningar som inte var självremsande, trots att ledningarna var till antalet färre för både MAK- och Ej MAK-områden (Figur 4-3). Två intressanta observationer gjordes för Ej MAK ledningar där två avlagringar av grad 3 respektive grad 4 påträffades i en ledning som var självremsande, se Figur 4-3 b.



Figur 4-3 Andel ledningar med avlagringar i förhållande till kriterier för självrems. a) med MAK och b) utan MAK.

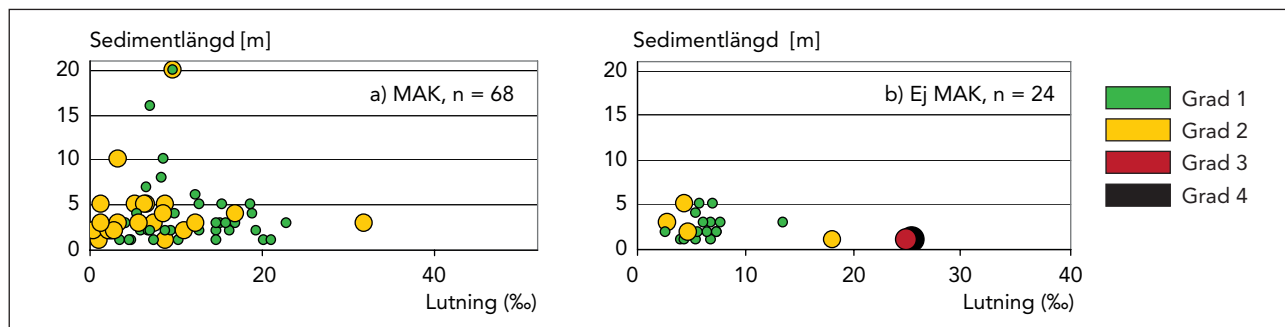
4.1.2 Finsediment

Förekomst av finsediment dokumenterades i 94 fall, motsvarande cirka 3 % av den inspekterade ledningslängden (de flesta var av grad 1) se Figur 4-4. Fler sedimentavlagringar påträffades per meter ledning i MAK-områdena, men noterbart var att i de flesta fall rörde det sig om mindre ansamlingar som graderades till de två lägsta nivåerna. De enda större avlagringarna, grad 3 och grad 4, som identifierades satt på samma ledning vilken helt saknade belastning från MAK.



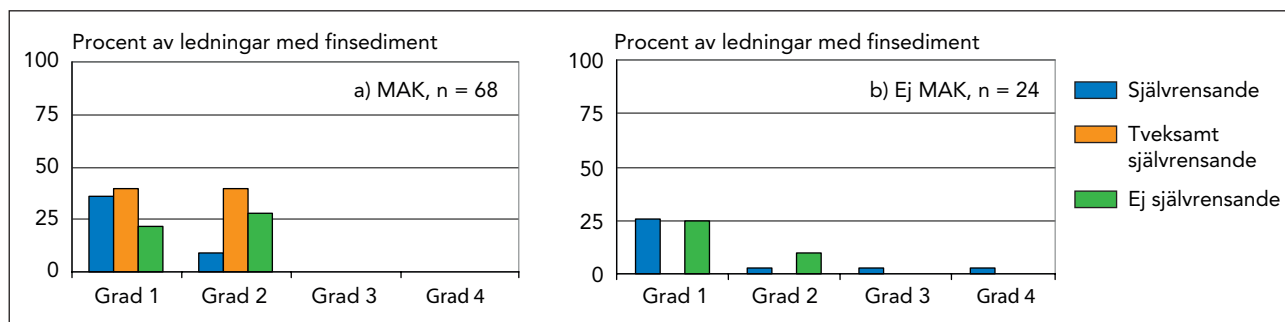
Figur 4-4 Utbredningen av finsediment i ledningsnätet. a) visar antalet finsedimentavlagringar av olika grad medan b) belyser den procentuella sträckning av finsediment gentemot den kumulativa ledningslängden för MAK-ledningar respektive Ej MAK-ledningar.

Majoriteten av finsedimenten påträffades i ledningar med förhållandevis svag lutning, se Figur 4-5. Det fanns dock några tydliga undantag från denna generella trend, däribland två finsediment av grad 3 och 4 som satt på en ledning utan MAK påkopplade med en lutning av 26 %. Oregelbundenheten kan till viss del förklaras genom en stor utbredning av svackor vilket diskuteras vidare under kapitel 5. I figuren framgår även att fler avlagringar påträffades i ledningar med MAK, men det kan till viss del förklaras av att fler ledningar av den typen inspekterades.



Figur 4-5 Samband mellan ledningslutning, sedimentlängd och grad av finsediment. a) visar omfattningen av finsediment i MAK-ledningar medan b) visar motsvarande för Ej MAK-ledningar. (observera att 62 % av den inspekterade ledningslängden var belastade med MAK).

Små avlagringar med finsediment (grad 1) kunde inte korreleras till dåliga självrensförhållanden i ledningarna, varken för MAK- respektive Ej MAK-ledningar då andelen finsediment var större i självrensande ledningar, se Figur 4-6. För något större avlagringar av grad 2 observerades däremot finsediment i större omfattning i ledningar med dåliga självrensförhållanden. Två större finsedimentsansamlingar av grad 3 och grad 4 påträffades i en ledning med goda självrensförhållanden och där MAK ej var påkopplade.



Figur 4-6 Andel ledningar med dokumenterade finsediment i relation till självrensförhållanden. a) redovisar utfallet för MAK-ledningar medan b) redovisar Ej MAK-ledningar.

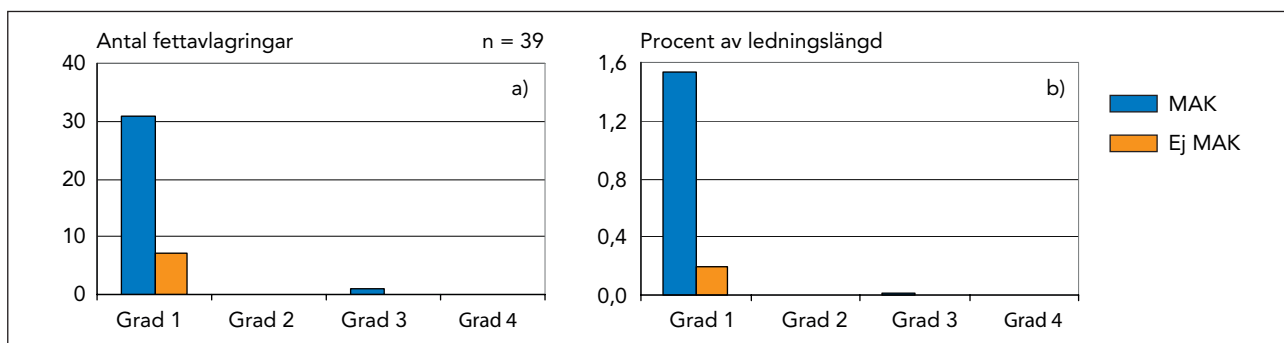
I 43 MAK-ledningar observerades äggskaal ansamlat med annat finsediment vilket inte alls förekom i ledningar där MAK ej var påkopplade, se Figur 4-7.



Figur 4-7. Typiska ansamlingar av äggskal tillsammans med annat finmaterial observerade i MAK-områden. Ledningen på bilden är av betong med en dimension av 225 mm.

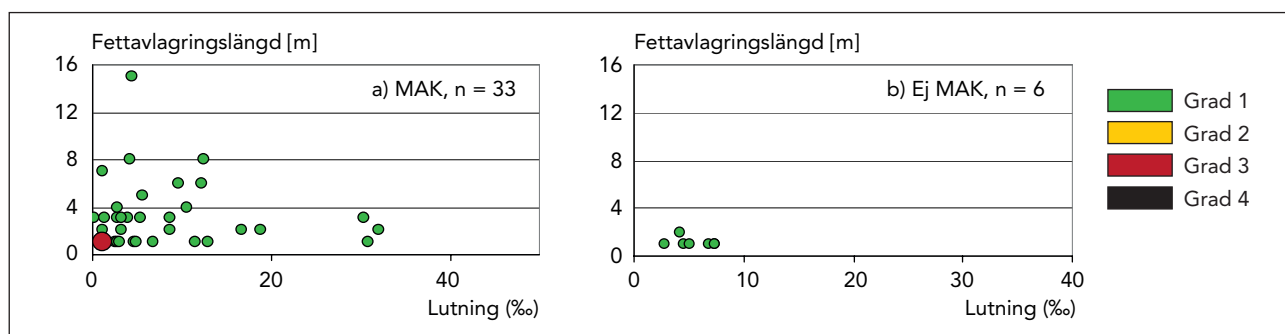
4.1.3 Fettavlagringar

Fettavlagringar dokumenterades längs totalt 111 meter ledning, motsvarande 1% av den inventerade ledningssträckan. Totalt påträffades 39 avlagringar där endast en graderades som grad 3, övriga till grad 1. Flertalet fettavlagringar satt strax över den normala vattennivån i ledningarna. Vid den normala vattennivån påträffades också några större mixade avlagringar av biologisk påväxt och fett, efter samråd med referensgruppen graderades dessa som fett av grad 1 och biologisk påväxt av grad 1. I Figur 4-8 visas dokumenterade fettavlagringar för MAK-ledningar och ledningar utan MAK.

