



Klimatpåverkan från alternativa avloppslösningar i ett beslutsperspektiv

RAPPORT, VERSION 2021-11-24

MATTIAS BISAILLON, ARVID RENSFELDT OCH JOHAN SUNDBERG

Innehållsförteckning

Innehållsförteckning	1
1 Inledning	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	2
2 Metod.....	3
2.1 Fallstudie - Sörmjöle 2:190	3
2.2 Studerade alternativ	3
2.2.1 Enskilt avlopp – Alternativ 1	3
2.2.2 Decentraliserat reningsverk – Alternativ 2	3
2.2.3 Kommunalt VA – Alternativ 3	3
2.3 Beräkningsmetodik och systemperspektiv (framåtblickande beslutsperspektiv)	4
2.4 Direkta utsläpp från avloppslösningarna	6
2.5 Klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el	6
2.6 Utsläpp från material och infrastruktur	7
2.6.1 Hantering av framtida utsläpp	8
3 Resultat	11
3.1 Känslighetsanalyser.....	14
3.1.1 Klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el	14
3.1.2 Avstånd för anslutning till kommunalt avloppsnät.....	15
3.1.3 Livslängd på efterpoleringsbädd för lokala lösningar	16
3.1.4 Andel bergschakt vid anslutning till kommunalt avloppsnät.....	16
3.1.5 Decentraliserat reningsverk av annan konstruktion.....	17
3.1.6 Oförändrade framtida utsläpp från material och infrastruktur samt elproduktion	18
4 Diskussion och slutsatser	19
Appendix A – Resultattabell grundfall (avrundade värden)	22
Appendix B – Sammanställning känslighetsanalyser	22

1 Inledning

1.1 Bakgrund

I Sverige ser vi en utveckling att allt fler fritidshusområden görs om till permanentboenden. Det är vanligt att hela områden omvandlas och att nya större bostäder byggs i gamla sommarstugeområden. Konsekvenser av detta är bland annat att vattenförbrukningen ökar kraftigt (Vakin har erfarenhet av nivåer på + 200 % i många omvandlingsområden) och att behovet av en bättre avloppshantering också ökar.

Historiskt har många av dessa områden anslutits till det kommunala dricksvattennätet men inte alltid till det kommunala avloppsnätet. I sådana fall har avloppsreningen bestått av (och fortsatt bestå av) enskilt avlopp (t ex i form av trekammarbrunn + infiltration eller markbädd samt regelbunden slamtömning för behandling i reningsverk).

Om ett större antal nya permanentbostäder byggs i ett område med samlad bebyggelse så uppfylls rekvisiten enligt Lag om allmänna vattentjänster och kommunen har då ansvar att ordna en allmän anläggning för VA. Detta innebär traditionellt att man gräver ned ledningar så att området kan anslutas till det centrala VA-nätet eller till ett nytt gemensamt VA-nät. För avloppsreningen innebär det att den lokala behandlingen undviks, liksom behovet av att (med lastbil) samla in slam från de enskilda anläggningarna. Samtidigt sker detta till en "klimatkostnad" i form av alla de utsläpp som uppstår till följd av att producera och installera ledningsinfrastrukturen för att ansluta området till det befintliga avloppsnätet eller den nya avloppsanläggningen.

Ett alternativ som är aktuellt, både för Vakin och för VA-branschen i Sverige, är att bygga lokala "decentraliserade reningsverk". Detta är reningsverk som betjänar ett mindre antal fastigheter lokalt. Även denna lösning kräver regelbunden slamtömning och behandling av slammet i ett storskaligt reningsverk.

Många studier har gjorts om miljöpåverkan till följd av utsläpp av t ex övergödande och skadliga ämnen med avloppsvattnet som går ut i grundvatten eller vattendrag för olika lösningar enligt ovan. Däremot saknas kunskap om styrkor och svagheter med respektive lösning ur ett långsiktigt beslutsperspektiv när det gäller klimatpåverkan.

1.2 Syfte

Syftet med detta projekt är att studera klimatpåverkan från tre alternativa avloppslösningar i ett långsiktigt beslutsperspektiv. Detta för att ge Vakin och andra intresserade parter en bättre bild av klimatpåverkan från såväl centraliserade som lokala lösningar för behandling av avloppsvatten. Vi belyser också vilka faktorer som är av stor vikt att beakta inför ett beslut om att antingen ansluta ett bostadsområde till det befintliga kommunala avloppsnätet eller använda lokala lösningar med avseende på klimatpåverkan.

Observera att studien är av en orienterande karaktär, där målsättningen har varit att fånga helheten snarare än att göra detaljerade studier av de enskilda alternativen. Ambitionen med studien är att studera vilka faktorer som har stor påverkan på resultatet. Studien får därmed inte övertolkas som att ett alternativ är bättre än de övriga, utan tvärtom så visar studien att resultaten beror på en rad olika faktorer där förändringar både i de lokala och globala förutsättningarna snabbt kan förändra rangordningen mellan alternativen.

2 Metod

2.1 Fallstudie - Sörmjöle 2:190

Denna studie görs i form av en fallstudie. Detta för att exemplifiera och konkretisera frågeställningar och resultat. Fallstudien görs för ett aktuellt omvandlingsområde, en del av fastigheten Sörmjöle 2:190 som är belägen nära kusten ca 20 km sydväst om Umeå tätort. Området som avses innefattar idag 17 fastigheter. För detta område har man gett tillstånd att installera ett minireningsverk som alternativ till att ansluta fastigheterna till det kommunala avloppsnätet.

2.2 Studerade alternativ

2.2.1 Enskilt avlopp – Alternativ 1

Enskilt avlopp innebär en lokal individuell lösning för varje fastighet. I detta fall studerar vi en lösning som består av ett minireningsverk med en efterpoleringsbädd¹. Reningsverket i sig består av en slamavskiljare, en biokammare och efterklarningskammare. Därtill tillkommer ledningar som transporterar avloppsvattnet från huset till minireningsverket och sedan vidare till efterpoleringen. Slamavskiljaren måste tömmas regelbundet vartefter avloppsslammet transporteras med lastbil till ett centralt avloppsreningsverk för vidare behandling. I detta fall sker denna behandling vid Öns reningsverk i Umeå.

2.2.2 Decentraliserat reningsverk – Alternativ 2

Ett decentraliserat reningsverk avser ett reningsverk som betjänar ett mindre antal fastigheter lokalt. Exakt var gränsen går mellan ett decentraliserat reningsverk och ett litet centralt reningsverk är inte självklar. Här gäller dock att det decentraliserade reningsverket kräver slamtömning och efter transport med lastbil sker vidare behandling av slammet i centralt avloppsreningsverk. I detta fall sker denna behandling vid Öns reningsverk i Umeå.

Det decentraliserade reningsverk som vi utgår ifrån i vår studie är ett WSB Clean 75PE SOP, vilket är den modell som godkänts för det område som fallstudien avser. Detta reningsverk består av ett flertal betongbrunnar som innehåller slamavskiljare, bioreaktor, efterklarningsbehållare, pumpar m.m samt en efterpoleringsbädd. Förutom reningsverket i sig krävs också ledningar som transporterar avloppsvattnet från de enskilda fastigheterna till minireningsverket och från minireningsverket till efterpoleringen.

2.2.3 Kommunalt VA – Alternativ 3

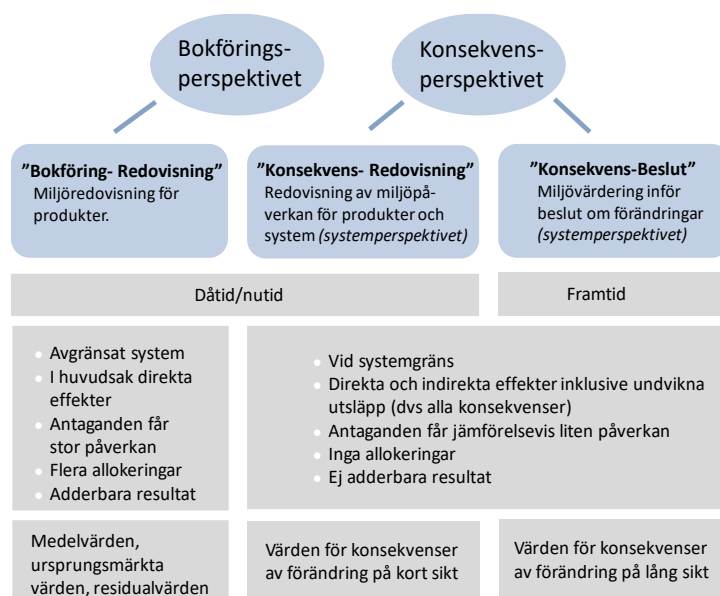
Med kommunalt VA avses här anslutning av fastigheterna till det befintliga kommunala avloppsnätet i Umeå kommun. För att göra detta krävs främst installation av nya avloppsledningar i form av enskilda servisledningar till varje fastighet och därefter en gemensam huvudledning. Avloppsvattnet leds till Öns reningsverk där det behandlas. Den ökade belastningen vid reningsverket innebär bland annat en ökad resursförbrukning för drift av processer men samtidigt genereras också biogas som används för el- och värmeproduktion. När det gäller elförbrukning för pumpning i ledningsnät har vi utgått från den genomsnittliga elförbrukningen i ledningsnätet i Umeå (i enlighet med insamlade data för Vakins klimatbokslut för år 2020). Samma källa har även använts när det gäller förbrukning och produktion av el och värme vid Öns reningsverk.

¹ En efterpoleringsbädd skiljer sig från en konventionell markbädd. En konventionell markbädd syftar främst till att rena kvarvarande miljöstörande ämnen biologiskt och kemiskt. En efterpolering syftar till att avlägsna de sista bakterieresterna från det reade vattnet. En efterpoleringsbädd har betydligt längre livslängd än en konventionell markbädd och grusmaterialet behöver sannolikt inte omhändertas efter dess livslängd har uppnåtts. En efterpoleringsbädd är typiskt ca 50 % mindre till ytan än en konventionell markbädd avsedd för samma antal PE.

2.3 Beräkningsmetodik och systemperspektiv (framåtblickande beslutsperspektiv)

Det finns metodmässigt ett tydligt val som man initialt måste göra innan klimatpåverkan kan beräknas. Det val man gör kommer att styra vilken klimatpåverkan som ska ingå i beräkningarna samt hur den ska beräknas. Det som avgör valet är den fråga (de frågor) som man önskar få svar på med miljöberäkningarna. Det räcker med andra ord inte med en metod för att besvara alla olika frågor kring miljöpåverkan. Skillnaden mellan metoderna är dessutom stora så valet av metod är viktigt för att få fram ett relevant svar på frågan.

