



rappport

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

REKO luft – reduktionskostnader för luftemissionsbegränsande åtgärder

Malin Ribbenhed och Erik Furusjö, IVL
Marcus Carlsson Reich, Naturvårdsverket

B1608

Januari 2005



Organisation/Organization IVL Svenska Miljöinstitutet AB IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd.	RAPPORTSAMMANFATTNING Report Summary
Adress/address Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel/Project title REKO luft – reduktionskostnader för luftemissionsbegränsande åtgärder REKO air – costs for measures to reduce air pollution emissions Anslagsgivare för projektet/ Project sponsor Elforsk, Energimyndigheten, Jordbruksverket, Vägverket, Naturvårdsverket och SIVL
Telefonnr/Telephone 08-598 563 00	
Rapportförfattare/author Malin Ribbenhed och Erik Furusjö, IVL samt Marcus Carlsson Reich, Naturvårdsverket	
Rapportens titel och undertitel/Title and subtitle of the report REKO luft – reduktionskostnader för luftemissionsbegränsande åtgärder	
Sammanfattning/Summary I detta forskningsprojekt har IVL, i samarbete med ett antal sektorsorgan (myndigheter och andra branschintressenter), arbetat med att utveckla en databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader. Databasen kallas <i>REKO luft</i> – reduktionskostnader för luftemissionsbegränsande åtgärder. I projektet har en databasstruktur tagits fram samt ett optimeringsverktyg utvecklats med vilket den mest kostnadseffektiva lösningen givet <i>flera</i> satta mål kan tas fram, d.v.s. verktyget kan hantera flera emissioner samt sektorer parallellt. Då många data saknas i databasen samt då befintliga data inte är kvalitetssäkrade kan databasen i dagsläget endast användas i illustrativt syfte. En av de mest kritiska punkterna för att få REKO att fungera är databiten. För att databasen ska bli användbar krävs därför att en organisation och metod för dataförsörjning, kvalitetssäkring och uppdatering av data utvecklas.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren /Keywords Luftemissioner, miljömål, databas, åtgärder, kostnader	
Bibliografiska uppgifter/Bibliographic data IVL Rapport/report B1608	
Rapporten beställs via /The report can be ordered via Hemsida: www.ivl.se , e-mail: publicationservice@ivl.se , fax: 08-598 563 90 eller IVL, Box 210 60, 100 31 Stockholm.	

Förord

IVL Svenska Miljöinstitutet har genom finansiering från Elforsk, Energimyndigheten, Jordbruksverket, Vägverket och IVL:s samfinansierade medel från Naturvårdsverket genomfört föreliggande forskningsprojekt. Målet med projektet har varit att, i samarbete med sektorsorgan (d.v.s. myndigheter och branschintressenter), utveckla en databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader. Arbetet har pågått under 2002-2004.

Det praktiska arbetet i projektet har bedrivits av en projektgrupp på IVL bestående av: Marcus Carlsson Reich (t.o.m. juni 2004, därefter Naturvårdsverket), Peringe Grennfelt Catarina Sternhufvud, Erik Furusjö, Malin Ribbenhed (2004), Håkan Stripple (2004) och Anna Jarnehammar (2004).

Utöver denna projektgrupp har även en styrgrupp bestående av representanter från Elforsk, Energimyndigheten, Jordbruksverket, Vägverket och Naturvårdsverket medverkat. Styrgruppens uppgift har varit att bistå i arbetet med att samla in data för respektive sektor, samt att för projektet fatta strategiska beslut. Styrgruppen har haft följande sammansättning: Gunnar Hovsenius, Elforsk, Irene Wrände (2002), Johanna Andréasson (2003) och Göran Andersson (2004), Energimyndigheten, Magnus Bång, Jordbruksverket, Martin Juneholm, Vägverket samt Sofia Ahlroth, Anna Engleryd och Lars Lindau, Naturvårdsverket. Arbetet har genomförts i samarbete med de medverkande sektorerna samt internationella organ och projekt inom området.

Vi vill passa på att tacka styrgruppen för deras medverkan i detta forskningsprojekt samt alla övriga som har bidragit med information och underlag till projektet.

Stockholm den 26 januari 2005

Sammanfattning

Miljöarbete går idag inte enbart ut på att minska utsläpp, utan även på att minska dem till en så låg kostnad som möjligt. Det gäller att uppnå miljömålen till lägsta kostnad för att minimera inskränkningen på annat miljöarbete och ekonomin i stort.

Det finns således ett behov av att kunna minimera kostnader när åtgärder görs. Idag utgår man i första hand från kostnadskurvor när man studerar åtgärder, d.v.s. ett ämne och ett mål studeras i taget. Mycket skulle dock kunna vinnas genom att använda sig av verktyg som tillåter att åtgärder för flera olika ämnen, mål och sektorer studeras samtidigt. På så sätt skulle suboptimeringar kunna undvikas samt de mest kostnadseffektiva åtgärderna identifieras.

För att försöka möta behoven under de närmaste åren har ett forskningsprojekt genomförts i vilket IVL, i samarbete med ett antal sektorsorgan, arbetat med att utveckla en databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader. Databasen kallas *REKO luft* – reduktionskostnader för luftemissionsbegränsande åtgärder. Naturvårdsverket, Vägverket, Energimyndigheten, Elforsk och Jordbruksverket har deltagit i samarbetet. Målet för forskningsprojektet har varit att skapa en oberoende databas för åtgärds-kostnader samt att utveckla ett optimeringsverktyg för att identifiera de mest kostnadseffektiva åtgärderna för att nå olika miljömål. Arbetet har genomförts i samarbete med de medverkande sektorerna samt med internationella organ och projekt inom området.

En databas kan i teorin byggas hur flexibel som helst – men ökad flexibilitet ökar också kostnaderna. Dessutom är flexibilitet och enkelhet motsatser vad gäller databas-konstruktion – och därigenom även vad gäller dataförsörjning. Därför är det viktigt att utgå från de behov som finns, d.v.s. vad databasen ska användas till så att relevanta avgränsningar görs. Under projektets gång har få avgränsningar gjorts vad gäller databasens funktionalitet, vilket har påverkat möjligheten att få in de data som behövs. Den framtagna databasstrukturen innehåller uppgifter om reduktionspotential och kostnad för både tekniska och icke-tekniska åtgärder, och inriktar sig på utsläppen av kväveoxider (NO_x), svaveldioxid (SO₂), koldioxid (CO₂), metan (CH₄), ammoniak (NH₃), flyktiga organiska ämnen och partiklar. Vidare finns det möjlighet att kombinera olika åtgärder. Åtgärderna redovisas för ”referensanläggningar” på nationell nivå och inte för enskilda anläggningar. De sektorer som ingår i databasen är energi, väg och jordbruk.

Databasen lagrar åtgärdsinformation på ett format som gör att viktiga antaganden lätt kan ändras. Till exempel kan energipriser, ränta eller den förväntade utvecklingen av aktiviteten i en sektor enkelt ändras.

I projektet har ett optimeringsverktyg utvecklats med vilket den mest kostnadseffektiva lösningen för att nå en önskad utsläppsreduktion kan identifieras. Den största styrkan hos det utvecklade optimeringsverktyget är att det kan identifiera den mest kostnadseffektiva lösningen givet *flera* satta mål, d.v.s. verktyget kan hantera flera emissionskrav parallellt. Vidare klarar verktyget av att hantera flera sektorer parallellt. Genom att verktyget kan hantera flera emissionskrav och sektorer parallellt kan den lägsta åtgärds-kostnaden för samhället identifieras.

Den version av verktyget som utvecklats i projektet är att betrakta som en praktiskt fungerande prototyp som demonstrerar funktionaliteten. För att verktyget ska bli mer rutinmässigt användbart är en utveckling, i första hand, med avseende på användarvänlighet nödvändig.

Att upprätta en databas över emissionsbegränsande åtgärder och kostnaderna för att genomföra dessa visade sig vara svårare än förväntat. Den version av databasen som finns idag kan därför endast användas i illustrativt syfte. Detta beror på att många data saknas samt att befintliga data inte är kvalitetssäkrade. Följande tre faktorer har identifierats som de kritiska punkterna vid genomförandet av detta forskningsprojekt:

- *Resursbrist*: Att utveckla en nationell databas är ett långsiktigt arbete som kräver ett aktivt deltagande och stora resurser, inte minst vad gäller avsatt tid. Dessa förutsättningar har inte funnits fullt ut i projektet.
- *Datatillgång*: Att erhålla data till databasen visade sig vara väldigt svårt.
- *Svårigheter med att använda internationella initiativ*: En förhoppning inför och under projektets gång var att de internationella och europeiska initiativ inom området, som pågått parallellt med REKO, skulle ha gått att använda i stor utsträckning. Eftersom det internationella arbetet blivit försenat gick inte det.

De slutsatser som kan dras från föreliggande forskningsprojekt är:

- Det finns ett *behov* av en databas för åtgärds-kostnader men behoven ser olika ut och är olika stora för olika användare.
- Själva *strukturen* på REKO-databasen är funktionell, d.v.s. den är flexibel och innehåller poster för åtgärder, reduktioner, kostnader och scenarier. Däremot är inte själva databasen, bl.a. vad avser nuvarande indelning i referensanläggningar och åtgärder, komplett.
- Styrkan hos optimeringsverktyget är att flera ämnen samt flera sektorer kan analyseras parallellt.

- Dataförsörjningen är den kritiska punkten för att få REKO att fungera, d.v.s. för att få tillförlitlig information från databasen och optimeringsverktyget. För att nå ett sådant syfte krävs att en metod för dataförsörjning, kvalitetssäkring och uppdatering av data utvecklas. Om databasen och verktyget ska kunna användas som underlag för miljömålsarbetet måste databasen, förutom att utvecklas med avseende på datamängd för de befintliga sektorerna, dessutom kompletteras med ytterligare sektorer. En avgränsning, i första hand, med avseende på sektorer och åtgärder är dock nödvändig.
- Att bygga upp en databas såsom REKO luft är ett långsiktigt arbete som kräver ett stort engagemang från deltagande sektorer. Det krävs också ett organiserat datavärdskap med personer som löpande arbetar med att upprätthålla kvaliteten på data i databasen.

En *önskad* användning av REKO luft är att kunna använda databasen dels som en informationskälla, dels tillsammans med optimeringsverktyget för att finna den mest kostnadseffektiva lösningen på uppsatta mål. Dessutom är det önskvärt att delar av databasen ska kunna användas i andra syften än för att optimera åtgärds-kostnader.

Innehållsförteckning

Förord

Sammanfattning.....	1
1 Inledning och bakgrund.....	7
1.1 De svenska miljömålen och bristen på kostnadsanalyser.....	7
1.2 Det internationella luftvårdsarbetet.....	7
1.3 Kostnader och åtgärder.....	8
2 Vision.....	8
3 Mål och syfte.....	9
4 Rapportens upplägg.....	9
5 Metoder och avgränsningar.....	9
5.1 Genomförande.....	9
5.1.1 Behovsanalys.....	10
5.1.2 Inventering och insamling av dataunderlag.....	10
5.1.3 Utvecklande av databasstruktur och optimeringsverktyg.....	11
5.1.4 Fallstudier.....	14
5.1.5 Sammanställning av erfarenheter från projektet.....	14
6 Databasens struktur.....	15
6.1 Inledning.....	15
6.2 Indelning i sektorer.....	17
6.3 Definition av emissionsparametrar.....	18
6.4 Indelning i referensanläggningar (reference installation).....	19
6.4.1 Aktivitetsenhet (activity unit).....	20
6.4.2 Aktivitetsnivå (activity level).....	20
6.4.3 Emissioner utan åtgärd (unabated case).....	20
6.5 Åtgärder.....	20
6.5.1 Tekniska åtgärder.....	21
6.5.2 Appliceringsdata.....	25
6.5.3 Aktivitetsnivåförändrande åtgärder (activity-level changing measures)....	26
6.5.4 Kombination av åtgärder.....	26
6.6 Dokumentation.....	27
7 Status i databasen.....	27
7.1 Energisektorn.....	27
7.1.1 Småskalig vedeldning.....	29

7.2	Vägsektorn.....	30
7.3	Jordbrukssektorn.....	31
8	Optimeringsverktyg.....	33
8.1	Modell för emissioner.....	33
8.1.1	Åtgärder och gruppering av åtgärder.....	33
8.1.2	Reduktion av emissioner	34
8.2	Modell för aktivitetsnivåförändrande åtgärder.....	34
8.3	Modell för åtgärds kostnader	35
8.4	Mjukvara för optimering	36
8.4.1	Metod.....	37
8.4.2	Resultatpresentation	37
9	Illustrativt exempel.....	38
9.1	Beskrivning av referensanläggningar och åtgärder i exemplet	38
9.2	Genomförande	39
9.3	Resultat från exemplet.....	41
9.3.1	Resultat i diagramform	42
10	Diskussion och erfarenheter	48
10.1	Databas.....	48
10.1.1	Struktur	48
10.1.2	Dataförsörjning.....	49
10.2	Optimeringsverktyg	53
10.3	Användning av REKO luft.....	54
10.3.1	Alternativ till REKO.....	54
10.4	Behov och erfarenheter från deltagande sektorer	54
11	Slutsatser	56
12	Fortsatt arbete.....	56
12.1	REKO luft	56
12.2	Utvidgning av REKO.....	57
13	Referenser	58

Bilaga 1. Sammanställning över data för referensanläggningarna i exemplet

1 Inledning och bakgrund

1.1 De svenska miljömålen och bristen på kostnadsanalyser

Den svenska riksdagen antog 1999 femton miljömål, som alla syftar till att man inom en generation skall ha löst de stora miljöproblemen och säkerställt en hållbar utveckling. I underlagsarbetet till Miljömålspropositionen betonades vikten av kostnadseffektivitet när det gäller val av styrmedel och åtgärder. Minskningen av emissioner skall alltså utföras till lägsta möjliga kostnad för samhället.

I underlagsarbetet till Miljömålspropositionen beräknades kostnader för olika åtgärder. Åtgärderna rangordnades sedan efter deras marginalkostnader. På grund av tidspress och brist på bra underlag från vissa av sektorerna genomfördes emellertid inga kompletta kostnadsberäkningar.

1.2 Det internationella luftvårdsarbetet

Arbetet med att minska utsläppen av luftföroreningar sker i nära samarbete med andra länder eftersom många föroreningar är gränsöverskridande och utsläpp i ett land därmed även drabbar andra länder. Inom både CLRTAP (Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution) och CAFE (Clean Air For Europe) arbetar man med att ta fram förslag på hur utsläppen i Europa skall reduceras på det mest kostnadseffektiva sättet¹.

I RAINS-modellen beräknas kostnader för olika tekniska åtgärder, som därefter rangordnas efter deras marginalkostnad. På grund av RAINS-modellens syfte, att vara en generell modell som fungerar för alla länderna, går det inte att direkt använda kostnadsberäkningarna i detalj utan den totala årskostnaden för åtgärderna skall ses som en ungefärlig uppskattning. Det är därför av stor vikt att länderna själva gör sina egna kostnadsberäkningar. Om man vill ta hänsyn till de olika ländernas särdrag behöver alltså RAINS-modellen kompletteras med nationella modeller. Då Sverige är en nation som kommit längre än många andra när det gäller åtgärder på luftvårdssidan kan det finnas anledning att misstänka att åtgärder i Sverige är kostsammare än i många andra länder.

¹ Optimeringsarbetet utgår från RAINS-modellen som är framtagen på IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis).

I Göteborgsprotokollet och EUs takt direktiv (som tagits fram med hjälp av RAINS) har man enats om utsläppsgränser för SO₂, NO_x, VOC och ammoniak för 2010. Det finns nu långt framskridna planer på att revidera protokollen och ta fram nya utsläppsnivåer för 2015 och 2020, då även partiklar kommer att inkluderas. I det arbetet är det viktigt att Sverige spelar en aktiv roll.

1.3 Kostnader och åtgärder

Miljöarbete går således idag inte enbart ut på att minska utsläpp, utan även på att minska dem till en så låg kostnad som möjligt. Det gäller att uppnå största möjliga miljöfördel med minsta möjliga påverkan på ekonomin i övrigt för att minimera inskränkningen på annat miljöarbete och ekonomin i stort.

Det finns således ett behov av att kunna minimera kostnader när åtgärder görs. Idag utgår man ofta från kostnadskurvor när man studerar åtgärder, d.v.s. ett ämne och ett mål studeras i taget. Det vore dock fördelaktigt att ett verktyg utvecklas där man kan kombinera flera olika ämnen, mål och sektorer. På så sätt kan suboptimeringar undvikas samt de mest kostnadseffektiva åtgärderna sättas in. T.ex. i Klaasen m.fl. 2004 pekas på stora fördelar med att samordna klimat- och luftvårdsarbetet (IIASA Interim Report IR-04-015). Exempelvis medför en övergång till biobränslen inom energisektorn en minskning av utsläppen av klimatgaser, men leder samtidigt till ökade partikelutsläpp.

Inom IIASA håller man för närvarande på att utveckla en optimeringsmetod i vilken flera ämnen ska kunna studeras. I dagsläget studeras dock inte ämnena parallellt utan målen uppnås i serie, d.v.s. först studeras åtgärderna för reduktion av en viss emission, efter det studeras åtgärderna för reduktion av nästa emission o.s.v. Genom detta förfarande är det inte säkert att det är den mest kostnadseffektiva lösningen totalt som nås.

2 Vision

Visionen för projektet var att upprätta en nationell allmänt tillgänglig och flexibel databas över utsläppsreduktioner och deras kostnader för samtliga sektorer i Sverige. Med hjälp av databasen ska kostnadseffektiva lösningar för flera reduktionsmål kunna identifieras över sektorsgränser.

REKO ska kunna användas på olika myndigheter i flera sammanhang, bl a för att utvärdera styrmedel och hur Sverige närmar sig miljömålen, samt i det internationella arbetet med t.ex. CAFE. Förhoppningen är även att industrin ska ha stor nytta av att

använda sig av REKO, både för att få kunskap om scenarier och åtgärder och för att ha möjlighet att påverka hur myndigheterna utvärderar industrins miljöarbete.

Vidare är visionen att projektet REKO luft ska övergå till ett datavärdskap för åtgärds-kostnadsdata för en långsiktig hantering av frågan inom Sverige.

3 Mål och syfte

Syftet med detta forskningsprojekt har varit att tillsammans med representanter från olika sektorer ta fram och sammanställa den information som finns tillgänglig över de åtgärder som genomförts, planeras eller är möjliga att genomföra i ett framtida perspektiv för att minska luftemissioner, samt att samla denna information i en databas som kan användas vid skapande av utsläppsscenarier.

