

Värderingstal – Investering i åtgärder för minskning av tillskottsvatten till Ryaverket.

David l'Ons
2017-12-15

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	0
Värderingstal – Investering i åtgärder för minskning av tillskottsvatten till Ryaverket.....	3
Sammanfattning	3
Bakgrund	3
Ryaverket, rening och reningsvolymerna.....	3
Avloppsledningsnätets funktion och tillstånd	4
Syftet med värderingstal.....	5
Dimensionerande hydrauliska förutsättningar för Ryaverkets reningsprocesser.	5
Investeringskostnader Ryaverket	7
Investeringskostnader per kubikmeter vatten inom olika flödeskategorierna	10
Beräkning av nyckeltal för SRC och FRC för ett specifikt område eller projekt.....	11
Flödeskomponenter i tillskottsvattnet, FRC och SRCs.	12
Driftkostnader spillvatten och tillskottsvatten.....	13
Driftkostnader i framtiden	14
Utsläpp av Kväve fosfor och BOD från Ryaverket.....	14
Slutsatser	15
Bilagor.....	16
Bilaga 1	16
Tabell 1 Kapacitetsgränser för olika sorts rening på Ryaverkets existerande anläggning och med ett parallellt reningsverk med tillkommande fullständig reningskapacitet på 3 m ³ /s.	6
Tabell 2 Kapacitetsgränser (dygnsmedelflöden m ³ /s) och vattenvolymer (Mm ³ per år) till Ryaverket på ett högflödesår och medelflödesår.....	7
Tabell 3 Olika alternativ för fördelning av investeringskostnader för reningskapacitet.	9
Tabell 4 Investeringskostnader, tillskottsvattenmängder, och värderingstal för tillskottsvatten i olika flödeskategorier	10
Tabell 5 Procentuell fördelning av SRC och FRC från kodammarna, kostnad för tillskottsvatten inom olika flödeskategorier på Ryaverket, samt genomsnittskostnaderna för SRC och FRC från kodammarna.	11
Tabell 6 Procentuellt fördelning av SRC, FRC och TSV vid olika flöde till Ryaverket (RAOM data 2014 och 2015).....	12
Tabell 7 Volym av Avloppsvatten, spillvatten och tillskottsvatten (medel 2011-2015).....	13
Tabell 8 Årskostnader Gryaab fördelat på avskrivningar, personalkostnader, intäkter och övriga kostnader (medel 2011-2015).....	13
Tabell 9 Fördelning av personalkostnader, intäkter och övriga kostnader per m ³ avloppsvatten, spillvatten och tillskottsvatten.	13
Tabell 10 Årsmängd tillskottsvatten, massflöde av N, P och BOD i utgående till recipient från behandlade tillskottsvatten (2011 – 2015).....	14
Tabell 11 Kostnader för utsläpp av kväve fosfor och BOD räknat med Danska Utsläppsavgifter (DUA) metoden.	15
Tabell 12 Uppskattat fördelning av investeringskostnader på existerande reningsverk.....	16

Tabell 13 Uppskattat fördelning av investeringskostnader på nytt reningsverk samt reningsprocesser för avancerat rening..... 16

Figur 1 varaktighetskurvor flöde till Ryaverket, medelår och högflödesår (uträknat från åren 2000 – 2014), kategorier för de olika sorts rening samt nybyggnadsvärdet för existerande reningsanläggningar (mdkr) inom kategorierna..... 7

Figur 2 varaktighetskurvor flöde till Ryaverket, medelår och högflödesår (uträknat från åren 2000 – 2014) samt kategorier för de olika sorts rening och investeringar i existerande reningsanläggningar, ett nytt reningsverk samt avancerad rening inom kategorierna..... 10

Figur 3 Årsvolym, kostnader och Investeringar per flödeskategori, inkl. nytt reningsverk och med avancerat rening enligt kostnadsfördelning alternativ E. 11

Värderingstal – Investering i åtgärder för minskning av tillskottsvatten till Ryaverket.

Sammanfattning

Metoden som beskrivs i den här rapporten kan användas för att värdera nyttan av investering i åtgärder på ledningsnätet i jämförelse till utökade investeringar i reningsprocesser på Ryaverket. Metoden är uppbyggd så att åtgärder som minskar toppflöden till reningsverket har en högre kostandsnytta i kr/m³ tillskottsvatten än investeringar för att minska basflöden. Investeringskostnader för åtgärder dominera när jämfört med driftkostnader kopplade till tillskottsvatten. Metoden har även använts för att omsätta investeringskostnader till FRC och SRC komponenter i tillskottsvatten från hårda och mjuka yta. Det som finns kvar att utvärdera är kostnader för utsläppen från reningsverk och ledningsnät, värdering av tunnelsystemet som transportväg för tillskottsvatten, klimateffekter av drift av reningsverk och dagvattenreningsanläggningar samt tillskottsvattens påverkan på avsättningskostnader för slammet. Driftkostnader för framtida anläggningar och även för avancerat avloppsvattenrening har inte heller undersökts.

Bakgrund

Ryaverket, rening och reningsvolym

Ryaverket är idag högbelastat flödesmässigt, särskilt vid hög nederbörd. Detta beror på att vatten som inte är spillvatten når avloppsledningsnätet på ett eller annat sätt, så kallat tillskottsvatten. Under regniga år innebär detta en risk att inte villkoren ska uppfyllas, särskilt i kombination med framtida striktare villkor och större befolkning.

Skärpta reningskrav, satta som koncentration i utgående vatten, innebär att en större andel av de reglerade föroreningarna måste avskiljas. Idag gäller det organiskt material och närsalterna fosfor och kväve. För fosfor och organiskt material är kraven redan idag så stränga att 95 % eller mer måste avskiljas, vilket innebär att varje försämring av reningen eller förbiledning av sämre renat avloppsvatten på grund av höga flöden ger tydligt förhöjda utsläpp och innebär därmed risk för att inte villkoren ska kunna uppfyllas. För kväve är marginalerna större eftersom reningskraven som idag ställs i Sverige innebär att 60-80 % av kvävet i avloppsvattnet måste avskiljas.

