

Svenskt Vattens undersökning VASS reningsverk 2015

– nyckeltal från första året

Bakgrund och syfte

VASS Reningsverk är en undersökning på anläggningsnivå, det vill säga den redovisar reningsverkens resultat.

Undersökningen är frivillig och är öppen för alla VA-organisationer. Det går att välja att delta med ett eller flera reningsverk. Syftet med undersökningen är att medlemmarna ska kunna utveckla och öka kunskapen om energi- och resursförbrukning samt prestation för sina valda reningsverk.

Varför delta i VASS reningsverk? Om ditt/dina reningsverk är med i VASS får du ett bra material för att följa utvecklingen år från år. Du får också en möjlighet att jämföra kostnader, prestationer och resursförbrukning med andra verk genom att VASS-reningsverk beräknar nyckeltal för ditt verk. Att delta i VASS-reningsverk ger dig en bra utgångspunkt för kartläggning och förbättring av dina reningsverks effektivitet.

Peter Balmér, VA-strategi AB ([peter.balmer\(a\)telia.com](mailto:peter.balmer@telia.com)) har bistått Svenskt Vatten i undersökningen.

Resultat

VASS-reningsverk genomfördes för första gången under 2016. Driftdata för år 2015 från över 450 avloppsreningsverk har rapporterats in i Svenskt Vattens statistiksystem VASS.

Indata har granskats översiktligt. Uppenbara fel, t.ex. data i kWh istället för MWh har korrigerats. För verk större än ca 4000 anslutna har i flera fall kontakt tagits med uppgiftslämnaren vid oklara indata. Det finns säkerligen fortfarande felaktiga indata i materialet. Av praktiska skäl har det inte varit

möjligt att kontrollera alla indata som verkar felaktiga. Kompletterande data har i viss utsträckning inhämtats genom kontakt med respektive kommun.

I stort sett har insamlingen av data gått bra. Frågorna verkar ha varit tydliga, men några preciseringar bör göras inför nästa omgång. I en del fall har man uppenbart inte läst information till frågan innan man svarat.

Storleksfördelningen på de verk som medverkat framgår av tabell 1.

Tabell 1. Storleksfördelning för de reningsverk som rapporterat i VASS för år 2015

Storlek i pe	Antal verk
>100 000	12
>50 000-100 000	10
>20 000-50 000	35
>10 000-20 000	30
>5000-20 000	42
>2000-5000	61
1000-2000	65
<1000	198

Bas för nyckeltal

Som bas för nyckeltal används främst antal personekvivalenter. Kostnadsnyckeltal presenteras också relativt debiterad volym. Antalet anslutna personer har korrigerats för in/ut-pendling samt ansluten fritidsbebyggelse. För pendlare har belastningen reducerats med 25 % och för boende i fritidsbebyggelse med 85 %, denna anslutning kallas *p-korr*. Där industribelastning har rapporteras har denna omräknats till personekvivalenter (70 g BOD/pe,d) och adderats till anslutningen. Antalet personekvivalenter, *pe*, är summan av *p-korr* och industribelastningen i pe. Det bör noteras att många verk inte rapporterat industribelastning, ej heller pendling och ev ansluten fritidsbebyggelse. Många reningsverk tar emot slam från externa reningsverk och brunns slam. Här har *pe-slam* beräknats genom att antalet anslutna till de externa verken adderats till *pe*-talet och för personer som levererar brunns slam har personantalet ggr 0,5 adderats.

Det finns också möjlighet att ta fram nyckeltal med bas i antal personekvivalenter beräknat från BOD-belastning (*pe-BOD*) och en specifik BOD-mängd på 70 g BOD/p,d. Detta belastningsmått används i Miljörapporten och i SCB:s statistik. BOD-analysen är dock osäker bl.a. därför att nedbrytning kan ske under transporten i ledningsnätet och innan prov kommer till laboratorium för analys. Ett bättre mått är troligen kvävebelastningen. Ett *pe-N* tal har beräknats från kvävebelastningen och en specifik kvävemängd på 14 g N/p,d.

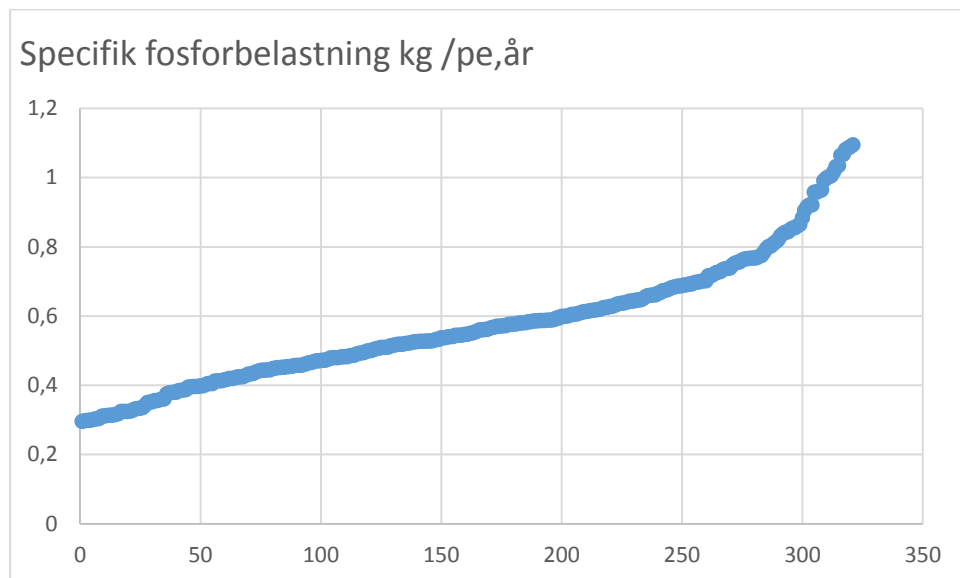
I flera europeiska länder där man genomför benchmarking utgår man från COD-belastningen. Man använder då en specifik COD-mängd på 120 g COD/p,d. I VASS finns därför också beräknat ett "*pe-COD Eu*" så att möjlighet finns till internationella jämförelser. Det bör dock observeras att den specifika COD-mängden i Sverige är ca 25 % högre än de 120 g/p,d som används på kontinenten.