De två övergripande målen har varit att:

1. *Skapa en oberoende källa för åtgärds-kostnader i samförstånd med berörda aktörer (databas).*
2. *Utveckla ett verktyg för att optimera kostnadsåtgärder (optimeringsverktyg).*

4 Rapportens upplägg

I föreliggande rapport görs en kortfattad genomgång av genomförandet medan fokus ligger på att beskriva framtagna databasstruktur, optimeringsverktygets funktion samt presentera erfarenheter från forskningsprojektet. Dessutom illustreras databasstrukturen och optimeringsverktygets funktionalitet genom ett exempel. Slutligen dras lärdomar av projektet inför ett eventuellt fortsatt arbete med en nationell databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader.

5 Metoder och avgränsningar

5.1 Genomförande

En förutsättning för projektets genomförande var att ett nära samarbete upprättades mellan företrädare för olika sektorer och IVL. Detta dels för att det är viktigt att gemensamt bestämma upplägg och inriktning av arbetet, dels för att underlätta inventeringen och insamlingen av dataunderlaget. Resultatet blev att en styrgrupp bestående av del-

tagare från Energimyndigheten, Elforsk, Jordbruksverket samt Vägverket knöts till projektet. Det är dessa sektorer som således har behandlats inom REKO-projektet.

Projektet har omfattat följande moment:

- Behovsanalys
- Inventering och insamling av dataunderlag
- Utvecklande av databasstruktur och optimeringsverktyg
- Fallstudier
- Sammanställning av erfarenheter från projektet

5.1.1 Behovsanalys

I inledningen av forskningsprojektet gjordes en behovsanalys för att utreda vilka behov av en databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader som finns. I analysen identifierades att det finns ett övergripande behov en databas som kan användas inom följande områden:

- miljömålsuppföljning och åtgärdsprogram för detta, främst från Naturvårdsverket och andra miljömålsmyndigheter och sektorsorgan
- miljökvalitetsnormer för tätortsluft (t.ex. NO_x och partiklar i Stockholm och Göteborg)
- internationellt arbete: CAFE (Clean Air For Europe) inom EU, takdirektivet (CLRTAP), Kyotoprotokollet
- regionala åtgärdsprogram

5.1.2 Inventering och insamling av dataunderlag

Datainsamlingen påbörjades med en inventering av existerande kostnadsdata från framförallt RAINS-modellen, IIASA, EGTEI, PRIMES-modellen, Vägverket, ExternE, Naturvårdsverket, men även andra källor har inventerats, såsom Norges arbete med åtgärdskostnader, Nordleden, Nordiska Ministerrådet, MERLIN, EU-rapporter om åtgärdskostnader och BAT, SAME-projektet, SOU 2000:52 (Miljömålskommitténs slutbetänkande) etc.

En inventering av befintlig information hos sektorerna har också utförts. Dessutom har den litteratur som finns på området, både internationellt och nationellt, studerats.

Inventeringen har både innefattat emissionsdata, kostnadsdata och scenariodata. Med scenariodata menas prognoser om hur framtiden kommer att se ut. Vad gäller inventeringen över framtida scenarier var syftet att få svar på frågorna om vad som är gjort inom de olika sektorerna, av vilken kvalitet scenariorna är samt vad som behövs göras ytterligare. De initiativ som varit relevanta för *REKO luft* har kartlagts och sammanställts, såsom RAINS-modellen, EGTEI, IIASA, PRIMES-modellen, Naturvårdsverket, Energimyndigheten, Nordleden, Nordiska Ministerrådet, SAMPLAN, SIKa, EU-rapporter, SAME-projektet, Boverket, SOU 2000:52 (Miljömålskommitténs slutbetänkande), SOU:2000:23 (Klimatkommitténs betänkande). Gemensamt för dessa scenarier har varit prognoser eller visioner som beskriver hur miljömål och krav kan uppfyllas.

Inventeringen har visat att det är en stor skillnad i hur åtgärder och deras kostnader redovisas i olika studier, och att det snarare är regel än undantag att det finns stora dataluckor. Det är mycket vanligt att utelämna förutsättningar eller bakgrundsdata för kostnadsberäkningar. Även om det finns många studier gjorda på kostnadseffektivitet är således dataunderlaget, eller åtminstone rapporterad data, i många fall bristfälligt. Olika rapporter, projekt och initiativ redovisar data på olika sätt, använder olika basår, scenarier, m.m., vilket kraftigt försvårar jämförelser.

Ute hos sektorerna finns en del information om förslag på möjliga åtgärder och i vissa fall genomförda uträkningar av kostnaderna för dessa.

5.1.3 Utvecklande av databasstruktur och optimeringsverktyg

En databas kan i teorin byggas hur flexibel som helst – men detta kostar mycket pengar. Därför är det viktigt att stämna av vilket behov som finns och vad databasen ska användas till så att relevanta avgränsningar görs.

Vid utvecklandet av databasen och optimeringsverktyget inom REKO luft har vi utgått från ett antal frågeställningar, såsom:

- Vilka behov av en databas finns?
- Vilka ska kunna använda den (d.v.s. för vem ska den vara tillgänglig)?
- Vilka data ska den innehålla och på vilket format?
- Vem ska kvalitetssäkra de data som återfinns i databasen?

I detta forskningsprojekt har således försök gjorts att utreda och svara på ovanstående frågor.

5.1.3.1 Önskemål om databasen innan och under projektets gång

Projektet har utgått från att ta fram och sammanställa åtgärder som genomförts, planeras eller är möjliga att genomföra i ett framtida perspektiv för att minska utsläppen av svaveldioxid (SO₂), kväveoxider (NO_x), flyktiga organiska ämnen (VOC), ammoniak (NH₃), partiklar (PM) och koldioxid (CO₂). Efterhand framkom att man även borde inkludera andra klimatgaser, framförallt metan (CH₄). Projektet syftade inte till att lägga in information om varje enskild anläggning, även om detta varit önskvärt. Däremot syftade det till att tillämpa åtgärdskostnadsfunktioner som är tillräckligt finfördelade för att kunna användas i både internationellt och nationellt åtgärdsarbete. En utgångspunkt var de kostnadsfunktioner som utvecklats för Sverige i IIASA:s RAINS modell, och efterhand även den struktur som togs fram i EGTEI-projektet. Även så kallade icke-tekniska åtgärder skulle kunna hanteras av databasen. På europeisk nivå, inom EGTEI (Expert Group on Techno Economic Issues), arbetar man med att förbättra och uppdatera underlaget till RAINS-modellen, d.v.s. åtgärder för luftemissioner och deras kostnader. Databasen är huvudsakligen tänkt att användas för att konstruera kostnadskurvor för en given sektor. Vidare är de sammanställda data tänkta att användas av CIAM (Centre for Integrated Assessment Modelling) samt som en del av CAFÉ programmet (Clean Air for Europe) inom IIASA. 21 länder deltar i detta arbete.

Från början var målet att alla sektorer som bidrog till ovanstående luftföroreningar skulle ingå i databasen. Efterhand som det framkom att det inte skulle gå att få en heltäckande databas framkom önskemål om att inrikta arbetet på 1) de sektorer som finansierade projektet (energi, jordbruk och vägtransport), 2) de största utsläppskällorna och 3) de viktigaste åtgärderna (protokoll styrgruppsmöte 6 september 2002). Samtidigt har projektdeltagarna uttryckt att ”alla var överens om behovet att få en heltäckande bild av möjliga åtgärder inom alla viktiga sektorer” (styrgruppsmöte 5 februari 2003).

Även om åtgärdskostnaderna i sig kan antas vara relativt oberoende av prognoser så är storleken på åtgärdspotentialen helt beroende av detta. Således är prognosdata av stor betydelse för en åtgärdsdatabas. Projektet hade som mål att ta fram så kallade Business as Usual scenarier fram till år 2020, som visar utvecklingen av emissionsförhållandena i Sverige om inga nya åtgärder, än redan beslutade, införs. Utifrån dessa kan man sedan med hjälp av åtgärdsdata ta fram hur stor åtgärdspotentialen är.

Scenariometodik

Scenarier tas fram för att ge en prognos om hur framtiden kommer att se ut. Scenarierna byggs upp med ett mål, som genom åtgärder och miljöanpassade lösningar, skall nås. Hur man når den önskvärda situationen beror till stor del av de antaganden som görs.

För varje scenario görs antaganden om framtiden och då samhällsutvecklingen är svår att förutse på lång sikt förekommer stora osäkerheter i resultaten.

Genom att sätta upp scenarier kring hur till exempel energibehovet kommer att vara kan man dra slutsatser om hur stora utsläppen kommer att bli.

I REKO luft hanteras scenarier genom att strukturomvandlande åtgärder är införda, d.v.s. förändring av aktivitet inom en sektor samt förändrad tillämpning av åtgärder.

Kostnadsmetodik

RAINS-modellen, liksom de flesta arbeten på åtgärdskostnadsområdet, har fram till nu arbetat med kostnadskurvor för ett ämne åt gången: NO_x, för sig, SO₂ för sig, etc. I modellen har således inte hänsyn tagits till om en reningsåtgärd även lett till att utsläppen av ett annat ämne minskat eller ökat. Inom IIASA håller man för närvarande på att utveckla en optimeringsmetod i vilken flera ämnen ska kunna studeras. I dagsläget studeras dock inte ämnena parallellt utan i serie (se kap. 1.3). Ett önskat förbättringsområde för REKO-projektet har därför varit att kunna hantera flera emissioner *parallellt*.

I REKO används därför **målrelaterad parallell kostnadskurvekonstruktion** vilket bygger på att uppsatta reduktionsmål ska uppnås för alla relevanta emissioner.

5.1.3.2 Databasens slutgiltiga struktur

Den slutliga strukturen på databasen som arbetats fram i projektet redovisas i kapitel 6. Relativt få kompromisser har gjorts vad gäller den funktionalitet som satts som önskemål på databasen. Således kan den hantera:

- de luftföroreningar som varit på tal
- prognoser
- icke-tekniska åtgärder i kombination med tekniska åtgärder
- flera luftföroreningar parallellt (man slipper problemet med allokering av åtgärds-kostnader).

Vidare har strukturen en relativt fin indelning på åtgärder. Slutprodukten är dock en något komplicerad struktur, som ändå är motiverad med tanke på dess funktionalitet vilken är mycket datakrävande. Strukturen är således mer baserad på efterfrågad funktionalitet än på datatillgänglighet.

Avgränsningar

Projektet har avgränsats till åtgärder och aktiviteter för följande sektorer: vägtrafik, energi, och jordbrukssektorn. Avgränsningen utgår från de deltagande sektorerna. Det finns även specifika data för småskalig vedeldning, eftersom detta ansågs vara ett viktigt område för partikelutsläpp och då det dessutom fanns nya data från EGTEI och ett Nordiska Ministerrådsprojekt kring området.

Den framtagna databasens struktur redovisas i kapitel 6 och status vad gäller datafångst i kapitel 7.

5.1.3.3 Optimeringsverktyg

För att kunna beräkna de mest kostnadseffektiva åtgärderna behövs ett optimeringsverktyg. Inom REKO luft har därför ett verktyg utvecklats för detta ändamål vilket är Matlab-baserat (Mathworks Inc., MA, USA). Matlab är en miljö för olika typer av beräkningar, dataanalys och visualisering.

Det utvecklade optimeringsverktygets funktion beskrivs i kapitel 8.

5.1.4 Fallstudier

I projektet har två fallstudier genomförts, i första hand för att utveckla och utvärdera optimeringsverktyget men i viss mån även för att utvärdera databasstrukturen. Utifrån fallstudierna har värdefulla erfarenheter erhållits. I denna rapport redovisas inte fallstudierna utan användbarheten av REKO beskrivs istället med hjälp av ett illustrativt exempel. De erfarenheter som erhållits utifrån genomförda fallstudier är dock inkluderade i rapporten.

5.1.5 Sammanställning av erfarenheter från projektet

En sammanställning över erfarenheter från projektet har slutligen gjorts. Dessa erfarenheter återfinns i föreliggande rapport

6 Databasens struktur

6.1 Inledning

I detta avsnitt beskrivs den framtagna databasens struktur. Då det språk som används i databasen är engelska redovisas de engelska termerna inom parentes i detta avsnitt där så finnes relevant.

För att erhålla en icke-överlappande och transparent presentation är data dokumenterade **sektorsvis**. Vidare har sektorerna delats in i undersektorer, där så varit nödvändigt.

För varje sektor är ett antal **referensanläggningar** definierade vilka representerar aktiviteten hos sektorn i fråga. En referensanläggning representerar en relativt homogen grupp av verkliga anläggningar.

För varje referensanläggning presenteras relevanta **tekniska åtgärder** (“abatement measures”). Exempel på en teknisk åtgärd är införandet av NO_x-reningsutrustning på en förbränningsanläggning. För varje enskild åtgärd dokumenteras reduktionsgrad, kostnad samt appliceringsdata (d.v.s. i vilken utsträckning åtgärden förväntas respektive är möjlig att implementeras i referensanläggningen).

Inom respektive sektor är det också möjligt att definiera s.k. **aktivitetsförändrande åtgärder**, d.v.s. åtgärder som påverkar aktivitetsnivån för en eller flera referensanläggningar. Exempel på en aktivitetsförändrande åtgärd är bränslebyte i en förbränningsanläggning. En aktivitetsförändrande åtgärd medför alltså att aktiviteten för en referensanläggning minskar medan den ökar för en annan. Även för de aktivitetsförändrande åtgärderna dokumenteras kostnad samt appliceringsdata (d.v.s. i vilken utsträckning åtgärden förväntas respektive är möjlig att implementeras i referensanläggningen). Aktivitetsförändrande åtgärder går även under benämningen icke-tekniska åtgärder.

För varje referensanläggning definieras **aktivitetsnivån** (activity level), d.v.s. kvantiteten på en given produkt eller tjänst, för åren 2000, 2005, 2010 och 2020.

Aktivitetsnivån illustreras i följande tabell.

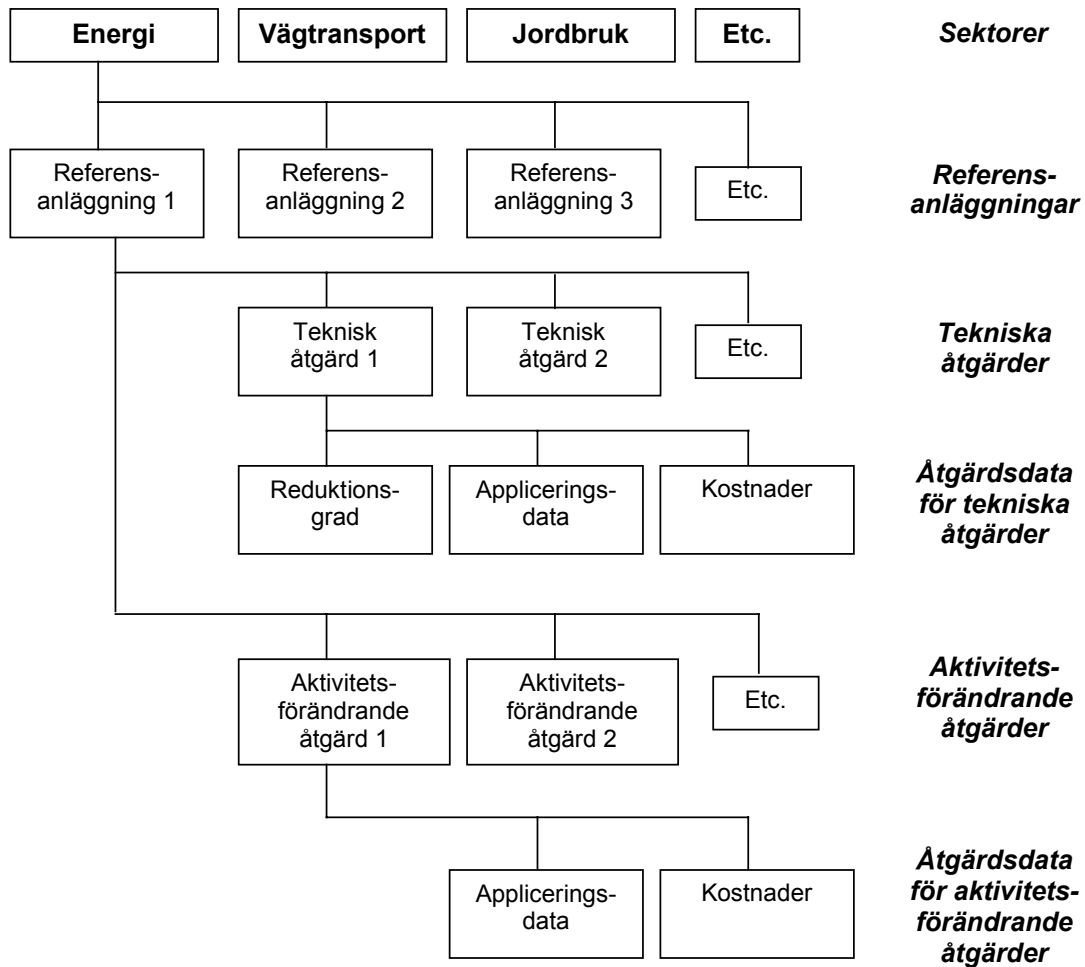
Tabell 1 Illustrering av aktivitetsnivå

Referensanläggning	Aktivitetsnivå 2005 (GWh tillfört bränsle)	Totala aktivitetsnivån 2005 för koleldade pannor (GWh tillfört bränsle)
Koleldad panna med en effekt på 50-100 MW	313	313+2588+1391=4292
Koleldad panna med en effekt på 100-300 MW	2588	
Koleldad panna med en effekt >300 MW	1391	

På motsvarande vis är summan av aktivitetsnivån för alla referensanläggningar inom en viss sektor lika med den totala sektorsaktiviteten. Exempelvis är aktivitetsnivån för energisektorn lika med GWh tillförd energi totalt för sektorn.

För varje åtgärd anges i vilken utsträckning åtgärden *förväntas* vara genomförd för åren 2000, 2005, 2010 och 2020 (**application rate**). Vidare anges i vilken utsträckning det är *möjligt* att implementera åtgärden, som andel av aktiviteten hos referensanläggningen i fråga (**applicability**). Den här informationen kallas **scenariodata** och är väldigt viktig för att definiera vilka åtgärder som är tillgängliga vid en viss tidpunkt.

Den övergripande strukturen på databasen redovisas i följande figur.