Det bedöms finnas en betydande risk för framtida kombinationer av flöde, folkmängd och reningsvillkor som inte kan uppfyllas i befintliga reningsbassänger. Bassängvolymerna på Ryaverket måste vara extra stora eftersom de måste dimensioneras för höga flöden som kanske bara förekommer några gånger per månad eller år. För att ett regnigt år kunna behandla allt vatten 90 % av tiden måste man på Ryaverket exempelvis ha bassänger som kan rena tre till fyra gånger så mycket vatten (7 - 8 m³/s) som den egentliga spillvattenmängden (2 m³/s) är. Det innebär att Ryaverket behöver betydligt mer extra bassängvolym för att behandla dagvatten på reningsverket än vad de andra städerna i jämförelsen behöver. Flödena är höga i förhållande till jämförbara svenska städer, även om man tar hänsyn till skillnader i nederbörd. Ju strängare krav på det renade vattnet som ställs, desto större marginal i form av extra bassängvolym kommer att behövas. Det finns inte plats för ytterligare stora nya bassängvolym på den befintliga tomten. Även om det är möjligt för och prioriteras av ägarna att minska tillskottsvattenmängderna så kommer det att ta lång tid Huruvida det till slut blir nödvändigt

att bygga nya bassängvolymen är främst beroende av flödena och flödesfördelningen i tiden samt vilka villkor som ställs.

Befolkningstillväxten påverkar också, men mindre, eftersom såväl flödet som föroreningsinnehållet i spillvatten från hushåll och industrier är relativt konstant under dygnet, månaden och året. Om flödena minskar i tillräcklig takt framöver så kan de volymer som idag behövs som marginal för att hantera höga flöden användas för att rena spillvatten från en växande befolkning. Det blir också möjligt att efter hand införa lågbelastade reningsprocesser som använder mindre energi och kemikalier. Om flödena ökar ytterligare blir det svårt att klara ens nuvarande reningskrav för en växande befolkning i befintliga bassänger. Nya reningsbassänger måste troligen byggas inom något decennium. I vilken takt dessa byggs och hur dessa utformas bestäms givetvis vid den tidpunkt då beslutet måste tas.

Avloppsledningsnätets funktion och tillstånd

Att bygga avloppsanläggningar innebär stora investeringar och drifttiden är lång. Det innebär att varje beslut om utbyggnad av ledningssystem är långsiktigt. Eftersom avloppsanläggningar ska vara i drift under lång tid krävs att anläggningen är robust, dvs. fungerar även under störning och extra ordinära händelser. Den skall tåla förändringar och incidenter och vara möjliga att reparera med små konsekvenser för människors hälsa och miljön. Det innebär att planering och åtgärder på avloppsavledningssystemet ska vara långsiktiga och att dagens principer för avloppsavledning är hållbara. Det finns dock en potential att förbättra och utveckla dagens avloppsavledningssystem i Göteborg. Till Göteborgs Stads avloppssystem är drygt 497 000 personer, eller 647 000 personekvivalenter, anslutna. Spillvatten från dessa ansluter till ledningsnätet i drygt 44 000 anslutningar.

Ledningssystemet har olika systemfunktioner, duplikatsystem, separat system, kombinerat system och tryckavloppssystem. Avloppsledningar ansluter till ett tunnelnät i drygt 111 anslutningspunkter. Tunnelnätet för spillvatten mynnar i en inkommande tunnel till Ryaverket. Det allmänna avloppsledningsnätets totala längd (exkl. tunnlar) är ca 2 500 km, fördelat på 1 000 km spillvattenledningar, 400 km kombinerade ledningar, 900 km dagvattenledningar, 180 km tryckavloppsledning och 30 km ledning i tryckavloppssystem. Det finns 226 spillvattenpumpstationer i Göteborg inom avloppssystemet som är anslutet till Ryaverket eller till Donsö avloppsreningsverk. Dessutom finns fyra pumpstationer för enbart dagvatten i det allmänna dagvattensystemet. Vägverket och Trafikkontoret har flera dagvattenpumpstationer.

Det kombinerade systemet är uppbyggt så att bräddavlopp skall begränsa de vattenmängder som förs vidare till Ryaverket. I bräddavloppen avleds en del av avloppsvattnet till recipient eller dagvattenledning vid kraftig nederbörd. Det finns 145 st. bräddavlopp i kombinerat system som avleder bräddvatten i 60 utloppspunkter. Det finns 61 st. nödutlopp i duplikat system för att vid extremt höga flöden inte riskera källaröversvämningar. Utöver dessa finns nödutlopp i anslutning till i stort sett alla pumpstationerna och har som funktion att avleda avloppsvatten till recipient vid driftstörningar i pumpstationen så som strömavbrott eller pumphaveri. Bräddning och nödavledning sker till 20 vattendrag i 60 st. utsläppspunkter. Göta älv nedströms råvattenintaget vid Lärjeholm är den klart dominerande recipienten för bräddat avloppsvatten, men bräddning sker även till Sävån, södra kustvattnet och Mölndalsån. De tre största bräddpunkterna är Kodammarnas spillvattenpumpstation, Herkulesgatans spillvattenpumpstation och Krokängsparkens bräddavlopp. Dessa står tillsammans för nästan hälften av den totalt bräddade volymen. Den största bräddpunkten är

Kodammarnas spillvattenpumpstation. I duplikatsystem är ca 3 400 ha hårdgjord yta ansluten med avledning till recipient. Av dessa avleds ca 230 ha (6%) via behandlingsanläggningar i det allmänna dagvattensystemet före avledning till recipient. Trafikkontoret, Fastighetskontoret, Vägverket och privata fastighetsägare har också behandlingsanläggningar för dagvatten.

För att beskriva hållbar utveckling ur avloppsavledning sammanhang delas målen in i följande tre perspektiv: brukar-, miljö- och ekonomiskperspektiv.

Hållbar utveckling av avloppsavledningssystemet i Göteborgs Stad innebär: Långsiktigt hållbar avloppsavledning för människors hälsa och miljön och med hänsyn till intresset av en god hushållning med naturresurser. Framgångsfaktorer för att nå långsiktig hållbar avloppsavledning är kontinuerlig uppföljning av verksamheten, engagerad och kunnig personal, aktiv forskning och utveckling, långsiktigt tänkande, helhetsperspektiv och tålamod samt ett fungerande samverkan mellan berörda aktörer.

Syftet med värderingstal

Göteborg Vatten har länge använt värderingstal för att jämföra kostnader i olika projekt. Tidigare värderingstal från ÅPA93 och ÅPA2010 gällde separering av områden för att minska bräddning till recipienten och för att minska dagvatten till Ryaverket. I det här dokumentet har en ny metodik för beräkning av värderingstal arbetats fram som ska värdera nyttan med ett projekt som avser att minska eller koppla bort tillskottsvatten till spillvattenförande ledningar och som i förlängningen innebär minskad belastning på Ryaverket.