I forskningsprojektet "Energi från avfall i ett miljöperspektiv – Kunskap och kommunikation (Fjärrensyn, Svensk Fjärrvärme)"² samt "Primärenergi för Energiföretag (Svensk Fjärrvärme)"³ presenteras tre olika beräkningsprinciper. De tre principerna återfinns i Figur 1.



Figur 1. Tre grundläggande principer för miljöbedömningar i ett företag samt några typiska skillnader i analyserna (källa: Profu).

De resultat som beräknas med bokföringsperspektivet respektive konsekvensperspektivet skiljer sig vanligtvis åt markant. Om man använder bokföringsperspektivet i en beslutssituation när olika handlingsvägar ska jämföras, ges oftast helt felaktiga svar och slutsatser. Det är därför väsentligt att man väljer rätt miljövärderingsmetod.

För konsekvensperspektivet ges två olika alternativ. Det ena används för att **redovisa** miljöpåverkan. Redovisningen kan t.ex. avse ett specifikt år (vilket är fallet för Vakins årliga klimatbokslut), men andra typer av redovisningar kan vara aktuella.

Det andra alternativet används i en **beslutssituation** när ett val ska göras mellan flera alternativ och man vill jämföra dem. Det är denna metodik som används i denna studie. I en beslutssituation är det väsentligt att man studerar hur omgivningen kommer att utvecklas under den tid som beslutet kommer att påverka systemet. Exempelvis, om man bygger en ny avloppslösning som konsumerar el behöver man studera hur elproduktionens utsläpp kommer att utvecklas under den tid som

² Energi från avfall i ett miljöperspektiv – kunskap och kommunikation, forskningsprojekt inom Fjärrensyn, Energiforsk rapport 2017:365 (2017).

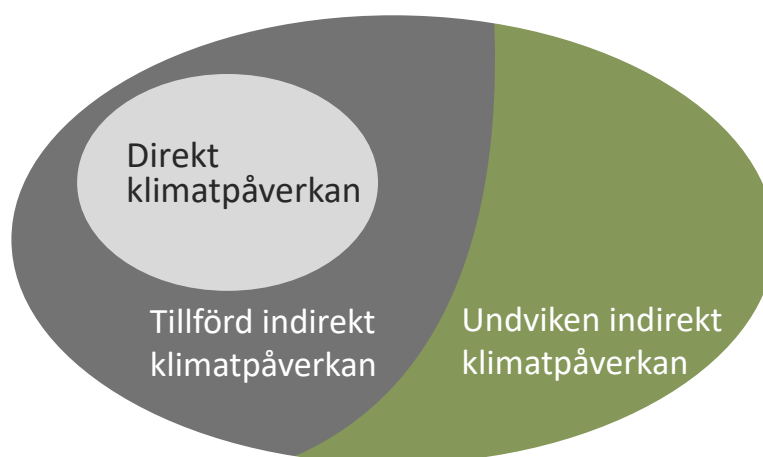
³ Primärenergi för Energiföretag, projekt på uppdrag av Svensk Fjärrvärme (2016)

avloppslösningen kommer att vara i drift (i denna studie ca 80 år fram i tiden). Om vi t ex bedömer att vi kommer att få höga klimatambitioner så kommer den alternativa elproduktionen succesivt att förbättras och därmed kommer klimatpåverkan från elkonsumtionen för avloppslösningen att succesivt minska (se även avsnitt 2.5).

Samma sak gäller utsläpp från produktion och installation av delar i avloppslösningen som succesivt förväntas bytas ut. Om man t ex jämför olika avloppslösningar i ett 80-årsperspektiv, så kommer de i olika grad behöva byta ut vissa delar med olika tidsintervall på grund av slitage. Givet höga klimatambitioner i omvärlden kan vi då förvänta oss att de framtida utsläppen kommer att vara lägre jämfört med dagens produktionsutsläpp. Även detta hanteras i denna studie och beskrivs i avsnitt 2.6.

I beräkningar enligt konsekvensprincipen inkluderas tre typer av utsläpp (se även Figur 2):

- **Direkta utsläpp** är utsläpp som sker direkt från avloppslösningen. Här inkluderas t ex utsläpp av metan och lustgas som bildas vid avloppsbehandlingen och övriga utsläpp som sker i samband med hanteringen av avloppet, t ex utsläpp från transport av avskilt slam från en lokal lösning till behandling vid Öns reningsverk.
- **Indirekt tillförda utsläpp** orsakas av avloppslösningen men utsläppen sker inte direkt vid avloppslösningen. Här inkluderas t ex utsläpp från produktion och installation av material och infrastruktur, produktion av kemikalier som behövs för avloppslösningen och produktion av el som går åt för att driva avloppslösningen.
- **Indirekt undvikna utsläpp** uppstår när avloppslösningen genererar nyttiga biprodukter som ersätter annan produktion i samhället. Ett exempel är att biogas produceras vid Öns reningsverk, vilken förbränns och genererar el och värme. Detta undviker utsläpp från motsvarande alternativ el- och värmeproduktion.



Figur 2 Grupper av klimatpåverkande utsläpp som ingår i studien. Direkta och indirekta utsläpp samt tillförda och undvikna utsläpp.

2.4 Direkta utsläpp från avloppslösningarna

Inom ramen för denna studie har vi gjort en litteraturstudie och kontaktat ett par forskare inom VA-området för att identifiera tidigare arbeten där man på ett systematiskt sätt utvärderat och jämfört klimatpåverkande utsläpp från lokala respektive centrala avloppslösningar.

Vår slutsats från denna del av arbetet är att det behövs betydligt mer forskning och mätningar kring de direkta utsläppen av lustgas och metan från avloppsbehandling – detta gäller samtliga alternativ som studeras i denna studie. Det saknas data för att kunna belägga vilket alternativ som genererar minst/mest utsläpp av växthusgaser och under vilka förutsättningar. Lustgas och metan är starka växthusgaser och enbart små skillnader i utsläpp kan få stor påverkan.

I beräkningarna har vi därför använt samma utsläpp för alla alternativ rörande själva avloppsbehandlingen (baserat på de beräknade utsläppen för Öns reningsverk för Vakins klimatbokslut år 2020⁴).

Detta ger en uppfattning om storleksordningen på de direkta utsläppen i förhållande till övriga utsläpp – men påverkar inte rangordningen i analysen. Vi återkommer till denna begränsning för analysen i avsnitt 4 Diskussion och slutsatser.

2.5 Klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el

Vi har idag en gemensam nordeuropeisk elmarknad och det sker ett stort utbyte av elenergi mellan länderna. Möjligheten att köpa och sälja el över nationsgränserna i Europa har successivt ökat i takt med att överföringskapacitet mellan länderna har byggts ut och i takt med att marknaderna integrerats. Detta är en trend som sannolikt kommer fortsätta vilket också är en uttalad ambition inom EU som del av den gemensamma energiunionen. Detta behöver man beakta när man studerar miljöpåverkan från förändringar i elsystemet.

Även för hanteringen av förändringar i elsystemet tillämpar vi det så kallade konsekvensperspektivet. Detta innebär att om vi exempelvis ökar elkonsumtionen genom en avloppslösning kommer detta att påverka marginalproduktionen i elsystemet, dvs den för stunden tillgängliga produktionskapacitet med lägst rörlig kostnad. I praktiken blir detta ofta produktionslag med relativt hög rörlig kostnad då övrig produktionskapacitet med låg rörlig kostnad redan utnyttjas fullt ut (ex. kärnkraft, vindkraft eller vattenkraft). Det omvända gäller på samma sätt om vi ökar produktionen av el inom ett system som vi studerar. Vilken anläggning i det omgivande elsystemet som kommer öka eller minska sin produktion en viss tidsperiod till följd av detta varierar beroende på en rad faktorer som exempelvis övrig elförbrukning, bränslepriser, pris på utsläppsätter m.m.

Det finns några olika metoder för att bedöma miljöpåverkan från förändringar i elproduktionen. En viktig skillnad mellan dessa metoder är om man ska studera förändringen på kort eller lång sikt. På kort sikt studeras hur produktionen förändras med den befintliga produktionskapaciteten i kraftsystemet och på långt sikt tar man även hänsyn till nyinvesteringar i ny produktionskapacitet.

I denna studie blickar vi 80 år framåt i tiden. Under denna tidsperiod förväntar vi oss kraftiga förändringar i det europeiska elsystemet, bland annat till följd av stora investeringar i ny förnybar produktionskapacitet. Elproduktionssektorn är en av de sektorer som minskat utsläppen av växthusgaser mest det senaste årtiondet och som väntas gå före i utvecklingen mot målet om netto noll-utsläpp inom EU. Därför förväntar vi oss också en kraftig reduktion av utsläppsintensiteten för

⁴ Då mätning av växthusgasutsläpp för närvarande saknas vid Öns reningsverk så är dessa utsläpp skattade med hjälp av data om bland annat inkommande/utgående avloppsvatten, egenskaper, mängder och hantering av slam och Svenskt Vattens beräkningsverktyg för klimatpåverkan.

marginalelproduktionen i det europeiska elsystemet framöver. Tack vare kunskap om energi- och klimatpolitiska mål, styrmedel och kostnadsutveckling för olika produktionslag har vi en ganska god bild av elsystemets sannolika utveckling de närmaste 1-2 decennierna, därefter blir dock osäkerheten betydligt större. Vi har tagit fram ett scenario för en genomsnittlig utsläppsintensitet från marginalelproduktionen i det nordeuropeiska elsystemet över de kommande 80 åren, detta värde används i våra beräkningar för att värdera klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el. Detta är också en av de parametrar som studeras i våra känslighetsanalyser.

2.6 Utsläpp från material och infrastruktur

I princip alla aktiviteter som innefattar användningen av energi och förädling av material ger upphov till någon form av klimatpåverkande utsläpp. Därmed står det klart att investeringar i byggnader, infrastruktur och anläggningar för t ex energiproduktion eller avloppsbehandling ger upphov till klimatpåverkande utsläpp. Utsläppen sker både vid produktionen av de material som används i byggnationen och vid produktionen av den energi och de material som förbrukas vid byggnation.