Figur 1 Övergripande struktur på databasen

6.2 Indelning i sektorer

För att erhålla en icke-överlappande beskrivning av åtgärstekniker dokumenteras de i en hierarkisk sektorstruktur. Denna struktur baseras på EMEP NFR - Nomenclature For Reporting – vilken summerar olika SNAP-sektorer (Selected Nomenclature for Air Pollution) till en mer aggregerad nivå.

Det är möjligt att spara data på SNI (Svensk näringsgrensindelning) eller SNAP-sektorbenämning men den hierarkiska representationen är bestämd av NFR nomenklaturen.

6.3 Definition av emissionsparametrar

De emissioner som bör ingå i databasen är följande:

Tabell 2 Emissionsparametrar

Ämne	Förklaring	Miljöpåverkan
SO ₂	Svaveldioxid	Bidrar till försurning
NO _x	Kväveoxider = NO ₂ och NO ₃	Bidrar till försurning, övergödning och bildning av marknära ozon
NMVOC, HC	NMVOC = Non-methane volatile organic compounds, d.v.s. flyktiga organiska ämnen exklusive metan HC = hydrocarbons, d.v.s. kolväten	Bidrar till bildning av marknära ozon
CH ₄	Metan	Bidrar till växthuseffekten
CO ₂	Koldioxid	Bidrar till växthuseffekten
NH ₃	Ammoniak	Bidrar till försurning och övergödning
Partiklar	Se nedan	Hälssofarliga

Emissionerna av partiklar delas in i följande kategorier utifrån tre storleksklasser:

- Fina partiklar: PM_{2.5} (< 2.5µm)
- Grova partiklar: (> 2.5µm och < 10µm)
- PM₁₀: summan av fina och grova partiklar (< 10 µm)
- TSP - totalt suspenderat material: summan av PM₁₀ och PM_{>10} µm fraktioner

Dessutom skiljs på **punktemissioner** och **diffusa emissioner** vad gäller partiklar och VOC. Följande definitioner används:

Tabell 3 Punktemissioner och diffusa emissioner

Punktemissioner	Med punktemissioner avses de utsläpp för vilka källan och spridningen är "klart definierbara", det vill säga där man relativt enkelt kan göra "end-of-pipe"-lösningar.
Diffusa emissioner	Med diffusa emissioner avses utsläpp som inte har klart definierbara källor och där spridningen således kan vara svårare att kontrollera.

I verkligheten kan det ibland vara omöjligt att göra en distinkt indelning av emissioner i punktemissioner och diffusa emissioner.

6.4 Indelning i referensanläggningar (reference installation)

För att avgöra i vilken utsträckning en åtgärd är tillämpbar samt kostnaden för åtgärden krävs det kunskap om tekniska parametrar på både anläggnings- och processnivå. På grund av det höga antalet anläggningar inom varje sektor samt antalet sektorer är det omöjligt att analysera varje enskild anläggning i varje sektor. För att lösa detta delas anläggningarna i en sektor in i olika anläggningsklasser. Varje klass representeras av en så kallad **referensanläggning**. En referensanläggning definieras utifrån följande kriterier:

- I alla anläggningar, som representeras av en bestämd referensanläggning, kan samma åtgärder tillämpas.
- Alla anläggningar, som representeras av en bestämd referensanläggning, uppvisar liknande resultat, d.v.s. emissionsminskning, för en given åtgärd.
- Kostnaden för en given åtgärd kan anses vara densamma i alla anläggningar, som representeras av en bestämd referensanläggning.

Exempel på parametrar som används för att definiera en referensanläggning är:

- aktivitetsenhet
- bränsleanvändning
- anläggningens storlek respektive kapacitet
- produktionsprocess/förbränningsteknik
- produktionsdata

Antalet referensanläggningar bör hållas så lågt som möjligt för att tabellerna och data-mängden inte ska bli för stora, samtidigt som indelningen måste vara 'tillräckligt representativ'. Faktorer, såsom emissionsmönster och kapaciteter, ska skilja sig betydande mellan olika referensanläggningar. På vilken detaljeringsnivå indelningen av anläggningar i referensanläggningar ska göras är beroende på vilken sektor som är i fråga.

Dessutom bör det påpekas att metoden att dela in anläggningarna i referensanläggningar, liksom alla metoder och modeller, inte ger en exakt bild av verkligheten. Indelningen i referensanläggningar är ett verktyg som möjliggör kategorisering av befintliga anläggningar och processer för att ta fram en kondenserad bild av verkligheten så att inte alla anläggningar behöver analyseras utan endast några stycken.

I en komplett databas är summan av alla aktiviteter från referensanläggningarna lika med totala aktiviteten i hela sektorn i fråga.

6.4.1 Aktivitetsenhet (activity unit)

För varje referensanläggning definieras en **aktivitetsenhet**. Alla emissioner och åtgärder hänförs sedan till denna aktivitetsenhet. Detta illustreras i tabellen nedan:

Tabell 4 Illustrering av aktivitetsenhet

Exempel på sektor	Exempel på aktivitetsenhet	Emission: <i>Mängd/aktivitetsenhet</i>	Åtgärd: <i>Kostnad/aktivitetsenhet</i>
Energi	GWh tillförd energi	Kg/GWh tillförd energi	Kr/GWh tillförd energi
Stålindustrin	Ton stål producerat	Kg/ton stål producerat	Kr/ton stål producerat
Väg	Fordonskm	Kg/fordonskm	Kr/fordonskm

6.4.2 Aktivitetsnivå (activity level)

Aktivitetsnivån definieras som kvantiteten på en given produkt eller tjänst för en viss referensanläggning ett visst år. Aktivitetsnivån definieras för varje referensanläggning för åren 2000, 2005, 2010 och 2020. I en komplett databas är summan av aktivitetsnivån för alla referensanläggningar inom en viss sektor lika med den totala sektorsaktiviteten. Exempelvis är aktivitetsnivån för energisektorn lika med GWh tillförd energi totalt för sektorn. Aktivitetsnivån är baserad på scenarier och beror därmed på vilka scenario-antaganden och projektioner som görs.

6.4.3 Emissioner utan åtgärd (unabated case)

För varje referensanläggning definieras **“det orenade fallet”**, d.v.s. emissioner om ingen reningsåtgärd är implementerad. Notervärt är dock att det orenade fallet kan inkludera en reningsåtgärd om det är så att det är standard att åtgärden är installerad för referensanläggningen i fråga (t.ex. svavelsyrarening i en kopparanläggning), och det således är ointressant att analysera referensanläggningar helt utan rening.

Data för det orenade fallet anges i absoluta tal per aktivitetsenhet, t.ex. kg NO_x per fordonskm. Dessa data återfinns i första raden i åtgärdsfältet.

6.5 Åtgärder

I REKO finns två olika typer av åtgärder: dels s.k. tekniska åtgärder, dels aktivitetsnivåförändrande åtgärder. Tekniska åtgärder definieras genom att de förändrar utsläppsbilden per aktivitetsenhet, aktivitetsförändrande åtgärder genom att de förändrar hur mycket som produceras i en referensanläggning och därigenom totalutsläppen från den samma. Exempel på en teknisk åtgärd är införandet av reningsutrustning för att reducera

emissioner av NO_x medan exempel på aktivitetsnivåförändrande åtgärder är bränslebyten vid energiproduktion. Om t.ex. olja byts mot avfall i en referensanläggning medför det att aktivitetsnivån för olja minskar medan aktivitetsnivån för avfall ökar, d.v.s. det är en aktivitetsnivåförändrande åtgärd.

6.5.1 Tekniska åtgärder

Tekniska åtgärder är sådana åtgärder som medför att utsläppsbilden per aktivitetsenhet förändras. Databasen är upplagd så att varje åtgärd kan reducera flera ämnen.

Hur stor minskning av emissioner som en teknisk åtgärd medför beskrivs i kolumnen reduceringsgrad (removal efficiency), se figur 2. Här anges **procentuell reduktion av emissionen/emissionerna i fråga som uppnås med en viss reningsåtgärd, jämfört med det orenade fallet**. Detta illustreras i följande exempel: om utsläppet av SO₂ från en anläggning som förbränner eldningsolja 1 och som inte har någon rening införd är 100,4 kg/GWh och emissionen av SO₂ efter att en reningsåtgärd är införd är 15,1 kg/GWh är reduceringsgraden $(100,4-15,1)/100,4*100=85\%$. I cellen för reduceringsgrad för SO₂ står det alltså 85.

Vidare finns det två olika typer av tekniska åtgärder, dels åtgärder som påverkar **specifika emissioner** dels åtgärder som påverkar **verkningsgraden**.

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production	SNAP code:	SNI code:											
Sector ID:	District heating													
Sector name:														
Reference installation ID:	2													
Reference installation name:	<10 MW, EO1													
Source documents:	hyperlink 1													
Fuel efficiency (verkningsgrad):		GWh fuel input per activity unit												
Activity unit (fuel input):	GWh													
Activity level:		2000	2005	2010	2015	2020								
		44	46	47	48	49								
Effect		Removal efficiency												
<i>Emissions =1</i>	Measure description	SO2	NOx	NM VOC stack	NM VOC fugitive	CO2	CH4	NH3	TSP stack	PM10 stack	PM2.5 stack	TSP fugitive	PM10 fugitive	PM2.5 fugitive
<i>Efficiency=</i>	Measure ID 2													
	1	none (unabated case)	100,4											
		Sum unabated + emissions												
		1 Atgärd 1	85											
		Sum unabated + efficiency												

Figur 2 Illustrering av reduktionsgrad

6.5.1.1 Tekniska åtgärder som påverkar specifika emissioner

Med tekniska åtgärder som påverkar specifika emissioner avses sådana åtgärder som ändrar sammansättningen av emissionerna men som inte påverkar verkningsgraden hos referensanläggningen. Åtgärder inom denna kategori kan alltså ändra emissionerna per aktivitetseenhet individuellt för alla emittenter. Ett exempel på en åtgärd som påverkar specifika emissioner inom referensanläggningen 'passagerarbilar' är införandet av katalysator. Katalysatorn reducerar nämligen flera olika ämnen (exempelvis NO_x och partiklar) individuellt, d.v.s. reduktionsgraden för dessa ämnen skiljer sig åt.

6.5.1.2 Tekniska åtgärder som påverkar verkningsgraden

Med denna kategori avses åtgärder som medför att verkningsgraden ändras för en viss referensanläggning, d.v.s. en ändring av hur mycket input som behövs för att producera en viss output utan att emissionsammansättningen per aktivitetseenhet ändras. Med andra ord ändras emissionerna per aktivitetseenhet lika mycket för alla emissioner när en åtgärd inom denna kategori införs. Ett exempel på en åtgärd som påverkar verkningsgraden inom referensanläggningen 'passagerarbilar' är införandet av mer bränsleeffektiva fordon då denna åtgärd medför att flera olika ämnen (NO_x, NMVOC, CO₂ och partiklar) reduceras lika mycket procentuellt sett, d.v.s. reduktionsgraden för dessa ämnen är densamma.

6.5.1.3 Kostnader

I kostnaderna ingår investeringskostnader samt drift- och underhållskostnader för åtgärden i fråga. Investeringskostnaderna räknas om till en årlig kostnad enligt nedanstående ekvation:

$$I, \text{år} = I * \frac{(1+r)^y * r}{(1+r)^y - 1}$$

där

$I, \text{år}$ = investeringskostnad per år

I = investering

y = livslängd, och

r = ränta

Drifts- och underhållskostnaderna är uppdelade i poster som materialkostnader, energikostnader, arbetskraftskostnader samt fasta kostnader. Om det inte går att få fram detaljerade uppgifter på kostnaderna är det möjligt att använda sig av en uppskattad totalkostnad för åtgärden.

	Economic data															
						Energy										
	Measure cost	Annuity	Investment	Life length	Capacity	Brown coal/lignite, grade 1	Brown coal/lignite, grade 1	Hard coal, Grade 1	Hard coal, Grade 2	Hard coal, Grade 3	Derived coal (coke, briquettes)	Wood, biomass	High sulphur waste	Heavy fuel oil	Medium distillates	Light fractions (unleaded gasoline, kerosene, naphta)
Åtgärd 1	362	6966	86814	20	0,02											

	Materials													Labour	Fixed costs	
	Leaded gasoline	Liquefied petroleum gas	Natural gas	Ammonia use	Limestone use	Lime use	NaHCO3 use	Waste disposal gypsum	Waste disposal dust	Change from high to low sulphur fuel	Electricity use	Heat use	Steam use	Water use	Wages	€/investment unit
Åtgärd 1					10,7								3473			

Figur 3 Illustrering av kostnadsdata

Kostnadsmetodikerna beskrivs i EGTEI och EEA riktlinjerna för kostnadsdata (ref: Technical report No 27, European Environment Agency, Guidelines for defining and documenting data on costs of possible environmental protection measures).

6.5.1.4 Gemensamma kostnadsdata

Vissa kostnadsvariabler, t.ex. ränta, energi-, material- och arbetskraftskostnader, är gemensamma för de olika åtgärderna varför det är viktigt att dessa kan varieras på ett enkelt sätt. Dessa data är därför centralt placerade i databasen. Kostnadsfunktionerna för respektive åtgärd är sedan länkade till dessa data. Därmed räcker det att ändra dessa data på ett ställe istället för i varje kostnadsfunktion.

6.5.2 Appliceringsdata

Med appliceringsdata avses **scenariodata**. Den är väldigt viktig för att definiera vilka åtgärder som är tillgängliga vid en viss tidpunkt. Det finns två olika typer av appliceringsdata, dels tillämpbarhet dels appliceringsgrad vilka beskrivs nedan.

6.5.2.1 Tillämpbarhet (applicability)

Med **tillämpbarhet** avses maximala teoretiska appliceringspotentialen för en specifik åtgärd i procent [%] av totala aktivitetsnivån för en given referensanläggning. Tillämpbarheten är alltså ett scenario som anger i hur stor andel av anläggningarna som representeras av referensanläggningen som åtgärden tekniskt och praktiskt kan införas, vid ett visst år. Tillämpbarheten är alltså en övre gräns för införandet av åtgärden i referensanläggningen i fråga.

6.5.2.2 Appliceringsgrad (application rate)

Med **appliceringsgrad** avses i hur stor utsträckning en specifik åtgärd är, eller förväntas vara, implementerad, i procent [%] av totala aktivitetsnivån, för en given referensanläggning, vid ett visst år. Appliceringsgraden utgör med andra ord ett baslinjescenario som anger i hur stor andel av anläggningarna som representeras av referensanläggningen som åtgärden förväntas ha införts vid ett visst år. Notera att appliceringsgraden aldrig kan vara högre än tillämpbarheten.

Vidare är det viktigt att notera att både *tillämpbarhet* och *appliceringsgrad* avser andel av totala aktiviteten hos anläggningarna som representeras av referensanläggningen, inte andel av antalet anläggningar.

Exempel avseende tillämpbarhet och appliceringsgrad: år 2005 förväntas 80% av referensanläggningen "passagerarbilar" ha en katalysator installerad, d.v.s. applice-

ringsgraden är 80%. Resten av referensinstallationen, d.v.s. 20% har inte någon rening alls. Om tillämpbarheten för denna åtgärd år 2005 förväntas vara 98% betyder det alltså att ytterligare 18% av kapaciteten inom referensanläggningen “passagerarbilar” finns tillgänglig för installation av katalysator.

6.5.3 Aktivitetsnivåförändrande åtgärder (activity-level changing measures)

Denna kategori innefattar åtgärder som vanligtvis beskrivs som icke-tekniska åtgärder. I REKO definieras denna typ av åtgärder som aktivitetsnivåförändrande åtgärder, d.v.s. åtgärder som påverkar hur mycket som produceras i en referensanläggning och därigenom totalutsläppen från densamma. Exempel på en aktivitetsnivåförändrande åtgärd inom vägsektorn är en åtgärd som medför att beteendet vad gäller pendling ändras så att fler personer väljer att åka buss istället för bil. Denna åtgärd medför en aktivitetsförändring då det sker en omfördelning av aktivitet från referensanläggningen “personbil” till “buss”. Ett exempel inom energisektorn är bränslebyten. Om t.ex. olja byts mot avfall i en referensanläggning medför det att aktivitetsnivån för olja minskar medan aktivitetsnivån för avfall ökar, d.v.s. det är en aktivitetsnivåförändrande åtgärd.

I databasen redovisas förändringen i aktivitetsnivå, tillämpbarhet, appliceringsgrad samt kostnader för att införa åtgärden. Den kostnadsmetodik som tillämpas är densamma som för de tekniska åtgärderna (se 6.4.1.3). Optimeringsverktyget beräknar sedan hur stor effekt åtgärden har på emissionerna.

Measures affecting activity level									
1 A 1 a Public Electricity NFR code: and heat production Documentation hyperlink to .doc				Economic data		Primary		Secondary	
Measure ID	Measure group	Measure description	Measure cost	Reference installation ID	Effect	Reference installation ID	Effect		
1	1		70000	1	-100	2	-100		
2	2		138000	1	-100	3	-100		
3	3		224000	1	-100	4	-100		
4	4		192000	2	-100	3	-100		

Figur 4 Illustrering av aktivitetsnivåförändrande åtgärder

6.5.4 Kombination av åtgärder

Olika åtgärder är antingen uteslutande eller kombinerbara, d.v.s. vissa åtgärder kan inte kombineras medan andra kan kombineras. Exempelvis kan man inte införa både våt-torr

och torr rökgasavsvavling på en förbränningsanläggning (vilka båda syftar till att reducera SO₂-emissionerna) varför dessa två åtgärder är uteslutande. Däremot kan man införa våt-torr rökgasavsvavling (för reducering av SO₂) samt förbränningstekniska åtgärder (för reducering av NO_x) på en och samma anläggning varför dessa två är kombinerbara.

I REKO-databasen grupperar man därför åtgärderna för varje referensanläggning. För varje grupp gäller att åtgärderna utesluter varandra, d.v.s. flera åtgärder inom varje grupp kan inte införas i samma anläggning, d.v.s. om två åtgärder hör till grupp 1 kan de ej kombineras men om en åtgärd hör till grupp 1 och en till grupp 2 kan dessa båda kombineras.

6.6 Dokumentation

Både en beskrivning av respektive sektor samt data ska finnas dokumenterat. Varje sektor bör därför beskrivas i ett bakgrundsdokument som följer strukturen i EGTEI-metodiken och EEA-riktlinjerna för kostnadsdata. Vidare bör det i databasen finnas en hyperlänk till dokumenterade åtgärdsdata. Ett utförligare resonemang kring dokumentation av data återfinns under diskussionskapitlet.