Tillskottsvatten kallas det vatten som tillförs spillvattenförande ledningar utöver förbrukat dricksvatten. Det är alltså dagvatten, dränvatten eller inläckage till ledningar eller tunnelsystemet. Tillskottsvattnet bidrar både till det konstanta basflödet och till flödestoppar på reningsverket

Flera olika kostnader och problem uppstår dels på ledningsnätet, dels på reningsverket p.g.a. tillskottsvatten:

- Förhöjda investeringar i reningsvolym och reningsutrustning på reningsverket.
- Förhöjda driftkostnader och åtgång av kemikalier och energi främst på reningsverket.
- Kostnader vid källaröversvämning.
- Kostnader vid pumpning på ledningsnät och reningsverk.
- Förhöjda utsläpp av föroreningar till recipienten från ledningsnät och reningsverk.

På lång sikt innebär höga flöden att reningsverk och ledningsnät måste dimensioneras för högre flöden än vad som annars är nödvändigt.

Dimensionerande hydrauliska förutsättningar för Ryaverkets reningsprocesser.

Ryaverket har byggts om i flera etapper under de senaste fyra decennier, oftast för att möta utökade reningskrav och även för att bättre rena mer avloppsvatten vid hög tillrinning. Samtidigt finns en ambition att allt mindre avloppsvatten bräddas från ledningsnätet direkt till recipient och tillförs i högre utsträckning Reningsverket. Ryaverkets nuvarande anläggning är byggd för att kunna utföra fullständig rening för flöden upp till 7 m³/s. Flöden som överstiga 7 m³/s behandlas i olika grad i några av reningsprocesserna (Tabell 1 nedan).

Med fullständig rening menas behandling med mekanisk, kemisk och biologisk rening. Samtliga processer är dimensionerat för att uppnå uppställda reningskrav med god marginal. Vid flöden över 7 m³/s behandlas resterande flödet i ett mindre antal anläggningsdelar, men även dessa flöden renas till en nivå med god marginal så att reningskraven på det samlade utsläppet från Ryaverket inte riskera att överskrids.

Tabell 1 Kapacitetsgränser för olika sorts rening på Ryaverkets existerande anläggning och med ett parallellt reningsverk med tillkommande fullständig reningskapacitet på 3 m³/s.

Flöde/flödesinterval och kapacitet nuvarande anläggning (m ³ /s)	Typ av rening existerande reningsverk	Typ av rening med nytt parallellt reningsverk för 3 m ³ /s
Spillvatten (ca 1,9)	Fullständig	Fullständig
Medeltillrinning (ca 4,2)	Fullständig	Fullständig
0 – 7	Fullständig	Fullständig
7 – 10	mekanisk och kemisk	Fullständig
10 - 14	endast mekanisk	mekanisk och kemisk
>14	Bräddning via tunneln eller ledning	endast mekanisk

Eftersom det bedöms orimligt ur ett ekonomiskt perspektiv att bygga och bedriva en anläggning för att fullständigt rena avloppsvatten vid alla flöden krävs en noggrann övervägd metodik för att dimensionera anläggningar av rätt storlek, kapacitet och redundans för att ändå uppnå reningskraven med god marginal. Denna princip gäller alla reningsverk oavsett hur mycket flöde och belastningar varierar. En dimensioneringsstandard som används av konsulter i många länder är att fullständigt rening dimensioneras flödesmässigt för maximalt 3 x DWF (Dry Weather Flow), dvs 3 ggr torrvädersflöde, eller egentligen 3 ggr spillvattenflödet. För flöden som överskrida 3 DWF finns det på vissa anläggningar kapacitet för att magasinera en del av inflödet och på andra anläggningar finns reningsprocesser för att snabbt rena avloppsvattnet till en viss grad innan avledning till recipienten.

Flödet till Ryaverket varierar ganska mycket från år till år och berör mycket på nederbörds mängden. Ryaverkets dimensioneringsmetodik har varit att fullständigt rening ska alltid kunna klara minst 7 m³/s (3,5 ggr spillvattenflödet) men kapacitet kan variera en del, mest under vanlig drift beroende på det biologiska slammets sedimenteringsegenskaper samt under perioder vid avställningar och underhållsinsatser.

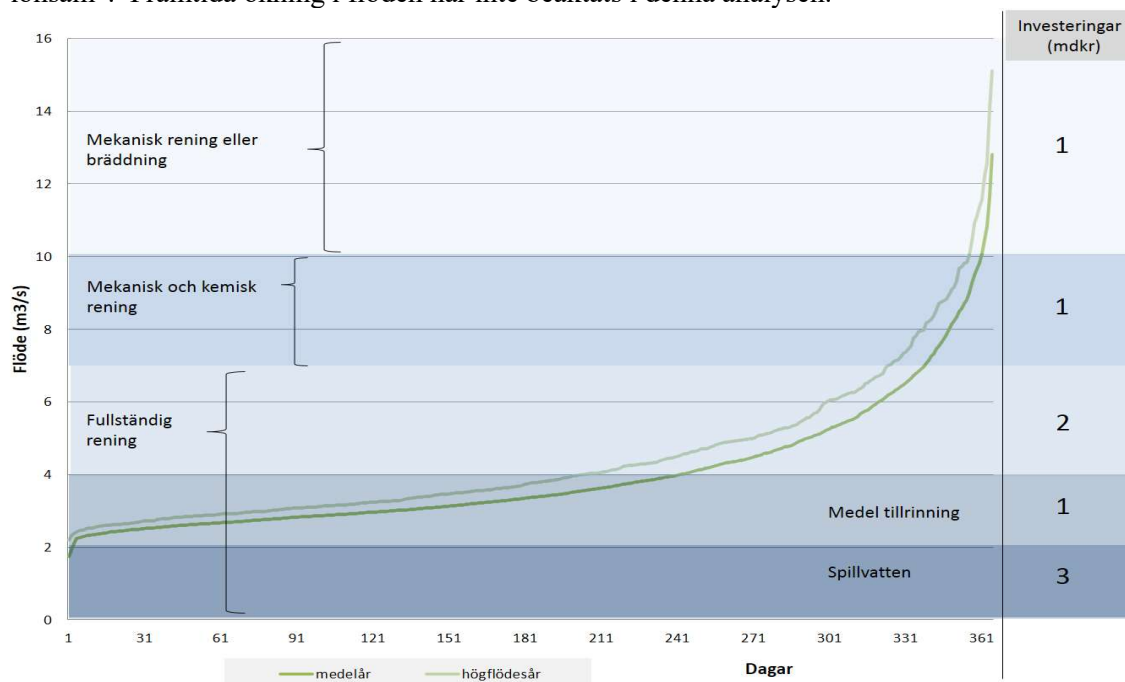
I Figur 1 nedan finns varaktighetskurvor för två olika flödesår samt gränserna reningsnivåerna. Flödesdata (dygnsmedelflöden i m³/s) från åren 2000 till år 2014 har använts för att skapa flödesåren, ett medelår (50 percentil år) och ett högflödesår (90 percentil år).