En utmaning med denna typ av analyser är att investeringar av den här typen, som använder diverse material från globala marknader, är kopplade till långa värdekedjor och egentligen är kopplade till utsläpp som skett några år tillbaka i tiden från den tidpunkt vid vilken installationen står klar. Man kan dock också se det som att ett investeringsbeslut och inköp av material eller produkter för en installation ger upphov till marknadssignaler vilka på kort tid driver på aktiviteter längs med värdekedjan som ger upphov till utsläpp motsvarande de som på fysisk väg kan kopplas till installationen i fråga. Därav har vi valt att inkludera utsläppen som en viss investering ger upphov till under det/de år då installationen görs.

För de lokala alternativen, alternativ 1 & 2, har vi fått detaljerade underlag från de företag som tillverkar dessa lösningar vad gäller ingående produkter, materialsammansättning, livslängder, arbetsinsatser vid installation etc. Detta underlag har vi kombinerat med data från databaser över livscykelinventeringar, nämligen data över resursförbrukningen som krävs för att framställa och förädla olika material och produkter. Med hjälp av dessa två huvudsakliga datakällor har vi kunnat göra övergripande beräkningar för klimatpåverkan som uppstår vid produktion och installation av dessa anläggningar. Detta inkluderar både utsläpp som sker på grund av de ursprungliga investeringarna och utsläpp som sker på grund av reinvesteringar under de studerade 80 åren (läs mer om hur vi hanterar framtida utsläpp i avsnitt 2.6.1).

För alternativ 3, det centraliserade alternativet, har vi i samråd med Vakin tagit fram underlag för den infrastruktur som krävs för att ansluta fastigheterna i det studerade området till det befintliga avloppsnätet. Skattningen av ledningslängder baserades i huvudsak på genomsnittliga längder huvudledning respektive servisledning per anslutningspunkt i Vakin's befintliga avloppsnät. Detta är alltså inte en skattning specifikt baserat på förutsättningarna i Sörmjölle 2:190. Resursförbrukningen för tillverkningen av ledningarna har baserats på resultat från tidigare studier som genomförts av Profu. I grunden rör det sig om en sammanställning av livscykelinventeringar och miljövarudeklarationer för tillverkning av ledningar som används i avloppsnät. När det gäller resursförbrukning för installation av ledningarna har denna baserats dels på underlag från Vakin och dels på underlag från Trafikverkets klimatkalkyl. I samråd med Vakin så antas att avloppsledningarna samförläggs med annan infrastruktur, exempelvis ledningar för dricksvatten, och därför tillskrivs endast en del (1/3) av det totala schaktarbetet till avloppsledningarna.

För den huvudsakliga infrastrukturen som tillkommer för alternativ 3, nämligen nya avloppsledningar, så gäller att dessa antas ha en livslängd på 80 år varför inga reinvesteringar/utbyten väntas krävas under den studerade perioden. För övriga investeringar som

är kopplade till behandlingen av avloppsvatten, exempelvis på Öns reningsverk, har dessa antagits ske oberoende av anslutningen av det studerade bostadsområdet. Detta innebär att eventuellt slitage och därmed bidragande till behov av reinvesteringar som kan tillskrivas behandlingen av avloppsvattnet från de 17 fastigheterna inte inkluderats i denna studie. Observera att detta gäller avloppsbehandlingen exklusive slambehandlingen. Slambehandlingen antas nämligen ske på samma sätt oavsett om slammet samlas in från de decentraliserade lösningarna eller kommer från behandling i de tidigare stegen i Öns reningsverk. Vi återkommer till detta antagande i avsnitt 4 Diskussion och slutsatser.

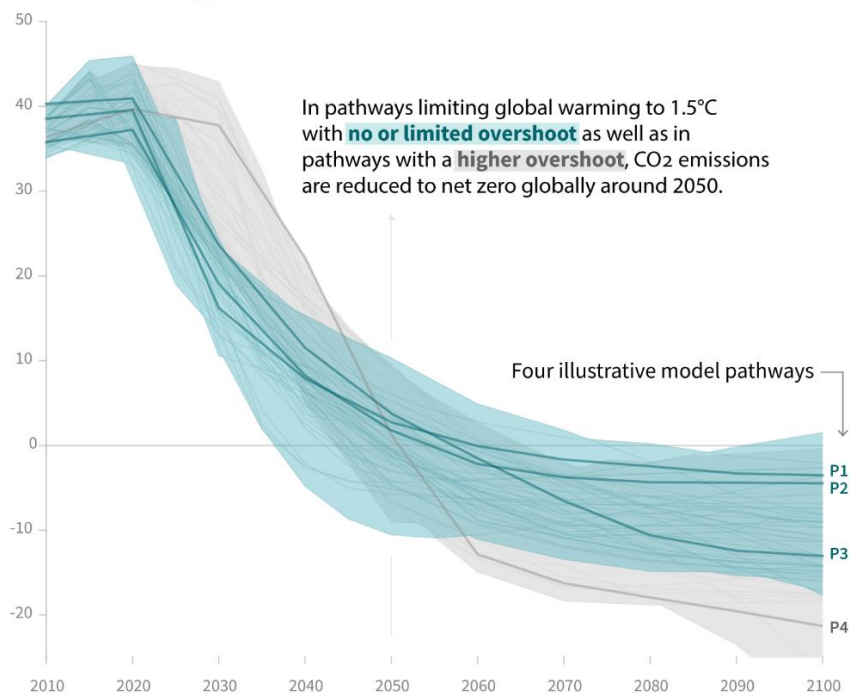
2.6.1 Hantering av framtida utsläpp

I ett framåtblickande beslutsperspektiv måste vi ta hänsyn till hur omvärlden utvecklas och hur detta påverkar de olika alternativ som studeras. I denna studie jämför vi alternativ med olika konstruktion och livslängd som kräver olika reinvesteringar (utbyten av delar) vid olika tidpunkter under den studerade tidsperioden. Därmed kommer de olika alternativen att påverkas olika av hur omvärlden utvecklas.

I vårt grundfall för denna studie har vi valt att ansätta ett ambitiöst scenario för utvecklingen av omvärlden med avseende på utsläpp från utvinning av råvaror och tillverkning av material. Scenariot baseras i grunden på de utvecklingskurvor för globala utsläpp som IPCC tagit fram och som skall vara förenliga med det internationella målet om att begränsa den globala uppvärmningen till omkring 1,5 grader Celsius (se Figur 3 nedan). I figuren kan vi se av de aktuella kurvorna att utsläppen börjar minska kraftigt från ungefär 2030 och att vi uppnår netto noll-utsläpp globalt omkring 2050-2060. Det skall understrykas att detta är mycket ambitiösa scenarier och att det inte finns någon garanti för att vi kommer att lyckas uppnå en sådan snabb omställning. Ändock är detta en utveckling som många länder och organisationer nu strävar mot och som då ligger i linje med de internationella målen inom Paris-avtalet.

Global total net CO₂ emissions

Billion tonnes of CO₂/yr

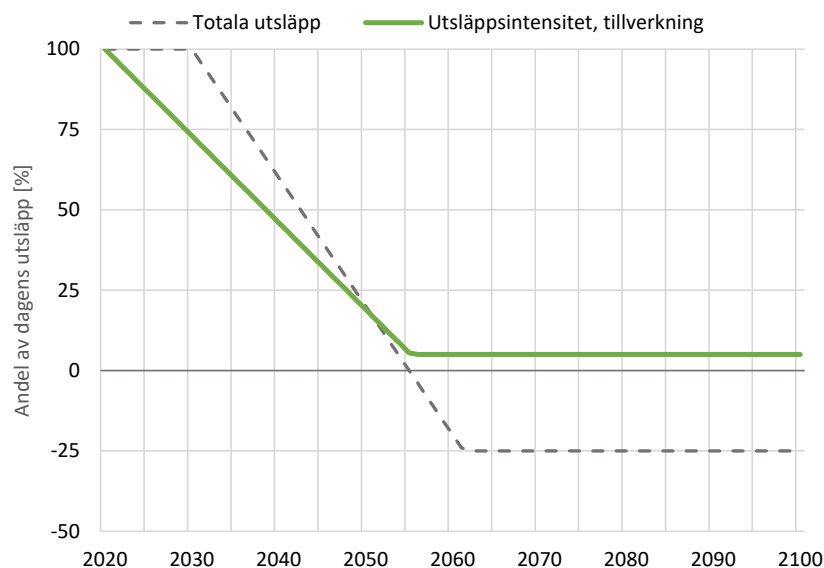


Figur 3. Modellerade utvecklingskurvor för globala utsläpp av växthusgaser. Källa: IPCC Special report - Global Warming of 1,5 °C

Den utvecklingskurva vi tagit fram för att räkna på framtida utsläpp från reinvesteringar är en förenkling av de generella dragen i ovanstående utsläppskurvor. Kurvorna ovan motsvarar totala utsläpp från hela det globala samhället men vi har tagit fram ett scenario för utsläppsintensitet för tillverkande industrier [ton CO₂e/producerad enhet]. Detta innebär att de totala utsläppen kan förbli oförändrade eller öka under vissa perioder på grund av ökad produktion även om utsläppsintensiteten minskar. Vi har antagit en linjär reduktion av utsläppsintensiteten från 2020 till 2055. Från 2055 till 2100 antar vi att utsläppsintensiteten är nära noll, motsvarande 5 % av dagens nivåer. Orsaken är att det fortfarande kommer ske utsläpp av klimatpåverkande gaser från vissa aktiviteter efter 2055 men dessa övervägs förhoppningsvis av andra aktiviteter (BECCS⁵/DACCS⁶ m.fl.) som binder in koldioxid så att vi kan uppnå nettonegativa utsläpp från samhället som helhet. Hur denna utvecklingskurva ser ut visas i Figur 4 (grön linje) tillsammans med en schematisk utvecklingskurva för de totala utsläppen från samhället [ton CO₂e/år] (grå streckad linje), denna linje motsvarar ungefär linje P2 i Figur 3 ovan.