7 Status i databasen

Den framtagna databasen innehåller uppgifter om reduktionspotential och kostnad för både tekniska åtgärder och aktivitetsnivåförändrande åtgärder, och inriktar sig på utsläppen av kväveoxider, svaveldioxid, koldioxid, metan, ammoniak, flyktiga organiska ämnen och partiklar. De sektorer som ingår är energi, väg och jordbruk.

Nedan återfinns en sammanfattning över de referensinstallationer, emissioner och åtgärder som finns inlagda i databasen för de ingående sektorerna.

7.1 Energisektorn

Aktivitetsenheten för energisektorn är GWh tillfört bränsle.

Vid upprättandet av data för energisektorn har vi utgått från NO_x-registret. I NO_x-registret ingår avfallsförbränningsanläggningar, kraft- och värmeverk, kemisk industri, metall- och verkstadsindustri, massa- och pappersindustrin, träindustrin samt livsmedelsindustrin. Följande anläggningar ingår därmed i REKO-databasen:

Tabell 5 Indelning i referensanläggningar för energisektorn

Panneffekt				
<10 MW	10-50 MW	50-100 MW	100-300 MW	>300 MW
-	-	Kol	Kol	Kol
EO5	EO5	EO5	EO5	EO5
EO1	EO1	EO1	EO1	EO1
Biogas	Biogas	-	-	-
-	Gasol	Gasol	-	-
-	Naturgas	Naturgas	Naturgas	-
Avfall	Avfall	Avfall	Avfall	-
Bioolja*	Bioolja	Bioolja	Bioolja	Bioolja
Trädbränsle, oförädlad*	Trädbränsle, oförädlad	Trädbränsle, oförädlad	Trädbränsle, oförädlad	Trädbränsle, oförädlad
Trädbränsle, förädlad*	Trädbränsle, förädlad	Trädbränsle, förädlad	Trädbränsle, förädlad	-
Torv	-	Torv	Torv	-

* Exempel på oförädlad trädbränsle är GROT (grenar, rötter etc.) och exempel på förädlad trädbränsle är pellets och pulver. Bioolja antas till 100% utgöras av tallbeckolja.

Följande datakällor har huvudsakligen använts vid insamlandet av data för energisektorn:

Tabell 6 Datakällor för energisektorn

<i>Emissioner</i>	<i>Reduktioner och kostnadsdata</i>	<i>Scenarier</i>
NO _x och CO ₂ : NO _x -registret	2 examensarbeten utförda på Elforsk (Westerlund 2003, Montin 2004)	Statistik från STEM, SCB, Energibolag, kvalitativa bedömningar, RAINS
SO ₂ : svavelinnehåll i bränslet	RAINS	
	Återförsäljare/tillverkare av åtgärdsutrustning/Energibolag	

I nedanstående tabell redogörs för status i databasen för energisektorn.

Tabell 7 Sammanställning över status i databasen för energisektorn

Sektor	Referensanläggningar	Emissioner [kg]	Åtgärder	
			Tekniska åtgärder	Aktivitetsnivåförändrande åtgärder
Energi	Pannor uppdelat på följande effekter: < 10 MW 10-50 MW 50-100 MW 100-300 MW > 300 MW	NO _x SO ₂ CO ₂	Förbränningstekniska åtgärder SNCR – selektiv icke katalytisk rening SCR – selektiv katalytisk rening Torr rökgasavsvavling Våt-torr rökgasavsvavling Våt rökgasavsvavling Kalkstensinjektion	Bränslebyten: EO5 → EO1 EO5 → bioolja EO5 → trädbränsle, förädlat EO1 → bioolja EO1 → trädbränsle, förädlat Bioolja → trädbränsle, oförädlat

För energisektorn finns scenariodata inlagda.

7.1.1 Småskalig vedeldning

Då småskalig vedeldning ansågs vara ett viktigt område för partikelutsläpp och då det fanns specifika data för detta från EGTEI och ett Nordiska Ministerrådsprojekt kring området har även denna kategori inkluderats i databasen, se Tabell 8. Data för småskalig vedeldning ligger således separat för närvarande. Eftersom småskalig vedeldning är en delmängd av energisektorn bör det inkluderas i energisektorn, exempelvis skulle detta kunna göras genom att komplettera databasen för energi med referensanläggningen hushållspannor.

Aktivitetseenheten för småskalig vedeldning är TJ tillfört bränsle.

Tabell 8 Sammanställning över status i databasen för småskalig vedeldning

Sektor	Referensanläggningar	Emissioner [kg]	Åtgärder	
			Tekniska åtgärder	Aktivitetsnivåförändrande åtgärder
Småskalig vedeldning	Öppen eldstad Konventionella ugnar Moderna ugnar Konventionella pannor Moderna pannor	NO _x NMVOC TSP Partiklar	Ersätta med en insats (ekvivalent med klass 1) Ersätta med en insats (ekvivalent med klass 1) + oxiderande katalysator, efterförbränning, katalytiskt filter Oxiderande katalysator, efterförbränning, katalytiskt filter Installering av en ackumulatortank på en befintlig installation Installering av en ackumulatortank på en befintlig installation + oxiderande katalysator, efterförbränning, katalytiskt filter	Ersätta konventionell ugn med modern ugn Ersätta konventionell panna med modern panna

Inga scenariodata är inlagda för småskalig vedeldning.

Som framgått ovan är det önskvärt att komplettera och omarbete indelningen i referensanläggningar för energisektorn.

7.2 Vägsektorn

Aktivitetsheten för vägsektorn är miljon fordonskm.

Vid upprättandet av data för vägsektorn har vi huvudsakligen utgått från följande referenser:

- Trivector Traffic AB, Åtgärdsanalys av miljöåtgärder inom vägtransportsektorn, 2.2 utvidgad version, Vägverket publ.nr. 1999:133
- Trivector Traffic AB, Åtgärdsanalys av miljöåtgärder inom vägtransportsektorn, 2.2 utvidgad version, Vägverket publ.nr. 1999:133 Bilaga
- Effekt – Samband, Vägverket 2000
- Personlig kommunikation med ett antal berörda personer på Vägverket
- EGTEI

I nedanstående tabell redogörs för vilka referensanläggningar, emissioner och åtgärder som finns inlagda i databasen för vägsektorn. Data för alla nedanstående emissioner och åtgärder finns dock ej inlagda för alla referensanläggningar.

Tabell 9 Sammanställning över status i databasen för vägsektorn

Sektor	Referens-anläggningar	Emissioner [kg]	Åtgärder	
			Tekniska åtgärder	Aktivitetsnivåförändrande åtgärder
Väg	Personbilar, bensin Personbilar, diesel Lätt lastbil, bensin Lätt lastbil, diesel Bussar Tung lastbil 3,5-16t Tung lastbil >16t Moped och motorcyklar, 2-taktare Motorcyklar, 4-taktare	NO _x SO ₂ CO ₂ NMVOC CH ₄ NH ₃ TSP partiklar	Förbättrad bränslekvalitet Katalysator Förbättrad körkortsutbildning Utbildning i ekokörning Förbättrad infrastruktur Minska tomgångskörning Reducerad fordons hastighet Reduktion av kortdistanskörning Mer bränsleeffektiva fordon Förbättrat fordonsunderhåll Urval av fordon ("rena och effektiva") Effektiva transporter med intelligenta transportsystem	Ersätta persontransporter med IT Vägavgifter i tätorter Förbättrade förutsättningar för gång- och cykeltrafik Förbättrad regional kollektivtrafik (Här redovisas enbart busstrafik) Förbättrad lokal kollektivtrafik (Här redovisas enbart busstrafik) Logistikcentrum eller omlastningspunkter för godstrafik Ökad lastfaktor Ökad beläggning i personbilar vid pendling Alternativa bränslen

Scenariodata finns inlagda för vägsektorn.

7.3 Jordbrukssektorn

Aktivitetseenheten för jordbrukssektorn är: kg NH₃/(djur*år)

En indelning i sju olika produktionsområden har gjorts vilka är:

Götalands södra slättbygder	Gss
Götalands mellanbygder	Gmb
Götalands skogsbygder	Gsk
Götalands norra slättbygder	Gns
Svealands slättbygder	Ss
Mellersta Sveriges skogsbygder	MSsk
Nedre Norrland och Övre Norrland	NN & ÖN

Anledningen till att en indelning i produktionsområden gjorts är dels att tillämpbarheten för olika åtgärder varierar mellan olika regioner, dels att behoven av att reducera utsläp-

pen (av ammoniak) är olika i olika regioner. Dessutom kan samma åtgärd ge olika resultat i de olika regionerna, bl.a. på grund av klimat.

I projektet har ammoniakemissioner från stallgödsel för olika åtgärdspaket beräknats och lagts in i databasen. I arbetet med att bedöma ammoniakemissionerna för olika åtgärdspaket har data från Statistiska Centralbyrån (SCB) och Jordbrukstekniska Institutet (JTI) använts. Övriga data har i första hand samlats in från Statens Lantbruksuniversitet (SLU), Jordbruksverket (JB), SCB, JTI och Naturvårdsverket. Material har hämtats från rapporter, avhandlingar samt genom personlig kommunikation.

Ammoniakemissioner sker under stallgödselns hela hanteringskedja, i stall, under lagring och efter spridning. Åtgärder som vidtas i stall och under lagring och leder till minskade ammoniakemissioner medför också att mer ammoniumkväve bevaras i gödseln och kan emitteras i efterföljande steg i hanteringskedjan. Effekten av en åtgärd i ett steg är därmed beroende av vilken teknik som tillämpas i nästa steg. Åtgärder vid utfodringen minskar gödselns innehåll av kväveföreningar som kan emitteras som ammoniak och minskar därmed emissionerna i samtliga steg. Till följd av att effekten av en åtgärd kan vara beroende av vilka åtgärder som vidtas i andra steg i hanteringskedjan har åtgärdspaket med olika kombinationer av åtgärder lagts in i databasen.

Detta resulterat dock i att ett stort antal åtgärdspaket finns inlagda för jordbruket vilket gör det oöverskådligt. Det vore därför önskvärt att försöka gruppera åtgärderna så att antalet åtgärdspaket minskar. Ett annat alternativ är att utveckla en lösning som kan hantera att åtgärderna är beroende av varandra, exempelvis genom att koppla ett program till databasen som beräknar effekten av en åtgärd i kombination med andra åtgärder. Databasen för jordbrukssektorn behöver därför förenklas och utvecklas ytterligare innan den kan tillämpas.

Tabell 10 Sammanställning över status i databasen för jordbrukssektorn

Sektor	Referens-anläggningar	Emissioner [kg]	Åtgärder	
			Tekniska åtgärder	Aktivitetsnivå-förändrande åtgärder
Jordbruk	Indelat i områden: Gss, Gmb, Gns, Ss, Gsk, Ssk, Nn och Ön Fastgödsel/urin (nöt) Flytgödsel (nöt) Fastgödsel/urin (svin) Flytgödsel (svin)	NH ₃	Ett antal olika kombinationer av åtgärder inom följande finns inlagda: Lagring (ex. fastgödsel med stödmur/urin med täckning, tak) Spridning (ex. bandspridning, snabb nedbrukning, spridning med myllningsaggregat) Ooptimerade stallförluster Betesförluster	Överföra från fastgödsel till flytgödsel

Scenariodata finns inlagda för jordbrukssektorn.

Som framgår av ovanstående tabeller saknas i dagsläget många data i databasen, både vad gäller emissioner, åtgärder och kostnader. Databasen innehåller dock de data som har varit tillgängliga i dagsläget. Vidare är inte de data som finns i databasen kvalitetssäkrade. Därför kan databasen i dagsläget endast användas för att illustrera strukturen.

8 Optimeringsverktyg

För att kunna beräkna de mest kostnadseffektiva åtgärderna behövs ett optimeringsverktyg. Verktöget som utvecklats är Matlab-baserad² och ska fungera så att man bestämmer vilket år man är intresserad av att titta på (2000, 2005, 2010, 2015 eller 2020), hur stor reduktion som ska uppnås för var och en av substanserna (i absoluta tal) samt vilka sektorer man önskar studera. Därefter räknar modellen ut en kostnadseffektiv lösning.

I projektet har ett antal begrepp och termer definierats (kap. 6) vilka utgör grunden för databasens struktur. En repetition av definitionen av vissa termer som återkommer i detta kapitel görs därför så att det ska bli mer lättläst.

8.1 Modell för emissioner

8.1.1 Åtgärder och gruppering av åtgärder

För varje åtgärd för en referensanläggning definieras:

- Emissionsreduktion för varje emission som beaktas - anger hur mycket åtgärden minskar emissionerna (i %)
- *Application rate* för varje år - ett baslinjescenario, som anger i hur stor andel av anläggningarna som representeras av referensanläggningen som åtgärden förväntas ha införts det året. Siffrorna för år 2000 anger hur verkligheten såg ut då.
- *Applicability* för varje år - ett scenario, som anger i hur stor andel av anläggningarna som representeras av referensanläggningen som åtgärden tekniskt och praktiskt kan införas vid det året. *Applicability* är alltså en övre gräns för införande av åtgärden i referensanläggningen i fråga.

² Matlab (Mathworks Inc., MA, USA) är en miljö för olika typer av beräkningar, dataanalys och visualisering. Miljön har stort genomslag och är att betrakta som de facto-standard inom många områden av tekniska beräkningar. Matlab erbjuder mycket färdig funktionalitet i kombination med möjligheter att anpassa algoritmer vilket gör den väl lämpad för utveckling av den typ som bedrivits inom REKO.

Det är viktigt och notera att både *applicability* och *application rate* avser andel av totala aktiviteten hos anläggningarna som representeras av referensanläggningen, inte andel av antal anläggningar.

De emissionsreducerande åtgärderna för varje referensanläggning kan delas in i ett valfritt antal grupper. Införande av grupper av åtgärder för varje referensanläggning infördes för att på ett relativt enkelt sätt kunna representera kombinationer av åtgärder som är oberoende av varandra.

För varje grupp gäller att åtgärderna utesluter varandra, d.v.s. flera åtgärder inom varje grupp kan inte införas i samma anläggning. Dessutom anses den delmängd anläggningar där de olika åtgärderna inom en grupp kan införas, som anges av dess *applicability*, vara samma del av de totala anläggningarna i referensanläggningen³.

Åtgärder i olika grupper anses ha verkan på emissioner "i serie", dvs om en åtgärd från en grupp reducerar emissionerna med 50% och en åtgärd i en annan grupp har samma verkan blir den totala emissionsreduktionen för en anläggning där båda åtgärderna är införda 75%.

8.1.2 Reduktion av emissioner

Emissionen av ett visst ämne/grupp av ämnen ges utifrån aktivitetsnivå för referensanläggningen, de orenade utsläppen per aktivitetsnivå, hur mycket olika åtgärder införts och deras effektivitet. Hänsyn tas till att åtgärder i olika grupper anses verka "i serie" som diskuterats ovan⁴.

8.2 Modell för aktivitetsnivåförändrande åtgärder

Aktivitetsnivåförändrande åtgärder definieras på samma sätt som tekniska åtgärder vad gäller baslinjescenario och teknisk genomförbarhet: genom *application rate* och

³ Matematiskt innebär detta (index anger nummer på åtgärden inom gruppen efter sortering av åtgärderna efter stigande *applicability*): $x_1 \leq (\text{applicability})_1$, $x_1 + x_2 \leq (\text{applicability})_2 \dots$, d.v.s. allmänt:

$\sum_{i=1}^n x_i \leq (\text{applicability})_n$, där x_i är graden av införande av åtgärd i .

⁴ Matematiskt innebär detta för en referensanläggning med två grupper av åtgärder, som benämns A och B:

$$\text{Emission}_j = (\text{aktivitet} \times \text{orenat}) \left(1 - \sum_{i=1}^n x_i \frac{\text{effekt}_{ij}}{100} \right)_A \left(1 - \sum_{i=1}^n x_i \frac{\text{effekt}_{ij}}{100} \right)_B$$

I ekvationen indikerar indexet j emissionen ifråga, indexet i åtgärdsnummer inom gruppen, *aktivitet* aktivitetsnivån för referensanläggningen, *orenat* de orenade utsläppen per aktivitetsnivå, x_i i hur stor andel av kapaciteten åtgärden införts och *effekt_{ij}* effekten av åtgärd i på emission j . Finns fler grupper än två utvidgas ekvationen för att beskriva detta.

applicability. Effekten är dock av helt annorlunda karaktär och måste därför beskrivas på ett annat sätt.

För varje aktivitetsnivåförändrande åtgärd definieras en primär referensanläggning som är basen för dess verkan. För denna anges sedan den relativa förändringen (i procent) om åtgärden genomförs fullt ut. Övriga referensanläggningar som påverkas av den aktivitetsnivåförändrande åtgärden kallas sekundära. För dessa definieras förändringen i aktivitetsnivå relativt den förändring som sker för den primära anläggningen. Detta sätt att definiera effekten av aktivitetsnivåförändrande åtgärder gör det lätt att beskriva överflyttning av aktivitet mellan olika referensanläggningar och åtgärder som påverkar olika referensanläggningar på liknande sätt men med olika magnitud.

De aktivitetsnivåer som anges för åren 2000-2020 i databasen inkluderar effekter från de aktivitetsnivåförändrande åtgärder som genomförs i baslinjescenariot (som det definieras av *application rate*). Detta innebär att en beräkning krävs för att ta reda på den aktivitetsnivå som skulle ha gällt för referensanläggningen om inga aktivitetsnivåförändrande åtgärder införts.

8.3 Modell för åtgärds kostnader

För varje teknisk åtgärd definieras en åtgärds kostnad per aktivitetsnivå. Detta gäller såväl tekniska som aktivitetsnivåförändrande åtgärder. Som nämnts tidigare består åtgärds kostnaden av investeringskostnaden samt drift- och underhållskostnaden omräknat till annuitetskostnad.

Det är inte självklart hur redan gjorda investeringar ska behandlas då kostnaden för ett scenario beräknas. Om scenariot inkluderar att redan gjorda åtgärder avlägsnas (t.ex. för att de inte går att kombinera med nya, effektivare tekniker) kan man betrakta kostnaden för den åtgärd som avlägsnas på olika sätt, alltifrån att det kostar pengar att montera bort utrustningen till att den kan säljas till sitt fulla pris efter bortmontering. Eftersom inget allmängiltigt antagande finns här måste modellen för beräkning av kostnader vara flexibel, vilket har lösts genom att definiera en parameter 'återbetalningsgrad' som kan variera från -1 till 1, där -1 innebär att det kostar lika mycket att montera bort utrustningen som det kostade att installera den och 1 innebär att hela kostnaden fås tillbaka. De mest realistiska alternativen ligger ofta nära mitten på intervallet, t.ex. innebär *återbetalningsgrad*=0 att ingen återbetalning erhålls men bortmonteringen heller inte är förenad med några kostnader⁵.

