

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen

Nr. 29 1995

Miljøøkonomi for papier- og papkredsløb

Delrapport 2 : Bølgepap

Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 29 1995

Miljøøkonomi for papir- og papkredsløb

Delrapport 2 : Bølgepap

Søren Dalager, Iver Drabæk
og Allan Bang Jensen,
dk-TEKNIK

Lars Mørck Ottosen og Kim Harreskov,
Dansk Teknologisk Institut. Miljøteknik

Niels Juul Busch og Hans Christian Holmstrand,
Econet

Flemming Møller,
Danmarks Miljøundersøgelser.
Afdeling for Systemanalyse

Rapporten er udarbejdet med tilskud fra Rådet vedr. genanvendelse og mindre forurenende teknologi.

Det skal bemærkes, at de fremsatte synspunkter ikke nødvendigvis dækkes af Rådet eller Miljøstyrelsen.

Indhold

1	Indledning	5
2	Metodebeskrivelse	7
2.1	Den miljøøkonomiske analyses faser	7
2.2	Problemformulering	7
3	Konsekvensbeskrivelse	8
3.1	Beskrivelse af scenarierne	8
3.1.1	<i>Scenario 1 - Udgangssituationen</i>	8
3.1.2	<i>Scenario 2 - Øget genanvendelse</i>	8
3.1.3	<i>Scenario 3 - Reduceret genanvendelse</i>	9
3.1.4	<i>Skema for scenarierne</i>	10
3.1.5	<i>Sammenfatning</i>	12
3.2	Overordnede forudsætninger for konsekvensbeskrivelsen	12
3.2.1	<i>Overordnede forudsætninger</i>	12
3.2.2	<i>Massebalance - bølgepap</i>	13
3.2.3	<i>Beregningsforudsætninger</i>	15
3.3	Beskrivelse af de enkelte elementer i bølgepaps livscyklus	16
3.3.1	<i>Skovdrift og generelt om papirfremstilling</i>	16
3.3.2	<i>Virgin liner- og flutingproduktion</i>	19
3.3.3	<i>Genbrugsliner og -flutingproduktion</i>	23
3.3.4	<i>Indsamling til genanvendelse/forbrænding/deponering</i>	25
3.3.5	<i>Affaldsforbrænding</i>	30
3.3.6	<i>Deponering af affald og papir</i>	35
3.3.7	<i>Transport</i>	36
3.3.8	<i>Fossil energiproduktion</i>	37
4	Ressource- og miljømæssige vurderinger - bølgepap	39
4.1	Konsekvenser i Danmark	39
4.1.1	<i>Produktion af liner og fluting</i>	39
4.1.2	<i>Forbrænding af bølgepap og andet affald</i>	40
4.1.3	<i>Deponering af affald</i>	43
4.1.4	<i>Samlet konsekvens i Danmark</i>	44
4.2	Konsekvenser i udlandet (Sverige)	49
4.3	Samlede konsekvenser	51
5	Økonomisk vurdering	53
5.1	Konsekvensskemaer	54
5.1.1	Scenariernes økonomiske konsekvenser	58
5.2	Virksomhedsøkonomisk vurdering	64
5.2.1	<i>Prisforudsætninger</i>	64
5.2.2	<i>Nutidsværdiberegninger</i>	66
5.2.3	<i>Virksomhedsøkonomisk sammenstilling</i>	79

5.3	Samfundsøkonomisk vurdering	79
5.3.1	<i>Beregningsprisforudsætninger</i>	80
5.3.2	<i>Nutidsværdiberegninger</i>	87
5.3.3	<i>Valutamæssige konsekvenser</i>	94
5.3.4	<i>Beskæftigelsesmæssige konsekvenser</i>	96
5.3.5	<i>Samfundsøkonomisk sammenstilling</i>	96
5.3.6	<i>Følsomhedsanalyser</i>	96
6	Sammenfatning	99

1 Indledning

Denne rapport er delrapport 2 i en miljøøkonomisk analyse af genbrug kontra forbrænding af kasseret papir og pap, såkaldt *returpapir*.

Jf. delrapport 1 (Materialestrøm - pap og papir) er det danske papirforbrug af størrelsesordenen 1,2 mio. t/år. En stor del heraf importeres, men en ikke ubetydelig del dækkes af indenlandske papirfabrikker på basis af returpapir, der således genanvendes.

Gennem mange år har den private genvindingsbranche indsamlet returpapir med henblik på genanvendelse, men fra begyndelsen af 1980'erne har de danske kommuner - oprindeligt frivilligt, men fra og med 1990 obligatorisk - etableret sideløbende indsamlinger. Blandt andet om følge heraf har de indsamlede mængder været jævnt voksende i de seneste 10 år.