⁵ Bio-energy with carbon capture and storage

⁶ Direct air carbon capture and storage

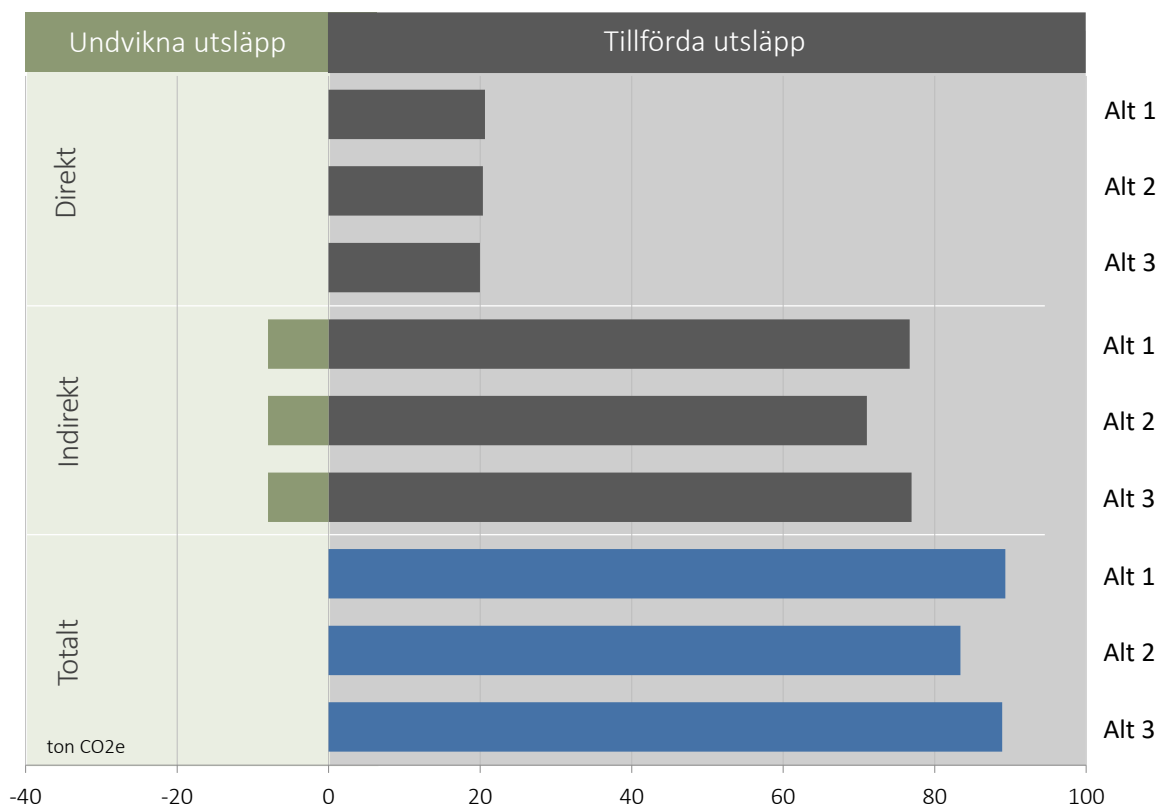


Figur 4. Scenario för framtida utveckling av utsläppsintensitet från tillverkande industri (grön linje) samt schematisk kurva för totala utsläpp (grå streckad linje).

Detta scenario för tillverkande industrier innebär att utsläppen per producerad enhet minskar med ca 2,7 procentenheter per år från 2020 till 2055 för att sedan plana ut. Utifrån dessa värden kan vi då räkna på vilken klimatpåverkan som uppstår vid utbyte av en komponent i framtiden. Om ett utbyte sker efter 10 år (2030) så kommer klimatpåverkan från att tillverka och installera den nya komponenten att vara ungefär $10 \cdot 2,7 = 27\%$ lägre än vad vi räknar med för dagens nivåer. Om ett utbyte sker vart tionde år så sker åtta utbyten under vår studerade tidsperiod om 80 år. Hade vi antagit oförändrade utsläpp från tillverkningen och arbetet så hade de totala utsläppen från material och infrastruktur över hela den studerade perioden varit åtta gånger de utsläpp som uppkommer av förstaårsinvesteringen. Det vi istället gör är att räkna på en genomsnittlig reduktionsfaktor över alla utbyten och multiplicerar denna med antalet utbyten vilket ger vad vi kallar för en reinvesteringsfaktor. I ett exempel med återkommande och lika stora reinvesteringar vart tionde år så blir den genomsnittliga reduktionsfaktorn 0,204 och reinvesteringsfaktorn blir därmed $8 \cdot 0,204 = 1,63$ (reinvesteringsfaktorn = antal utbyten \cdot genomsnittlig reduktionsfaktor). De totala utsläppen över hela den studerade 80-årsperioden blir därmed 2,63 gånger de utsläpp som uppkommer av förstaårsinvesteringen (förstaårsinvestering + reinvesteringsfaktor). En motsvarande beräkning har gjorts för varje individuell komponent som byts ut för de olika alternativa lösningarna under den studerade perioden.

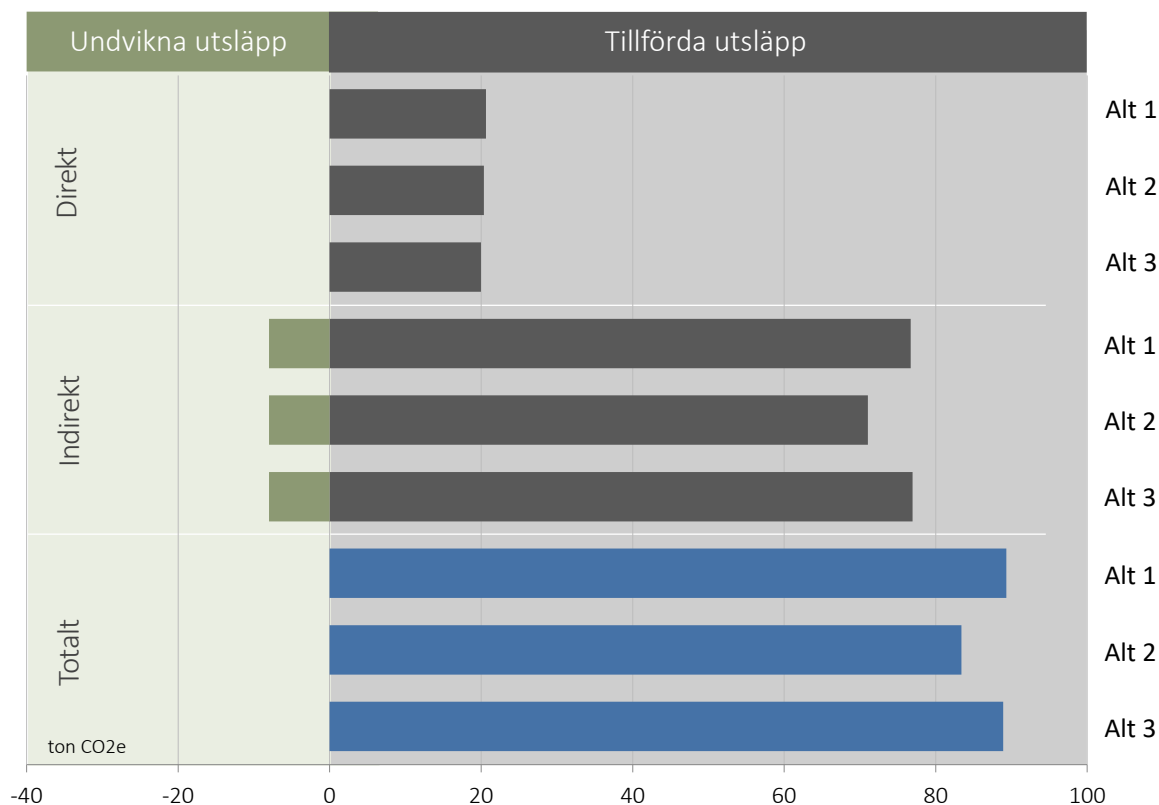
3 Resultat

/



Figur 5 visar studiens aggregerade huvudresultat. Klimatpåverkan är uppdelad på två huvudsakliga grupper; **direkt klimatpåverkan** och **indirekt klimatpåverkan**. Direkt klimatpåverkan är sådan som orsakas av utsläpp som uppkommer från aktiviteter som är del av anläggningarnas drift. Indirekt klimatpåverkan är sådan som orsakas av utsläpp från aktiviteter utanför anläggningarnas drift men som beror av hanteringen av avloppsvatten. Dessutom kan man tack vare vissa biprodukter (t ex biogas) som uppstår till följd av avloppsreningen undvika andra utsläpp i samhället. Dessa utsläpp redovisas också i gruppen indirekt klimatpåverkan. I den sista gruppen **total klimatpåverkan** redovisas summan av alla tillförda och undvikna utsläpp. Man kan konstatera att summan av tillförda utsläpp är betydligt större än summan av alla undvikna utsläpp och att nettoeffekten alltså är en ökad klimatpåverkan för samtliga alternativ. Lägst nettoklimatpåverkan ges i detta fall av alternativ 2 (decentraliserat reningsverk) men skillnaden mellan alternativen får anses vara liten, givet att resultaten beror på en lång rad faktorer. (Vi illustrerar detta tydligt genom känslighetsanalyserna i avsnitt 3.1.).

Som en jämförelse kan nämnas att de totala utsläppen under denna 80-årsperiod, motsvarar cirka knappt 1 % av de totala utsläppen från Vakins hela VA-verksamhet år 2020.



Figur 5. Aggregerade huvudresultat. Klimatpåverkan för respektive alternativ uppdelad på direkt, indirekt och total klimatpåverkan samt undvikna eller tillförda utsläpp. Summerade utsläpp under 80 år.

I Figur 6 visas samma huvudresultat men nu på en mer detaljerad form där vi delat upp respektive stapel i utsläpp som härstammar från en viss aktivitetsgrupp (samma resultat finns också i tabellform i Appendix A). Det finns ett stort antal enskilda utsläpp. Bland dessa aktivitetsgrupper finns några som har en mer betydande påverkan på nettoklimatpåverkan vilka beskrivs mer utförligt i punktform nedan:

- Direkta utsläpp från avloppsrening och slambehandling. Vid behandlingen av avloppsvattnet så sker nedbrytning av organiskt material. Från dessa processer så sker utsläpp av växthusgaser som exempelvis metan och lustgas.
(Rödorange stapel, direkt tillförd klimatpåverkan)
- Flera delar av avloppsreningensprocessen konsumerar el. Denna elkonsumtion påverkar produktionen i det nordeuropeiska kraftsystemet. Konsumtionen av el ger därmed indirekt upphov till utsläpp av växthusgaser.
(Gul stapel, indirekt tillförd klimatpåverkan)
- Det uppkommer avfall till följd av att material och komponenter måste bytas ut under analysperioden. Detta avfall måste omhändertas vilket sker genom olika behandlingstekniker. Avfallsbehandlingen ger upphov till utsläpp av växthusgaser, antingen direkt eller indirekt.