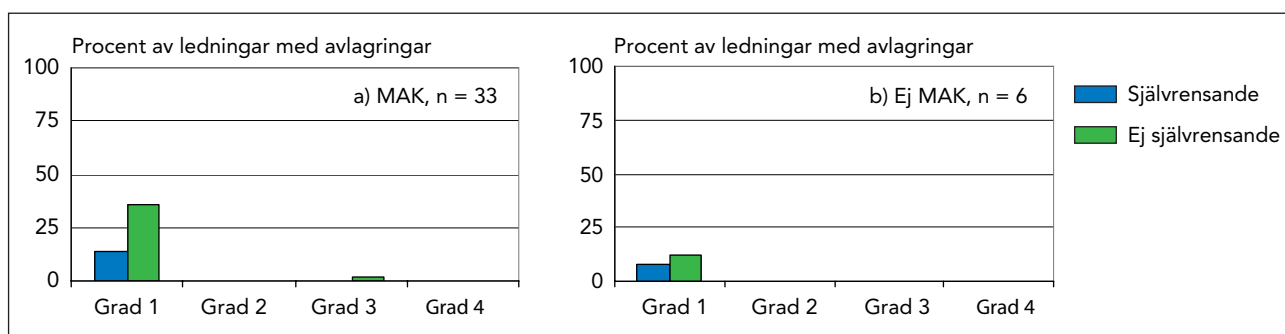


Figur 4-8 Utbredningen av fettavlagringar i ledningsnätet. a) visar antalet fettavlagringar av olika grad medan b) belyser den procentuella sträckning av fettavlagringar gentemot den kumulativa ledningslängden för MAK-ledningar respektive Ej MAK-ledningar.

Det stora flertalet fettavlagringar påträffades i ledningar som karakteriserades av en förhållandevis svag lutning (Figur 4-9). När kriteriet för självrens ej var uppfyllt ökade den relativa utbredningen av fettavlagringar (Figur 4-10). Den enda större fettavlagringen (grad 3) observerades i en ledning vars absoluta lutning endast var 1 ‰ och där kriteriet för självrens ej var uppfyllt. Inga fettavlagringar dokumenterades i ledningar med tveksamma självrensförhållanden.



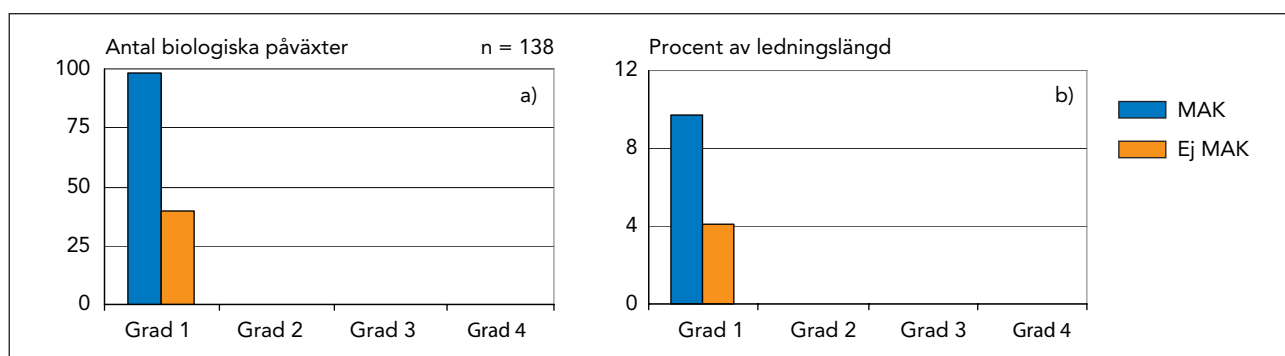
Figur 4-9 Samband mellan ledningslutning, avlagringslängd och grad av fettavlagringar. a) visar omfattning av fettavlagringar i MAK-ledningar medan b) visar motsvarande för Ej MAK-ledningar. (observera att 62% av den inspekterade ledningslängden var belastade med MAK).



Figur 4-10 Procentuella andelen av ledningar med fettavlagringar med avseende på kriteriet för självrens. a) redovisar MAK-ledningar och b) ledningar utan MAK.

4.1.4 Biologisk påväxt

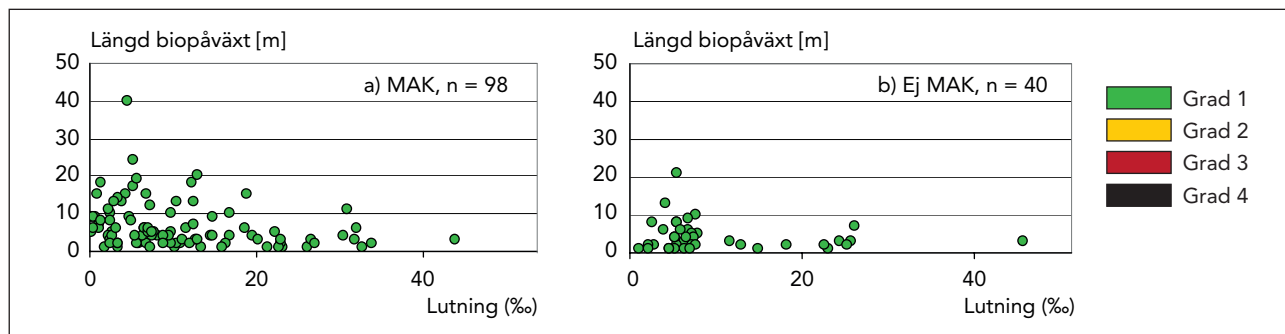
Biologisk påväxt observerades längs 814 m, motsvarande 8 % av den inventerade ledningslängden. Samtliga 138 biologiska påväxter klassades dock till den lägsta nivån (grad 1). Ledningar med MAK påkopplade hade biologisk påväxt i ungefär dubbelt så stor utsträckning som de utan, se Figur 4-11b. Där svackor fanns eller där lutningen var extremt flack noterades tjockare påväxter, men vid en närmare granskning var antagligen dessa mixade avlagringar där exempelvis fett hade fastnat på påväxten. Dessa graderades efter



Figur 4-11 Utbredningen av biologisk påväxt i ledningsnätet. a) visar antalet biologiska påväxter av olika grad medan b) belyser den procentuella sträckning av biologisk påväxt gentemot den kumulativa ledningslängden för MAK-ledningar respektive Ej MAK-ledningar.

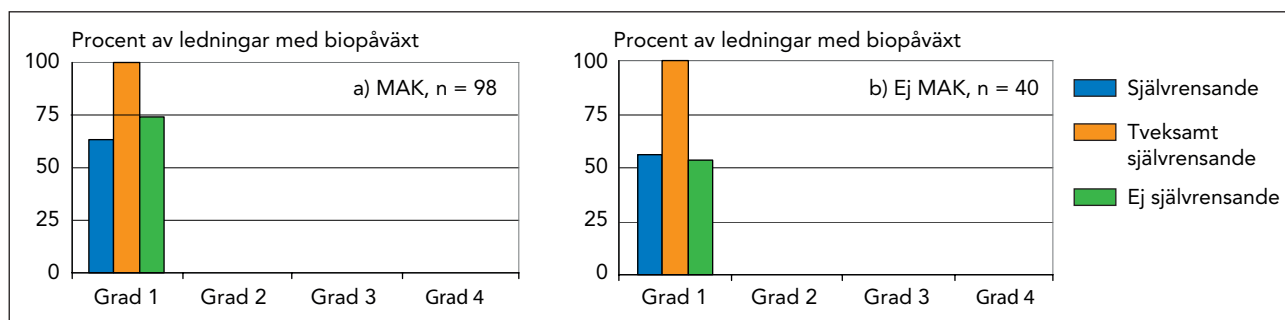
konsultation med projektets referensgrupp som biologisk påväxt av grad 1 samt fettavlagring av grad 1.

Med en svag ledningslutning ökade antalet och längden av de biologiska påväxterna, se Figur 4-12. Trots en förhållandevis stark absolut lutning på uppemot 30 ‰ kunde ändå biologiska påväxter på över 10 meter etablera sig enligt Figur 4-12a. Den starka påverkan av svackor som kan förklara dessa observationer diskuteras i kapitel 5.