Presentationsform

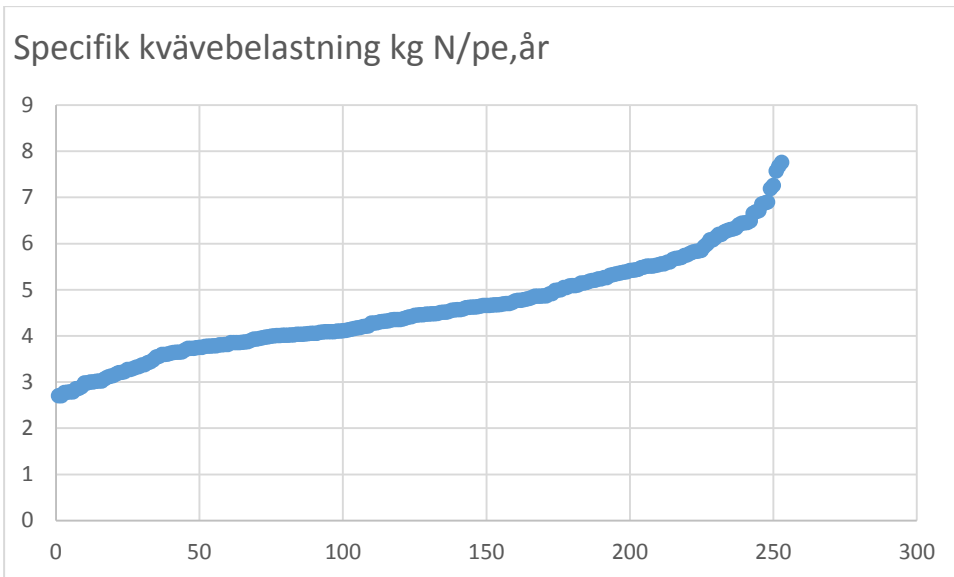
Ett antal nyckeltal har beräknats och presenteras dels i diagram, dels i ett antal tabellbilagor till denna rapport. I tabellbilagorna är verken som rapporterat sorterade efter storlek i pe. Antal reningsverk som är redovisade skiftar för de olika nyckeltalen, beroende på hur många reningsverk som fyllt i underlag för det enskilda nyckeltalet. I figurerna finns storleken uttryckt i pe på x-axeln och på y-axeln finns respektive nyckeltal redovisat, se även figur-rubriken samt texten under respektive figur. Svenskt Vatten har bedömt det som olämpligt att i denna första omgång sätta ut verkens namn. Man kan lätt hitta sitt eget verk i tabellbilagorna från antal anslutna pe (vilket kan skilja från antalet anslutna personer) och verkets ID. Det finns ett flertal andra nyckeltal som kan beräknas men som av utrymmesskäl ej presenteras i denna rapport.

Belastningar

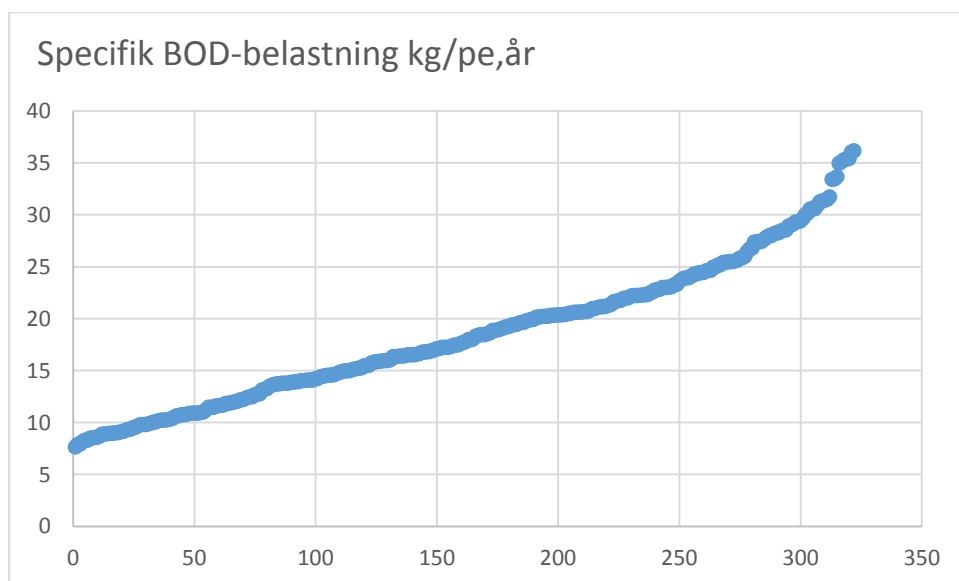
För avloppsreningsverk utan väsentlig industribelastning eller andra speciella förhållande så borde de specifika belastningarna vara desamma. Fördelningen av de specifika belastningar på deltagande reningsverken visas i figur 1-4. Här har verk som uppgivet en industrianslutning över 10 % sorterats bort.



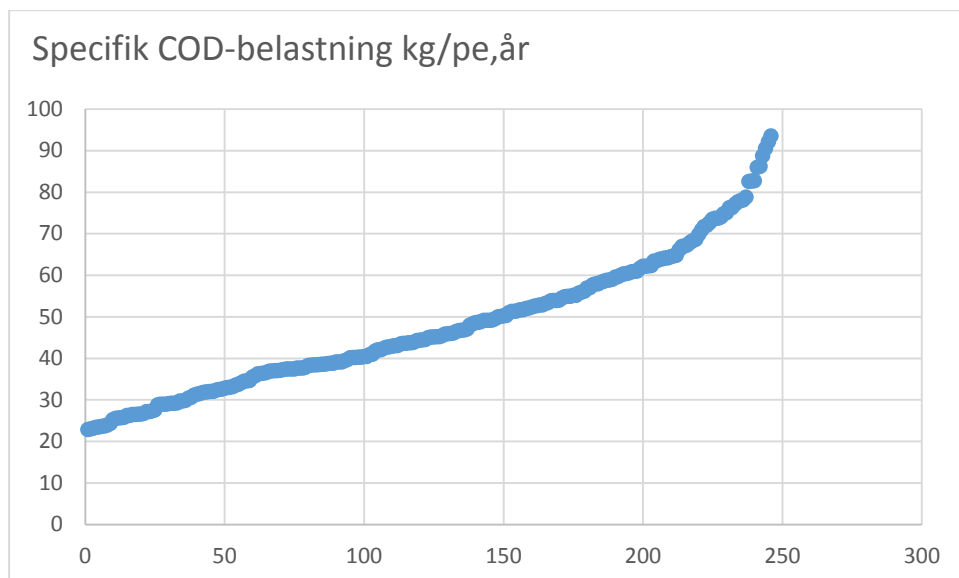
Figur 1. Fördelning av specifik fosforbelastning. Övre och undre decil är uteslutna, likaså verk med mer än 10 % industribelastning.



Figur 2. Fördelning av specifik kvävebelastning. Övre och undre decil är uteslutna, likaså verk med mer än 10 % industribelastning.



Figur 3. Fördelning av specifik BOD-belastning. Övre och undre decil är uteslutna, likaså verk med mer än 10 % industribelastning.



Figur 4. Fördelning av specifik COD-belastning. Övre och undre decil är uteslutna, likaså verk med mer än 10 % industribelastning.

Medianvärden framgår av tabell 2. De flesta deltagande verk är små och vid dessa sker inte provtagning lika ofta som vid större verk. Därför har också medianvärdena för verk större än 20 000 pe beräknats. Dessa medianvärden är något större. Antalet rapporterade värden är 438 för BOD, 431 för fosfor, 330 för COD och 346 för kväve. En del verk har avsevärd industribelastning. Större verk har vanligen mer frekvent provtagning än mindre. Medianvärden har därför beräknats även för verk > 20000 pe med industribelastning på max 15 % och med en fosforbalans som inte avviker med mer än 20 %.