(Brandgul stapel, indirekt tillförd klimatpåverkan)

- Produktionen av material och förädlingen av dessa material till produkter som utgör den fysiska infrastrukturen för avloppsreningslösningarna samt resurserna som går åt vid installation av denna infrastruktur ger upphov till utsläpp.

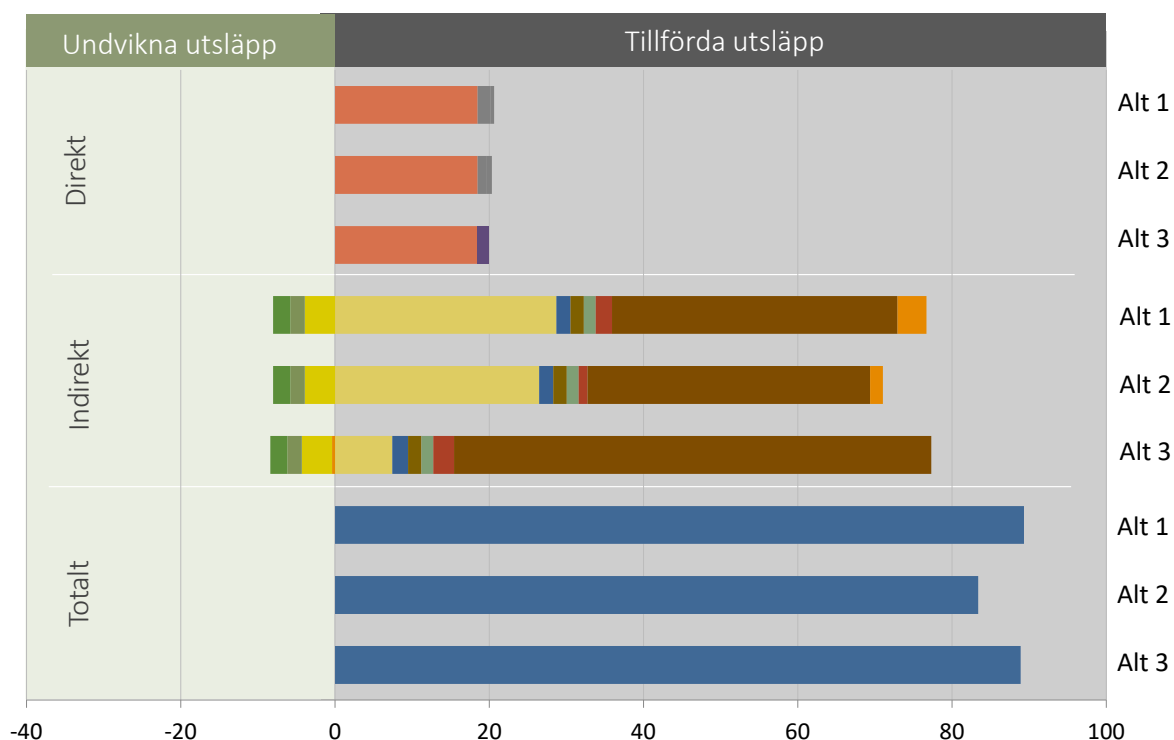
(Mörkbrun stapel, indirekt tillförd klimatpåverkan)

- Vakin producerar el vid Öns reningsverk, denna elproduktion möjliggörs tack vare behandlingen av avloppsvatten och de restprodukter som uppstår. Tack vare att denna el levereras till det nordeuropeiska kraftsystemet kan man undvika alternativ produktion av motsvarande mängd el och därmed utsläpp som annars skulle skett.

(Mörkgul stapel, indirekt undviken klimatpåverkan)

- Det slam som blir kvar efter behandling kan användas som jordförbättringsmedel. När detta sker så återförs en del näringsämnen till jordmånen men också det resterande kolet vilket till del binds i marken och på så sätt kan utsläpp av detta kol undvikas. Slammet förutsätts här alltså nyttiggöras och klimatprestandan för detta nyttiggörande förutsätts förbättras jämfört med dagsläget i linje med ambitionerna för att nå 1,5 gradersmålet (jämför Figur 3).

(Grön stapel, indirekt undviken klimatpåverkan)



Figur 6. Detaljerade huvudresultat. Klimatpåverkan för respektive alternativ uppdelad på direkt, indirekt och total klimatpåverkan samt undvikna eller tillförda utsläpp. Utsläpp från varje aktivitetsgrupp visas separat.

Figur 6 visar att uppströms utsläpp från material och infrastruktur är den aktivitetsgrupp som ger upphov till störst klimatpåverkan för samtliga alternativ, därefter kommer elförbrukning för alternativ 1 & 2. För alternativ 3 är det istället direkta utsläpp från rening av avloppsvatten och slambehandling som ger största bidragen efter utsläpp från material och infrastruktur.

3.1 Känslighetsanalyser

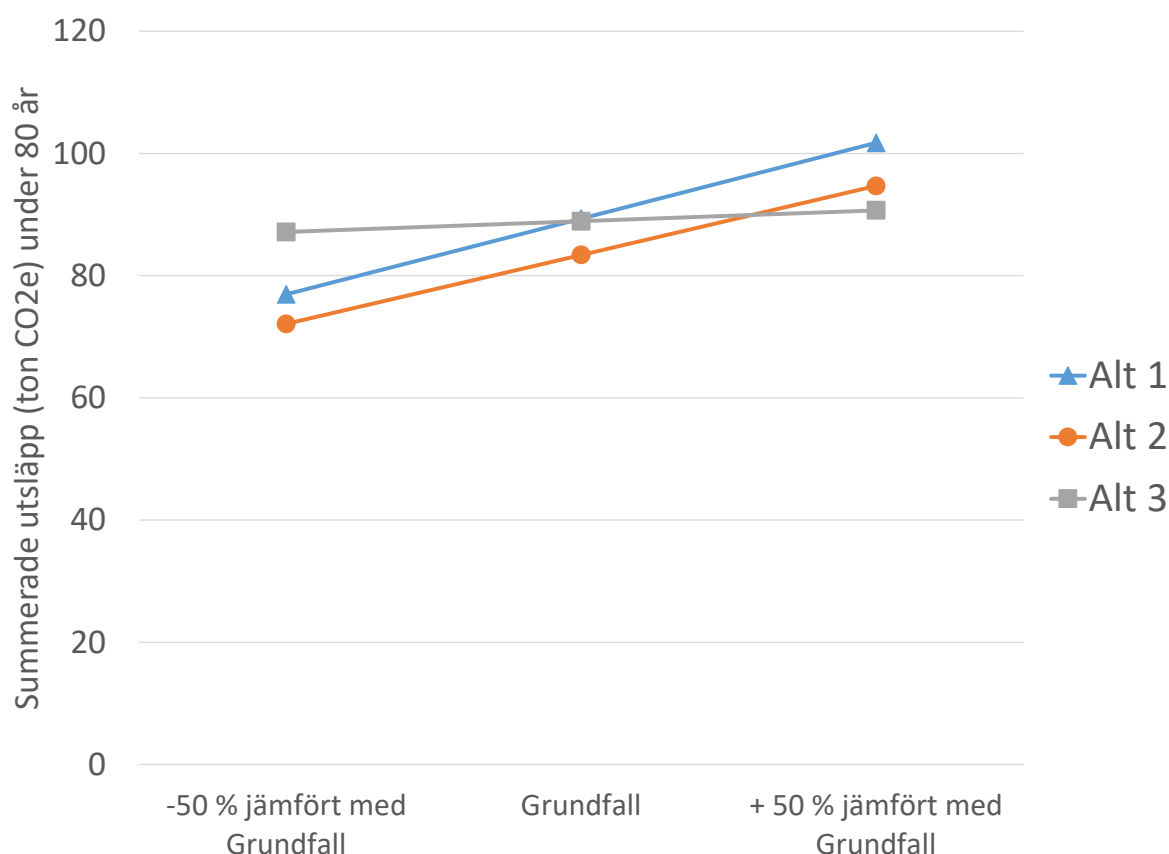
I ett framåtblickande beslutsperspektiv är det nödvändigt att göra olika antaganden om hur faktorer utvecklas i framtiden. Dessa antaganden kan vara mer eller mindre väl underbyggda men kommer alltid att medföra osäkerheter. Generellt kan man säga att en längre beslutshorisont/analysperiod medför ökad osäkerhet då det är svårare att göra träffsäkra prognoser längre in i framtiden.

För att belysa slutresultatets känslighet för sådana osäkerheter har vi utfört ett antal känslighetsanalyser.

3.1.1 Klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el

Samtliga tre alternativa lösningar som studeras förbrukar el och denna elförbrukning ger upphov till en betydande andel av den totala klimatpåverkan enligt vårt grundfall (speciellt för alternativ 1 och 2). Mängden el som förbrukas per behandlad mängd avloppsvatten skiljer sig dock åt tydligt. Därför kommer det utsläppsvärde vi använder för konsumtion och produktion av el att ha en betydande inverkan på analysens resultat. Alla sannolika scenarier pekar på att utsläppsintensiteten för elproduktion kommer att minska framöver, både i världen och i Europa. Hur snabbt omställningen kommer att gå är dock osäkert, särskilt över en så lång tidsperiod som 80 år.

I denna känslighetsanalys har vi valt att låta parametern variera +/- 50 % vilket ger ett intervall på 25 – 75 kg CO₂e/MWh. I Figur 7 nedan visas hur denna variation påverkar studiens slutresultat.



Figur 7. Resultat från känslighetsanalys K1 – Klimatpåverkan från konsumtion och produktion av el.