Högflödesåret är det året som är dimensioneringsgrundande för de olika sorts reningar, dvs flödet som borde kunna hanteras 9 av 10 år, med ett år som överskrida dimensioneringen. Det kan ses som en parallell till 10-årsregn vid dimensionering av ledningar. Dvs investeringsnivån i kapacitet för att klara nio av tio års belastning. Detta är under antagandet att det är rimligt att Gryaabs mål avseende förbiledning av biosteget uppnås nio av tio år och att det i genomsnitt ett av tio år kommer så mycket vatten att målen inte uppnås.

Medelflödesåret är det året som de olika reningsnivåerna belastas med flödesmässigt på ett ”normalår”. Begreppet normalår eller medelår menas att belastning kommer att vara lägre på ca

hälften av åren och högre ca hälften av åren. Det kan ses som den mest förekommande belastningsgrad på de olika reningsstegen för ett typiskt flödesår med måttliga flöden.

Vid åren med högre tillrinningen blir de redan gjorda investeringar i rening för varje kubikmeter behandlat vatten mer ”lönsamma” och med åren med lägre tillrinning blir investeringar mindre ”lönsam”. Framtida ökning i flöden har inte beaktats i denna analysen.



Figur 1 varaktighetskurvor flöde till Ryaverket, medelår och högflödesår (uträknat från åren 2000 – 2014), kategorier för de olika sorts rening samt nybyggnadsvärdet för existerande reningsanläggningar (mdkr) inom kategorierna.

I Tabell 2 redovisas flödesgränserna för de olika sorts rening på Ryaverket på ett högflödesår samt vilka volymer avloppsvattenvatten som finns inom de olika flödesintervaller på ett högflödesår. I tabellen redovisas även motsvarande kapacitetsgräns och årsvolym av avloppsvatten på ett medelflödesår.

Tabell 2 Kapacitetsgränser (dygnsmedelflöden m^3/s) och vattenvolymer (Mm^3 per år) till Ryaverket på ett högflödesår och medelflödesår.

	Medel tillrinning (0 - 4 m^3/s)	Övrig fullständig renat (4 – 7 m^3/s)	Mekanisk och kemisk renat (7 – 10 m^3/s)	Endast mekaniskt renat (10 – 16 m^3/s)
Högflödesår Gräns (m^3/s)	4	7	10	16
Högflödesår Årsvolym Mm^3	48	22	6	2
Andel av året (% av tiden) under gränsen hög och medelflödesåren	60	88,8	97,5	100
medelflödesår Gräns (m^3/s)	3,5	6,1	8,8	>8,8
medelflödesår Årsvolym Mm^3	46	19	5	1

Investeringskostnader Ryaverket

För att kunna kostnads bedöma olika flödeskategorier utgör vi ifrån de befintliga investeringarna och de eventuellt tillkommande. Om enbart spillvatten skulle tillföras reningsverket så skulle flödet vara

konstant, därför skulle volymerna vara betydligt mindre, men det skulle ändå behövas en hel del utrustning för luftning, omrörning, pumpning etc. för att rena spillvattnet. Att överföringen av vattnet till reningsverket skulle kunna ske i helt andra ledningar än dagens tunnlar är uppenbart, men ingår inte i den här beräkningen. Istället tillgodoses här kostnaden för tunnlar både spillvatten och tillskottsvatten. Det finns alltså en baskostnad för spillvattnet som är oberoende av tillskottsvattensmängden. I den ingår en viss rimlig redundans för utrustning och volymer. På det viset kan en del tillskottsvatten hanteras ”på köpet” i anläggningen (dvs. flöden upp till medeltillrinningen, ca 4 m³/s). För att hantera mer tillskottsvatten har större investeringar behövts, och investeringarna har varit krångligare och dyrare när mer vatten behövde behandlas i anläggningen. Flöden mellan medeltillrinning (4m³/s) och kapaciteten för biologisk rening (7m³/s) och flöden som överskrider det biologiska reningskapaciteten, är det vatten som orsakar att investeringarna historiskt är större än vad de skulle vara med enbart spillvatten. Det flöde som det inte finns kapacitet för fullständig behandling i dagens reningsverk riskerar att utlösa ytterligare investeringar för ökad kapacitet på biologisk (fullständig) rening. Det kvarstår dock kostnader för tunnlar, pumpning, mekanisk rening, slambehandling etc. Var denna gräns sätts beror på toleransen för att släppa ut avloppsvatten som inte genomgått fullständig behandling. Det vill säga av målbilden.

I Tabell 3 nedan redovisas olika alternativ för fördelning av investeringskostnaderna för reningskapacitet för olika flödesintervaller. Kostnader är beräknade utifrån principen för nybyggnadskalkyl, vilket motsvarar vad det skulle kosta om anläggningarna byggdes upp från början idag. Mestadels av kostnaderna för ett tillkommande parallellt verk för fullständig rening finns i flödeskategorin 7 – 10 m³/s.

Som exempel på nybyggnadskalkyl kan Gryaabs Inkommande pumpstation användas, enligt Gryaab (bilaga 1) beräknas inkommande pumpstation kosta 600 mkr att bygga idag enligt nybyggnadskalkylen. Om samtliga existerande komponenter på pumpstation skulle någon gång i framtiden bytas ut p.g.a. av t.ex. dålig funktion eller ålder, påverkas inte nybyggnadskostnaden. Men om pumpstationen skulle behöva utökas kapacitetsmässigt för att klara att pumpa utökade flöden med rimlig redundans, blir det förändrade förutsättningar och nya kostnader tillkommer nybyggnadskalkylen. Samma resonemang kring tillkommande kostnader gäller även för nya mer avancerade reningsprocesser och för ett ev. nytt reningsverk eller processer för mer avancerade rening.

Gryaabs existerande anläggningar beräknas ha en nybyggnads kostnad av 8 mdkr. Nybyggnadskostnader för samtliga av Gryaabs existerande anläggningsdelar och ev. framtida anläggningar eller anläggningsdelar finns i bilaga 1.