Tabell 2. Medianvärden för specifika belastningar

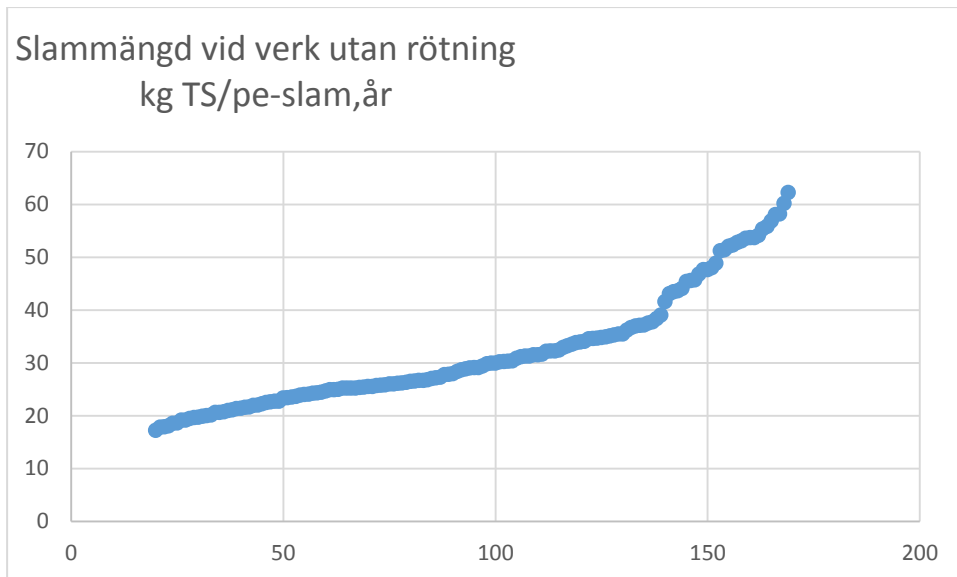
	BOD ₇ g/pe,d	COD g/pe,d	Totalfosfor g/pe,d	Totalkväve g/pe,d
Alla verk	48,5	123	1,50	12,2
Verk < 20 000 pe	61,0	146	1,63	12,7
Verk > 20 000 pe *	63,8	152	1,60	12,7

*Verk med max industribelastning på 15 % och med max 20 % fel i fosforbalansen

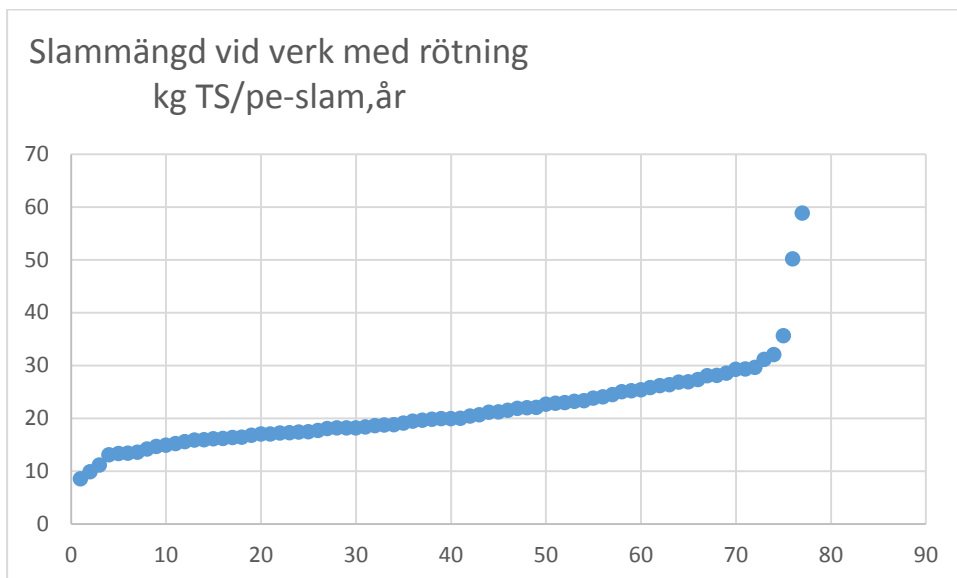
De specifika belastningarna för de flesta verken ligger inom förhållandevis snävt intervall men spridningen är stor. I tabellbilaga 1 visas de specifika belastningarna och de relativa belastningarna (d.v.s. de specifika belastningarna dividerade med medianvärdena i nedersta raden i tabellen ovan). I de fall där *alla* de relativa belastningarna för ett verk ligger väsentligt under eller över 1, kan man misstänka att fel föreligger i flödesmätningen. Betraktar man materialet närmare finner man att för flera verk som har en låg eller hög specifik belastning för en parameter också har det för de andra parametrarna. Detta är en stark indikation på att det föreligger fel i flödesmätningarna. En annan indikation på kvaliteten i belastningsdata erhålls om man ser på fosforbalansen (i tabellbilaga 1 angivet som kvoten mellan fosfor ut med renat vatten plus fosfor ut med slam i slam dividerat med fosfor in). Med helt korrekta mätningar skall kvoten vara 100 %.

Slam

De slammängder per capita som går ut från ett reningsverk borde vara ungefärligen lika för de verk som har rötning. För verk utan rötning bör också slammängderna per capita vara ungefär lika men ca 40 % högre än vid de verk som har rötning. I figur 5 och 6 visas fördelningen av slammängder per pe-slam för verk med resp. utan rötning. I figuren för verk utan rötning är den nedre och övre decilen borttagna. Medianvärdet för verk med rötning är 19,8 kg TS/pe-slam,år, för verk utan rötning 29,1 kg TS/pe-slam,år. "pe-slam" innebär att hänsyn har tagits till slam tillfört från externa verk och slam från enskilda fastigheter (brunnsslam). Samtliga rapporterade data finns i tabellbilaga 2.



Figur 5. Fördelning av slammängd vid verk utan rötning. Övre och undre decil är uteslutna.



Figur 6. Fördelning av mängd avvattnat slam för verk med rötning.

Metaller och organiska ämnen i slam

Normalt anges halterna av metaller och organiska ämnen i slam som mg/kg TS. Slammängderna per person kan dock variera, finns det rötning blir mängderna mindre än om slammet inte rötas och vid stabilisering med kalk blir slammängderna stora, men koncentrationerna av metaller och annat sjunker. Skall man jämföra metallmängder t.ex. för att få ett mått på hur uppströmsarbetet fungerar blir det mer relevant att jämföra mängder per pe-slam. En sådan jämförelse finns i tabellbilaga 3. I denna tabellbilaga visas även halterna relativt ett medianvärde för alla de verk som rapporterat. Det finns verk som sticker ut med kraftigt förhöjda mängder. Medianmängderna är sammanställda i tabell 3. Man skall vara medveten om att det inte bara är uppströmsarbetet som påverkar utan även faktorer som dagvattenanslutning och inte minst geologin i verksamhetsområdet kan påverka.

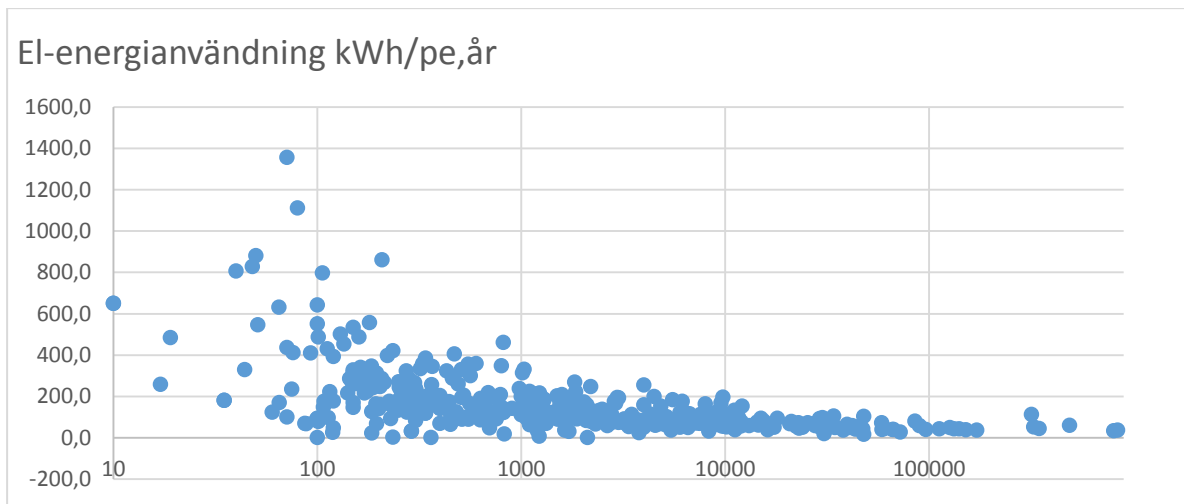
Tabell 3. Medianvärden för metaller och organiska ämnen i slam

	Mängd mg/pe-slam,år	Antal rapporterade värden
Ag	27,5	115
As	109	35
Cd	16,7	185
Cr	472	185
Cu	6880	185
Hg	8,2	184
Ni	340	184
Pb	330	183
Zn	12300	185
Nonylfenol	106	159
PAH	10,6	156
PCB	0,81	157

Vill man ha en mediankoncentration kan man dividera med median slammängd från föregående avsnitt.