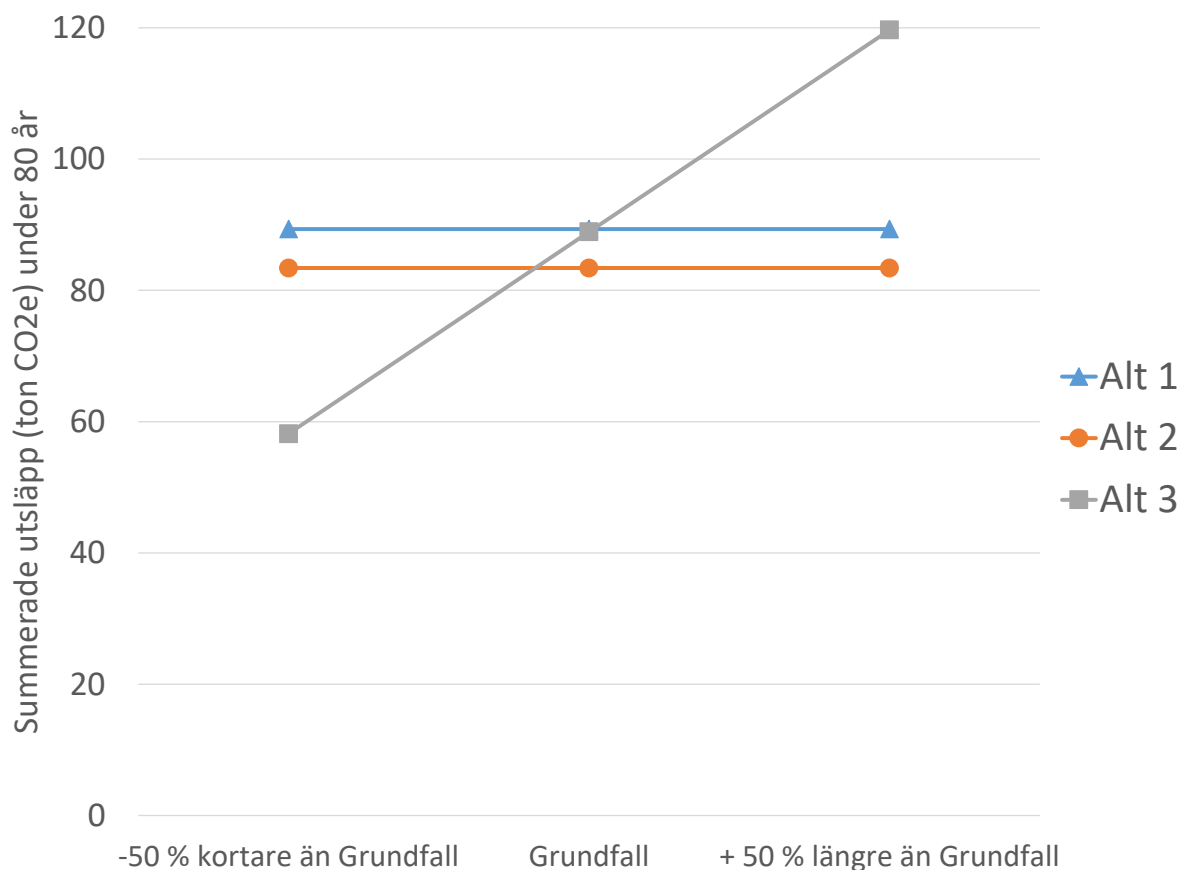
Denna känslighetsanalys visar att samtliga alternativ påverkas när elens utsläppsvärde förändras och att detta gäller särskilt för alternativ 1 & 2. Tack vare att alternativ 3 enligt förutsättningarna i den här analysen förbrukar mindre el är denna mindre känslig för just denna parameter. I fallet med 50

% lägre utsläppsvärde så innebär detta att alternativ 3 har den högsta totala klimatpåverkan och det omvända gäller med 50 % högre utsläppsvärde. Inbördes ordning mellan alternativ 1 & 2 ändras inte av förändringen inom denna känslighetsanalys.

3.1.2 Avstånd för anslutning till kommunalt avloppsnät

Avståndet från lämplig anslutningspunkt på befintligt kommunalt avloppsnät till det avsedda området är kraftigt styrande för klimatpåverkan från alternativ 3, kommunalt avlopp. Avståndet styr hur långa ledningar och hur stort schaktarbete som krävs för att ansluta fastigheterna till det kommunala avloppsnätet. Detta är en parameter som kommer att variera kraftigt mellan olika tänkbara beslutssituationer av liknande karaktär.

I denna känslighetsanalys har vi valt att låta parametern variera +/- 50 % vilket ger ett intervall på 340 – 1020 m huvudledning och 77 – 230 m servisledning. I Figur 8 nedan visas hur denna variation påverkar studiens slutresultat. Att både längden huvudledning och servisledning förändras innebär att både närheten till befintligt avloppsnät och bebyggelsens täthet inom området antas öka eller minska.



Figur 8. Resultat från känslighetsanalys K2 - Avstånd för anslutning till kommunalt avloppsnät.

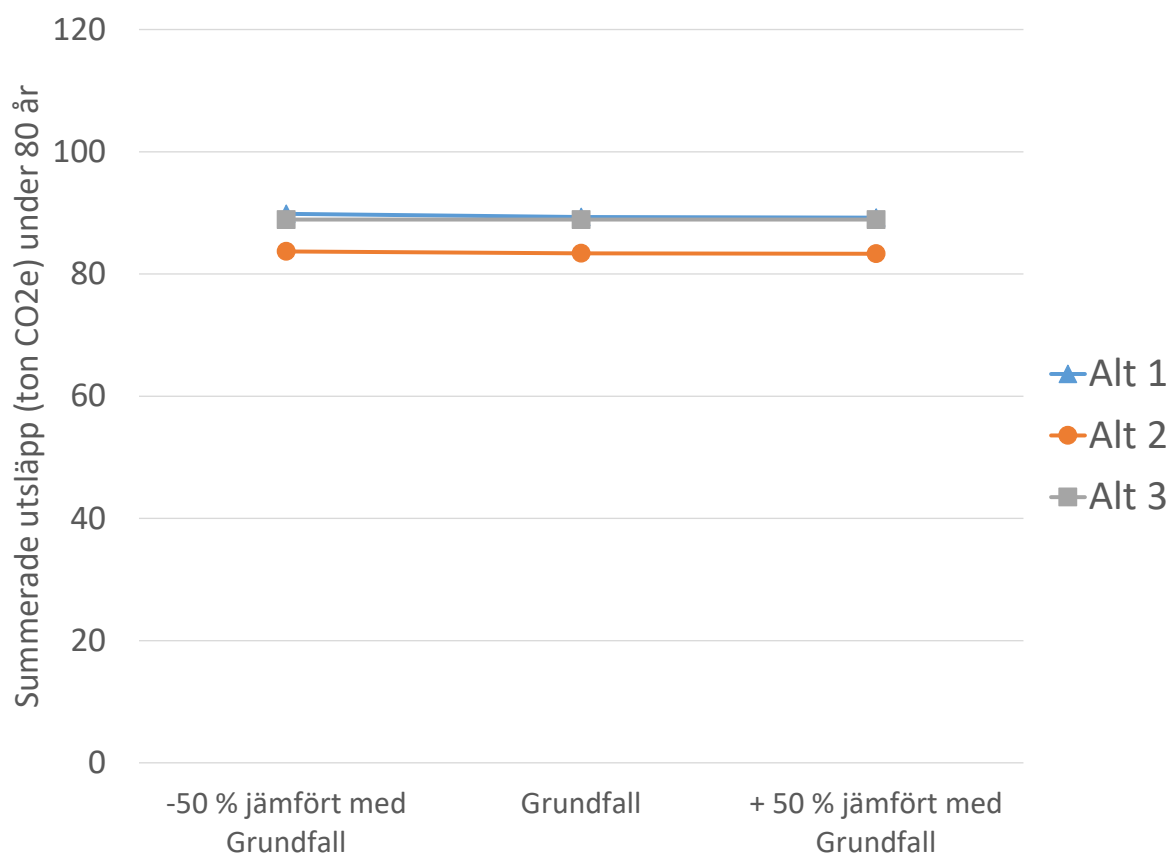
Denna känslighetsanalys visar att slutresultatet för alternativ 3 påverkas kraftigt när anslutningsavståndet ändras. I ett fall med 50 % kortare avstånd så blir de summerade utsläppen för alternativ 3 klart lägst av samtliga alternativ och det omvända gäller med 50 % längre avstånd. Detta är alltså en mycket viktig parameter att beakta vid denna typ av beslut. Ytterligare en aspekt på detta, som inte har studerats i detta projekt, är att elförbrukningen för pumparbete sannolikt skulle

förändras vid förändrad ledningslängd. Detta skulle därmed kunna förstärka effekterna på de klimatpåverkande utsläppen som en funktion av ledningslängden.

3.1.3 Livslängd på efterpoleringsbädd för lokala lösningar

Både alternativ 1 och alternativ 2 kräver anläggning av en eller flera efterpoleringsbäddar för infiltration av renat avloppsvatten. Efterpoleringsbädden innebär en viss materialförbrukning och kräver ett visst arbete att anlägga. Vid slutet av markbäddens livslängd måste materialet omhändertas. Efterpoleringsbäddens livslängd kan variera beroende av typ av avloppsbrunn/minireningsverk som används samt på hur väl reningsprocessen i dessa anläggningar fungerar. Det var också en parameter som det finns skilda uppfattningar om. Därav ansåg vi det relevant att göra en känslighetsanalys för denna parameter.

I denna känslighetsanalys har vi valt att låta parametern variera +/- 50 % vilket ger ett intervall på 20 – 60 år. I Figur 9 nedan visas hur denna variation påverkar studiens slutresultat.



Figur 9. Resultat från känslighetsanalys K3 - Livslängd efterpoleringsbädd. Alternativ 3 påverkas inte av denna känslighetsanalys, men är med som jämförelse.