Förutsättningar för kostnaderna är följande:

- Existerande reningsverk och tunnel har ett värde av 8 mdkr i alternativ A och 6 mdkr i alternativ B,C, D och E. I alla alternativ utan A har två tredjedelar (2mdkr) av tunnelsystemets nybyggnadskostnader inte medräknats.
- Ett kompletterande reningsverk för att flytta gränsen för fullständig rening från dagens nivå på 7m³/s till 10 m³/s tillägs och beräknas komma att kosta 4 mdkr.
- Kostnaden för komplettering med avancerad rening i första skedet rening av prioriterade ämnen och läkemedelsrester (100 mkr per m³/s kapacitet) och i andra skedet annan odefinierat tillkommande rening (100 mkr per m³/s kapacitet).
- Avancerad rening införs om ca 15 år (2030)

- I Alternativ E har kostnader för slamhanteringsprocesser (800 mkr) inte medräknats.

En mer detaljerat redovisning av kostnaderna för enskilda delar av Gryyabs anläggningar finns i bilaga 1.

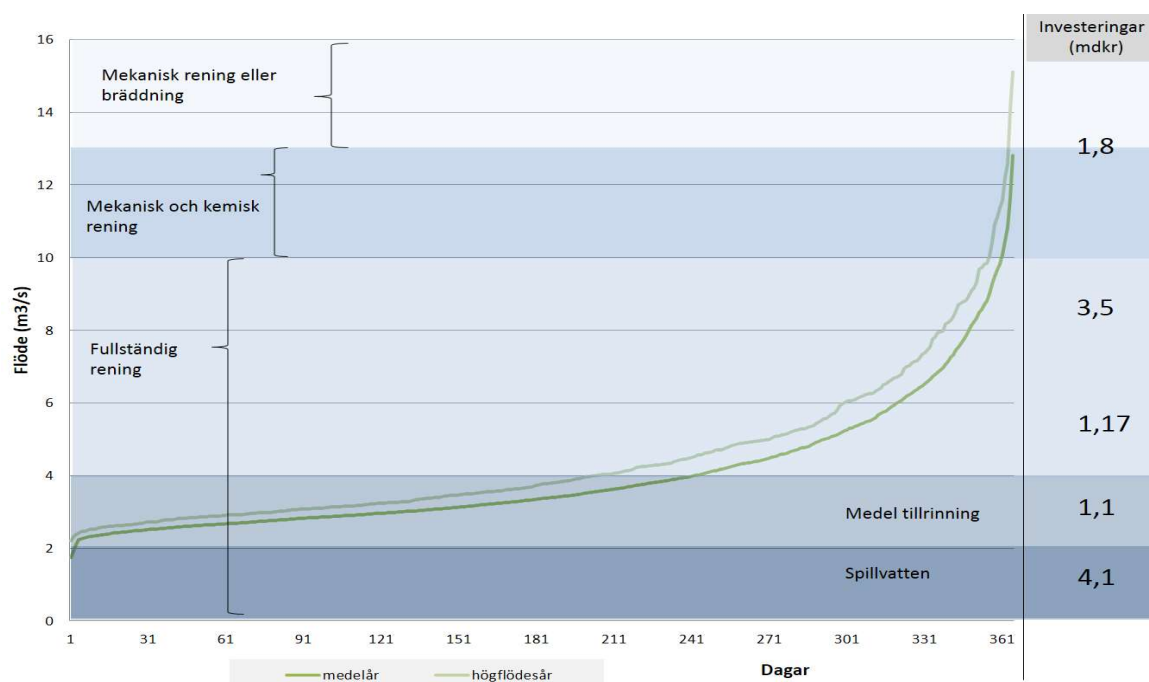
Tabell 3 Olika alternativ för fördelning av investeringskostnader för reningskapacitet.

Alternativ	0-2 (m ³ /s)	2-4 (m ³ /s)	4-7 (m ³ /s)	7-10 (m ³ /s)	10 + (m ³ /s)
A	3	1	2	4	2
B	4	1	1	3	1
C	4,4	1,4	1,6	3,6	2
D	4,34	1,34	1,51	3,51	1,85
E	4,11	1,11	1,17	3,51	1,85

- Alternativ A – Existerande reningsverk plus nytt reningsverk för fullständig behandling av allt avloppsvatten upp till ett flöde av ca 11 m³/s.
- Alternativ B - Resultat av inledande workshop kring investeringskostnader (Gryaab och KOV) omfördelning av kostnader inklusive nytt reningsverk för fullständig rening av allt avloppsvatten upp till ca 11 m³/s i detta alternativ är kostnader för tunnelsystemet minskat från 3 till 1 miljarder kronor. Kostnader för transport av tillskottsvatten till Ryaverket hanteras istället som extrakostnad. (ej hanterat)
- Alternativ C – är samma som B plus ett påslag investering för avancerad rening på 200 miljoner per m³/s kapacitet.
- Alternativ D - Hybrid av B och C, 15 år med alternativ B (mer fullständig rening) följde av 85 år med alternativ C. (100 år används för att bättre reflektera utbytestakt på ledningar av 1% per år).
- Alternativ E – är samma som D men med kostnader för slamhanteringsprocesser borttagen.

Fördelning av kostnader enligt alternativ D alternativt E är den valda alternativ för framtida investeringar på eventuella framtida avloppsvattenreningskapacitet. Dock tillkommer en kostnad för transport till Reningsverket i tunnelsystemet och slammet som uppstår vid direktfällning.

I Figur 1 nedan redovisas investeringsfördelning enligt alternativ E.