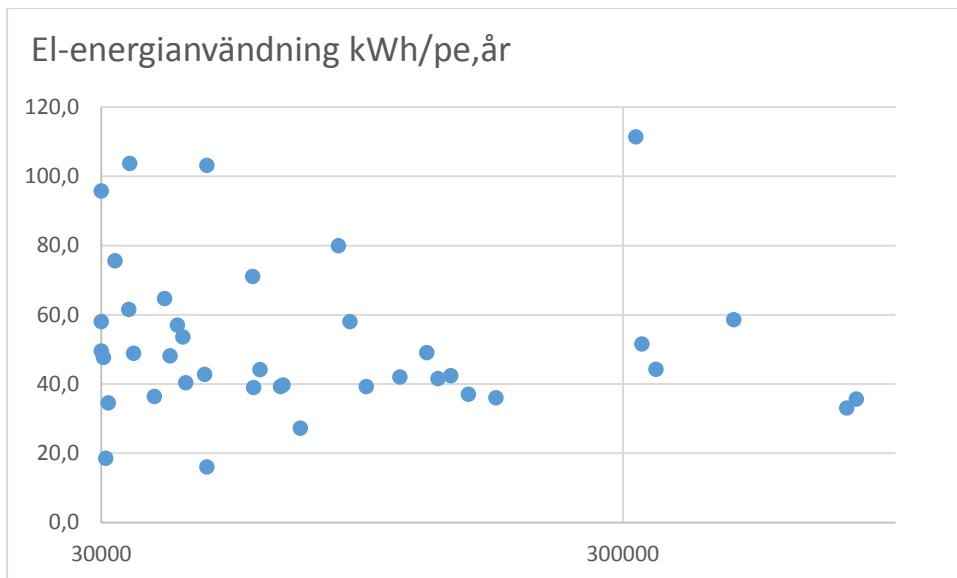
Energi – el-användning

Uppgifter om total el-energi användning samt hur denna fördelar sig på olika förbrukare har efterfrågats, liksom användning av andra energikällor. De flesta verken har svarat på frågan om total el-energianvändning medan det är färre svar på övriga frågor. Verken inloppspumpar har olika lyfthöjd allt ifrån 0 m till 54 m. Detta påverkar givetvis el-energianvändningen. Därför har el för inloppspumpar och eventuella mellan- och utloppspumpar dragits av. I de fall uppgift lämnats om dessa pumpars el-användning har denna dragits av. I de flesta fall saknas separat energimätning för pumparna och då har pumparnas el-användning beräknats från inflöde och lyfthöjd med en antagen pumpverkningsgrad på 60 %. I figur 7 visas energianvändningen för samtliga verk. I tabellbilaga 4 finns data för alla verk som rapporterat.

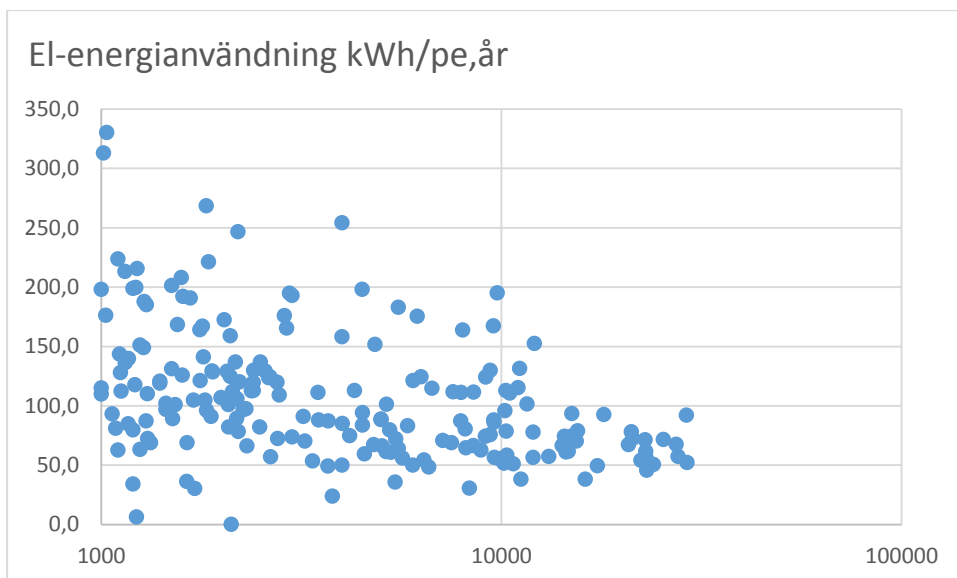


Figur 7. El-energianvändning exklusive energi till inlopps-, mellan- och utloppspumpar i kWh/pe,år.

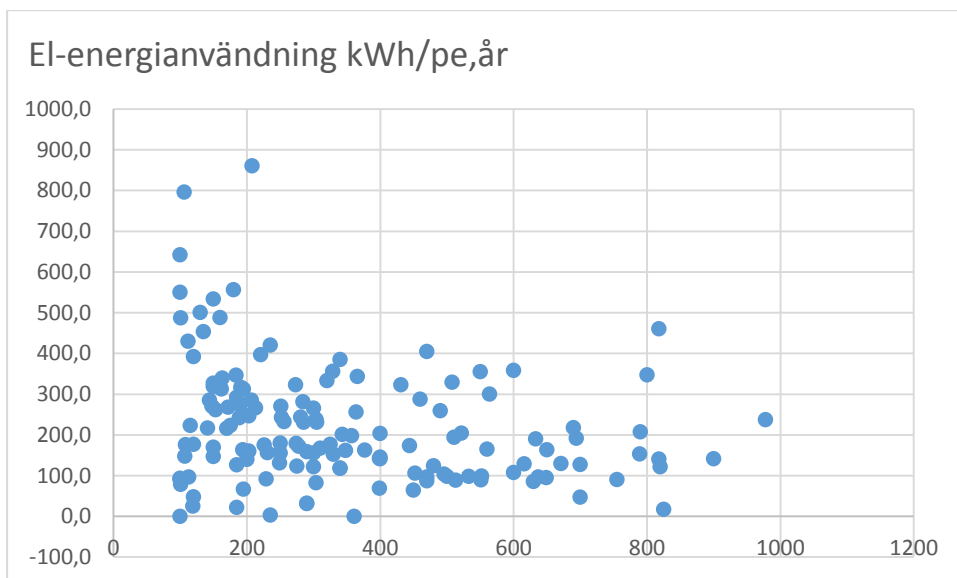
Figuren visar som väntat en skaleffekt och en stor spridning. För att få en bättre bild är materialet nedan uppdelat i mindre storleksintervall i figur 8-10.