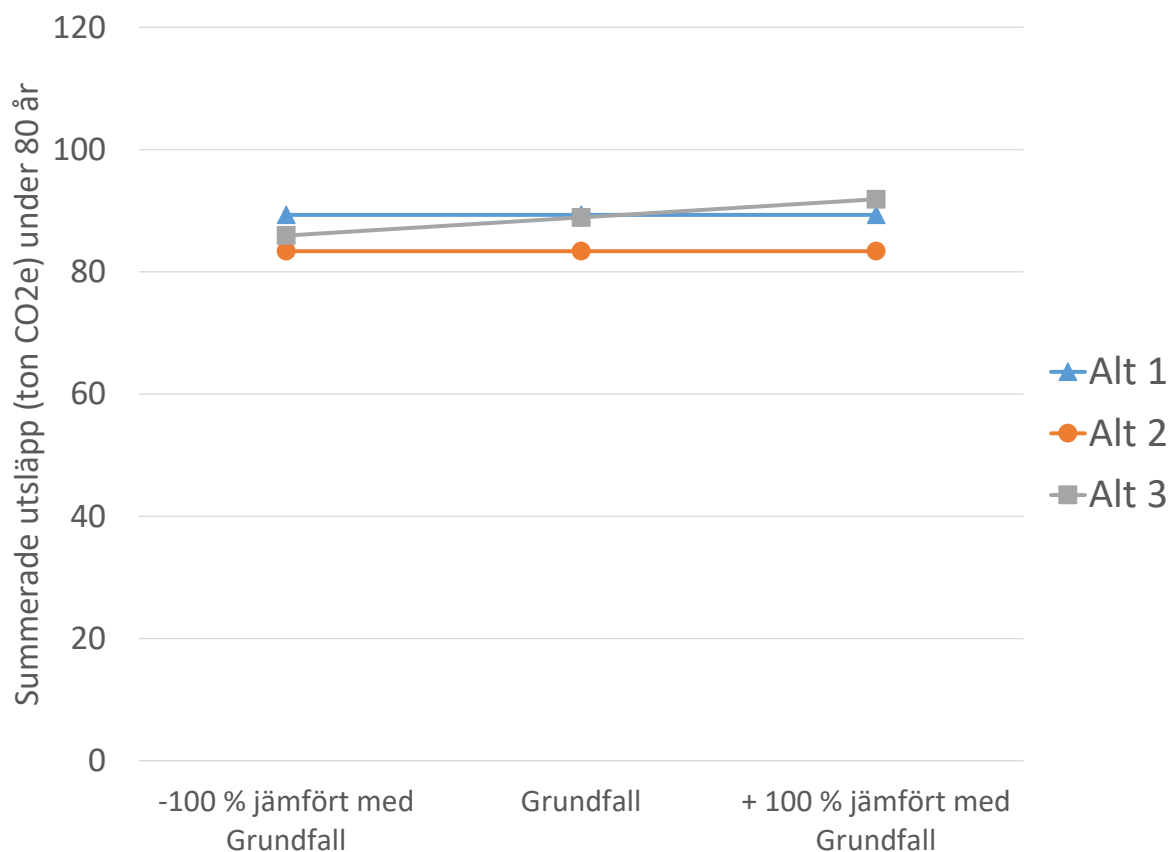
Denna känslighetsanalys visar att slutresultat för alternativ 1 och 2 påverkas mycket lite när livslängden för efterpoleringsbädden förändras. Rangordningen mellan de olika alternativen förändras inte inom detta relativt stora intervall.

3.1.4 Andel bergschakt vid anslutning till kommunalt avloppsnät

Vid schaktning för installation av ledningar så påverkas resursförbrukningen främst av markförhållanden och vilken jordart/bergart som måste grävas ut och bortforslas samt hur långt schaktmassorna måste transporteras. I vår analys har vi valt att göra en enklare distinktion mellan

jordschakt respektive bergschakt baserat på Trafikverkets klimatkalkyl⁷. Bergschakt har klart högre klimatpåverkan jämfört med jordschakt. Vi har i denna studie antagit att endast huvudledningen som skall installeras för alternativ 3 påverkas av denna parameter. I grundfallet antar vi att 30 % av schaktarbetet för huvudledning utgörs av bergschakt. Detta är en parameter som kan komma att variera kraftigt mellan olika tänkbara beslutssituationer av liknande karaktär.

I denna känslighetsanalys har vi valt att låta parametern variera +/- 100 % vilket ger ett intervall på 0 – 60 %. I Figur 10 nedan visas hur denna variation påverkar studiens resultat.



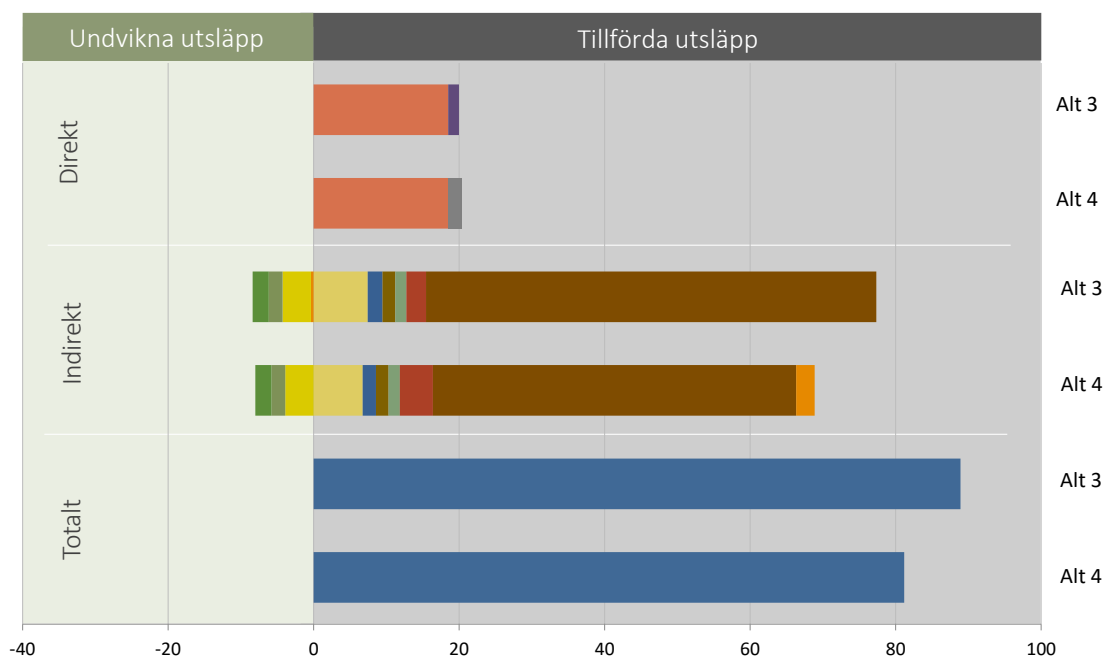
Figur 10. Resultat från känslighetsanalys K4 - Andel bergschakt vid anslutning till kommunalt avloppsnät.

Denna känslighetsanalys visar att slutresultatet för alternativ 3 påverkas tydligt när andelen bergschakt ändras men att känsligheten för denna parameter är relativt liten i jämförelse med t ex ledningslängden enligt tidigare avsnitt.

3.1.5 Decentraliserat reningsverk av annan konstruktion

I studiens inledande fas då vi undersökte olika alternativ att studera och möjligheter att samla in underlag kom vi i kontakt med en annan tillverkare av decentraliserade reningsverk som kunde bidra med sådant underlag. Produkten i fråga har en annan konstruktion än det reningsverk som utgör alternativ 2 i vårt grundfall men kan uppfylla motsvarande funktion. För att ytterligare bredda studiens resultat tyckte vi att det var intressant att jämföra även med ett sådant alternativ. Detta blir inte någon regelrätt känslighetsanalys som i ovanstående fall. En jämförelse av klimatpåverkan mellan detta alternativ, som vi kallar för alternativ 4, och alternativ 3 visas i Figur 11 nedan.

⁷ [Klimatkalkyl – infrastrukturens klimatpåverkan och energianvändning i ett livscykelperspektiv - Trafikverket](#)



Figur 11. Jämförelse av resultat från känslighetsanalys K5 - Minireningsverk av annan konstruktion (Alt 4) med resultat för alternativ 3 från grundfallet.

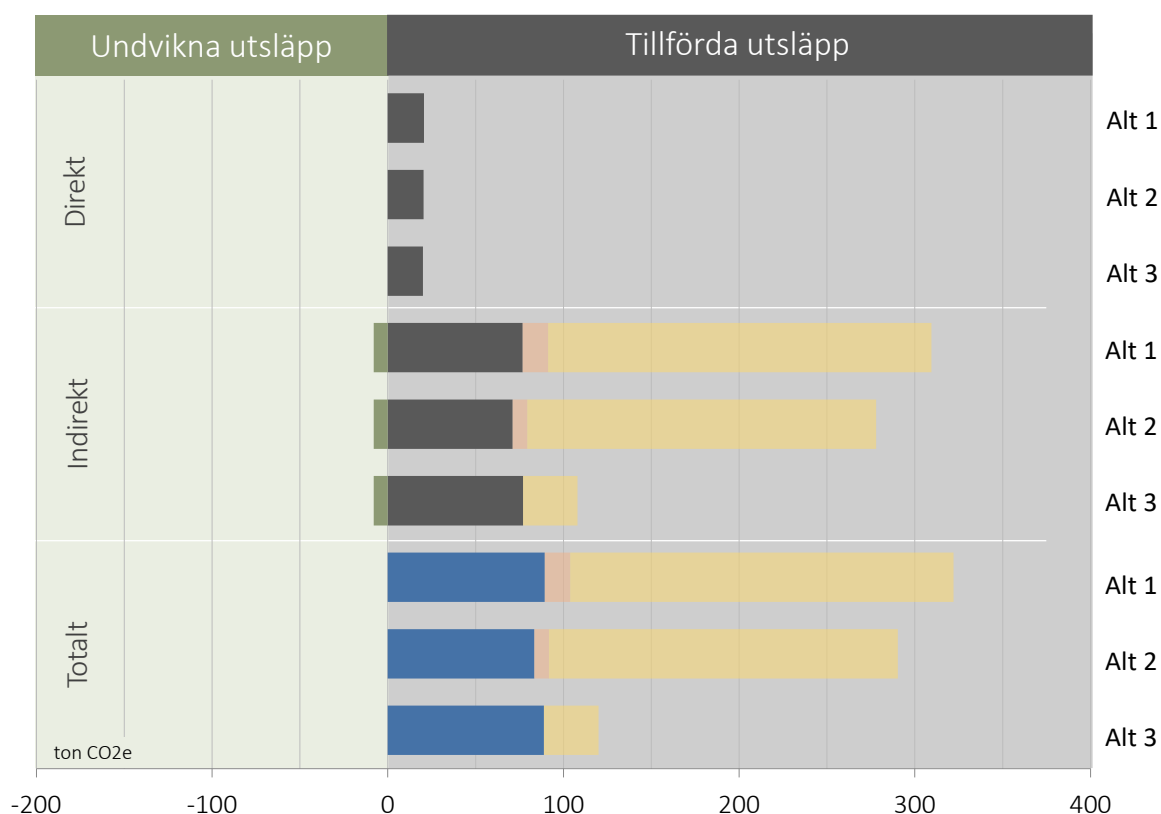
Denna jämförelse visar att alternativ 4 ger upphov till något lägre klimatpåverkan än alternativ 3 från grundfallet men att skillnaden på totalen även här är liten. Bägge alternativen har liknande typer av tillförda och undvikna utsläpp, men de indirekt tillförda utsläppen kopplade till elförbrukning och infrastruktur och material är något lägre för alternativ 4.