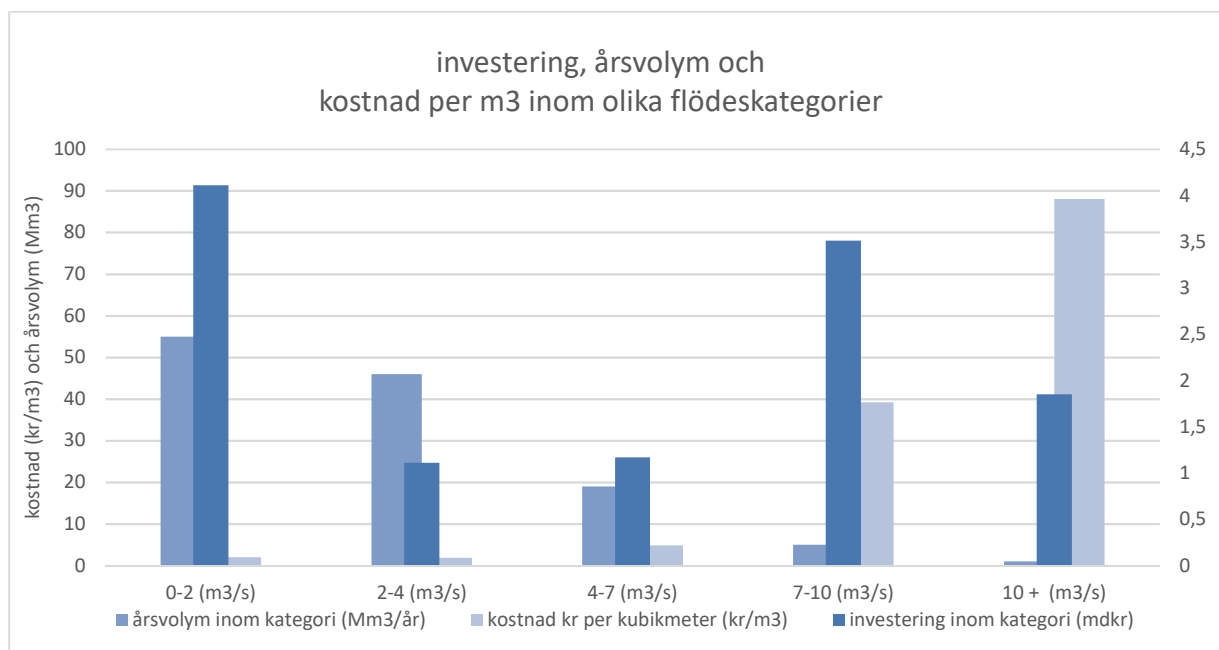
Figur 2 varaktighetskurvor flöde till Ryaverket, medelår och högflodesår (uträknat från åren 2000 – 2014) samt kategorier för de olika sorts rening och nybyggnadsvärden för existerande reningsanläggningar inkl. ett nytt reningsverk och avancerad rening.

Investeringskostnader per kubikmeter vatten inom olika flödeskategorierna

I Tabell 4 nedan redovisas kostnader för tillskottsvatten inom de olika flödeskategorierna (*Ik*), samt volym tillskottsvatten (*Vk*) inom de olika flödeskategorierna. Beräkningar av kostnader för varje kubikmeter tillskottsvatten inom varje kategori genomförs enligt beräkningen nedan. Eftersom det finns olika mängder tillskottsvatten i de olika flödeskategorierna, innebär en fördelning av investeringar inom varje kategori att vara olika och att tillskottsvatten har en högre eller lägre kostnad beroende på hur mycket extra kapacitet har byggts eller kommer att byggas på reningsverket. I tabell visas fördelning av kostnader enligt alternativ E (Tabell 3)

Tabell 4 Investeringskostnader, tillskottsvattenmängder, och värderingstal för tillskottsvatten i olika flödeskategorier.

Dimensionerad kapacitet	0-2 (m ³ /s)	2-4 (m ³ /s)	4-7 (m ³ /s)	7-10 (m ³ /s)	10 + (m ³ /s)
Investering inom kategorin mdkr (<i>Ik</i>)	4,11	1,11	1,17	3,51	1,85
Annuitetsfaktor (<i>A</i>)	0,061	0,061	0,061	0,061	0,061
Årsvolym Mm ³ inom kategorin medelår (<i>Vk</i>)	55	46	19	5	1
Kostnad (kr/m ³) tillskottsvatten inom kategorin	2,0	1,8	4,8	39,2	88



Figur 3 Årsvolym, kostnader och Investeringar per flödeskategori, inkl. nytt reningsverk och med avancerat rening enligt kostnadsfördelning alternativ E.

Beräkning av nyckeltal för SRC och FRC för ett specifikt område eller projekt

För att beräkna ett nyckeltal på de samlade tillskottsvattenmängden inom ett specifikt område eller för ett särskilt projekt krävs kunskap om hur mycket tillskottsvatten tillförs systemet inom området och i vilken utsträckning tillskottsvattnet belastar avloppssystemet inom de fem olika flödeskategorierna. Information finns beräknad för ganska många stora övergripande delområden i Göteborg inom modelleringsverktyget RAOM, men detaljerad information för mindre områden (projektområden) finns oftast inte om inte långvariga flödesmätningsskampanjer har genomförts.

I tabell X nedan redovisas kostnader för tillskottsvatten från Kodammarna, två olika kostnader beräknas en för SRC och en för FRC genom att beräkna en viktad kostnad för tillskottsvattnen baserat på fördelningen inom olika flödesintervaller

Tabell 5 Procentuell fördelning av SRC och FRC från kodammarna, kostnad för tillskottsvatten inom olika flödeskategorier på Ryaverket, samt genomsnittskostnaderna för SRC och FRC från kodammarna.

	0-2 (m ³ /s)	2-4 (m ³ /s)	4-7 (m ³ /s)	7-10 (m ³ /s)	10+ (m ³ /s)
SRC Kodammarna (%)	0	36	41	15	8
FRC Kodammarna (%)	0	11	34	26	29
Kostnad (kr/m ³) tillskottsvatten inom kategorin	2,0	1,8	4,8	39,2	88
Genomsnittskostnad SRC Kodammarna (kr/m ³)			16		
Genomsnittskostnad FRC Kodammarna (kr/m ³)			37		

Flödeskomponenter i tillskottsvattnet, FRC och SRCs.

Tillskottsvatten (TSV) består av ett antal olika flödeskomponenter men de indelas huvudsakligen i två olika komponentgrupper, slow run-off components (SRC) och fast run-off components (FRC).

SRC är de trögare komponenterna av tillskottsvattnet och tillförs avloppssystemet i mindre omfattning men under en längre tid, oftast har vattnet först passerat ett jordlager innan det tillförs avloppssystemet. Andelen SRC från ett visst område är knytet till andel mjuk yta inom samma område, därför kan andel mjuk yta användas för att beräkna antagen mängd SRC. Merparten av SRC komponenten av tillskottsvattnet belastar därför reningsverket på de lägre flödena inom tillskottsvattnet i kategorier 1 och 2. Avstånd av området från reningsverket spelar en mindre omfattande roll i hur snabb SRC nå reningsverket när jämfört med FRC. Enligt tidigare beräkningsmetoder för värderingstal har det antagits att den årligen mängd tillskottsvatten från varje hektar mjuka yta till 5000 kubikmeter.