⁵ Matematiskt innebär detta att kostnaden för en viss teknisk åtgärd i en referensanläggning beräknas som

$$kostnad_i = \begin{cases} akt_j(kostnad)_{ij} x_{ij} & \text{för } x_{ij} \geq (appl\ rate)_{ij} \\ akt_j(kostnad)_{ij} [(appl\ rate)_{ij} + (återbet_{ij})((appl\ rate)_{ij} - x_{ij})] & \text{för } x_{ij} < (appl\ rate)_{ij} \end{cases}$$

Den totala kostnaden av åtgärder är helt enkelt summan av alla individuella åtgärds-kostnader beräknade utifrån hur mycket av respektive åtgärd som genomförts. Eftersom åtgärds-kostnaden för tekniska åtgärder anges per aktivitetsnivå, så påverkar aktivitets-nivåförändrande åtgärder även kostnaden för tekniska åtgärder.

8.4 Mjukvara för optimering

Ett verktyg för beräkning av ett kostnadsoptimalt "åtgärdspaket" för att uppnå vissa uppsatta emissionskrav har utvecklats. Verktöget kan hantera olika system, alltifrån enskilda referensanläggningar, till flera sektorer samtidigt.

Resultatet från en optimering är föreslagna genomförandegrader för alla åtgärder, både tekniska och aktivitetsnivåförändrande, som finns för de referensanläggningar som behandlas. Genom de modeller som finns för kostnader och emissioner erhålls därmed även information om hur mycket genomförandet kostar och vilka emissionsnivåer det leder till med avseende på alla i databasen ingående emissioner, d.v.s. även sådana som användaren inte har satt maximala nivåer för.

För att beräkna ett kostnadsoptimalt åtgärdspaket behöver följande information ges, förutom den som finns i databasen:

- *Vilka referensanläggningar ska beaktas?*
- *Vilket år gäller beräkningen?*
Denna information krävs eftersom databasen innehåller baslinjescenarier och praktisk tillämpbarhet för åtgärder som är olika för olika tidpunkter.
- *Vilka emissioner ska beaktas?*
Det är möjligt, och ofta fördelaktigt, att ha scenarier där reduktioner av flera emissioner sker samtidigt. Hänsyn tas automatiskt till att många åtgärder påverkar flera emissioner, vilket inte är fallet om separata scenarier för de enskilda emissionerna beaktas.
- *Vilken är den maximalt tolererade nivån för dessa emissioner?*
Användaren presenteras med emissionsnivåer för det orenade fallet och baslinjescenariot och får ge maximala nivåer för alla beaktade emissioner. Den lösning som presenteras av verktyget är sedan den billigaste som uppfyller dessa krav för det studerade systemet.
- *Vilken är återbetalningsgraden för redan gjorda investeringar?*

där i är ett index för åtgärden, akt_i är aktivitetsnivån i referensanläggningen, $(kostnad)_{ij}$ är kostnaden för åtgärden per aktivitetsnivå, $(appl\ rate)_i$ är baslinjescenariot för införande av åtgärden och $återbet_{ij}$ är återbetalningsgraden för åtgärden.

8.4.1 Metod

För att beräkna en kostnadsoptimal lösning måste ett olinjärt optimeringsproblem med både linjära och olinjära bivillkor lösas. Utvecklingsmiljön Matlab (Mathworks Inc., Natick, MA, USA) erbjuder kraftfulla verktyg för lösning av denna typ av problem och har använts för att utveckla en mjukvara som utför optimeringen.

Resultatet från en optimering är föreslagna genomförandegrader för alla åtgärder, både tekniska och aktivitetsnivåförändrande, som finns för de referensanläggningar som behandlas. Målfunktionen, som minimeras av optimeringsrutinen, är summan av kostnaden för alla genomförda åtgärder⁶. De bivillkor som lösningen måste uppfylla är: emissionerna ska ligga under maximalt angivna nivåer och genomförandegraden ska inte överstiga den tekniskt och praktiskt möjliga.

Lösning av ett olinjärt optimeringsproblem, med en så komplex struktur som den som finns i denna applikation, kräver ett iterativt tillvägagångssätt. Detta innebär att beräkningstiden kan bli lång om mycket stora system (hundratals referensanläggningar) behandlas samtidigt. Det innebär även att ingen garanti kan ges för att det globala optimum, d.v.s. den billigaste lösningen, hittats⁷. För att öka säkerheten att ett globalt optimum hittats kan optimeringar från flera enskilda startpunkter utföras och lösningarna jämföras. Verket har möjligheter att välja olika startpunkter.

8.4.2 Resultatpresentation

Grafik för presentation av resultaten har utvecklats. För varje referensanläggning som ingår i det system som behandlas erhålls figurer för:

- genomförandegrader för alla åtgärder jämfört med baslinjescenariot och den praktiskt maximala genomförbarheten
- emissioner från referensanläggningen för den föreslagna lösningen jämfört med baslinjescenariot och det orenade fallet
- kostnader för lösningen med avseende på åtgärder för denna referensanläggning jämfört med baslinjescenariot

⁶ En "uppmjukningsfunktion" har införts för att undvika diskontinuiteter i målfunktionen, d.v.s. kostnaden för åtgärderna, eftersom denna blir diskontinuerlig runt baslinjescenariot om återbetalningsgraden (se ovan) är skild från 1

⁷ Detta beror på att problemet inte kan garanteras vara konvext, d.v.s. det kan uppvisa flera s.k. lokala minima.

För de aktivitetsnivåförändrande åtgärderna erhålls grafik som visar:

- genomförandegrader för alla åtgärder jämfört med baslinjescenariot och den praktiskt maximala genomförbarheten
- aktivitetsnivåer för anläggningar i den föreslagna lösningen jämfört med inga aktivitetsnivåförändrande åtgärder och med baslinjescenariot
- kostnader för lösningen med avseende på aktivitetsnivåförändrande åtgärder jämfört med baslinjescenariot

Dessutom erhålls sammanfattande grafik som visar:

- emissioner från samtliga referensanläggningar jämfört med baslinjescenariot och det orenade fallet
- kostnaden för genomförande av samtliga åtgärder jämfört med baslinjescenariot

9 Illustrativt exempel

I nedanstående kapitel illustreras databasen och optimeringsverktyget genom ett exempel. Exemplet utgörs av en delmängd av energisektorn. Syftet med exemplet är att visa på användbarheten med REKO luft.

9.1 Beskrivning av referensanläggningar och åtgärder i exemplet

Vid upprättandet av data för energisektorn har vi utgått från NO_x-registret. I NO_x-registret ingår avfallsförbränningsanläggningar, kraft- och värmeverk, kemisk industri, metall- och verkstadsindustri, massa- och pappersindustrin, träindustrin samt livsmedelsindustrin.

I exemplet har vi begränsat antalet referensanläggningar till följande:

Tabell 11 Referensanläggningar i exemplet

REFERENSANLÄGGNINGAR	
Panneffekt	Bränsletyp
100-300 MW	Eo5
	Eo1
	Wood fuel, refined*

* Med wood fuel, refined avses förädlat träbränsle såsom pellets, briketter och pulver.

Följande reningsmetoder, d.v.s. tekniska åtgärder, och aktivitetsförändrande åtgärder ingår i exemplet för ovanstående referensanläggningar:

Tabell 12 Åtgärder i exemplet

ÅTGÄRDER		
Tekniska åtgärder		Aktivitetsnivåförändrande åtgärder
Rening av NO_x	Rening av SO₂	Bränslebyten
Förbränningstekniska åtgärder (Combustion modification)	Torr rökgasavsvavling (Dry flue gas desulfurization)	EO5 byts till EO1
SNCR ¹	Våt-torr rökgasavsvavling (Wet-dry flue gas desulfurization)	EO5 byts till förädlat trädbränsle (wood fuel, refined)
SCR ²	Våt rökgasavsvavling (Wet flue gas desulfurization)	EO1 byts till förädlat trädbränsle (wood fuel, refined)

¹ Selektiv icke-katalytisk reduktion

² Selektiv katalytisk reduktion

Förutom emissionsdata för NO_x och SO₂ finns även emissionsdata för CO₂ inlagda.

Aktivitetsenheten är GWh tillfört bränsle, d.v.s. alla beräkningar baseras på denna enhet.

I bilaga 1 återfinns data vad avser emissioner, åtgärder, applicering och kostnader för de tre referensanläggningarna.

9.2 Genomförande

Optimeringen börjar med att optimeringsverktyget (i Matlab) läser in databasen (excel-filen). Efter att koden för att göra en optimering (REKO_optim) skrivits startar optimeringen. I samband med det ställs ett antal frågor som måste besvaras.

Nedan visas ett utdrag ur optimeringsverktyget som redogör för vad vi har valt att titta på i exemplet:

-----**Optimisation settings**-----

Available years for optimisation:

1: 2000

2: 2005

3: 2010

4: 2015

5: 2020

Your choice for optimisation? 4

Emissions:

1: SO2

2: NOx

3: CO2

Your choice (0 to continue)? 1

Your choice (0 to continue)? 2

Your choice (0 to continue)? 0

Emmissions (in ton absolute)-----

	Baseline		Unabated	
	SO2	NOx	SO2	Nox
"100-300 MW, Eo5"	1433	449	1433	1084
"100-300 MW, Eo1"	81	175	81	276
"100-300 MW, Wood fuel, refined"	561	403	561	724
Sum	2075	1027	2075	2084

 Maximum allowed absolute emissions of SO2 (in ton)? 1500

Maximum allowed absolute emissions of NOx (in ton)? 750

 Get back what part of the investment cost for technical measures [-1,1]? -0.05

Get back what part of the investment cost for activity changing measures [-1,1]? -0.05

I exemplet tittar vi således på år 2015 och vill uppnå en minskning av NO_x med 277 ton (27%) och SO₂ med 575 ton (28%).

Genom att sätta återbetalningsgraden för redan gjorda investeringar till -0,05 antar vi alltså att ingen återbetalning respektive kostnad är förknippad med bortmonteringen.

9.3 Resultat från exemplet

Genom kommandot 'reko_find' erhålls en sammanställning över vilka åtgärder som är mest kostnadseffektiva att genomföra för att uppnå satta mål. Kriteriet här är att ändringen ska vara större än 10%. Följande resultat erhålls i exemplet:

 "100-300 MW, Eo5"

Combustion modification - optim: 100%, applrate: 61%, applicability: 100%

Wet-dry flue gas desulfurization - optim: 42%, applrate: 0%, applicability: 100%

"100-300 MW, Eo1"

Combustion modification - optim: 100%, applrate: 81%, applicability: 100%

SNCR - optim: 52%, applrate: 20%, applicability: 100%

"100-300 MW, Wood fuel, refined"

SNCR - optim: 88%, applrate: 31%, applicability: 100%

Activity changing measures

"Eo5-wood fuel, refined, 100-300 MW" - 15%, applrate: 0%, applicability: 15%

"Eo1- wood fuel, refined, 100-300 MW" - 15%, applrate: 0%, applicability: 15%

Med andra ord föreslås att förbränningstekniska åtgärder införs till 100% på pannor som eldar Eo5 (appliceringsgraden för denna åtgärd hos dessa pannor är 61% och tillämpbarheten 100%). Vidare föreslås att våt-torr rökgasavsvavling införs till 42% på Eo5-pannorna (appliceringsgraden är 0% och tillämpbarheten 100%).

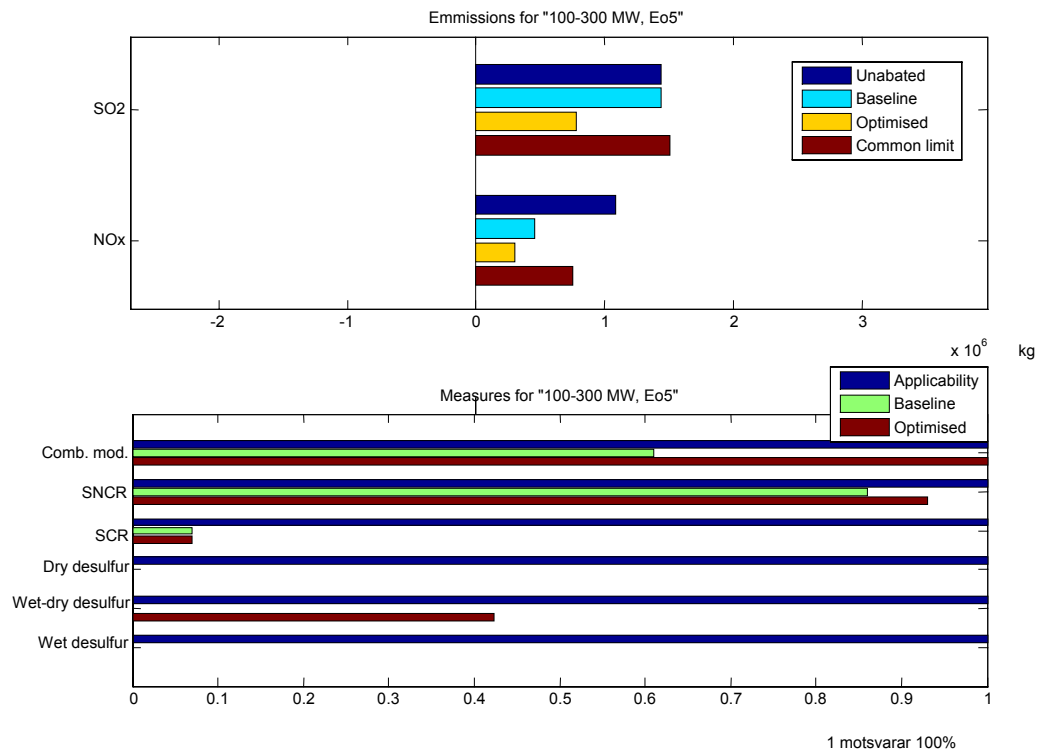
Även för pannor som eldar Eo1 föreslås att förbränningstekniska åtgärder införs till 100% (appliceringsgraden för denna åtgärd hos dessa pannor är 81% och tillämpbarheten 100%). Vidare föreslås att SNCR införs till 52% (appliceringsgraden är 20% och tillämpbarheten 100%).

För pannor som eldar förädlad träbränsle föreslås att SNCR införs till 88% (appliceringsgraden för denna åtgärd hos dessa pannor är 31% och tillämpbarheten 100%).

Vad gäller bränslebyten så föreslås att detta ska göras fullt ut, d.v.s. byte till träbränsle ska göras till 15% både för Eo5 och Eo1 (appliceringsgraden för denna åtgärd är 0% och tillämpbarheten 15%).

9.3.1 Resultat i diagramform

Följande resultat erhålls i diagramform⁸:



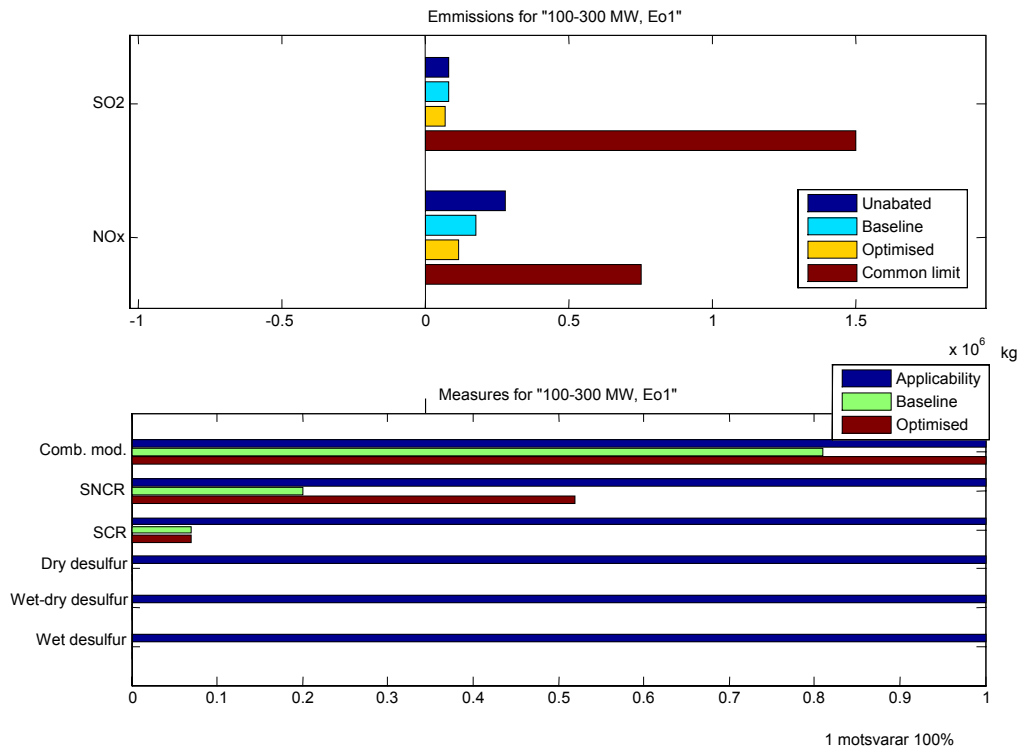
Figur 5 Resultat för Eo5

I det översta diagrammet i figur 5 visas utsläppen av SO₂ och NO_x för det orenade fallet (Unabated), baslinjescenariot (Baseline), utsläpp efter att föreslagna åtgärder för referensinstallationen är införda (Optimised) samt den gräns vi satt som mål totalt för respektive emission, d.v.s. för alla referensanläggningar totalt (common limit). Med det orenade fallet avses alltså hur mycket av emissionen i fråga som sker om inte någon

⁸ I resultattablerna används av utrymmesskal följande förkortningar: comb. mod. (=combustion modification), SNCR (=selective non-catalytic reduction), SCR (=selective catalytic reduction), Dry desulfur (=dry flue gas desulfurization), Wet-dry desulfur (=wet-dry flue gas desulfurization) och Wet desulfur (=wet flue gas desulfurization).

åtgärd är införd och med baslinjescenariot avses hur mycket av emissionen i fråga som sker om inga nya åtgärder, än redan beslutade, införs.