Figur 4-12 Samband mellan ledningslutning, avlagringslängd och grad av biologisk påväxt. a) visar omfattning av biologiska påväxt i MAK-ledningar medan b) visar motsvarande för Ej MAK-ledningar. (observera att 62% av den inspekterade ledningslängden var belastade med MAK)

För MAK-ledningar var biologiska påväxter mer vanligt förekommande i ledningar som inte var självrensande (Figur 4-13 a). I cirka 75 % av dessa ledningar dokumenterades påväxt. Däremot kunde ledningar med goda självrensförhållanden och utan MAK påkopplade uppvisa något ökad biologisk påväxt (Figur 4-13b). I samtliga ledningar som klassats som tveksamt självrensande kunde biologisk påväxt noteras. Det var dock endast sex ledningar som hade detta självrensförhållandet.

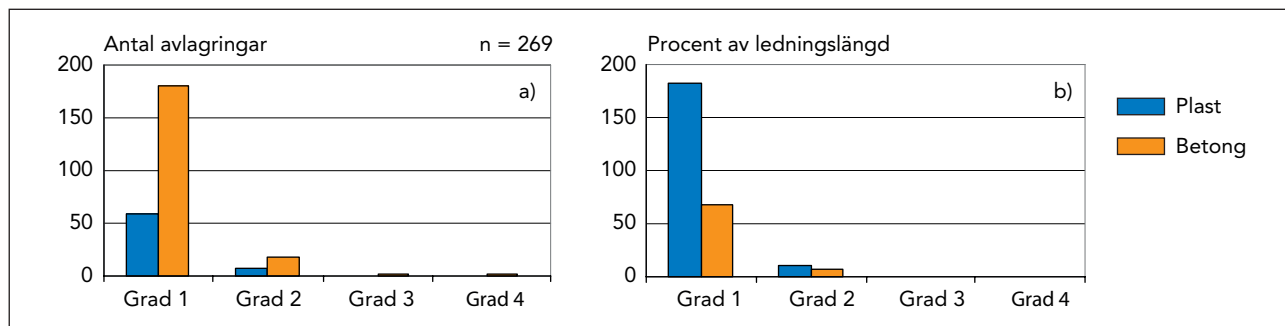


Figur 4-13 Procentuella andelen av ledningar med biologisk påväxt i relation till kriteriet för självrens. a) redovisar MAK-ledningar och b) ledningar utan MAK.

4.1.5 Ledningsmaterialets betydelse för omfattning av avlagringar

Det stora flertalet avlagringar satt i betongledningarna (Figur 4-14a) men däremot var den relativa utbredningen större i plastledningarna (Figur 4-14b). För finsediment och fett gick inga direkta trender att urskönja i relation till ledningsmaterial.

Då plastledningar inspekterades i mindre omfattning (18 % av inspekterade ledningslängden) görs ingen vidare uppdelning i MAK- respektive Ej MAK-ledningar för olika ledningsmaterial. Det bör också påpekas att det råder tveksamheter kring hur tillförlitlig visuella jämförelser mellan betongledningar och plastledningar är, se 5.3.1.



Figur 4-14 Materialets korrelation till a) antal avlagringar och b) relativ utbredning av dessa.

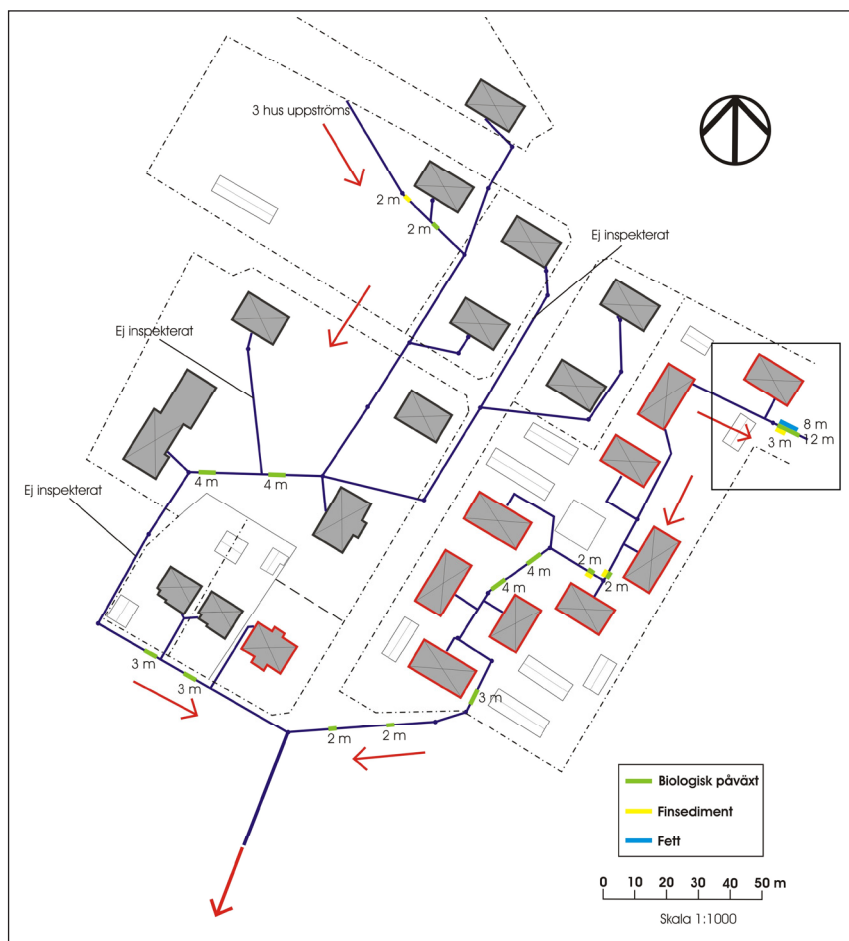
4.2 Förekomst av avlagringar i ledningar – flerfamiljsbostäder

4.2.1 Hagbacken

Totalt inspekterades 19 ledningar i området Hagbacken. Av dessa belastades nio av MAK och tio ledningar var ej belastade av MAK. Totalt sett dokumenterades tio biologiska påväxter, fyra finsediment samt fett i en ledning. Samtliga avlagringar klassades till grad 1, den lägsta nivån.

I Figur 4-15 kan avlagringarnas utbredning ses för de olika ledningssträckorna. Husen markerade med rött har MAK installerade, medan hus markerade i svart inte har MAK. Avlagringar skiljde sig inte nämnvärt åt för de olika områdena, varken i antal, omfattning eller typ. Ledningslutningen var tämligen stor i området, endast tre ledningar uppfyllde ej kriteriet för självrens och ledningarnas kondition var god med få svackor.

Endast en ledning i området som belastades av MAK (längst till höger markerat med rektangel i Figur 4-15) kunde anses ha en nedsatt funktion då denna hade samtliga tre avlagringar över längre sträckor. Kameravagnen kunde här inte göra en komplett inspektion utan avbröts efter drygt 20 meter. Eftersom kameravagnen inte kunde göra en hel profilmätning av sträckningen är det svårt att spekulera i varför just denna ledning var utsatt. Självrensförhållandet i ledningen var god och dessutom kunde inga större svackor noteras på den delen av ledningen som kunde inspekteras.



Hus markerade med rött indikerar att MAK finns installerat för samtliga hushåll i bostaden, hus markerade i svart saknar helt MAK.

Pilar indikerar flödesriktning.

Figur 4-15. Karta över var de olika avlagringarna påträffades i Hagbacken. Längden och kategorin på de dokumenterade avlagringar är utmärkta med en meterangivelse respektive färg.

4.2.2 Malmen

Elva ledningar inspekterades i hyresrättsområdet Malmen, samtliga belastades av MAK. Totalt noterades sex biologiska påväxter samt fem finsediment. Ett finsediment klassades som grad 3, övriga avlagringar klassades till grad 1. Precis som i Hagbacken var lutningen mycket stark och kriteriet för självrens var uppfyllt i samtliga fall utom i ett. Trots att ledningarna i de flesta fall var bland de äldsta som inspekterades (lagda under 1950-talet) stod större svackor ej att finna. Den ledning som innehöll den största avlagringen, finsediment grad 3, var omöjlig att få en hel profilmätning på då kameravagnen från det hållet inte kunde komma förbi ansamlingen, från det andra hållet hade "relining" utförts på en sträcka som också där förhindrade vagnen.

4.3 Övriga observationer

Råttor observerades överhuvudtaget inte i ledningarna under inspektionerna, inte heller kunde lämningar efter djuren i fråga konstateras. De rörinspektörer som utförde filmningen påpekade dock att det hör till ovanligheterna att råttor fångas på bild under rutininspektioner.

Äggskal och andra mindre sedimentavlagringar observerades på vissa ställen som ansamlingar kring andra typer av större hinder i ledningsnätet, exempelvis sanitärt avfall så som bindor och trasor.



Figur 4-16 Påbyggnad av bland annat äggskal kring sanitärt avfall i ledningsnätet. Ledningen på bilden är av betong med en dimension av 225 mm.