FRC är de snabbare komponenterna av tillskottsvattnet och tillförs avloppssystemet i större omfattning och under en kortare tid oftast har vattnet oavkortat direkt in i avloppssystemet: Andel FRC av tillskottsvatten från ett visst område är knytet till andel hårdgjorda yta inom samma område, därför kan andel hård yta användas för att beräkna antagen mängd SRC. Merparten av FRC komponenten av tillskottsvattnet belastar därför reningsverket på de högre flödena inom tillskottsvattnet inom kategorier 3 och 4. Avstånd av området från reningsverket spelar en omfattande roll i hur snabb FRC nå reningsverket framförallt under de intensivaste regntillfällena. Enligt tidigare beräkningsmetoder för värderingstal har det antagits att den årligen mängd tillskottsvatten från varje hektar hård yta till 7000 kubikmeter.

I de flesta områden saknas mätning på de olika komponenterna av tillskottsvattnet och fördelning av olika marktyper kan användas hyfsat effektivt för att uppskatta mängderna av SRC och FRC. På områden med detaljerat mätningar kan flödeskomponenter på tillskottsvattnet uppskattas i mer detalj, dock är mätningar kostsamma och tar lång tid för att få fram representativ data.

I RAOM (Ryaverkets Avrinning Områdets Modell) finns beräknande flödeskomponenter för tillskottsvatten men även dessa baseras i de flesta fall på marktyper samt andel kombinerat avloppsledning i området. I modellen kan de uppskattade mängder tillskottsvatten som kommer till Ryaverket vid olika flöden kvantifieras. Procentuell fördelning av SRC och FRC för Kodammarnas avrinningsområde finns redovisade i Tabell 6 nedan.

Tabell 6 Procentuellt fördelning av SRC, FRC och TSV vid olika flöde till Ryaverket (RAOM data 2014 och 2015).

	0-2 (m ³ /s)	2-4 (m ³ /s)	4-7 (m ³ /s)	7-10 (m ³ /s)	10 + (m ³ /s)
SRC Kodammarna (%)	0	36	41	15	8
FRC Kodammarna (%)	0	11	34	26	29
TSV Kodammarna	0	31	40	17	12
SRC Kodammarna av total Q till Rya	18,8	12,2	13	13,7	12
FRC Kodammarna av total Q till Rya	0,6	0,8	2,3	5,5	9,1

Driftkostnader spillvatten och tillskottsvatten

Årskostnaden för Gryaabs verksamhet inklusive avskrivningar har i genomsnitt för de senaste fem åren varit 291 Mkr per år. Under dessa år har i genomsnitt ca 133 Mm³ avloppsvatten behandlats per år (51 Mm³ spillvatten och 82 Mm³ tillskottsvatten). Det innebär att kostnaden för varje m³ avloppsvatten är ca 2,2 kr om avskrivningar medräknas. Gryaabs kostnader och intäkter kan grov sorteras inom fyra kategorier, Avskrivningar, Personalkostnader, intäkter (utöver VA taxan) och övriga kostnader (t.ex. el, kemikalier, reservdelar, utrustning). Kostnaderna och flöden i medel för perioden 2011-2015 redovisas i Tabell 8 respektive Tabell 7 nedan.

Tabell 7 Volymer Avloppsvatten, spillvatten och tillskottsvatten (medel 2011-2015).

Arsvolym till Rya		medel
Avloppsvatten	m ³ /år	132 907 560
Spillvatten	m ³ /år	51 202 389
Tillskottsvatten	m ³ /år	81 705 171
andel tillskottsvatten	%	61%

Tabell 8 Årskostnader Gryaab fördelat på avskrivningar, personalkostnader, intäkter och övriga kostnader (medel 2011-2015).

Kostnader Gryaab		medel
Total	kr	291 258 600
Avskrivningar	kr	85 826 200
Personalkostnader	kr	70 017 200
Intäkter (ej taxa)	kr	33 415 800
Övriga kostnader	kr	101 999 400

I Tabell 9 nedan redovisas kostnader per m³ behandlat för avloppsvatten, spillvatten och tillskottsvatten. Gryaabs kostnader för avskrivningar (investeringar) har inte medräknas, eftersom de hanteras under investeringskostnader, och intäkter för försäljning av biogas och fjärrvärme har tilldelats spillvattnet och kostnader för slamhantering har tilldelats spillvattnet, Resterande kostnader fördelas jämt mellan spillvatten och tillskottsvatten.

Det gör att kostnaderna fördelas ojämn mellan spillvatten och tillskottsvatten eftersom alla intäkter antas komma från spillvattnets innehåll, t.ex. biogas från spillvattnets organiska fraktion och värme från de uppvärmda spillvattnen från hushåll.

Tabell 9 Fördelning av personalkostnader, intäkter och övriga kostnader per m³ avloppsvatten, spillvatten och tillskottsvatten.

Kostnader		medel
Avloppsvatten	kr/m ³	1,55
Spillvatten	kr/m ³	0,90
Tillskottsvatten	kr/m ³	1,97

Det är en mycket förenklad modell för fördelning av kostnaderna, det finns andra alternativ där varje enskild kostnad för behandling av avloppsvatten skulle kunna summeras, Det är ganska effektiv när det gäller kostnaderna för energi och kemikalier samt även hur effektiv reningen är men fördelning av kostnaderna för personal eller underhåll är mycket svårare.

Driftkostnader i framtiden

Om ett nytt reningsverk byggs tillkommer med störst sannolikhet utökade kostnader för energi och kemikalier, men även antal personal och underhåll av ytterligare anläggningsdelar tillkommer. Det är troligen inte helt rättvis att dessa kostnader belasta endast tillskottsvattnet. En rimligt maximal tillkommande kostnad kan vara 1 kr per m³ behandlade avloppsvatten med en rimlig fördelning av 0,4 kr till spillvatten och 0,6 kr till tillskottsvatten???

Det gör att en driftkostnad för spillvattnet öka från 0,9 till 1,2 kr per m³ och driftkostnaden för tillskottsvatten från 2 till 2,6 kr/m³.