I det andra diagrammet redovisas dels tillämpbarheten för åtgärderna i fråga (applicability), dels baslinjescenariot, d.v.s. i hur stor utsträckning åtgärderna är införda om endast redan beslutade införs (Baseline). Med 'Optimised' avses appliceringsgrad för optimerat scenario, d.v.s. tillämpning av åtgärderna om de mest kostnadseffektiva åtgärderna införs för att uppnå givna utsläppsmål. I figuren framgår det att de mest kostnadseffektiva åtgärderna är att införa förbränningstekniska åtgärder till 100% samt våt-torr rökgasavsvavling till drygt 40% för Eo5. Enligt figuren är det även kostnadseffektivt att öka införandet av SNCR för Eo5. Ändringen är dock mindre än 10%.

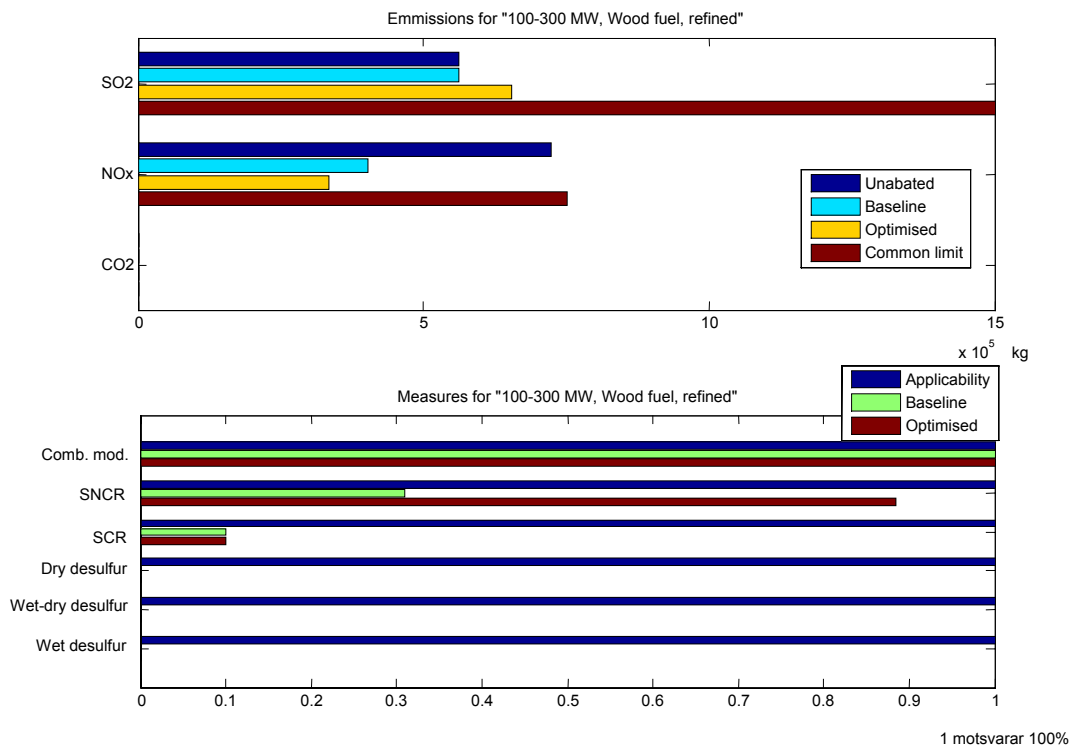


Figur 6 Resultat för Eo1

I det översta diagrammet i figur 6 visas utsläppen av SO₂ och NO_x för det orenade fallet (Unabated), baslinjescenariot (Baseline), utsläpp efter att föreslagna åtgärder för referensinstallationen är införda (Optimised) samt den gräns vi satt som mål totalt för respektive emission, d.v.s. för alla referensanläggningar totalt (common limit). Med det orenade fallet avses alltså hur mycket av emissionen i fråga som sker om inte någon

åtgärd är införd och med baslinjescenariot avses hur mycket av emissionen i fråga som sker om inga nya åtgärder, än redan beslutade, införs.

I det andra diagrammet redovisas dels tillämpbarheten för åtgärderna i fråga (applicability), dels baslinjescenariot, d.v.s. i hur stor utsträckning åtgärderna är införda om endast redan beslutade införs (Baseline). Med 'Optimised' avses appliceringsgrad för optimerat scenario, d.v.s. tillämpning av åtgärderna om de mest kostnadseffektiva åtgärderna införs för att uppnå givna utsläppsmål. I figuren framgår det att de mest kostnadseffektiva åtgärderna är att införa förbränningstekniska åtgärder till 100% samt öka införandet av SNCR till ca 50% för Eo1.

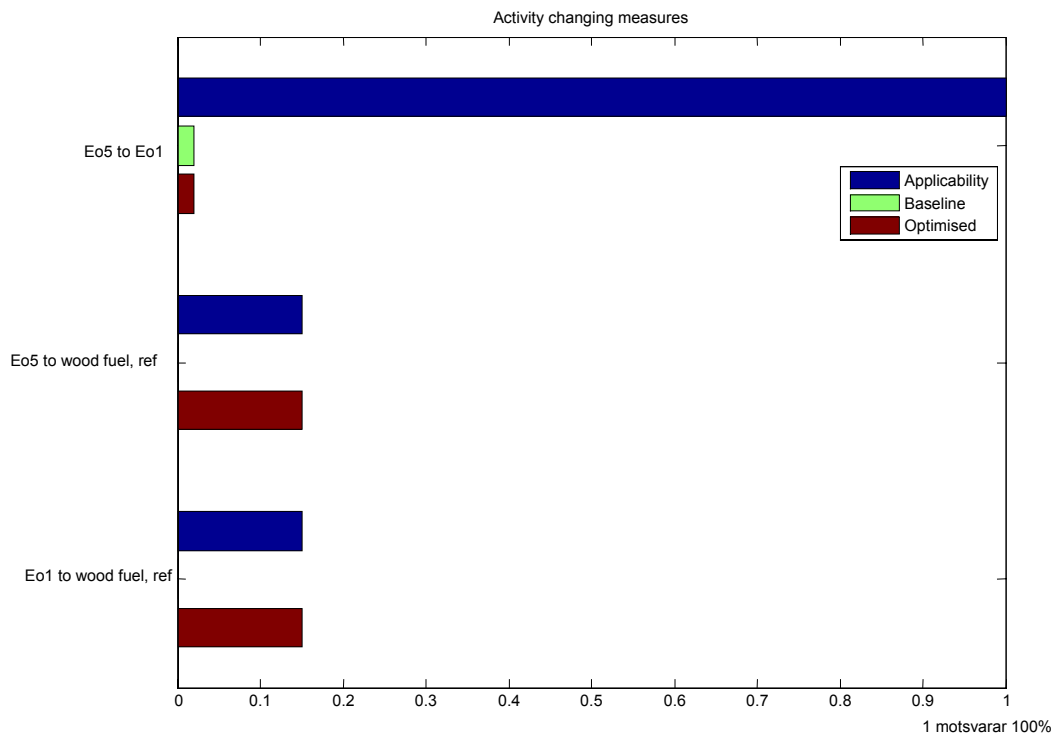


Figur 7 Resultat för förädlad träbränsle

I det översta diagrammet i figur 7 visas utsläppen av SO₂ och NO_x för det orenade fallet (Unabated), baslinjescenariot (Baseline), utsläpp efter att föreslagna åtgärder för referensinstallationen är införda (Optimised) samt den gräns vi satt som mål totalt för respektive emission, d.v.s. för alla referensanläggningar totalt (common limit). Med det orenade fallet avses alltså hur mycket av emissionen i fråga som sker om inte någon åtgärd är införd och med baslinjescenariot avses hur mycket av emissionen i fråga som sker om inga nya åtgärder, än redan beslutade, införs. Som synes av diagrammet är ut-

släppet av SO₂ högre för det optimerade fallet än för det orenade fallet och för baslinjescenariot. Detta beror på att det i den mest kostnadseffektiva lösningen ingår att byta en del Eo1 och Eo5 till träbränsle vilket alltså medför att aktiviteten hos referensanläggningen träbränsle ökar (d.v.s. mer träbränsle används) vilket även medför att utsläppen från denna referensanläggning ökar. De aktivitetsförändrande åtgärderna, d.v.s. bränslebytena, åskådliggörs i Figur 8.

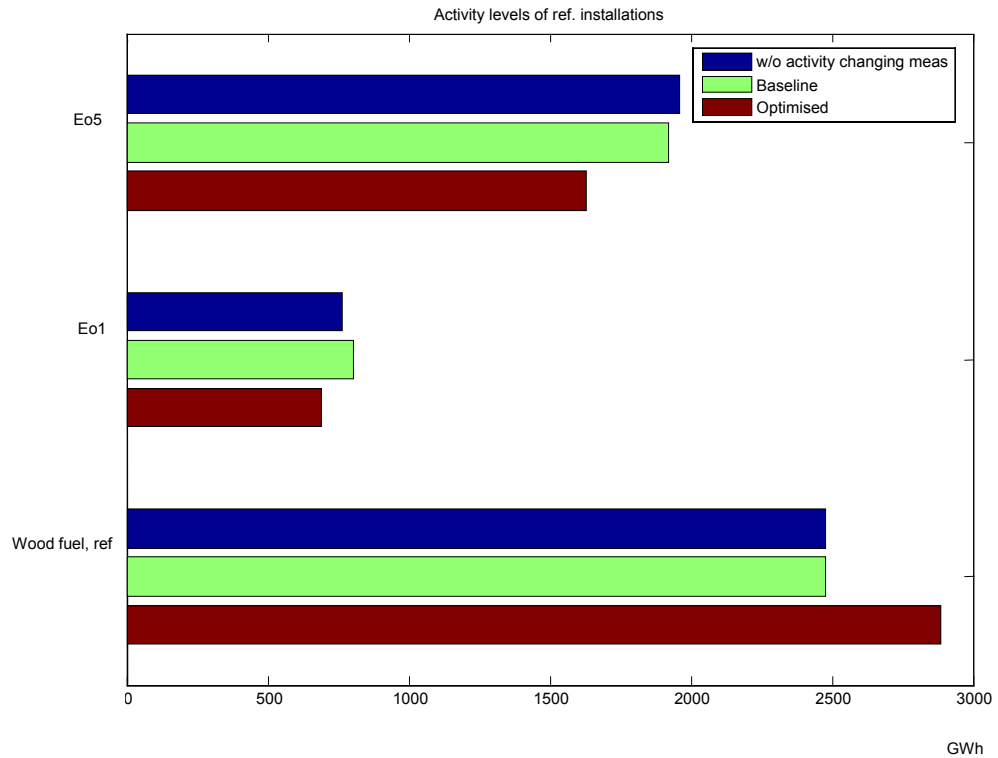
I det andra diagrammet redovisas dels tillämpbarheten för åtgärderna i fråga (applicability), dels baslinjescenariot, d.v.s. i hur stor utsträckning åtgärderna är införda om endast redan beslutade införs (Baseline). Med 'Optimised' avses appliceringsgrad för optimerat scenario, d.v.s. tillämpning av åtgärderna om de mest kostnadseffektiva åtgärderna införs för att uppnå givna utsläppsmål. I figuren framgår det att de mest kostnadseffektiva åtgärderna är att införa förbränningstekniska åtgärder till 100% samt SNCR till ca 90% för förädlad träbränsle.



Figur 8 Resultat för aktivitetsförändrande åtgärder

I ovanstående figur visas vilka aktivitetsförändrande åtgärder som ingår i den mest kostnadseffektiva lösningen. Som synes av figuren är det inte kostnadseffektivt att byta Eo5 till Eo1 i detta fall (enligt resultaten som visats innan är det alltså mer kostnadseffektivt att införa våt-torr svavelrening respektive förbränningstekniska åtgärder för

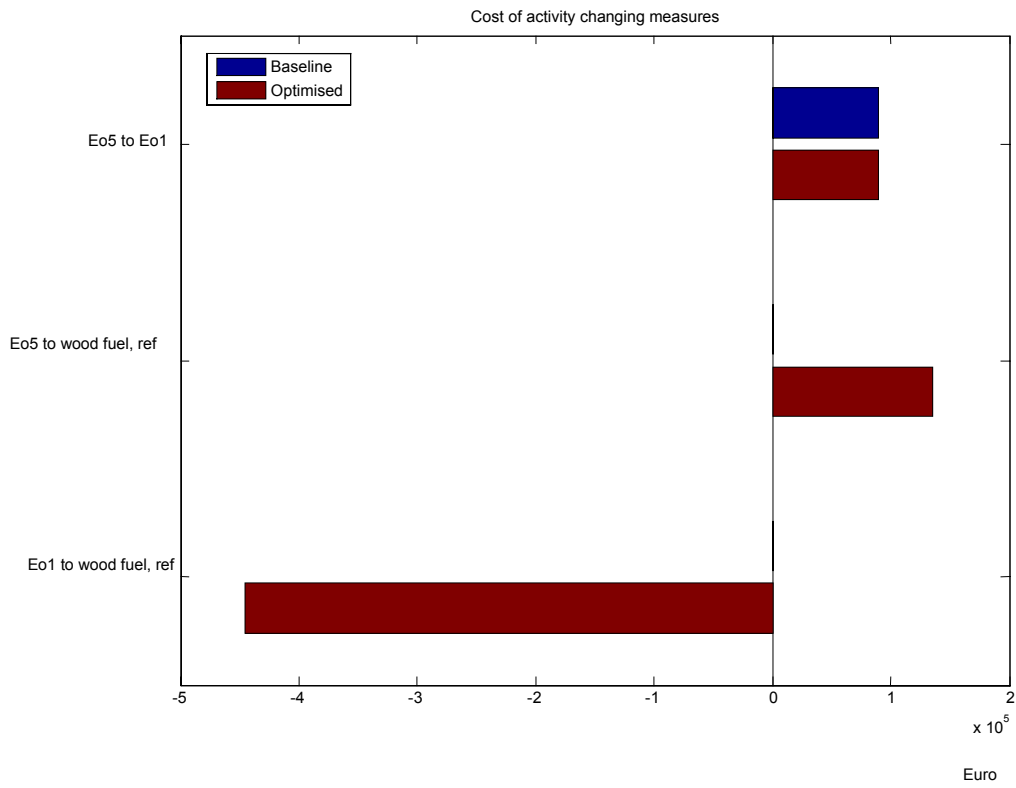
Eo5). Däremot ingår det i den mest kostnadseffektiva lösningen att byta Eo5 och Eo1 till förädlad trädbränsle ända upp till graden av tillämpbarhet, d.v.s. 15%. I baslinjescenariot kommer varken Eo5 eller Eo1 att bytas till förädlad trädbränsle.



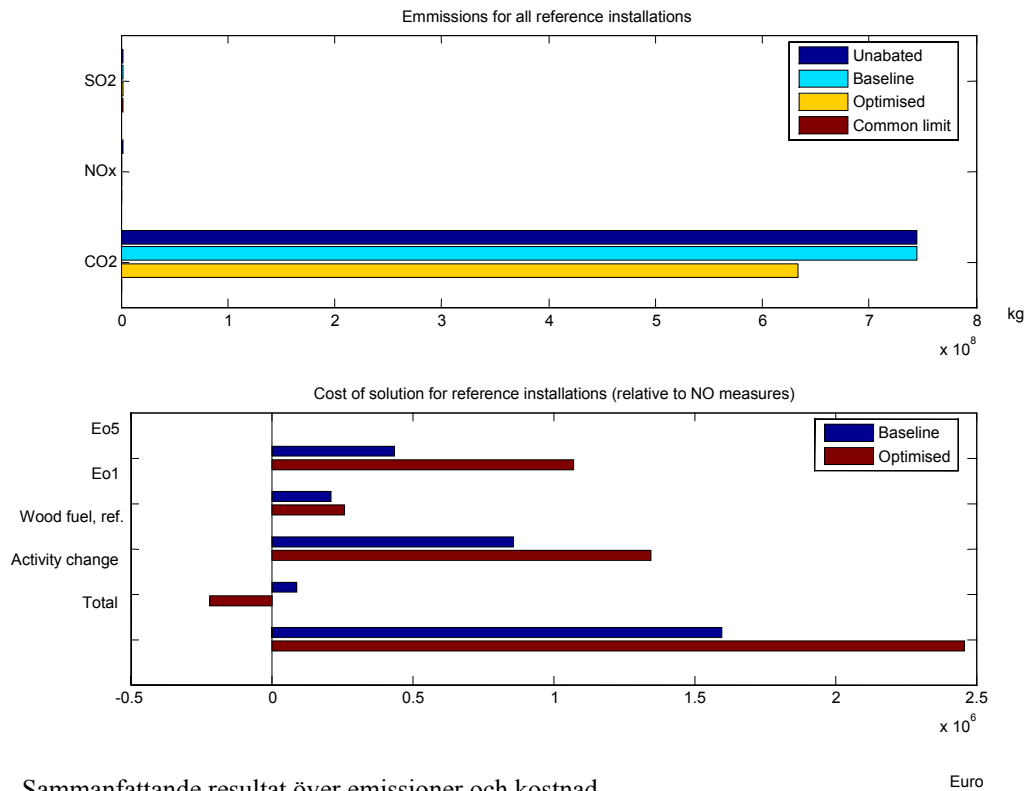
Figur 9 Aktivitetsnivåer efter föreslagna bränslebyten

I figur 9 visas aktivitetsnivåerna för respektive referensanläggning efter att bränslebytena är genomförda. Som synes av figuren minskar användningen av både Eo5 och Eo1 medan användningen av förädlad trädbränsle ökar i motsvarande grad.

I figur 10 framgår vad det skulle kosta att göra de bränslebyten som är mest kostnadseffektiva. Som framgår av figuren innebär det en besparing att byta från Eo1 till förädlad trädbränsle medan övriga bränslebyten medför en ökad kostnad.



Figur 10 Kostnader för att införa de aktivitetsnivåförändrande åtgärderna



Figur 11 Sammanfattande resultat över emissioner och kostnad

I översta diagrammet i figur 11 visas hur stora emissionerna av olika ämnen blir efter att de mest kostnadseffektiva åtgärderna är införda givet satta reduktionsmål. Resultatet för SO₂ och NO_x är att man uppnår uppsatta mål för dessa (1500 ton SO₂ respektive 750 ton NO_x). I figuren framgår det att man dessutom reducerar emissionerna av CO₂.

I det nedersta diagrammet framgår vad den mest kostnadseffektiva lösningen är, dels uppdelat per referensanläggning, dels på aktivitetsförändrande åtgärder samt totalt.

10 Diskussion och erfarenheter

Det visade sig svårare att upprätta en databas över emissionsbegränsande åtgärder och deras kostnader än förväntat varför databasen i dagsläget endast kan användas för att illustrera strukturen samt exemplifiera optimeringsverktygets funktion.