Figur 8 El-energi användning ex pumpning vid verk med en anslutning lika med eller större än 30000 pe i kWh/pe,år.



Figur 9 El-energianvändning ex pumpning vid verk med en anslutning mellan 1000 och 29999 pe i kWh/pe,år



Figur 10. El-energianvändning ex pumpning vid verk med en anslutning mellan 100 och 999 pe i kWh/pe,år

I tabell 4 finns rapporterade data från Tyskland hämtade från SVU-rapport 2010-10. Jämför man data i tabellen med figurerna ovan så har det stora flertalet av svenska verk en hög och i en del fall mycket hög el-energianvändning. För de tyska och österrikiska verken ingår pumpning även om detta inte anges explicit.

Tabell 4. El-energianvändning, medianvärden, vid tyska avloppsreningsverk i olika storleksklasser.

Storleksklass pe-COD eu	El-energianvändning kWh/pe-COD eu,år
100-200	93
201-500	70
501-1000	65
1001-2000	50
2001-5000	47
5001-10 000	40
10 001-20 000	37
20 001-50 000	34
50 001-100 000	31
100 001-200 000	27
200 001-500 000	26
>500 000	29

En pe-COD eu är 120 g COD/pe,d

El-energianvändningen för enskilda verk finns i tabellbilaga 4. I tabellbilagan finns även andra nyckeltal (alla uttryckta som kWh/pe,år, som:

Nre002 Köpt energi

Nre003 Såld energi

Nre004 Netto energianvändning

Nre005 Energianvändning för luftning

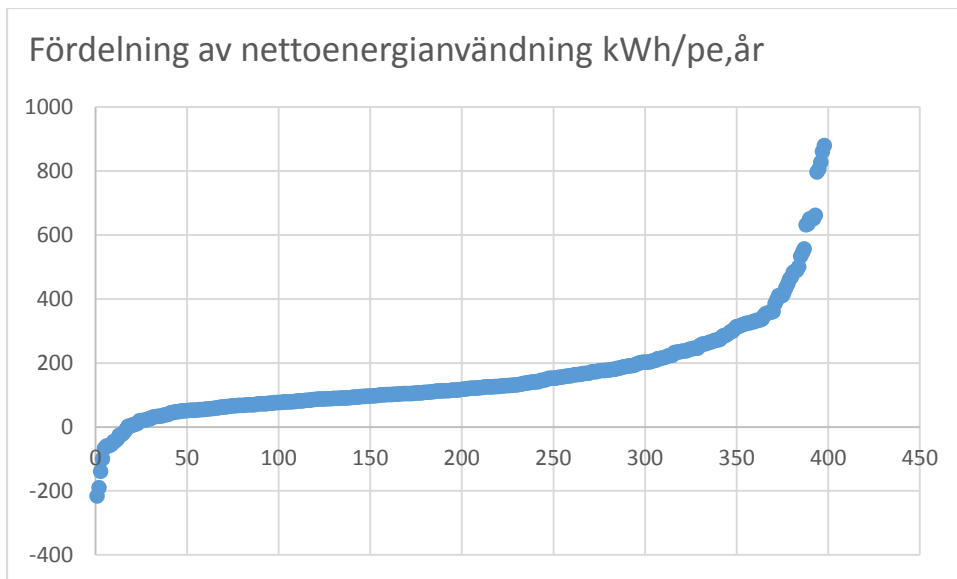
Nre006 El-energianvändning för biosteget

Nre007 Elenergianvändning för slambehandling

Nre008 Övrig uppmätt el-energianvändning

Nre009 Ej redovisad el-energianvändning

Fördelningen i netto energianvändning visas i figur 11.



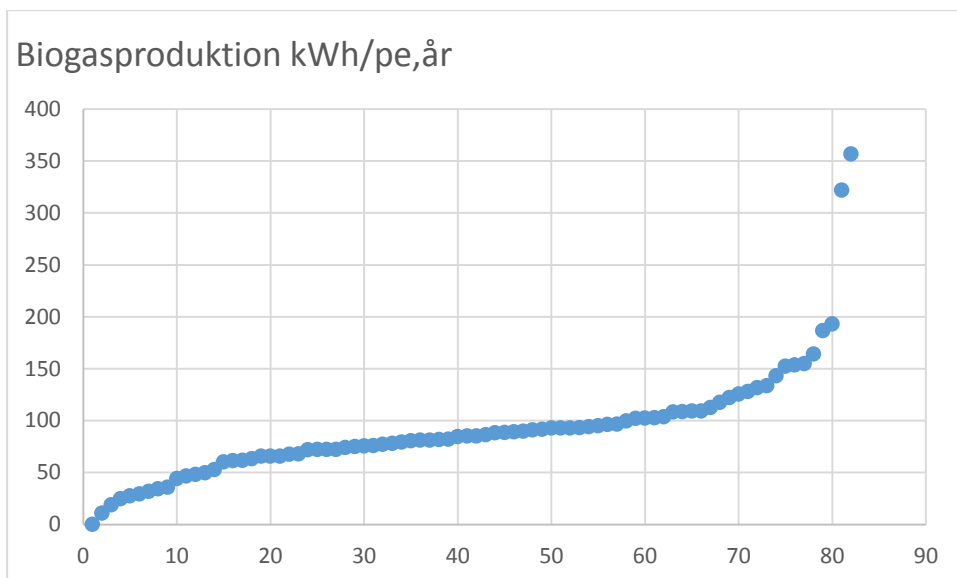
Figur 11. Fördelning av köpt energi av alla slag minus såld energi av alla slag

Det är 17 verk som är netto energiproducenter. De verk som är de största energiproducenterna är verk med stor biogasproduktion. Bland de verk som har stor nettoenergianvändning är flertalet små verk utan rötning.

Det skall framhållas att här inte tas någon hänsyn till de olika energislagens exergiinnehåll. Det går även att beräkna olika nyckeltal för syreöverföringseffektivitet. Dessa nyckeltal redovisas ej då det förefaller föreligga många fel i inrapporterade data.

Energi - gasproduktion

Genom att koppla ihop uppgifterna i Biogas-VASS med VASS-reningsverk kan biogasproduktion per pe beräknas. Det är 83 verk som rapporterat i både VASS-reningsverk och Biogas-VASS. Fördelningen av biogasproduktionen visas i figur 12. Medianvärdet är 85 kWh/pe,år. Flera av de verk som har en gasproduktion över 100 kWh/pe,år rötar, utöver slammet, beaktansvärda mängder externt organiskt material.



Figur 12. Biogasproduktion vid de verk som rapporterat i både VASS-reningsverk och Biogas-VASS

I tabellbilaga 6 finns förutom biogasproduktion per pe också biogasproduktion per kg VS tillfört röt-kammaren och per kg COD tillfört verket och per kg COD tillfört röt-kammaren. Där COD-värden saknats har dessa beräknats från VS-data med hänsyn taget till materialets karaktär. Studerar man data är det många värden som är orimliga. Det är inte troligt att gasproduktionen per kg VS tillfört röt-kammaren väsentligt kan överstiga 3,2 kWh eller 2,1 kWh per kg COD.