4.4 Olika faktorerers inverkan på förekomst av avlagringar

Baserat på resultaten i 4.1 valdes fyra faktorer ut för att undersöka om dessa statistiskt kunde förklara förekomst av avlagringar i betongledningar: Lutning (ledningens absoluta lutning), Svackor (definierad som svackpoäng, se 3.1.6), MAK direkt (andel MAK påkopplade direkt på en ledningen) samt MAK-uppströms (andel MAK påkopplade uppströms en ledning). Dessa faktorer utvärderades och visade sig ha en statistisk signifikant påverkan ($p < 0,05$) i endast fem fall (Tabell 4-1). När andelen hushåll som hade installerat MAK uppströms en ledning var stor observerades en signifikant ökning av den totala förekomsten av avlagringar (i) och även en ökning av finsediment (ii). Det ökade antalet avlagringar i ledningar med många påkopplade MAK uppströms verkade i sin tur mildras av en kraftigare ledningslutning (iii). Slutligen visade analysen en signifikant ökning av både den totala förekomsten av avlagringar (iv) och finsediment (v) när en ledning var lagd i en svag lutning och dessutom hade många svackor.

Tabell 4-1 Olika faktorerers betydelse för förekomsten av avlagringar i ledningsnätet. Konfidensintervall 95 %, 181 betongledning ingick i analysen.

Faktor	Avlagringar			
	Totalt	Finsediment	Fettavlagringar	Biologiska påväxter
Lutning	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Svackor	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
MAK uppströms	JA(i)	JA(ii)	NEJ	NEJ
Svackor – Lutning	JA(iv)	JA(v)	NEJ	NEJ
Svackor – MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Svackor – MAK uppströms	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Lutning – MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Lutning – MAK uppströms	JA(iii)	NEJ	NEJ	NEJ
MAK direkt – MAK uppströms	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ

(Index(i-v) relateras till de fall faktorerna hade en signifikant påverkan på förekomsten av avlagringar, se förklaringarna i texten ovan.)

4.5 Faktorers påverkan på ledningarnas funktion

De fyra faktorerna beskrivna i 4.4 undersöktes i en ytterligare statistisk analys med avseende på deras koppling till ökade avlagringar och om dessa i sin tur påverkade ledningarnas funktion (enligt 3.1.8). I fyra fall kunde faktorerna konstateras ha en signifikant påverkan ($p < 0.05$) på funktionen (Tabell 4-2). Ledningsfunktionen påverkades negativt när andelen hushåll med MAK var stor uppströms (i). Vidare hade kombinationen en svag ledningslutning och en stor utbreddhet av svackor en signifikant negativ påverkan på ledningsfunktionen genom omfattande ansamlingar av avlagringar totalt sett (ii) och även specifikt för finsediment (iii) samt fettavlagringar(iv). För fall (ii) – (iv) bör påpekas att dessa var signifikanta oavsett om MAK var påkopplade eller ej.

Tabell 4-2 Olika faktorernas betydelse för betongledningars funktion. Konfidensintervall 95 %, 181 betongledning ingick i analysen.

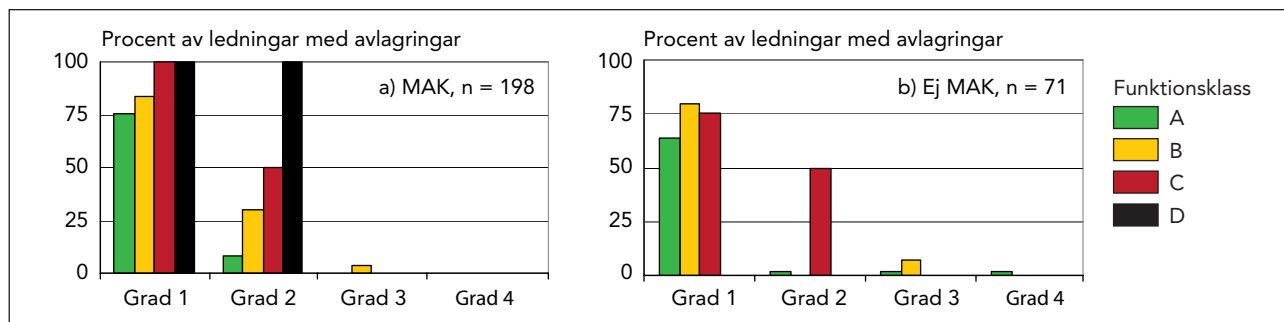
Faktor	Avlagringar			
	Totalt	Finsediment	Fettavlagringar	Biologiska påväxter
Lutning	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Svackor	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
MAK uppströms	JA(i)	NEJ	NEJ	NEJ
Svackor – Lutning	JA(ii)	JA(iii)	JA(iv)	NEJ
Svackor – MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Svackor – MAK uppströms	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Lutning – MAK direkt	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
Lutning – MAK uppströms	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ
MAK direkt – MAK uppströms	NEJ	NEJ	NEJ	NEJ

(Index(i-iv) relateras till de fall faktorerna hade en signifikant påverkan på ledningars funktion, se förklaringarna i texten ovan.)

4.6 Funktionsklassning av ledningar

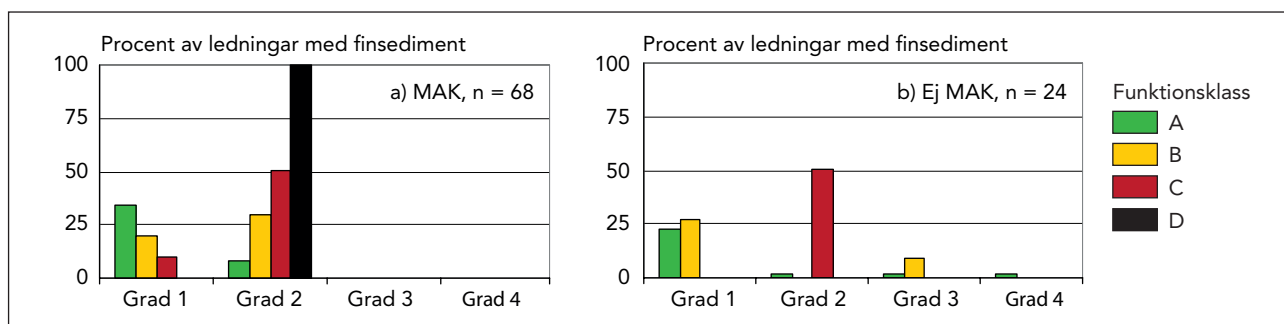
Baserat på funktionsklassningsmetodiken beskriven i 3.1.7 relaterades samtliga avlagringar till respektive lednings funktionsklass. Större avlagringar (> grad 1) var, med några få undantag, frånvarande i ledningar som hade klas-

sats som "A" (Figur 4-17). Bland undantagen observerades två avlagringar av grad 3 och 4 som satt på en ändledning som inte belastades av MAK. Dessa avlagringar var av typen finsediment och beskrivs mer i detalj i samband med 5.4. Att så många mindre avlagringar av grad 1 faktiskt observerades i "A"-ledningar kan troligen förklaras genom att ledningarna i de flesta fall fortfarande inte var svackfria utan att även ledningar funktionsklassade som A hade mindre svackor.



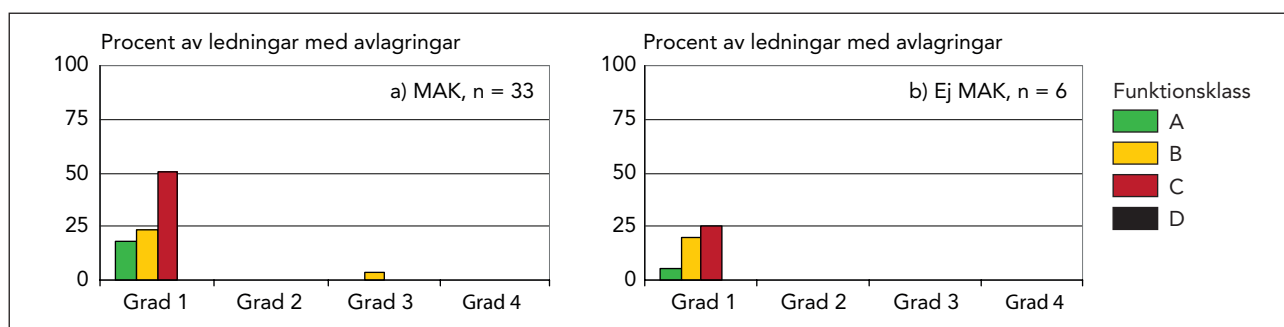
Figur 4-17 Andel och grad av avlagringar i relation till ledningarnas funktionsklass för MAK- respektive Ej MAK-ledningar.

I ledningar tillhörande funktionsklass A med MAK påkopplade påträffades finsediment i knappt 34 % av ledningarna. Motsvarande värde för ledningar utan MAK var 23 %. Ledningar av funktionsklass "A" hade däremot färre avlagringar av grad 2 i förhållande till övriga klasser, se Figur 4-18. Detta tyder på att så länge som MAK belastar ledningar som klassats till funktionsklass A, undviks de flesta av de större ansamlingarna av finsediment. Vidare dokumenterades två större sedimentavlagringar av grad 3 och 4 i funktionsklass A för ej MAK-ledningar. Dessa diskuteras vidare i 5.4.