Följande tre faktorer har identifierats som kritiska punkter i detta forskningsprojekt:

- *Resursbrist*: Att utarbeta en nationell databas är ett långsiktigt arbete som kräver ett aktivt deltagande och stora resurser, inte minst vad gäller avsatt tid. Dessa förutsättningar har inte funnits fullt ut i projektet.
- *Datatillgång*: Det visade sig vara väldigt svårt att erhålla data till databasen.
- *Svårigheter med att använda internationella initiativ*: En förhoppning inför och under projektets gång var att de internationella och europeiska initiativ inom området, som pågått parallellt med REKO, skulle ha gått att använda i större utsträckning.

I följande avsnitt diskuteras databasstruktur, funktion hos optimeringsverktyget, data, användning av REKO luft, erfarenheter och behov närmare. Då den mest kritiska faktorn har varit dataförsörjningen ligger mycket av fokus i följande diskussionsavsnitt på databiten.

10.1 Databas

10.1.1 Struktur

En databas kan i teorin byggas hur flexibel som helst – men detta kostar mycket pengar. Dessutom är flexibilitet och enkelhet motsatser vad gäller databaskonstruktion – och därigenom även vad gäller dataförsörjning. Därför är det viktigt att utgå från de behov som finns, d.v.s. vad databasen ska användas till så att relevanta avgränsningar görs.

Under projektets gång har få avgränsningar gjorts vad gäller databasens funktionalitet, vilket har påverkat möjligheten att få in den data som behövs. Å andra sidan skulle en begränsning av funktionaliteten givetvis minska behovet av databasen, som då kanske skulle behöva skräddarsys för ett specifikt ändamål, varpå nyttan av att ha ett centralt register över åtgärds kostnader givetvis avtar.

EGTEI:s databasstruktur, som använts som utgångspunkt för REKOS databasstruktur, har ansetts vara tillräcklig för att fylla syftet med REKO då den är relativt överskådlig samtidigt som den har allt som krävs för att understödja RAINS-modellen med data. De huvudsakliga begränsningar man gör genom detta är linjäritet vad gäller åtgärdseffektivitet och åtgärds kostnad. Detta bedöms dock vara relativt små begränsningar i sammanhanget: REKO-databasen är betydligt flexiblare än de flesta kända existerande initiativ.

Vad gäller struktur på databasen så har det visat sig att det har uppstått olika svårigheter för olika sektorer. En svårighet vad gäller jordbruket är att åtgärderna för stallgödsel många gånger är beroende av varandra. För att inte databasen ska bli oöverskådlig för jordbrukssektorn är det nödvändigt att på något sätt gruppera åtgärderna. Vidare är det för Vägverket intressant att dela upp åtgärderna på regional nivå vilket skulle gå rent principiellt. En liknande struktur finns för jordbrukssektorn. För vägsektorn har det visat sig svårt att datamässigt definiera vad som är en åtgärd och vad som är styrmedel.

10.1.2 Dataförsörjning

Det som visade sig vara svårast i detta forskningsprojekt var att erhålla data till databasen. Kartläggningen av befintliga data visade att även om det finns många studier gjorda på kostnadseffektivitet så är dataunderlaget, eller åtminstone rapporterad data, i många fall bristfälligt. Det finns mer eller mindre åtgärds kostnadsdata framtagen för alla samhällssektorer, men olika rapporter, projekt och initiativ redovisar data på olika sätt, vilket kraftigt försvårar jämförelser. Ofta är data som presenteras i rapporter aggregerade på ett sätt som gör att de inte direkt kan användas i REKO-databasen, som ju kräver ett flexibelt (disaggregerat) dataunderlag.

REKO-strukturen, som togs fram för att kunna användas till mer än ett syfte, t.ex. Miljömålskommitténs arbete, STEM:s återkommande behov att redovisa åtgärds kostnader för CO₂-reduceringar, RAINS-modellen, PRIMES-modellen etc., kräver ett stort och flexibelt dataunderlag. Detta underlag finns inte i dagsläget, och en mycket viktig fråga är om och hur det går att ta fram den data som behövs för att försörja REKO-databasen.

Erfarenheterna från dataförsörjningen är med andra ord:

- Data saknas, d.v.s. de saknas helt och hållet för en emission, åtgärd etc.
- Data är bristfälliga, d.v.s. endast vissa data finns för en viss åtgärd.
- Data rapporteras på olika sätt, t.ex. används olika basår, scenarier etc.
- Bakgrund till data saknas, d.v.s. beskrivning av vad data representerar
- Data är på fel ”format”, t.ex. på en annan aggregeringsnivå eller aggregeringsmetod än avsedd inom REKO

Dessutom måste många antaganden och generaliseringar med avseende på data göras vilket kräver stor kännedom såväl på detaljnivå ex. gällandes specifika reningsåtgärder, som på övergripande nivå ex. gällandes branschen som helhet.

Önskemål vad gäller data:

Önskemålet är att det inom REKO ska finnas nationella, generella data både vad gäller kostnader, emissioner och reduktioner framtagna, dokumenterade och kvalitetssäkrade på ett enhetligt sätt.

Organisation för dataförsörjning, kvalitetssäkring och uppdatering av data:

För att få en fungerande datainsamling skulle en organisation för dataförsörjning, kvalitetssäkring och uppdatering behöva upprättas där bl.a. följande frågor utreds :

- Vem ska samla in data?
- Vem ska mata in data?
- Vem ska kvalitetssäkra data?
- Vem ska uppdatera data?
- Vem ska finansiera dataförsörjningen?

Utifrån erfarenheter från detta forskningsprojekt föreslås följande utgångspunkt för en eventuell fortsatt datainsamling till REKO-databasen:

1. Utgå från befintlig information och data som finns inom respektive sektor
2. För de åtgärder information och data saknas hos sektorn i fråga, vilket är för många fall, kontakta ett antal företag inom sektorn för att få företagsspecifika data
3. Om varken 1 eller 2 är en framkomlig väg används befintliga data inom RAINS alternativt andra generella data

Eftersom data är/kommer vara av olika kvalitet är det viktigt att klassa data med avseende på representativitet och osäkerhet. Vidare är det viktigt att framtagande och sammanställande av data sker på ett enhetligt sätt för alla sektorer så att data blir jämförbara. En utgångspunkt i detta arbete är EEA:s riktlinjer för åtgärdskostnadsdata, kompletterat med specifikt databehov för REKO-databasen.

Under projektets gång har det blivit uppenbart att datainsamling och datavalidering är ett mycket tidskrävande arbete. Dessutom krävs det ofta en nära kontakt med experter inom respektive område – det är orimligt att anta att den detaljerade kunskap som krävs för varje enskild åtgärd kan samlas under ett tak. Därför är det viktigt att det finns en referensperson (medpart) inom varje sektor, d.v.s. någon som är ansvarig för att bistå vid dataförsörjningen och som har resurser i form av tid avsatt för detta. Eftersom åtgärdsdata ofta kräver god branschkunskap är det således viktigt att respektive sektor medverkar aktivt vid framtagande av data för referensanläggningar, aktivitetsdata och åtgärder samt bistår med specifik kunskap om processer och åtgärder. I ett sådant arbete är det fördelaktigt att sammanställningen sker enligt ett standardformulär. Ett alternativ skulle kunna vara att utgå från befintliga KLIMP-mallar och anpassa dem. Samtidigt är det viktigt att datainsamling sker på samma sätt, d.v.s. att det finns enhetliga rutiner för datainsamlingen, i alla sektorer. Med denna datainsamlingsmetod kommer man gradvis bygga upp en mer komplett och validerad databas.

För att dataunderlaget i REKO ska vara korrekt och heltäckande, t.ex. för effekter och kostnader för åtgärder krävs även ett samarbete med industrin. En databas kräver kontinuerligt underhåll för att vara uppdaterad och relevant.

Det är dock viktigt att notera att med enhetliga rutiner för sammanställande av data avses både *dokumentation* av data och *kvalitetssäkring* av data.

Dokumenterna data bygger på är länkade i REKO-databasen. Med andra ord finns mycket av bakgrundsmaterialet i databasen. Skulle man vilja få en uppfattning om datas kvalitet, täckning, etc. tar det i nuläget väldigt lång tid eftersom man då måste gå igenom alla rapporter som använts vid sammanställningen.

Det finns olika system för kvalitetssäkring framtagna. Inom ett institutssamarbete, Sirii, har t.ex. en kvalitetssäkringsmetod för klassificering av miljödata utvecklats som går under benämningen Sirii SPINE. Inom Sirii SPINE klassificeras miljödata på följande tre nivåer:

C: ospecificerade miljödata

B: Sirii SPINE-dokumenterade miljödata

A: Sirii SPINE-dokumenterade och kvalitetssäkrade miljödata

Inom REKO skulle en motsvarande klassning som utgår från följande eventuellt vara möjlig:

Representerbarhet:

- Är det specifika eller generella data som använts, d.v.s. är data representativa för Sverige?

Fullständighet:

- Saknas vissa data? Exempelvis för kostnadsdata, vilka kostnader ingår och vilka har utelämnats samt en bedömning om det har betydelse, d.v.s. om utelämnad kostnad är försumbar.

Osäkerhet:

- Är data uppskattade eller uppmätta?
- Vad gäller osäkerhet finns det flera olika typer av osäkerheter såsom:
 - Vetenskaplig osäkerhet (finns det tillräckligt med F&U-resultat att bygga på)
 - Precision (statistiska osäkerheter)
 - Introduktion av antaganden och förenklingar (som kan leda till systematiska fel)
 - Osäkerheter i relation till den socioekonomiska framtiden (framtidsscenarier)

Scenarier:

En ytterligare svårighet/osäkerhet vad gäller data är att prognostisera fram till 2020. Vad gäller data för aktivitetsnivåer, applicerbarhet och tillämpning i framtiden bör man i första hand utgå från statistik och prognoser som sammanställts inom respektive sektor. Data framåt i tiden är alltid behäftade med stora osäkerheter eftersom de bygger på antaganden – ingen vet ju säkert vad som kommer ske i framtiden. Om inte statistik eller prognoser finns för en sektor är det mycket viktigt att medparten hos sektorn är behjälplig vid insamlandet av underlag till statistik och prognoser. Till år 2010 torde prognostiseringen vara relativt hanterbar. Vidare är vår erfarenhet är att det finns en hel del statistik hos sektorerna men att den ofta är på fel format.

Inmatning av data:

En önskan är att ha en användarvänlig databas online som uppdateras kontinuerligt och där var och en som är behörig kan gå in och söka data och göra optimeringar. Vidare är önskan att databasen ska kunna användas av handläggare på departement, myndigheter och branschorganisationer utan större inläsningsarbete. Vad gäller inmatning av data är det fördelaktigt om detta sker av en och samma resurs för att säkerställa att inmatningen sker på ett korrekt sätt.

Internationella initiativ:

Som nämnts har en förhoppning under projektets gång varit att de internationella och europeiska initiativ inom området som pågått parallellt med REKO skulle ha kommit längre än de gjort. Tyvärr har dock tidplanerna för dessa initiativ förskjutits varför detta påverkat arbetet inom REKO då det ansetts vara fördelaktigt att följa de internationella och europeiska initiativen.

Att få en flexibel databas med god datatäckning är ett långsiktigt arbete. EGTEI, som har arbetat ungefär lika länge som REKO, har liksom REKO stött på problem vad gäller möjlighet att få tag på data.

Slutligen kan konstateras att datainsamlingen kräver mycket resurser varför en utgångspunkt för datainsamlingen skulle kunna vara att data som används i en databas såsom REKO utgörs av åtgärdsdata som tas fram i andra syften/projekt.

10.2 Optimeringsverktyg

Den största styrkan hos det optimeringsverktyg som utvecklats är att det kan identifiera den mest kostnadseffektiva lösningen givet *flera* satta mål, d.v.s. verktyget kan hantera flera emissioner parallellt. Möjligheten är ett stort steg framåt jämfört med de kostnadskurvor som ofta används inom åtgärdsarbete, eftersom dessa försummar att åtgärder kan ha effekter på flera emissioner. Beräkning med kostnadskurvor leder därmed lätt till sub-optimala resultat så fort flera emissioner är av intresse, vilket alltid torde vara fallet praktiskt.

Verktyget klarar av att hantera flera sektorer parallellt och därmed kan även åtgärder inom olika sektorer vägas mot varandra. I dagsläget går dock beräkningarna i många fall relativt långsamt (upp till några timmar) om flera stora sektorer hanteras samtidigt.

Den version av verktyget som utvecklats i projektet är att betrakta som en praktiskt fungerande prototyp som demonstrerar funktionaliteten. För att verktyget ska bli mer rutinmässigt användbart är en utveckling, i första hand, med avseende på användarvänlighet nödvändig. Den använda utvecklingsmiljön (Matlab) erbjuder möjligheter att bygga webb-baserade användargränssnitt. Vidare är det troligt att relativt enkla åtgärder kan öka beräkningshastigheten avsevärt, vilket är värdefullt om system med ett stort antal referensanläggningar ska studeras. Vid rutinmässig drift av ett vidareutvecklat verktyg krävs en viss kontinuerlig insats av underhåll samt teknisk support.

10.3 Användning av REKO luft

Då många data saknas i databasen samt då befintliga data inte är kvalitetssäkrade kan databasen i dagsläget endast användas för att illustrera strukturen samt exemplifiera optimeringsverktygets funktion. Med andra ord kan den idag inte användas för att göra några jämförelser eller utvärderingar av kostnadseffektiva åtgärder.

En önskad användning av REKO luft är att kunna använda databasen, dels som informationskälla dels tillsammans med optimeringsverktyget för att erhålla den mest kostnadseffektiva lösningen satta givna mål. Dessutom bör delar av databasen kunna användas i andra syften än för att optimera åtgärdskostnader.

I dagsläget fungerar optimeringsverktyget så att man sätter mål för enskilda emissioner. För att anpassa verktyget till miljömålen vore det fördelaktigt att utveckla det så att miljöpåverkansmål även kan sättas. Exempelvis bidrar både NH_3 och NO_x till övergödningen (men i olika stor utsträckning) varför det många gånger är av större intresse att sätta upp mål för övergödningen och inte för enskilda ämnen. En lösning för att hantera detta skulle kunna läggas in i verktyget men detta är ej gjort i dagsläget.

10.3.1 Alternativ till REKO

Idag görs kostnadseffektivitetsberäkningar av reduktionsåtgärder med punktinsatser, varför ingen långsiktighet nås. Om inte ett verktyg såsom REKO utvecklas kommer således ad hoc-lösningar att tillämpas även fortsättningsvis. På europeisk nivå kommer RAINS-modellen att användas och risken är att ett för stort åtagande i.o.m. detta läggs på Sverige.

10.4 Behov och erfarenheter från deltagande sektorer

Nedan återfinns en kort sammanställning över de behov av en åtgärdsdatabas och de erfarenheter som deltagande sektorer identifierat respektive erhållit under projektets gång:

Tabell 13 Sammanställning över identifierade behov och erfarenheter

Myndighet/ Företag	Behov	Hinder/Möjligheter	Kommentar
Naturvårdsverket	Stort behov	Dataförsörjning: Stora problem med datafångst och uppdatering	Om det inte finns någon databas får man ad hoc-lösningar. REKO light, d.v.s. en förenklad version av REKO
Energi- myndigheten	Stort behov vad gäller CO ₂ . För miljöhandläggare som följer upp miljömålen kan detta vara av stort intresse.	Dataförsörjning och uppdatering av data: svårt. Har ej resurser att vara proaktiva	Databasen kräver en fast organisation som förser den med data samt uppdaterar data. Detta kräver stora resurser.
Elforsk	Identifiera om branschen ligger nära där åtgärder kan aktualiseras för att sedan sätta in F&U-resurser	Elforsk tar fram data genom exjobbare. Löpande validering vid ombyggnad av anläggningar	Detta är ett långsiktigt arbete! Stort fokus på CO ₂ men även intresse av SO ₂ , NO _x och partiklar.
Vägverket	Vägverket ser inte något eget specifikt behov. Däremot finns det ett allmänt behov på övergripande nationell och internationell nivå.	Svårt att bygga upp och förvalta: man måste kunna lita på innehållet! Vad gäller dataförsörjningen för vägsektorn så berör många åtgärder s.k. ”mjuka värden” vilket gör att det kan vara svårt att få fram effektsamband samt kostnadssätta dem. Små resurser.	Idag tar VV fram relevant kunskap inför de planer och strategier de utvecklar. VV är intresserade av regionala åtgärder.
Jordbruksverket	Behov på övergripande nationell och internationell nivå.	Svårighet: Effekt av en åtgärd är beroende av andra åtgärder. En metod som tar hänsyn till detta behöver utvecklas. Dataförsörjningen: Ett stort antal åtgärdspaket försvårar dataförsörjningen.	

11 Slutsatser

De slutsatser som kan dras från föreliggande forskningsprojekt är kortfattat:

- Det finns ett *behov* av en databas för åtgärds kostnader men behoven ser olika ut och är olika stora för olika användare
- *Själva strukturen* på REKO-databasen är funktionell, d.v.s. den är flexibel och innehåller poster för åtgärder, reduktioner, kostnader och scenarier. Däremot är inte själva databasen vad avser nuvarande indelning i referensanläggningar och åtgärder etc. komplett.
- Styrkan hos optimeringsverktyget är att flera ämnen samt flera sektorer kan utsökas parallellt. Verktyget skulle dock behöva vidareutvecklas, i första hand med avseende på användarvänlighet.
- Dataförsörjningen är den kritiska punkten för att få REKO att fungera. För att databasen ska bli användbar krävs att en metod för dataförsörjning och kvalitetssäkring av data utvecklas. Om databasen och verktyget ska kunna användas som underlag för miljömålsarbetet måste databasen, förutom att utvecklas med avseende på datamängd för de befintliga sektorerna, dessutom kompletteras med ytterligare sektorer. En avgränsning, i första hand, med avseende på sektorer och åtgärder är dock nödvändig.
- I dagsläget kan databasen endast användas för att illustrera strukturen samt exemplifiera optimeringsverktygets funktion då många data saknas samt då befintliga data inte är kvalitetssäkrade.
- Att bygga upp en databas såsom REKO luft är ett långsiktigt arbete som kräver ett stort engagemang från deltagande sektorer.

12 Fortsatt arbete

12.1 REKO luft

Under diskussions- och erfarenhetskapitlet diskuteras en del om vad som skulle behöva utredas och utvecklas för att målen med REKO luft ska kunna uppnås. Nedan listas kortfattat vilka kompletteringar av databasen som skulle vara nödvändiga. För att kunna göra dessa kompletteringar krävs dessutom ett utvecklingsarbete.