Kemikalieanvändning

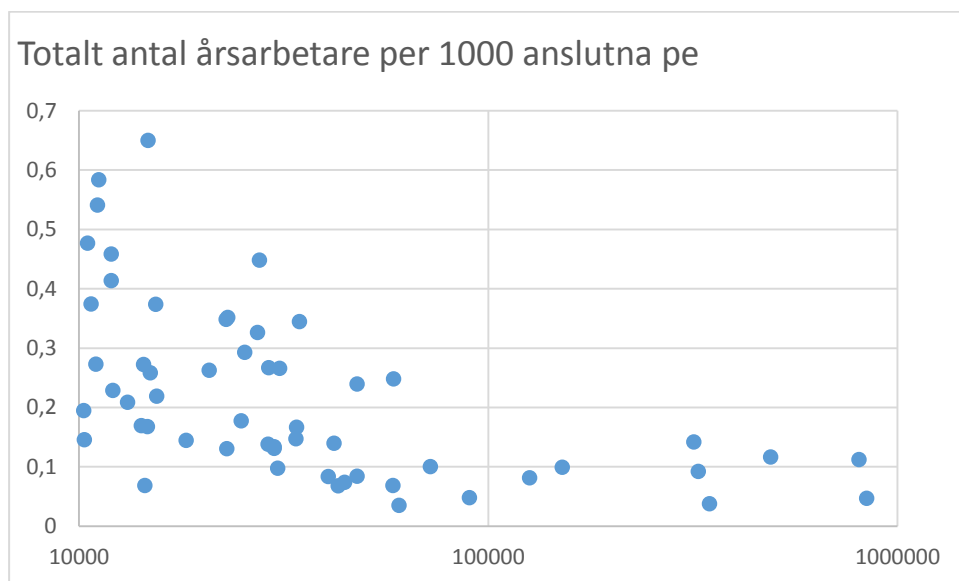
Det är ett flertal kemikalier som används vid verken. Kemikalierna har olika halt av järn eller aluminium. Det är därför meningslöst att ange dosering i g/m³. Användningen av fällningsmedel har beräknats som mol metall per pe och år och som mol metall per mol fosfor i inkommande vatten. Medianvärdena är 2,70 mol Me/mol P respektive 0,048 kmol Me/pe,år. Fällningskemikalieanvändningen för de verk som rapporterat finns i tabellbilaga 7.

Polymerer används för att förbättra avskiljningen i vattenbehandlingen vid 33 av de 148 verk som rapporterat. Polymer används vid alla verk med mekanisk avvattning för att konditionera slammet före avvattning. För att förbättra denitrifikationen tillsätts vid en del verk lätt nedbrytbart organiskt material vanligen metanol eller etanol. Det är 20 verk som rapporterat användning av kolkälla. Förbrukningen av dessa kemikalier finns i tabellbilaga 8. Medianförbrukningsvärdena är:

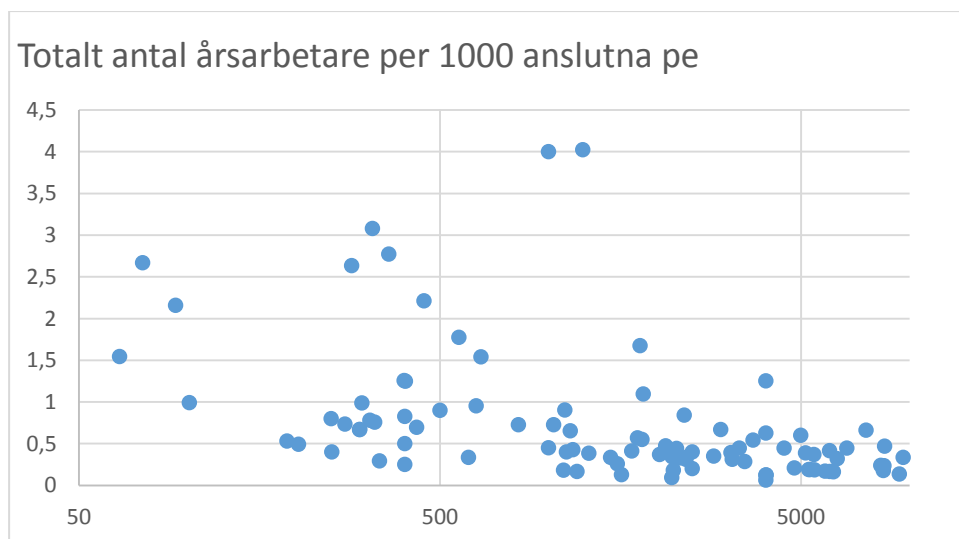
Fällningsmedel	0,048 kmol Me/pe,år
Fällningsmedel	2,72 mol Me/mol P
Polymer för vattenbehandling	0,15 g/m ³
Polymer för slambehandling	0,24 kg/pe-slam,år
Polymer för slambehandling	9,9 kg/ton TS
Kolkälla för denitrifiering	7 kg/pe,år
Kolkälla för denitrifiering	2,6 kg COD/kg denitrifierat N

Personal

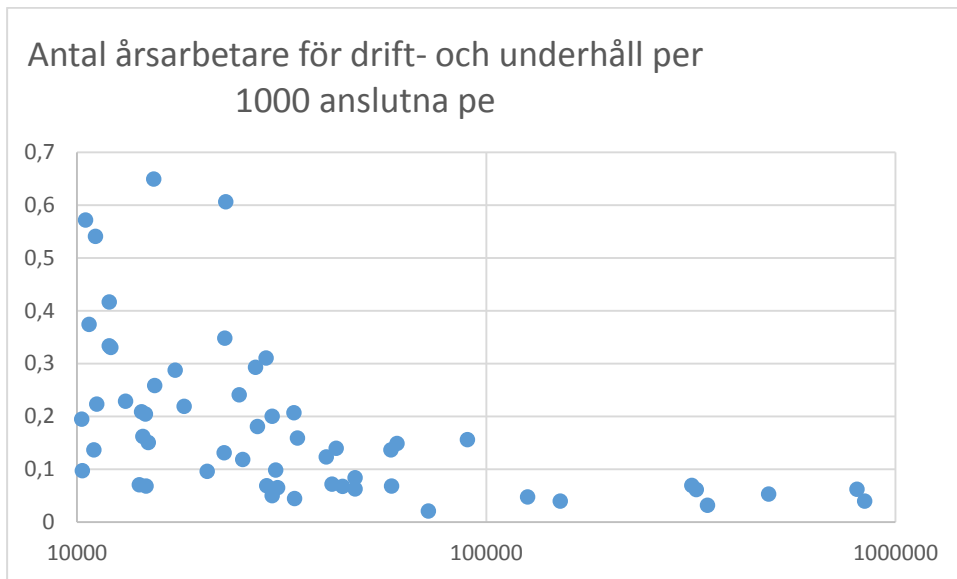
Personal är vid många reningsverk den största kostnadsposten. I figur 13 och 14 visas antal årsarbetare per 1000 anslutna. Ett årsarbete är 1740 h. Som väntat finns en tydlig skaleffekt där personalbehovet relativt anslutning är mindre vid stora verk. Man kan också konstatera att spridningen i antalet årsarbetare vid samma anslutningsgrad är stor. Det kan finnas stora skillnader i vilken utsträckning arbete med administration, information, uppströmsarbete m.m. finns med i antalet årsarbetare. Därför har även ett nyckeltal för personal sysselsatt med drift-och underhållsarbete tagits fram, figur 15 och 16. Man skall också vara speciellt observant på att personalbehovet också beror på i vilken utsträckning man köper in externa tjänster för ex underhåll och drift – detta kan variera stort mellan VA-organisationerna. Externt anlita personal ingår inte i personalnyckeltalet. Kostnadsnyckeltalet NrK034 (se avsnitt kostnader) kan här ge information. Personalnyckeltalen finns i tabellbilaga 9.