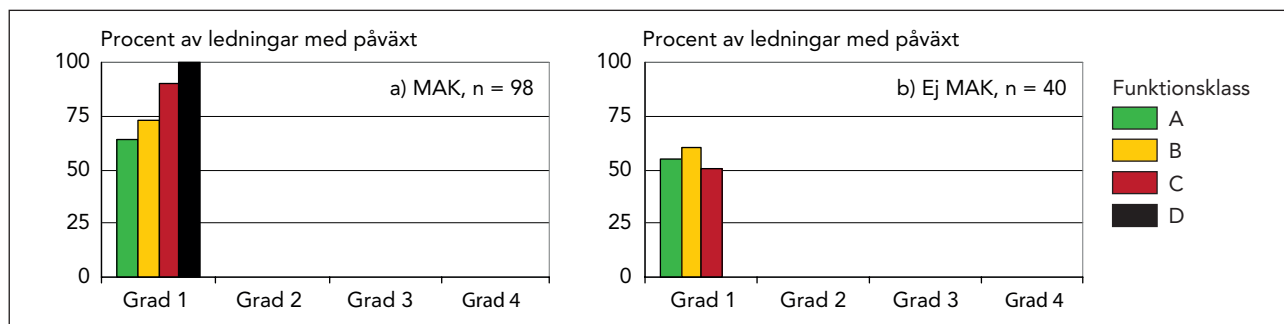
Figur 4-18 Andel ledningar med finsediment i förhållande till ledningarnas funktionsklass för MAK- respektive Ej MAK-ledningar.

Fettavlagringar var mer frekvent förekommande i ledningar tillhörande funktionsklasserna B och C jämfört med "A". Detta gällde för såväl ledningar med MAK påkopplade som utan, se Figur 4-19. Den enda MAK-ledning som klassades som "D" hade inte någon dokumenterad fettavlagring. Den enda större fettavlagringen (grad 3) observerades i en ledning av funktionsklass "B".



Figur 4-19 Andel ledningar med fettavlagringar i förhållande till ledningarnas funktionsklass för MAK- respektive Ej MAK-ledningar.

Vid en funktionsklassning av ledningar utifrån biologisk påväxt dokumenterades sådana i ca 64 % av A-ledningarna, 73 % av B-ledningarna, 90 % i C-ledningarna samt i den enda inspekterade D-ledningen med MAK, se Figur 4-20 a. Motsvarande värden för Ej MAK-ledningar var 54 % för A, 60 % för B samt 50 % för C, se Figur 4-20 b (För dessa ledningar observerades ingen biologisk påväxt som klassats som D).



Figur 4-20 Andel ledningar med biologisk påväxt i förhållande till ledningarnas funktionsklass för MAK- respektive Ej MAK-ledningar.

4.7 Mätning av svavelvätehalter

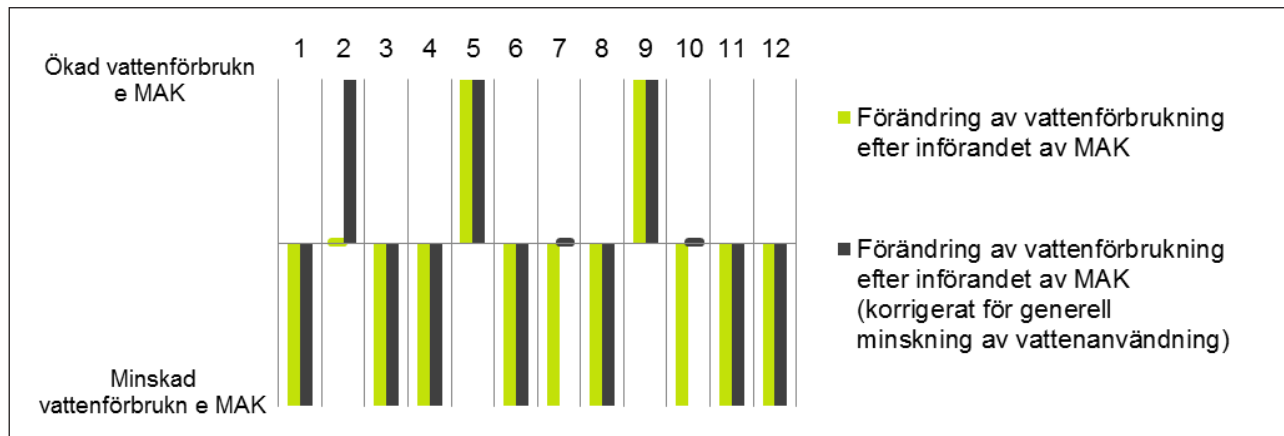
Under sommaren mättes svavelhalten i en punkt på en ledningssträcka med svag lutning, ett flertal svackor med organiska sediment samt hög stillastående vattennivå. Trots dessa förhållanden kunde inte svavelvätebildning påvisas. Temperaturen i luften nere i avloppsbrunnen låg under hela mätperioden på mellan 12–15° C.

4.8 Uppskattning av vattenförbrukning

När vattenförbrukningen för hushåll med stabila demografiska förhållanden utvärderades kunde ses att endast två hushåll hade erhållit en större nominell vattenförbrukning efter införandet av MAK medan nio hushåll hade minskat vattenförbrukningen under samma tid ($p < 0,05$), se Figur 4-21.

Under den utvärderade perioden har en generell minskning av hushållens vattenförbrukning skett i Sverige genom vattenbesparande åtgärder,

exempelvis nya munstycken och tvättmaskiner. När vattenförbrukningsdata från Surahammar komprimerades för detta (genom korrigering av värdena motsvarande en årlig minskning av vattenförbrukningen på 5 % enligt P83 (2001)) kunde sju hushåll konstateras ha en minskad vattenförbrukning efter införandet av MAK medan tre hushåll påvisade en högre vattenförbrukning under perioden ($p < 0,05$).



Figur 4-21 Skillnad i vattenförbrukning före och efter MAK infördes för 12 villahushåll i Surahammar sett över en 20-årsperiod. MAK installerades efter ungefär halva tiden

4.9 Organisation och taxor för MAK

I Smedjebacken har kundfokus och nöjdhet varit en ledstjärna i arbetet vid införandet av MAK. Detta har inneburit att MAK enbart har varit ett av tre möjliga alternativ för kommunmedborgarna att välja på för att hantera sitt organiska avfall. De övriga alternativen är insamling av organiskt avfall i brun tunna för avhämtning samt egen kompost för organiskt avfall. Inget av alternativen har framhållits vara bättre än något annat och kunderna har själva fått välja.

I Smedjebacken krävs en anmälan av kunden till Smedjebacken Energi och Vatten om MAK avses att installeras. Smedjebacken Energi och Vatten tillhandahåller information om lämpliga kvarnar och hur installation kan ske. Kunden införskaffar (köper) kvarnen själv men om kostnaden anses vara för hög kan en kvarn hyras från kommunen och hyreskostnaden betraktas även som avbetalning. När hyra motsvarande kvarnens totala kostnad inbetalats överförs ägandeskapet till kunden.

Smedjebacken Energi och Vatten har valt att inte ta ut någon årlig avgift för MAK. Eventuella ökade kostnader för drift av exempelvis ledningsnät (t ex spolningskostnader) har antagits uppvägas av en ökad gasproduktion genom ökad organisk belastning på reningsverket. Ingen överföring av ekonomiska resurser sker mellan olika verksamheter inom organisationen, t ex från avloppsreningsverk till ledningsnät.

Även i Surahammar ingår MAK som ett av tre alternativ, (alt.1) i gällande avfallstaxa för att omhänderta organiskt material. De övriga två är hemkompostering, (alt.2) och insamling av organiskt avfall i brun tunna, (alt. 3) för

vidare transport till biogasanläggning i Västerås. Kunden kan alltså välja fritt det alternativ som passar honom bäst.

Vid avfallstaxans införande 1997 beslutades att tillåta MAK i Surahammars kommun med undantag av några få specificerade områden. Surahammars KommunalTeknik AB (SKT) kräver ingen anmälan till VA-verket/huvudmannen när det gäller installation av MAK. SKT tillhandahåller avfallskvarn inklusive installation mot en årlig avgift som regleras i för tillfället gällande avfallstaxa. Avgiften betalas av kunden i åtta år. Efter det övergår MAK i kundens ägo. Möjlighet att teckna ett så kallat serviceavtal med SKT finns. Kunden kan givetvis införskaffa och montera MAK på egen hand och skall då anmäla detta till SKT för att bli debiterad efter rätt taxa.

På samma sätt som i Smedjebacken sker Surahammar ingen överföring av ekonomiska resurser mellan VA- och avfallsverksamheterna inom SKT.