1. Utökning med data för befintliga sektorer

För att databasen ska bli användbar krävs att en metod för dataförsörjning och kvalitets-säkring av data utvecklas så att enhetligt framtagna data kan matas in för befintliga sektorer i databasen. Det går att få fram data – det är dock en fråga om kostnad.

2. Utökning av sektorer

När en metod för datainsamling utvecklats behöver databasen kompletteras med fler sektorer. De sektorer som skulle kunna vara relevanta att inkludera för att täcka in den största åtgärdspotentialen (eller de största emittenterna) är transportsektorn (rederi-näringsen, flygtransporter), cementindustrin, stålindustrin, skogsindustrin, raffinaderier, VOC-emitterande sektorer (tryckeri, däcktillverkning, måleri, etc), Kemiindustri, Byggnad och boende.

Databasen är i dagsläget relativt flexibel, men vid en utökning till fler sektorer är det troligt att vissa funktioner kan behöva läggas till, eller att strukturen behöver modifieras. Optimeringen fungerar idag, men det kan vara aktuellt att lägga till ytterligare val-möjligheter i denna, bl.a. med avseende på miljöpåverkanskategorier så att man även kan sätta mål på denna nivå (exempelvis för övergödningen och inte enbart NO_x).

3. Användarvänlighet

För att databasen ska fungera långsiktigt behöver användarvänligheten utvecklas. Preliminärt kan MS/Excel bytas ut mot MS/Access, vilket skulle göra databasen mer överblickbar. Då optimeringsverktyget i dagsläget är att betrakta som en praktiskt fungerande prototyp är en utveckling, dels med avseende på funktionalitet, dels på användarvänlighet nödvändig. Det som behöver vidareutvecklas gällandes funktionalitet är hanteringen av stora mängder referensanläggningar så att detta inte tar orimliga beräkningstider i anspråk. Vidare behöver användarvänligheten utvecklas för att verktyget ska bli mer rutinmässigt användbart. Det vore därför fördelaktigt att bygga ett eller flera användargränssnitt, dels för utsökning av information, dels för inmatning.

4. Datavårdskap för åtgärds-kostnader

För att ett hålla en databas över åtgärds-kostnader uppdaterad krävs ett kontinuerligt arbete, både med själva datan och med databasen. Därför är det viktigt att ett data-vårdskap för åtgärds-kostnader upprättas.

12.2 Utvidgning av REKO

I behovsanalysen har det framkommit att det även kan finnas ett behov av en åtgärds-databas även för andra områden än luftsidan. Ett av de områden som identifierats är

vatten då Vattendirektivet kan komma att kräva att många åtgärder genomförs på ett kostnadseffektivt sätt. Ett annat område är avfallsgenerering.

13 Referenser

- Boström et al, Emissionsfaktorer för energiproduktion, IVL-internt material, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 1998
- Boverket, Sverige 2009
- Burvall och Öhman, Samförbränning av torv och biobränslen - askrelaterade systemfördelar, Energimyndigheten,
- Cofala, J., Syri, S., 1998a, Sulfur emissions, abatement technologies and related costs for Europe in the RAINS model database, Interim report IR-98-035/June
- Cofala, J, Syri, S., 1998b, Nitrogen Oxides emissions, abatement technologies and related costs for Europe in the RAINS model database, Interim report IR-98-035/June
- Cost of Nutrient Reductions to the Baltic Sea, Beijer Discussion Paper No 70
- DG Energy, PRIMES-modellen, Economic foundations for Energy Policy, The Shared Analysis Project, December 1999
- DG Environment, Economic evaluation of emissions reductions in the transport sector of the EU, December 2000
DG Environment, Economic Evaluation of Sectorial Emission reduction Objectives for Climate Change – Top-down analysis of Greenhouse Gas Emission Reduction Possibilities in the EU, March 2001
- EGTEI, Wood combustion in domestic appliances, Final background document on the sector, Prepared in the framework of EGTEI, Prepared by CITEPA, Paris, 2003
- EGTEI, 2003b, Methodological aspects
- EGTEI, 2003a, Combustion Sector, Draft background document
- Elforsk, 2000, El från nya anläggningar, Elforsk rapport 00:01
- Energimyndigheten, 2002, Konsekvenser av gränsen 20 MW, Statens Energimyndighet, ISBN 1403-1892
- Energimyndigheten, 2002b, Energiläget 2002, www.stem.se
- Energimyndigheten, 2003, Energiläget 2003, www.stem.se
- Energimyndigheten, Energi och klimat i Sverige Scenarier 2010, Energimyndigheten 2001
- Erlandsson et al., Ett användarvänligt dokumentationsformat för livscykelanalysdata (LCA) baserat på SPINE, B 1464, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2002

- European Environmental Agency, Guidelines for defining and documenting data on costs of possible environmental protection measures, Technical report no 27, 1999
- Fjärrvärmeföreningen, Miljö tillstånd och emissioner för biobränsleeldade anläggningar, Fjärrvärmeföreningen, FVF 2000
- Gustafsson, PM om kostnader för försurning och övergödning i RAINS, VTI
- Hendriks, C., de Jager, D., de Beer, J., van Brummelen, M., Blok, K., Kersmeeckers, M., 2001, Economic Evaluation of Reduction of Greenhouse Gases in the Energy Supply Sector in the EU, ECOFYS report for DG Environment, <http://europa.int/comm/environment/enveco>
- IIASA – International Institute for Applied System Analysis, <http://www.iiasa.ac.at>
- Jansson, Tore, Eldning med fasta biobränslen i småhus, Miljömål, regelverk, rättspraxis och rättstrygghet, Åtgärder för att minska utsläppen, Energimyndighetens FoU-program Utsläpp och luftkvalitet, Mars 2003
- Klaasen et al., IIASA Interim Report IR-04-015, 2004
- Klimatkommitténs betänkande, SOU 2000:23, Grundscenarier för år 2010, 2000
- Kontrollstation 2004, Prognoser över utsläpp av växthusgaser, Delrapport 1 i Energimyndighetens och Naturvårdsverkets underlag till Kontrollstation 2004, 2004
- Lunds Tekniska Högskola, Scenarier över Sveriges energianvändning år 2050
- MERLIN
- Miljömålskommitténs betänkande, SOU 2000:52, Bilaga VI, Underlag till etappmålen Frisk luft, Bara naturligt försurning och delar av God bebyggd miljö, 2000
- Montin, Utvärdering av kostnader och reduktionspotentialer för stoft, svavel- och kväveoxider för biobränsle- och oljeeldade värmeanläggningar, Examensarbete KTH Industriell Ekonomi och organisation, Stockholm 2004
- Naturvårdsverket, Air Pollution from the Transport Sector – A Scenario Study for Europe, Naturvårdsverket Rapport 5023, 1999
- Naturvårdsverket, Energiläget 2050, Klimatdelegationen, Naturvårdsverket Rapport 4894, 1998
- Naturvårdsverket, Kostnader för att minska utsläpp av kväveoxider och flyktiga organiska ämnen, NV Rapport 4530, 1996
- Naturvårdsverket, Minska utsläppen av koldioxid – kostnadseffektiva åtgärder, Profu (1996), Naturvårdsverket Rapport 4632, 1996
- Nordiska Ministerrådet, Best Available Technology-rapporter (BAT), 1993-2001
- Nordleden, Gemensamma beräkningsförutsättningar, Rapport 2001:3

- RAINS – Regional Acidification Information and Simulation, <http://www.iiasa.ac.at/web-apps/tap/RainsWeb/>
- RAINS, Cost function coefficient values from the RAINS model in document 'Rains cost coefficients Energy Sector.xls'
- SCB, Statistiska Centralbyrån, www.scb.se
- SAME – SAMarbete för ett uthålligt Energisystem, Energimyndigheten, Elforsk (Kraftverksföreningen), Fjärrvärmeföreningen och Naturvårdsverket, Hållbar energiframtid?, Naturvårdsverkets förlag, 1999
- Service contract for Review of the RAINS Integrated Assessment Model – Reference ENV.C1/SER/2003/0079, Final Version, 2004-10-08, IVL The Swedish Environmental Research Institute, AEA Technology plc, et al.
- SIKA, Strategisk Analys, Prognos för godstransporter 2010 SIKA Rapport 2000:7 samt Underlagsrapporter till SAMPLAN Rapport 1999:2 (www.sika-institute.se/utgivet_fr.html)
- Sveriges tredje nationalrapport till klimatkonventionen, DS 2001:71
- Technical report No 27, European Environment Agency, Guidelines for defining and documenting data on costs of possible environmental protection measures
- Uppenberg et al., Miljöfaktabok för bränslen, B 1334A-2 och B 1334B-2, IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2001
- Westerlund, Kostnadseffektiv reduktion av SO₂ och NO_x inom energisektorn, Masters thesis, Trita-Ket-IM 2003:9, ISBN 1402-7615, 2003
- Vägverket, Effekt – Samband, Vägverket 2000
- Vägverket, Trivector Traffic AB, Åtgärdsanalys av miljöåtgärder inom vägtransportsektorn, 2.2 utvidgad version, Vägverket publ.nr. 1999:133
- Vägverket, Trivector Traffic AB, Åtgärdsanalys av miljöåtgärder inom vägtransportsektorn, 2.2 utvidgad version, Vägverket publ.nr. 1999:133 Bilaga
- World Bank Group, 1999, Pollution Prevention Handbook, pp 245-246
- Personlig kommunikation med ett antal berörda personer på bl.a.:
Elforsk, Energimyndigheten, Fjärrvärmeföreningen, JTI, Naturvårdsverket, SCB, SLU, Vägverket m.fl.

BILAGA 1 Sammanställning över data för referensanläggningarna i exemplet

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production		SNAP code:	SNI code:											
Sector ID:					40										
Sector name:															
Reference installation ID:	1														
Reference installation name:	100-300 MW, Eo5														
Source documents:	hyperlink 1														
Fuel efficiency (verkningsgrad):	Fuel input per output														
Activity unit:	GWh														
	2000	2005	2010	2015	2020										
Activity level:	1751	1812	1874	1920	1967										
	Effect	Removal efficiency			Application rate, %					Applicability, %					
Measure ID	Measure description	SO2	NOx	CO2	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020	
1	none (unabated case)	746	565	274320	25	20	10	5	0	100	100	100	100	100	
	1 Combustion modification			30	0	5	33	61	90	100	100	100	100	100	
	2 SNCR			50	75	78	82	86	90	100	100	100	100	100	
	2 SCR			90	0	0	4	7	10	100	100	100	100	100	
	3 Dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	
	3 Wet-dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	
	3 Wet flue gas desulfurization	95			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	

Figur 12 Emissioner, åtgärder och appliceringsdata för Eo5

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production		SNAP code:	SNI code: 40							
Sector ID:											
Sector name:											
Reference installation ID:	1										
Reference installation name:	100-300 MW, Eo5										
Source documents:	hyperlink 1										
Fuel efficiency (verkningsgrad):			Fuel input per output								
Activity unit:	GWh										
Activity level:	2000	2005	2010	2015	2020						
	1751	1812	1874	1920	1967						
Effect		Economic data			Materials		Fixed costs				
Measure ID	Measure description	Measure cost	Annuity	Investment	Life length	Capacity	Ammonia use	Limestone use	Lime use	NaHCO3 use	€/investment unit
1	none (unabated case)										
	1 Combustion modification	66	38468	479400	20	0,002					0
	2 SNCR	163	44577	555530	20	0,002	63				33332
	2 SCR	689	224641	2799525	20	0,002	35				167972
	3 Dry flue gas desulfurization	1085	66869	833333	20	0,002				1067	33333
	3 Wet-dry flue gas desulfurization	931	334344	4166667	20	0,002			422		166667
	3 Wet flue gas desulfurization	2539	980429	12218310	20	0,002		646			488732

Figur 13 Kostnadsdata för Eo5

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production		SNAP code:	SNI code: 40		
Sector ID:						
Sector name:	2					
Reference installation ID:	100-300 MW, Eo1					
Reference installation name:	100-300 MW, Eo1					
Source documents:	hyperlink 1					
Fuel efficiency (verkningsgrad):	Fuel input per output					
Activity unit:	GWh	2000	2005	2010	2015	2020
Activity level:	732	758	783	803	822	

Measure ID	Effect	Measure description	Removal efficiency			Application rate, %					Applicability, %				
			SO2	NOx	CO2	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020
1		none (unabated case)	100	344	271080	39	36	16	10	5	100	100	100	100	100
						65	0	0	0	0					
	1	Combustion modification				61	64	73	81	90	100	100	100	100	100
	2	SNCR				0	2	11	20	30	100	100	100	100	100
	2	SCR				0	0	4	7	15	100	100	100	100	100
	3	Dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	3	Wet-dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	3	Wet flue gas desulfurization	95			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100

Figur 14 Emissioner, åtgärder och appliceringsdata för Eo1

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat	SNAP code:				SNI code:					
Sector ID:	Production					40					
Sector name:											
Reference installation ID:	2										
Reference installation name:	100-300 MW, Eo1										
Source documents:	hyperlink 1										
Fuel efficiency (verkningsgrad):	Fuel input per output										
Activity unit:	GWh										
	2000	2005	2010	2015	2020						
Activity level:	732	758	783	803	822						
Effect		Economic data				Materials			Fixed costs		
Measure ID	Measure description	Measure cost	Annuity	Investment	Life length	Capacity	Ammonia use	Limestone use	Lime use	NaHCO3 use	€/investment unit
1	none (unabated case)										
	1 Combustion modification	133	48667	606500	20	0,003					0
	2 SNCR	289	56760	707358	20	0,003	24				42441
	2 SCR	1366	283777	3536500	20	0,003	13				212190
	3 Dry flue gas desulfurization	472	85146	1061111	20	0,003				90	42444
	3 Wet-dry flue gas desulfurization	1753	425732	5305556	20	0,003			36		212222
	3 Wet flue gas desulfurization	5091	1242177	15480270	20	0,003		54			619211

Figur 15 Kostnadsdata för Eo1

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production		SNAP code:	SNI code: 40		
Sector ID:						
Sector name:	3					
Reference installation ID:	100-300 MW, Wood fuel, refined					
Reference installation name:	100-300 MW, Wood fuel, refined					
Source documents:	hyperlink 1					
Fuel efficiency (verkningsgrad):	Fuel input per output					
Activity unit:	GWh	2000	2005	2010	2015	2020
Activity level:	1856	2122	2389	2477	2565	

Measure ID	Effect	Measure description	Removal efficiency			Application rate, %					Applicability, %				
			SO2	NOx	CO2	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020
1		none (unabated case)	227	292	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
			0	0	0	0	0	0	0	0					
	1	Combustion modification			30	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	2	SNCR			40	17	19	25	31	38	100	100	100	100	100
	2	SCR			80	0	1	6	10	15	100	100	100	100	100
	3	Dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	3	Wet-dry flue gas desulfurization	85			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100
	3	Wet flue gas desulfurization	95			0	0	0	0	0	100	100	100	100	100

Figur 16 Emissioner, åtgärder och appliceringsdata för oförädlad träbränsle

NFR code:	1 A 1 a Public Electricity and Heat Production		SNAP code:	SNI code: 40	
Sector ID:					
Sector name:					
Reference installation ID:	3				
Reference installation name:	100-300 MW, Wood fuel, refined				
Source documents:	hyperlink 1				
Fuel efficiency (verkningsgrad):			Fuel input per output		
Activity unit:	GWh				
Activity level:	2000	2005	2010	2015	2020
	1856	2122	2389	2477	2565

Effect	Measure ID	Measure description	Economic data				Materials				Fixed costs	
			Measure cost	Annuity	Investment	Life length	Capacity	Ammonia use	Limestone use	Lime use	NaHCO3 use	€/investment unit
	1	none (unabated case)										
	1	Combustion modification	149	55425	690720	20	0,003					0
	2	SNCR	207	39205	488586	20	0,003	30				29315
	2	SCR	1336	281411	3507000	20	0,003	15				210420
	3	Dry flue gas desulfurization	510	57507	716667	20	0,003				296	28667
	3	Wet-dry flue gas desulfurization	1183	287536	3583333	20	0,003			82		143333
	3	Wet flue gas desulfurization	3803	940403	11719500	20	0,003		125			468780

Figur 17 Kostnadsdata för oförädlad träbränsle

Measures affecting activity level																			
NFR code: 1 A 1 a Public Electricity and Heat Production hyperlink to .doc																			
			Application rate, %					Applicability, %					Economic data			Primary		Secondary	
ID	Group	Measure description	2000	2005	2010	2015	2020	2000	2005	2010	2015	2020	Measure cost	Annuity	Investment	Reference installation ID	Effect	Reference installation ID	Effect
1	1	Eo5-Eo1, 100-300 MW	0	0	1	2	4	100	100	100	100	100	4500000		1500000,00	1	-100	2	-100
2	2	Eo5-wood fuel, refined, 100-300 MW	0	0	0	0	0	0	5	10	15	20	900000		300000,00	1	-100	3	-100
3	3	Eo1- wood fuel, refined, 100-300 MW	0	0	0	0	0	0	5	10	15	20	-2971111		-1485555,56	2	-100	3	-100

Figur 18 Data för bränslebyten

IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL är ett oberoende och fristående forskningsinstitut som ägs av staten och näringslivet. Vi erbjuder en helhetssyn, objektivitet och tvärvetenskap för sammansatta miljöfrågor och är en trovärdig partner i miljöarbetet.

IVLs mål är att ta fram vetenskapligt baserade beslutsunderlag åt näringsliv och myndigheter i deras arbetet för ett bärkraftigt samhälle.

IVLs affärsidé är att genom forskning och uppdrag snabbt förse samhället med ny kunskap i arbetet för en bättre miljö.

Forskning- och utvecklingsprojekt publiceras i

IVL Rapport: IVLs publikationsserie (B-serie)

IVL Nyheter: Nyheter om pågående projekt på den nationella och internationella marknaden

IVL Fakta: Referat av forskningsrapporter och projekt

IVLs hemsida: www.ivl.se

Forskning och utveckling som publiceras utanför IVLs publikationsservice registreras i IVLs A-serie.

Resultat redovisas även vid seminarier, föreläsningar och konferenser.



IVL Svenska Miljöinstitutet AB

IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd

P.O. Box 210 60, SE-100 31 Stockholm
Hälsingegatan 43, Stockholm
Tel: +46 (0)8 598 563 00
Fax: +46 (0) 8 598 563 90

P.O. Box 5302, SE-400 14 Göteborg
Aschebergsgatan 44
Tel: +46 (0)31 725 62 00
Fax: +46 (0)31 725 62 90