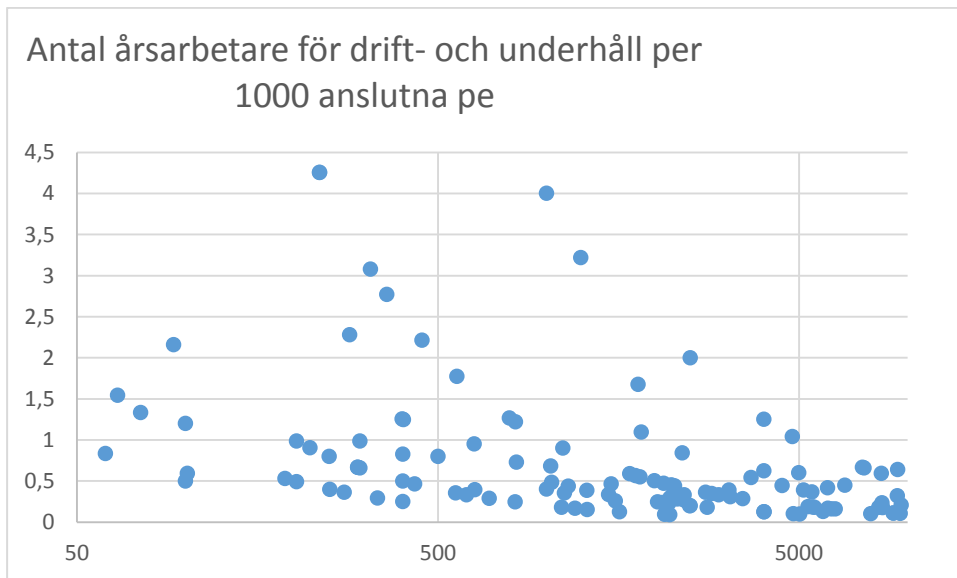
Figur 13. Totalt antal årsarbetare för verk med en anslutning mellan 10000 och 900000 pe



Figur 14. Totalt antal årsarbetare för verk med en anslutning mellan 50 och 10000 pe. Ett tiotal verk med starkt avvikande värden är borttagna.



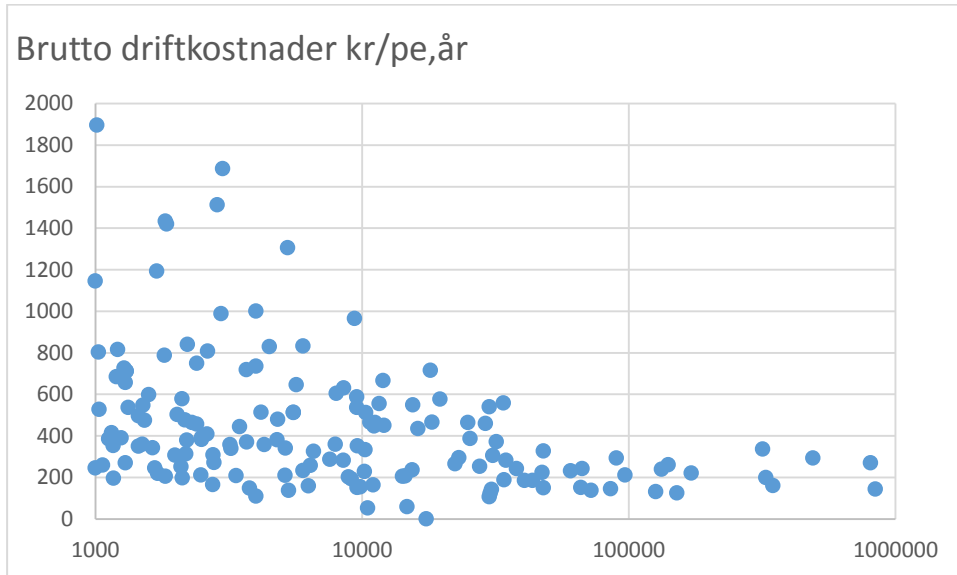
Figur 15. Antalet årsarbetare för drift-och underhållsarbete för verk med en anslutning mellan 10000 och 900000 pe.



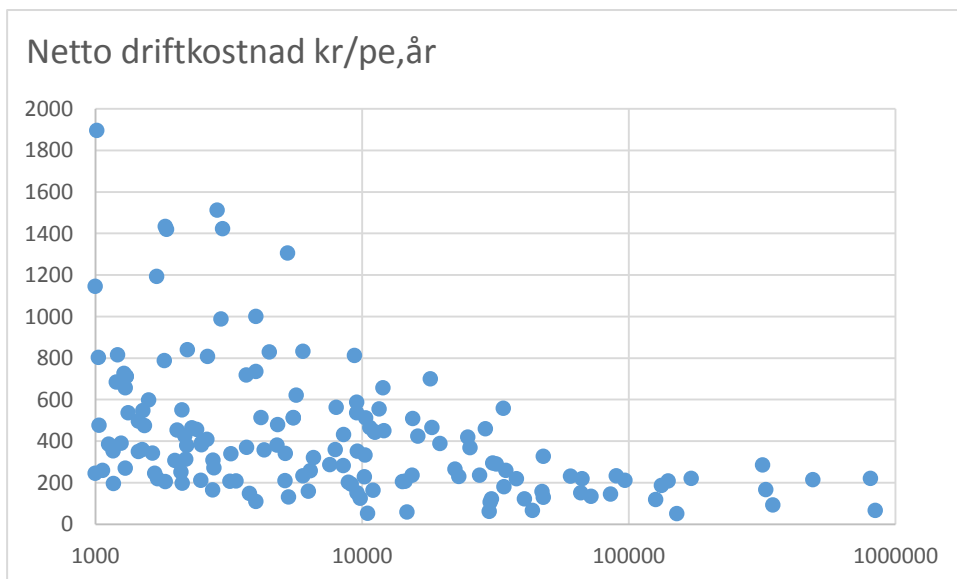
Figur 16. Antalet årsarbetare för drift-och underhållsarbete för verk med en anslutning mellan 50 och 10000 pe. Ett tiotal verk med starkt avvikande värden är borttagna.

Kostnader

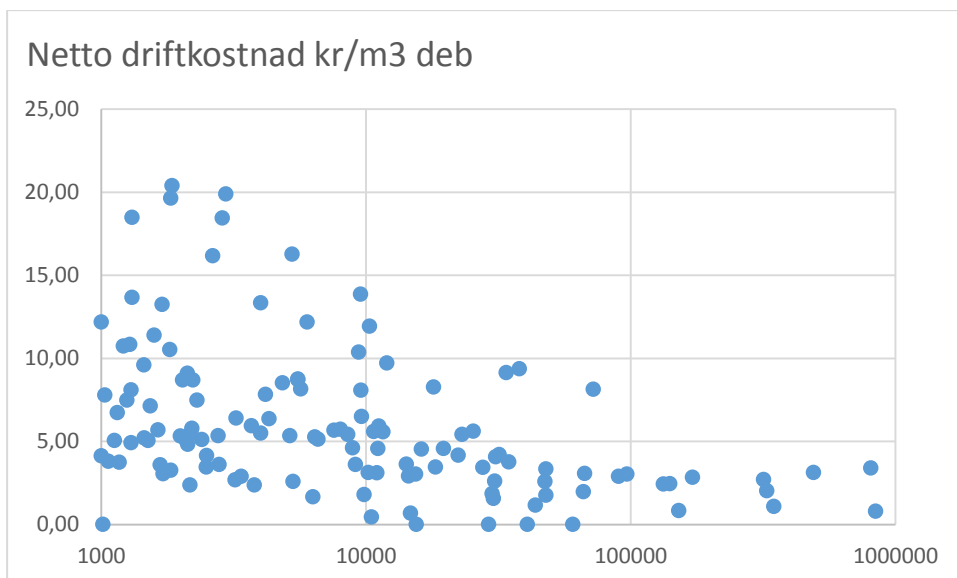
Det är 276 verk som rapporterat kostnadsdata i någon form. Brutto driftkostnaderna per pe som funktion av storlek för alla verk över 1000 pe finns i figur 17. I figur 18 visas netto driftkostnader, dvs brutto driftkostnader med driftintäkterna från dragna. I figur 19 nettodriftkostnader per m³ till konsument debiterat avloppsvatten.