5 Diskussion

5.1 *Matavfallskvarnar och påverkan på ledningsnätet i villaområden*

5.1.1 Total påverkan

Införandet av MAK synes ha haft en påverkan sett till den totala förekomsten av avlagringar i villaområdena, vilket styrks framförallt av Figur 4-1 och den regressionsanalys som genomfördes. Regressionsanalysen av ledningarnas funktion visar på att ledningar med en stor andel MAK påkopplade uppströms i regel hade en sämre funktion (se avsnitt 4.5). Samtidigt fanns endast ett fåtal avlagringar av grad 3 och 4 i ledningar med MAK påkopplade vilket gör att den funktionsnedsättning som kunde påvisas ändå måste betraktas som ringa. Trots att avlagringar i MAK-ledningar i de flesta fall klassades som grad 1 eller 2 observerades dock på vissa ställen andra större hinder i ledningen såsom sanitärt avfall, runt vilka mindre partikulära avlagringar hade ansamlats vilket bidrog till betydande avlagringar i vissa punkter i ledningsnätet.

5.1.2 Finsediment

Finsediment var den enda enskilda avlagringstypen som statistiskt kunde påvisas vara mer förekommande i ledningar med MAK påkopplade i jämförelse med ledningar utan. Dessa sediment var dock inte så omfattande att de kunde ses ha någon signifikant betydelse för ledningarnas funktion. I en nyligen publicerad studie (Davidsson et al., 2011) konkluderades att partikelstorleken för normalt matavfall via MAK var mindre än 1 mm för ca 95 % av proven. Detta indikerar att den största delen av det normalda matavfallet inte borde sedimentera i ett konventionellt dimensionerat ledningsnät. Däremot kan svackor i ledningsnätet skapa förutsättningar för sedimentation och utbredningen av svackor har visat sig ha speciellt stor betydelse för funktionen för ledningar med mindre dimensioner (Sever & Foust, 2011).

5.1.3 Fettavlagringar

Figur 4-8 ger en indikation om att fettavlagringar är mer frekventa i ledningar med jämfört med ledningar utan MAK, men detta kunde inte fastställas statistiskt. Endast en ledning påträffades med en fettavlagring som resulterat i en stark nedsatt ledningsfunktion. Denna enda större fettavlagringen som noterades (grad 3) satt i en ledning med en betydande utbredning av svackor samt där förhållanden för självrens ej var uppfyllt.

Det råder även en viss osäkerhet huruvida vissa av de mindre avlagringarna som klassades som fett i själva verket var rätt klassade. Små vita avlagringar kan vara fett men kan även vara gips som har bildats genom korrosion av betongledning (Vollertsen, 2011, personlig kommunikation). Detta innebär att omfattningen av fettavlagringarna i realiteten kan vara mindre än vad som redovisats här.

5.1.4 Biologisk påväxt

Förekomsten av biologisk påväxt följde i stort ett liknande mönster som för fett. Ingen påväxt större än grad 1 noterades, dock dokumenterades ett flertal mixade avlagringar i vilka även sediment och fett förekom. Figur 4-11 indikerar att den biologiska påväxten i ledningsnät kan öka när MAK införs, vilket inte kunde beläggas i den statistiska analysen med konfidensintervall satt till 95 %.⁵

5.1.5 Produktion av svavelväte

Svavelväte kunde inte detekteras i den självfallsledning i Surahammar som fältmätningar genomfördes i och några betydande problem med svavelvätebildning har inte heller observerats där vilket även har rapporterats av Evans et al. (2010). En förklaring till detta kan vara att en aerob bio-kemisk miljö kunde bibehållas i ledningen som förhindrade en produktion av föreningen trots de förhållandevis stora avlagringarna. Den ledningsmiljö som är mest associerad med svavelväteproblematik är tryckavlopp (Hvitvedt-Jacobsen, 2002). Tryckavlopp inspekterades dock ej i denna studie eftersom det med den valda undersökningsmetoden inte skulle kunna gå att relatera en eventuell svavelväteförekomst till användandet av MAK eller inte.

5.2 Matavfallskvarnar och påverkan på ledningsnätet i flerbostadsområden

I det undersökta området Hagbacken, där belastning från MAK lokalt var högre på enskilda ledningar jämfört med villaområdena (alla 29 hushållen hade MAK), kunde ingen större skillnad noteras på utbredning av avlagringar jämfört med ledningar i samma område där MAK inte alls var påkopplade. I endast ett fall noterades en signifikant påverkan av avlagringar på ledningens funktion där fem hushåll med MAK belastade en 200 mm plastledning. Eftersom ingen komplett inspektion kunde utföras är det svårt att dra några generella slutsatser. Ledningsnätet i hyresrättsområdet Malmen, till vilket totalt 116 MAK var påkopplade, hade inte heller några allvarligare driftproblem. Gemensamt för Hagbacken och Malmen är att ledningarna är lagda med stark lutning. Annars skiljer sig förutsättningarna åt då Hagbacken hade nyare plaströr installerade under sent 80-tal medan Malmen hade betongledningar lagda i mitten på 50-talet.

En parallell från ovanstående observationer går att dra till erfarenheter i Stockholm där ledningsnätet för två flerbostadsområden med en anslutning av MAK omfattande ca 195 respektive 130 stycken (motsvarande ungefär 90% av hushållen för båda områdena) inspekterades. Det ena området hade betongledningar med bra fall från 50-talet och det andra nyare plastledningar, men med sämre fall, från 00-talet. I betongledningarna kunde endast konstateras en mindre biologisk påväxt efter ett år med MAK. I plastledningarna däremot kunde ett flertal fettavlagringar konstateras efter att endast ha haft MAK i bruk i sex månader (Hedenström, 2011, personlig kommunikation).

⁵ Om ett 90% konfidensintervall hade använts istället för det på 95% hade förekomsten av den biologiska påväxten varit statistiskt signifikant ($p = 0,06$).

5.3 Andra faktorer med påverkan på avlagringar

5.3.1 Ledningsmaterial

Av de ledningar som inspekterades verkade plastledningar ha, relativt sett, mer avlagringar än betongledningar. Detta var påtagligt för framförallt formationen av biologisk påväxt. Utbredningen av dessa var relativt sett mycket större i plastledningarna. Dock inspekterades plastledningar i mycket mindre utsträckning än betongledningar, vilket gör det statistiska urvalet begränsat och därför svår att värdera i absoluta termer.

Observationerna från denna fältstudie är inte i överensstämmelse med andra studier där biologisk påväxt rapporterats vara mer vanligt förekommande i betongledningar. Detta förklarades bero på att betong på grund av sin råhet har en större yta som därför underlättade formation av biologisk påväxt (c.f. Tanji et al., 2006). För att förklara diskrepansen mellan tidigare studier och den aktuella kan svaret stå att finna i metodiken för den senare: När betongledningarna inspekterades visuellt kunde det vara svårt att särskilja den gråaktiga påväxten från själva betongröret, speciellt när det rörde sig om mindre avlagringar. Särskilt problematiskt var det om vattennivån därtill var hög. I de orangefärgade plastledningarna gav däremot påväxten ett mycket tydligare visuellt intryck. Därför är det troligen så att omfattningen av den biologiska påväxten underskattades för betongledningarna i denna studie.

5.3.2 Lutning och svackor

Figur 4-12 ger en antydning om att en större ledningslutning minskar risken för biologisk påväxt. De avvikande värdena i samma figur kunde förklaras med utbredda svackor. Att större ledningslutning gav mindre omfattande biologisk påväxt kan vara korrelerat till den skärkraft vattnet har som rinner i dessa ledningar och som försvårar bildade av kolonier och river loss de som etablerats. Vidare indikerade regressionsanalysen av förekomsten av avlagringar att en svag ledningslutning kombinerad med en stor omfattning svackor resulterade i de största ansamlingarna. De flesta ledningar som inspekterades i denna studie finns i ändområden för ledningsnätet, vilket för med sig ett ökat krav på ledningslutning för att uppnå självrensande förhållanden. I P90 (Svenskt Vatten, 2004) rekommenderas en minsta lutning av 6 ‰ för att säkerställa självrens för ändledning. Som tidigare påpekades har svackor en signifikant betydelse för ledningar med mindre dimensioner avseende självrensförmågan. Det är således först när självrens integreras med svackor som den bästa uppskattningen av en lednings funktion kan erhållas för dessa ändledning.

5.4 Funktionsklassning av ledningar

Det framtagna verktyget för att identifiera till vilka ledningar MAK kan kopplas kunde vid validering konstateras fungera väl. Endast i två fall erhöles en respons med avvikande resultat. Ansamlingar av finsediment av grad 3 och 4 observerades på en ledning av funktionsklass A (se Figur 5-1). Ledningen i fråga var en ändledning med en lutning av 26 ‰ som inte belas-

tades av MAK. Finsedimenten hade ansamlats nedanför den brunn som de två första serviserna var anslutna till. Mindre svackor kunde konstateras på ledningen men de var så pass små att de, enligt de riktlinjer som utarbetats i funktionsklassningen, betraktades som "klass A". Att helt undvika mindre ansamlingar av finsediment och biologisk påväxt synes vara svårt att uppnå i praktiken men en ledning kan ändå anses ha god funktionsduglighet.