Utsläpp av Kväve fosfor och BOD från Ryaverket

Antaget utsläpp till recipienten från Ryaverket är beräknat genom att multiplicera tillskottsvattnets års volym med Ryaverkets årsmedelhalt i utgående vatten. Detta beror på att tillskottsvattnet blandas med det övriga avloppsvattnet långt innan det når Ryaverket. Vare sig lakvattnet innehöll lägre eller högre halter av ett specifikt ämne ursprungligen så kommer koncentrationen i vattenvolymen att vara densamma som för övrigt avloppsvatten när det slutligen lämnar Ryaverket. Det är inte möjligt att centralt separera ut de flöden som en gång blandats. På Ryaverket behandlas det samlade flödet. Den utgående halten i det samlade flödet beror på framgången i detta för hela vattenvolymen. Det påverkas inte av om en eller annan delström skulle ha en annan ursprungshalt innan strömmarna blandades. Detta innebär att utsläppen till vatten från det centrala reningsverket som orsakas av tillskottsvatten här beräknas som flödet gånger koncentrationen i Ryaverkets samlade utsläpp. Det har konsekvensen att t.ex. fosforutsläppen från Ryaverket på grund av ett, om än mycket rent, delflöde kan bli högre än den mängd fosfor som ursprungligen fanns i delflödet. För metaller som förekommer i högre koncentration i delflödet blir det motsatt effekt.

I Tabell 10 nedan finns redovisning av årsmängden tillskottsvatten samt det massflöde av Kväve (N), Fosfor (P) och organiskt material (BOD) i utgående vatten som belasta recipienten i behandlade tillskottsvatten.

Tabell 10 Årsmängd tillskottsvatten, massflöde av N, P och BOD i utgående till recipient från behandlade tillskottsvatten (2011 – 2015)

		medel
Arsvolym (tsv) till rya	m ³ /år	81 705 171
Halt N (utg. Rya)	g/m ³	8,4
Halt P (utg. Rya)	g/m ³	0,2
Halt BOD (utg. Rya)	g/m ³	8,1
N massflöde (tsv)	kg/år	684 498
P massflöde (tsv)	kg/år	16 511
BOD massflöde (tsv)	kg/år	656 969

I tidigare metoder för beräkning av värderingstal på avloppsvatten som bräddas på ledningsnätet Danska utsläppsavgifter (DUA) använts för att beräkna en kostnad för utsläpp. Tidigare har det endast använts för utsläpp av avloppsvatten som har bräddats på ledningsnätet eller från pumpstationer, vilket är ganska lite när jämfört med det ständiga utsläppet från reningsverket som följer med tillskottsvattnet ut till recipient. Resultatet av beräkning av kostnader för utsläpp finns i Tabell 11 nedan.

Tabell 11 Kostnader för utsläpp av kväve fosfor och BOD räknat med Danska Utsläppsavgifter (DUA) metoden.

		medel
DUA – N	kr/kg	30
DUA – P	kr/kg	165
DUA – BOD	kr/kg	17
Kostnad N/år	kr/år	20 534 940
Kostnad P/år	kr/år	2 724 246
Kostnad BOD/år	kr/år	10 839 985
Kostnad N/m ³	kr/m ³	0,25
Kostnad P/m ³	kr/m ³	0,03
Kostnad BOD/m ³	kr/m ³	0,13
Summa DUA	kr/m³	0,4187

Resultatet visar att i medel är kostnaden för utsläpp enligt DUA av endast 0,4 kr per m³ behandlat tillskottsvatten. Det är troligen inte rimligt att tillägga ett påslag av 0,4 kr per m³ tillskottsvatten enligt danska utsläpps avgifter eftersom syftet med avgifterna i Danmark är att öka motivering för investering och drift av mer effektiv reningsanläggningar för avloppsvatten. Avgifter kan dock upplevas som låga.

Slutsatser

Metoden som beskrivs i den här rapporten kan användas för att värdera nyttan av investering i åtgärder på ledningsnätet i jämförelse till utökade investeringar i reningsprocesser på Ryaverket.

Metoden är uppbyggd så att åtgärder som minska toppflöden till reningsverket har en högre kostandsnytta i kr/m³ i jämförelse med investeringar för att minska basflöden. Metoden visar att investeringskostnader för att åtgärder tillskottsvatten som tillförs avloppssystemet är i medel 26 kr/m³ men åtgärder för att koppla bort tillskottsvatten vid de allra högsta flöden har ett värderingstal på ca 32 - 88 kr/m³. Metoden visar även att värderingstalen för att koppla bort tillskottsvatten vid de lägre flödena har ett värderingstal på mellan 1 - 3 kr/m³

Metoden har även använts för att omsätta Investeringskostnader till FRC och SRC komponenter i tillskottsvatten från hårda och mjuka yta. Med ett värderingstal på ca 16 kr/m³ på SRC från mjuka ytor och ett värderingstal på 36 kr/m³ från hårda ytor.

Investeringskostnader för åtgärder dominera när jämfört med driftkostnader kopplade till tillskottsvatten. Driftkostnader för spillvatten och eller tillskottsvatten variera emellan 0,9 till 2,2 kr/m³ beroende på hur driftkostnaderna fördelas. Driftkostnader har inte beräknats på de olika flödeskategorierna även om det finns en del variation i kostnader och reningsgrad vid högre respektive lägre flöden.

Det som finns kvar att utvärdera är kostnader för utsläppen från reningsverk och ledningsnät, värdering av tunnelsystemet som transportväg för tillskottsvatten, klimateffekter av drift av reningsverk och dagvattenrenings anläggningar samt tillskottsvattens påverkan på avsättningskostnader för slammet.

Bilagor

Bilaga 1

Tabell 12 Uppskattat fördelning av investeringskostnader på existerande reningsverk.

Anläggningsdel	andel av investering totalt (%)	Andel av investering totalt (Mkr)
TU (tunnelsystem)	37,5	3000
IN (inkommande pumpstation)	7,5	600
FS (försedimentering)	5	400
AS (aktivt slam)	6	480
ES (eftersedimentering)	6	480
BB (biobäddar)	5	360
ED (efter-denitrifikation)	4,5	360
EN (efter-nitrifikation)	4,5	360
SF (skivfilter)	4,5	360
Fastigheter	10	800
Slamhantering	10	800
Total investering	100	8000

Tabell 13 Uppskattat fördelning av investeringskostnader på nytt reningsverk samt reningsprocesser för avancerat rening.

Anläggningsdel	andel av investering totalt (%)	andel av investering totalt (Mkr)
TU (tunnelsystem)	25	1000
IN (inkommande pumpstation)	12,5	500
FS (försedimentering)	12,5	500
AS (aktivt slam inkl. N/DN)	25	1000
ES (eftersedimentering)	15	600
SF (skivfilter)	10	400
Total investering	100	4000
Avancerat rening (allt flöde upp till 15 m ³ /s)	100	3000