Figur 17. Bruttodriftkostnader för verk större än 1000 pe. Ett starkt avvikande värde är borttaget



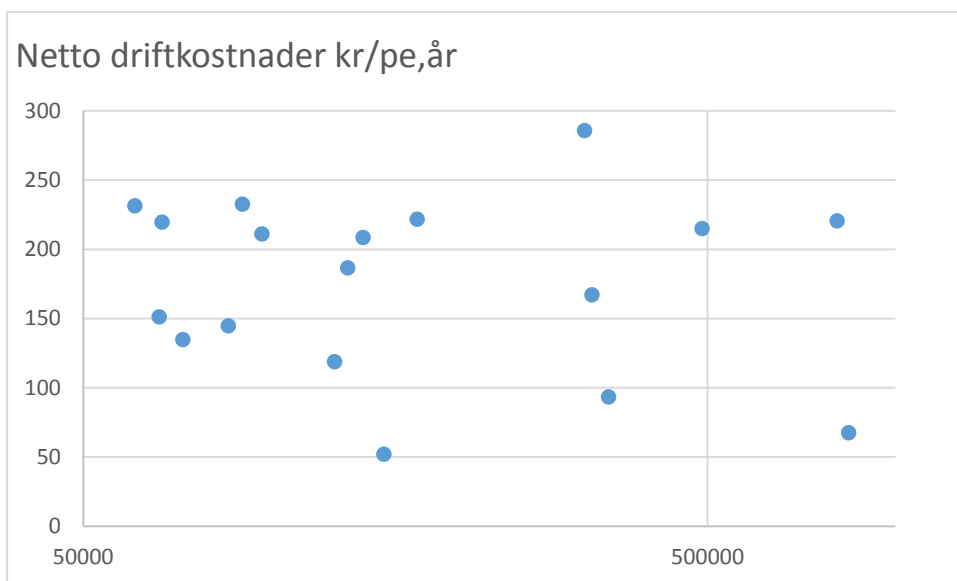
Figur 18. Netto driftkostnader för verk större än 1000 pe. Ett starkt avvikande värde borttaget.



Figur 19. Netto driftkostnad per m3 debiterat vatten. Två starkt avvikande värden är borttagna.

Det är färre verk som rapporterat driftintäkter än de som rapporterat brutto driftkostnader. En del verk har rapporterat högre driftintäkter än driftkostnader, vilket med stor sannolikhet är felaktigt och varför dessa värden har strukits. Det har uppenbart varit missförstånd om vad som är driftintäkter; i en del fall har bruksavgifter upptagits som intäkt och i andra anslutningsavgifter. Brutto och netto driftkostnader per pe, per m3 debiterat, per m3 behandlat och per kg borttaget OCP finns sammanställt i tabellbilaga 10. I tabellbilaga 11 finns kostnader för el, kemikalier, personal m.m. allt uttryckt per pe och år.

När man ser på alla verk finns det som väntat en skaleffekt; större verk har lägre kostnader än mindre. Det är dock uppenbart att andra faktorer än storlek har stor betydelse; ser man på verk med anslutningar över 50 000 pe (figur 20) är det svårt att se någon skaleffekt.



Figur 20. Netto driftkostnad för verk större än 50000 pe

Jämförelse av kostnader måste ske med stor försiktighet. Tre verk (Gryaab, Käppalaförbundet och SYVAB) drivs som bolag och bolagen driver endast ett verk. Här kan man vara rimligt säker att alla kostnader knutna till verket finns med. (Därtill ingår driftkostnader för ett regionalt tunnelsystem men dessa är små relativt driftkostnaderna för verket.) För bolag och kommuner som driver flera verk och därtill vattenverk och ledningsnät behöver man veta hur overhead-kostnader hanteras. Centralt placerade specialister och aktiviteter – fördelas kostnader för detta ut på anläggningarna? Kostnader för mark – är marken i egen ägo eller betalar man tomträttsavgäld? Debiteras avloppsreningsverket för dricksvatten? Det finns således många förhållanden som behöver klarläggas för att kunna göra en "rättvis" jämförelse. Att se på kostnader för personal, energi, kemikalier, slam användning och andra relativt väldefinierade kostnadsposter kan vara ett sätt att närma sig problematiken med kostnadsjämförelser, se tabellbilaga 11.

Konstiga nyckeltal

När man tittar i tabellbilagorna kan man lätt upptäcka nyckeltal med orimliga värden. Detta beror oftast på att man inte rapporterat alla de värden som ingår i nyckeltalet.

Att jämföra nyckeltal och att jämföra verk

Syftet med VASS-reningsverk är att ge deltagande verk möjlighet att jämföra sig med andra verk med hjälp av nyckeltal och härigenom identifiera förbättringsmöjligheter för sina valda reningsverk. Nyckeltalen ger dock inte hela bilden. Verken är olika i uppbyggnad och utrustning. För att tolka jämförelserna behöver man vara uppmärksam på detta. I tabellbilaga 12 finns beskrivande data sammanställda.

För en del nyckeltal t.ex. energianvändning, personal och kostnader finns det skaleffekter varför jämförelser i första hand bör ske med verk med ungefär samma storlek. För slamproduktion borde det inte finnas några skaleffekter men däremot har rötning eller inte stor betydelse, liksom om slammet kalkas. För kemikalieförbrukning bör det i princip inte finnas några skaleffekter men man kan tänka sig att större verk har mer sofistikerad reglering av dosering och mer resurser för kontroll och därigenom skulle kunna tänkas uppvisa bättre nyckeltal. Studerar man tabellbilagorna hittar man förvånansvärt stora skillnader i kostnader såväl totalt som för olika kostnadslag.

2016-12-12

VA-strategi Peter Balmér AB

Tabellbilagor

Tabellbilaga 1 Specifika och relativa belastningar

Tabellbilaga 2 Slammängder utan och med rötning

Tabellbilaga 3 Metaller och organiska ämnen i slam

Tabellbilaga 4 El-användning exklusive el för pumpning

Tabellbilaga 5 Köpt och såld energi och el-energianvändning

Tabellbilaga 6 Biogasproduktion

Tabellbilaga 7 Fällningsmedel

Tabellbilaga 8 Kolkällor och polymerer

Tabellbilaga 9 Personal

Tabellbilaga 10 Kostnader brutto och netto per pe, m³ deb, per kg OCP borttaget

Tabellbilaga 11 Kostnadslag

Tabellbilaga 12. Beskrivning av deltagande verk