Verktyget med funktionsklassningen som grund för att identifiera ledningar kompatibla med MAK beskriven under 4.1 visade sig vara ett förhållandevis enkelt och pålitligt verktyg för att förutsäga vilka ledningssträckor som var lämpliga för ett införande av MAK. Genom att integrera självrens och svackor kan förutsägas längs vilka ledningar större avlagringar ansamlas genom att bedöma funktionsdugligheten hos varje ledning. Förfarandet med att integrera självrens och svackor i en bedömningsmetod har således goda förutsättningar att utvecklas vidare. Exempelvis vore det intressant att analysera hur mer avancerade ekvationer och förfaringssätt för att hantera självrensförhållanden skulle kunna integreras i metoden för att ytterligare öka precisionen. Hur självrensförhållanden i ändledningar bör hanteras i verktyget kan också vidareutvecklas. Vidare behövs en metodutveckling för att kartlägga och utvärdera svackor med större enkelhet och precision. Särskilt bör svackors utbredning i ändledningar tas i beaktande.



Figur 5-1 Sediment, finmaterial av grad 3 dokumenterat på en ledning som var funktionsklassad som "A". Ledningen är av betong med en dimension av 225 mm.

5.5 Metodik kring inspektion av ledningar

Under arbetet med att identifiera och klassificera avlagringar i ledningsnätet framkom möjligheter att vidareutveckla metoden för rörinspektioner. Att utbredningen av svackor inte på något sätt noterats under rörinspektionerna är en brist, speciellt med tanke på hur viktig denna faktor har visat sig vara för förekomsten av avlagringar samt ledningens funktion. Med detta i åtanke är rekommendationen från denna studie att svackor bör integreras som driftfel på liknande sätt som andra typer av fel, i linje med vad som tidigare föreslagits (Östlund et al., 2011). Hur detta ska göras i praktiken är emellertid oklart. Med det datorprogram som användes av inspektörerna

för att utvärdera ledningar i detta projekt kunde förvisso höjdprofiler tas fram för ledningar där en enklare mätfunktion var inkluderad, men denna var så basal att det tog lång tid att i efterhand bestämma svackutbredningen. En möjlig lösning kunde vara att uppdatera mätfunktionen så inspektören efter en profilmätning enkelt kan markera start- och stoppunkt för svackor. Programvaran bör sedan kunna beräkna svackstorleken samt översätta till relevant klass. En annan lösning skulle vara att manuellt ”rita ut” svackorna i höjdprofilen med polygoner där sedan area och klass bestäms av programvaran.

Som tidigare påpekades kan det vara svårt att särskilja olika typer av avlagringar, speciellt sådana av mindre art. För att belysa problematiken kring vad som är vad i ledningsnätet valdes tio avlagringar ut som klassats och graderats initialt av inhyrd rörinspektör. Detta skickades sedan till ytterligare två rörinspektörer samt personer i projektets referensgrupp för att jämföra och fånga möjliga divergerande åsikter. Beträffande åtminstone fyra bilder av avlagringar rådde oenighet om vad bilden faktiskt föreställde. Exempelvis kunde en initialt klassad biologisk påväxt bedömas vara fett av en annan inspektör medan en tredje istället såg en mixad avlagring av påväxt och fett (se Figur 5-2). För den gängse tillämpningen av inspektion av ledningar får nog detta ses som mindre betydelsefullt då det är små avlagringar som i de flesta fallen inte påverkade ledningens funktion i någon vidare bemärkelse, men för studier med krav på högre precision kan det ändå vara värt att notera.



Figur 5-2 Vad som syns på bilden klassades av rörinspektör som biologisk påväxt, medan en annan inspektör istället tyckte att fett var en bättre benämning. Ledningen är av plast med en dimension av 200 mm.

5.6 MAK och brukaraspekter

Vad gäller enskilda typer av avlagringar var den mest konkreta påverkan på MAK-ledningar äggskal som primärt identifierades i ledningssvackor. Dessa typer av sediment noterades överhuvudtaget inte i ledningar som sak-

nade MAK. Detta gör det sannolikt att äggskalen är en direkt konsekvens av införandet av MAK och detta är i överensstämmelse med vad Yoshida et al. (2004) har noterat i korttidsstudier med MAK. Äggskal finfördelas ej när de körs genom de flesta kvarnar utan krossas till mindre flak som får andra sedimentationsegenskaper än vanliga avloppsfraktioner (Galil & Shpiner, 2001). I Surahammar kunde konstateras att material som inte är kompatibla med MAK maldes ned samtidigt som resultat från en plockanalys av hushållsavfall (Bergh et al, 2010) visade att drygt 33 % av restavfallet var sådant som man hade kunnat stoppa ner i MAK. Detta tyder på att informationsspridning om vad som bör och inte bör malas ned är nödvändig för kommuner som planerar att införa systemet.

5.7 MAK och vattenförbrukning

Utfallet från den statistiska analysen av vattenförbrukningen tyder på att ett införande av MAK inte bidrar till ökad vattenanvändning. Detta ligger också i linje med vad som dokumenterats i tidigare studier. I en litteraturstudie om MAK och dess påverkan på vattenförbrukningen rapporterades en marginell ökning av vattenanvändningen på mellan 0,3–3,0 % (Galil & Shpiner, 2001). I aktuell studie fanns det hushåll som uppvisade en ökning av vattenförbrukningen efter ett införande av MAK, men samtidigt var det fler hushåll som visade på en minskning.

5.8 Organisation

När olika system integreras med varandra, så som att länka samman en del av avfallshanteringssystemet med VA-systemet, som är fallet vid installation av MAK som kopplas på avloppsledningarna, kan en diskussion uppstå huruvida ekonomiska medel ska föras över från en sektor till en annan. Exempel på sådana överföringar skulle kunna vara att avfallsenheten betalar VA-enheten för nyttjande av VA-systemet eller att reningsverkssektionen (som eventuellt kan antas erhålla en avans i form av ökad biogasproduktion) för över medel till ledningssektionen (som kan antas få ökade kostnader i form av mer frekventa ledningsspolningar). Sådana diskussioner förekommer i de kommuner som överväger att införa MAK och förekom även i exempelvis i Surahammar innan MAK börjande installeras. Där bestämdes också att överföringar skulle ske. Efter införandet av MAK uppstod inte några tydliga ökade kostnader för någon enhet och därför sker det inte någon överföring av ekonomiska medel mellan enheter och betraktas idag vara en icke-fråga.

En rekommendation till kommuner som överväger att införa MAK är att de olika enheterna i organisationen som kan beröras av MAK tillsammans skapar ett enkelt koncept för hur eventuella ökade kostnader på grund av MAK ska utvärderas och i ett andra steg hanteras. Eftersom de svenska erfarenheter som hittills finns indikerar marginella ökade kostnader vid införande av MAK, är det viktigt att inte i ett inledande skede skapa ett allt för komplicerat system för överföring av ekonomiska medel innan MAK introduceras,

som i praktiken, efter införande av MAK, kanske inte alls kommer att tas i bruk. Processen med att skapa detta enkla koncept antas däremot kunna underlätta ett eventuellt politiskt beslut angående införande av MAK.

5.9 Praktiska implikationer

Sammantaget indikerade resultatet från föreliggande studie att MAK bör undvikas där man redan har erfarenhet av problem med igensättningar. En liten förekomst av avlagringar som observerades i ledningar med hög MAK-belastning uppströms men med stark lutning gör gällande att med en noggrann och systematisk inventering och planering av vilka områden som lämpar sig för MAK kan sannolikt problembilden ytterligare mildras. I en korttidsstudie med MAK från Skogaberg (Karlsson et al., 2008) förklarade de uteblivna negativa effekterna på ledningsnätet med att området låg i en mycket stark lutning. Att helt planera för införandet av MAK med hjälp av lutningar utifrån topografi som endast tar fasta på självrensförhållanden i ledningsnätet för dock med sig vissa risker, bland annat negligeringen av hur utbrett svackor är på ledningsnätet. Där osäkerhet råder kring ledningars beskaffenhet bör därför profilmåttning ske som komplement till att kriterierna för självrens är uppfyllda. Om både svackutbredning samt självrensanalys utförs erbjuder funktionsklassningsverktyget beskrivet i denna rapport stöd i planeringen att identifiera ledningar kompatibla med MAK. För att ytterligare minska risken för bildning av avlagringar i ledningsnät efter installation av MAK bör brukare informeras om vad som går, och inte går, att stoppa ned i matavfallskvarnen.