3.1.6 Oförändrade framtida utsläpp från material och infrastruktur samt elproduktion

I denna studies grundfall har vi antagit ett ambitiöst scenario för utvecklingen mot lägre klimatpåverkan i omvärlden. Detta gäller både utvecklingen av produktionen av material och produktionen av el.

Det scenario vi antagit ligger i linje med de internationella målen om att begränsa den globala uppvärmningen till omkring 1,5 grader Celsius. Utifrån den trend vi ser idag så kommer dessa mål sannolikt inte att uppnås. Exakt hur snabbt utvecklingen kommer att gå är omöjligt att förutsäga. För att visa på resultatens känslighet för denna parameter har vi i denna känslighetsanalys jämfört grundfallets resultat med ett scenario där framtida utsläpp kopplade till framställning av material och infrastruktur samt produktion av el inte förändras alls utan antas ligga kvar på dagens nivåer. Detta är ett mycket osannolikt scenario men visar på betydelsen av våra antaganden för studiens grundresultat.

I Figur 12 visas aggregerade resultat med antagande om oförändrade framtida utsläpp jämfört med dagsläget. De ljusorangea staplarna visar på tillkommande utsläpp från material och infrastruktur och de ljusgula staplarna visar på tillkommande utsläpp från elförbrukningen i detta "pessimistiska scenario".



Figur 12. Aggregerade resultat under antagande om oförändrade framtida utsläpp från material och infrastruktur. De orangea staplarna visar tillkommande klimatpåverkan från material och infrastruktur. De gula staplarna visar tillkommande klimatpåverkan från elförbrukning.

Denna känslighetsanalys påverkar främst alternativ 1 och 2, dels då det endast är dessa lösningar som kräver reinvesteringar i infrastruktur under den studerade tidsperioden och dels för att dessa lösningar förbrukar mer el per behandlad mängd avloppsvatten. I detta scenario blir resultatet att alternativ 3 har den klart lägsta totala klimatpåverkan och detta beror till stor del av den lägre elförbrukningen enligt förutsättningarna för den här analysen.

4 Diskussion och slutsatser

I denna studie har vi analyserat klimatpåverkan från tre olika alternativa lösningar för omhändertagande och behandling av avloppsvatten från bostäder. Analysen har gjorts med ett framåtblickande beslutsperspektiv enligt konsekvensprincipen och den studerade perioden sträcker sig 80 år framåt i tiden, från idag till början av 2100-talet.

När man gör en jämförande analys i ett så långt framåtblickande beslutsperspektiv uppstår naturligt osäkerheter. För att hantera dessa osäkerheter har vi utfört ett antal känslighetsanalyser som visar på slutresultatens känslighet för variationer på olika centrala parametrar.

I vårt grundfall har vår analys visat att alternativet 2, att bygga ett decentraliserat reningsverk, gav upphov till lägst total klimatpåverkan men att skillnaden mellan de olika alternativen är liten (ca 6 %).

Samtidigt får inte detta resultat övertolkas som att alternativ 2 alltid ger lägst klimatpåverkan utan tvärtom så visar känslighetsanalyserna att förändringar både i de lokala och globala förutsättningarna snabbt kan förändra rangordningen mellan alternativen. Inför varje enskild

beslutssituation där valet står mellan lokal respektive central avloppslösning bör man därför se över dessa förutsättningar. Det är också viktigt att komma ihåg att studien är av en orienterande karaktär, där målsättningen har varit att fånga helheten snarare än att göra detaljerade studier av de enskilda alternativen eller påverkande faktorer i omvärlden.

Baserat på känslighetsanalyserna så har vi identifierat ett antal viktiga parametrar som helt kan förändra utfallet:

- De globala och europeiska insatserna för att minska växthusgasutsläpp från el- och materialproduktion de närmaste 80 åren.
- Längden på ledningar som krävs för att ansluta ett omvandlingsområde (alternativ 3)
- Livslängd och materialsammansättning på komponenter (alternativ 1 och 2)
- Nivån på elkonsumention och elproduktion (eller annat energiutnyttjande)

För framtida utsläpp från el- och materialproduktion gäller att dessa är utmanande att bedöma inför ett beslut medan t ex längden på ledningar som krävs för att ansluta området till det centrala avloppsnätet och elkonsumention för de olika alternativen går att bedöma med större noggrannhet. Därför kan dessa parametrar hanteras på olika sätt i en beslutsprocess. Ett lämpligt sätt att hantera utmaningarna när det gäller framtida el- och materialproduktion är att använda ett antal scenarier som beskriver olika tänkbara utvecklingsvägar. Därigenom kan man testa robustheten för de olika lösningarna och under vilka förutsättningar som respektive alternativ är att föredra.

Ytterligare en viktig aspekt när det gäller ledningslängden för alternativ 3 är vilket pumparbete och därmed elförbrukning den ger upphov till vid olika ledningslängder. Detta har inte studerats i någon känslighetsanalys i denna studie men det är rimligt att anta att ju längre ledningssträcka som krävs för en specifik anslutning, desto större blir pumparbetet och elförbrukningen. När man utvärderar centraliserade och decentraliserade lösningar för ett objekt bör man sålunda också studera hur elförbrukningen påverkas av en eventuell anslutning av objektet till det centrala nätet.

När man tittar på resultaten är det också viktigt att komma ihåg att vi, på grund av bristen på data och mätningar, använt samma direkta utsläpp för samtliga alternativ rörande själva avloppsbehandlingen. Detta är en viktig begränsning. I verkligheten är det sannolikt att utsläppen skiljer sig åt och även detta skulle mycket möjligt kunna förändra rangordningen mellan de olika alternativen. De direkta utsläppen är en relativt stor post i de totala resultaten och eftersom både metan och lustgas (som vanligen bildas vid avloppsrening) är starka växthusgaser så kan även relativt små skillnader i utsläpp få betydelse för rangordningen. Vår slutsats är att det behövs betydligt mer forskning och mätningar inom VA-branschen kring de direkta utsläppen av lustgas och metan från avloppsbehandling – detta gäller samtliga alternativ som studeras i denna studie.

Ytterligare en begränsning i analysen är att vi inte räknat med några eventuella reinvesteringar under 80-årsperioden i Öns reningsverk på grund av behandlingen av de tillkommande slammängderna (alternativ 1 och 2) eller det tillkommande avloppsvattnet (alternativ 3) från de 17 fastigheterna. Det har inte kunnat klarläggas inom ramen för projektet om denna effekt finns och i så fall hur stor den skulle vara. Om man skulle inkludera reinvesteringar på Öns reningsverk⁸, så skulle utsläppen öka mer för alternativ 3 än för alternativ 1 och 2.

⁸ Observera att detta gäller avloppsbehandlingen exklusive slambehandlingen. Slambehandlingen antas nämligen ske på samma sätt oavsett om slammet samlas in från de decentraliserade lösningarna eller kommer från behandling i de tidigare stegen i Öns reningsverk.

Avslutningsvis är det viktigt att komma ihåg att klimatpåverkan endast är en av flera faktorer som ska beaktas vid val av avloppslösning vid sidan av andra miljömässiga, ekonomiska och sociala faktorer.

Appendix A – Resultattabell grundfall (avrundade värden)

		Totala utsläpp CO2e (ton)	Alt 1	Alt 2	Alt 3
Direkt klimatpåverkan			21	20	20
	Direkta utsläpp vid avloppsrening och slambehandling (metan, lustgas)		18	18	18
	Insamling av slam		2	1	0
	Transporter för service		0	1	0
	Läckage av köldmedier, Avlopp		0	0	1
Indirekt tillförd klimatpåverkan			77	71	77
	Elkonsumtion, Avloppsrening		29	26	7
	Värmeconsumtion, Avloppsrening (Ön)		2	2	2
	Utsläpp vid recipient av renat avloppsvatten		2	2	2
	Utsläpp vid användning av behandlat slam (deponitäckning, kompost)		2	2	2
	Kemikalier, Avlopp		2	1	3
	Material och infrastruktur - Uppströms		37	37	62
	Material och infrastruktur - Avfallshantering		4	2	-0,4
Indirekt undviken klimatpåverkan			-8	-8	-8
	Undviken elproduktion pga elproduktion Avloppsrening (Ön)		-4	-4	-4
	Undviken värmeproduktion pga värmeproduktion Avloppsrening (Ön)		-2	-2	-2
	Kolsänka i mark (från slam)		-2	-2	-2
Summa klimatpåverkan			89	83	89
	Varav summa scope 1-3		97	91	97
	Varav undvikna emissioner		-8	-8	-8

Appendix B – Sammanställning känslighetsanalyser

Nr.	Parameter	Variation	Resultat grundfall			Resultat efter förändring (+)			Resultat efter förändring (-)		
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
1	Utsläppsintensitet el	+/-50%	89	83	89	102	95	91	77	72	87
2	Avstånd till kommunalt nät	+/-50%	89	83	89	89	83	120	89	83	58
3	Livslängd markbädd	+/-50%	89	83	89	89	83	89	90	84	89
4	Andel bergsschakt vid anslutning till kommunalt nät	+/-100%	89	83	89	89	83	92	89	83	86

Nr.	Parameter	Variation	Förändring resultat (+)			Förändring resultat (-)			Känslighet		
			Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3	Alt 1	Alt 2	Alt 3
1	Utsläppsintensitet el	+/-50%	13,9%	13,5%	2,0%	-13,9%	-13,5%	-2,0%	0,278	0,271	0,040
2	Avstånd till kommunalt nät	+/-50%	0,0%	0,0%	34,6%	0,0%	0,0%	-34,6%	0	0	0,692
3	Livslängd markbädd	+/-50%	-0,11%	-0,07%	0,00%	0,59%	0,38%	0,00%	0,007	0,005	0
4	Andel bergsschakt vid anslutning till kommunalt nät	+/-100%	0%	0%	3%	0%	0%	-3%	0	0	0,033

Värden för "Känslighet" beskriver hur känsligt slutresultatet är för förändringen av en viss parameter och avser procentuell förändring av slutresultat per procentuell förändring av studerad parameter (% / %).