5.10 Framtida studier

Några förslag på framtida studier som har bedömts som intressanta har kommit fram under projektets gång, dessa är:

- Äldre inspektionsfilmer stod ej att finna för de områden som ur MAK-synpunkt var intressanta att inspektera. En tänkbar framtida studie skulle därför vara att om ett antal år upprepa inspektioner av ledningar från denna studie för att bättre belysa vad som har hänt i de olika typerna av ledningar.
- Det finns studier som indikerar att kalcium kan spela en viktig roll vid bildning av fettavlagringar i ledningsnät då kalcium kan reagera med fria fettsyror i en förtvålningssprocess som ger upphov till avlagringarna (He et al, 2011). Huruvida MAK kan anses vara en källa till förhöjda kalciumhalter i avloppsvatten är dock oklart. En framtida studie skulle således utgöras av att laborativt undersöka inverkan av MAK på bildningsförloppet av fettavlagringar.
- Sedimenten i ledningsnätet skulle kunna tänkas ha en annan kemisk komposition i MAK-ledningar jämfört med ledningar utan MAK. Exempelvis är ett forskningsuppslag att fetthalten jämförs för att se om denna är förhöjd i MAK-ledningar. Om detta kan påvisas kan det vara betydelsefullt då fett kan kitta samman partiklar och på detta sätt skapa hårdare packade avlagringar som i högre grad påverkar ledningens funktion.

- Även reningsverken påverkas om MAK är påkopplade avloppsledningsnätet och hur reningsstegen påverkas och bör vara utformade för att på bästa sätt ta om hand en ökad organisk belastning bör undersökas vidare. Det finns exempelvis indikationer på att funktionen av reningsverkens finrenssilar påverkas om MAK används i stor utsträckning. En ökad belastning av kväverikt organiskt material in till reningsverket medför också en påverkan på den biologiska reningen och kvävereningen i de fall den typ av rening förekommer och konsekvenser av MAK på dessa behandlingssteg behöver därför också utredas.

6 Slutsatser

Matavfallskvarnars långtidseffekter på ledningsnätet för de inspekterade områdena i Surahammar och Smedjebacken får betraktas som ringa. En större mängd avlagringar observerades i ledningar med MAK påkopplade jämfört med ledningar utan, men i de allra flesta fall påverkade dessa inte ledningarnas funktion i någon vidare bemärkelse. Endast ett fåtal större avlagringar kunde överhuvudtaget konstateras fastän ingen kontinuerlig spolning utförts för ledningarna sedan MAK installerades för cirka tolv år sedan. När större avlagringar faktiskt har ansamlats har det framförallt skett i ledningar med svag lutning med tydliga svackor. Resultatet från denna studie indikerade att införandet av MAK sannolikt har förvärrat dessa specifika ledningars funktion. Den föreslagna metoden med funktionsklassning av ledningar erbjuder här en möjlighet för kommuner som vill hitta områden med ledningar som är lämpade för MAK. För de ledningar som uppfyllde kriteriet för självrens samt i mindre utsträckning var utsatta för svackor, var i många fall det enda problemet att ej finmalda matrester, som främst äggskal, blivit kvar i ledningen då dessa besuttit andra sedimentationsegenskaper. För att undvika problem i ledningsnätet p.g.a. MAK bör således hushåll som installerar kvarnar informeras om vad som kan malas ned som komplement till planeringen av vilka områden som fysiskt är mest lämpade. MAK verkar inte ha påverkat vattenförbrukningen för de tolv hushållen som studerades; hellre hade vattenförbrukningen minskat än ökat efter installation av MAK. Vidare kunde inga svavelvätehalter uppmätas i gasfas från den ledningssträcka som hade stora ansamlingar av sediment i kombination med en hög vattennivå.

7 Referenser

- BERGH, L., BOLDT, A. & LINDFORS, A.-K. 2010. Sammansättningsanalys restavfall. Rapport - VAFAB ed.
- BLECKEN, G., VIKLANDER, M., SVENSSON, G. & HEDSTRÖM, A. 2010. Fett i avloppsnät – Kartläggning och åtgärdsförslag. *VA-FORSK*. Stockholm.
- DAVIDSSON, Å., PETTERSSON, F. & BERNSTAD, A. 2011. Förstudie av olika system för matavfallsutsortering med köksavfallskvarnar. Lund: Lund University.
- DE MARÉ, M. 1995. Funktionsklassbedömning – Nytt sätt att värdera profilmätning av avloppsledningar. *PUFF-Projektet*. Malmö: Teknisk vattenresurslära LTH, Malmö VA-verk.
- DUCOSTE, J. J., KEENER, K. M., GRONINGER, J. W. & HOLT, L. M. 2008. Fats, roots, oils, and grease (FROG) in centralized and decentralized systems. *Water Environment Research Foundation*. IWA Publishing, London.
- ENERGIMYNDIGHETEN 2010. Förslag till en sektorsövergripande biogasstrategi. Uppsala.
- EVANS, T. D., ANDERSSON, P., WIEVEGG, A. & CARLSSON, I. 2010. Surahammar: A case study of the impacts of installing food waste disposers in 50 % of households. *Water and Environment Journal*, 24, 309–319.
- GALIL, N. & SHPINER, R. 2001. Additional pollutants and deposition potential from garbage disposers. *Water and Environment Journal*, 15, 34–39.
- HE, X., IASMIN, M., DEAN, L. O., LAPPI, S. E., DUCOSTE, J. J. & DE LOS REYES, F. L. 2011. Evidence for Fat, Oil, and Grease (FOG) Deposit Formation Mechanisms in Sewer Lines. *Environmental Science & Technology*, 45, 4385–4391.
- HVITVED-JACOBSEN, T. 2002. *Sewer processes: microbial and chemical process engineering of sewer networks*, Boca Raton, FL, CRC Press.
- KARLBERG, T. & NORIN, E. 1999. Köksavfallskvarnar – Effekter på avloppsreningsverk. *VA-FORSK RAPPORT*. Stockholm.
- KARLSSON, P., AARSRUD, P. & DE BLOIS, M. 2008. Återvinning av näringsämnen ur svartvatten – utvärdering projekt Skogaberg. Stockholm.
- KÄRRMAN, E., OLOFSSON, M., PERSSON, B., SANDER, A. & ÅBERG, H. 2001. Köksavfallskvarnar – En teknik för uthållig resursanvändning? *VA-FORSK RAPPORT*. Stockholm.

- LAGERKVIST, A. & KARLSSON, B. 1983. Integrerat transportsystem för källsorterat hushållsavfall. *Lulea Tekniska Högskola, Avdelningen för Restproduktteknik, Forskningsrapport*.
- NEDLAND, K., PAULSRUD, B. & RUSTEN, B. 2006. Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling. Oslo.
- NILSSON, O. & STAHRÉ, P. 1994. *Kortbedömning av TV-inspekterade avloppsledningar: [Evaluation of TV-inspected sewer pipes]*, Stockholm; Svenska vatten- och avloppsverksfören. (VAV) ;.
- NILSSON, P., HALLIN, P.-O., JOHANSSON, J., KARLÉN, L., LILJA, G., PETERSSON, B. & PETTERSSON, J. 1990. Källsortering med avfallskvarnar i hushållen – En fallstudie i Staffanstorp. *Bulletin Serie VA*. Lund: Avdelningen för VA-teknik.
- SEVER, V. F. & FOUST, H. 2011. Effect of Pipe Sags on Wastewater Collection System Performance. *Water Environment Research*, 83, 358–367.
- STOCKHOLM VATTEN 2008. Köksavfallskvarnar (KAK) i Stockholm. Stockholm.
- SVENSKT VATTEN 2004. *Dimensionering av allmänna avloppsledningar*, Stockholm, Svenskt vatten.
- SVENSKT VATTEN 2006. *TV-inspektion av avloppsledningar i mark*, Stockholm, Svenskt Vatten.
- TANJI, Y., SAKAI, R., MIYANAGA, K. & UNNO, H. 2006. Estimation of the self-purification capacity of biofilm formed in domestic sewer pipes. *Biochemical Engineering Journal*, 31, 96–101.
- VAV P83 2001. *Allmänna vattenledningsnät: anvisningar för utformning, förnyelse och beräkning*.
- YOSHIDA, A., HAMADA, T., YAMAGATA, H. & FUIJU, K. 2004. Impacts of food waste disposers on sewage system. *Technical Note of National Institute for Land and Infrastructure Management*, 69–74.
- ÖSTLUND, J., GIERTZ, T. & MELANDER, N. 2011. Utvärdering av kortbetygssystem för TV-inspekterade avloppsledningar – förstudie. *Svenskt Vatten Utveckling*.

Personliga kommunikationer

- HEDENSTRÖM, R. VA-ingenjör, Stockholm Vatten.
- VOLLERTSEN, J. Professor, Ålborg Universitet.



Box 47607, 117 94 Stockholm
Tel 08 506 002 00
Fax 08 506 002 10
svensktvatten@svensktvatten.se
www.svensktvatten.se