Genvindingsbranchen sorterer det indsamlede returpapir i ganske mange sorteringer, som afsættes til genanvendelse herhjemme og i udlandet.

Den miljøøkonomiske analyse vil omfatte følgende 4 hovedtyper af returpapir:

- bølgepap
- aviser og ugeblade
- blandet papir
- finere kvaliteter

Nærværende delrapport 2 omfatter *bølgepap*.

Bølgepap fremstilles i emballageindustrien ved sammenlimning af *liner* og *fluting* (bølge). Disse materialer kan enten være *virgine*, dvs. fremstillet ud fra ny papirmasse, eller de kan være fremstillet ud fra returpapir. Ny papirmasse fremstilles af træ.

Det danske forbrug af virgin liner og fluting importeres, primært fra *Sverige*. Genbrugsliner og -fluting fremstilles derimod i Danmark på virksomheden Grenaa Papir A/S ud fra *dels* returbølgepap *dels* returpapirkvaliteten blandet papir. *Den miljøøkonomiske analyse tager udgangspunkt i de nævnte returpapirtyper*. Nærværende delrapport 1 dækker således hele indsamlingspotentialet, i 1990: 184.000 t, for kasseret *bølgepap*, men ikke den samlede produktion af genbrugsliner og fluting i Danmark.

Det kasserede papir, der ikke indsamles til genanvendelse, bortskaffes og behandles som affald, hvilket i Danmark primært sker ved *forbrænding*. Herved kan papirets energiindhold nyttiggøres til energiproduktion og derved fortrænge fossil energi, hvilket kan have miljømæssige fordele.

Den miljøøkonomiske analyse har til formål at vurdere, om vi i Danmark, under vore specifikke betingelser, med fordel - miljø- og ressourcemæssigt samt virksomheds- og samfundsøkonomisk - kan fremme eller reducere hhv. indsamling til genanvendelse eller forbrænding af returpapir.

Forøget genanvendelse af affaldsbølgepap reducerer behovet for produktion af virgin liner og fluting og dermed forbruget af træ og andre ressourcer samt forureningen ved fremstilling heraf. Det er derfor nødvendigt at se på disse forhold, og som producentland er valgt Sverige.

En mindre del af det brændbare affald i Danmark *deponeres* på lossepladser. Som følge heraf har det været nødvendigt også at inddrage denne affaldsbehandlingsmetode i undersøgelsen.

Denne rapport, der omhandler bølgepap, er en del af en samlet miljøøkonomisk analyse af genbrug kontra forbrænding/deponi af pap og papir. Rapporten kan som sådan ikke danne grundlag for at drage selvstændige konklusioner.

2 Metodebeskrivelse

Udgangspunktet for opstilling af en metode for den miljøøkonomiske analyse har været, ud fra formålet at undersøge og analysere ressourceforbrug, miljøbelastning samt virksomheds- og samfundsøkonomiske forhold. På basis heraf analyseres og vurderes konsekvenserne af forskellige alternativer (scenarier).

Udgangspunktet for de enkelte undersøgelser er scenariovalget, som bl.a. fastlægger mængden af kasseret bølgepap, der indsamles til genanvendelse. Når der ændres på genanvendelsesprocenten, får dette indflydelse på indholdet af pap i det affald, der går til forbrænding eller deponi og på forsyningen af bølgepap til genbrugsfabrikker.

2.1 Den miljøøkonomiske analyses faser

Den miljøøkonomiske analyses faser er følgende:

- problemformulering
- systembeskrivelse
- scenariofastlæggelse
- konsekvensbeskrivelse
- vurdering
 - miljømæssig vurdering
 - økonomisk vurdering

2.2 Problemformulering

Formål

Den miljøøkonomiske analyse har til formål at vurdere, om vi i Danmark under vore specifikke betingelser med fordel - miljø- og ressourcemæssigt samt virksomheds- og samfundsøkonomisk - kan fremme eller reducere hhv. indsamling eller genanvendelse eller forbrænding af returpapiret.

Omkring metodebeskrivelsen henvises i øvrigt til Delrapport 1 - Metodebeskrivelse og materialestrøm

3 Konsekvensbeskrivelse

3.1 Beskrivelse af scenarierne

Hovedidéen i projektet er at sammenligne udgangssituationen, som beskriver referencesituationen i 1990/91, med scenarier for ændret genanvendelse af bølgepap. Scenarierne beskriver situationer, der kan blive en følge af den fremtidige udvikling og eventuelle politiske beslutninger.

Inden for scenarierne regnes så vidt muligt med lineære omkostninger og investeringer. Da forholdene omkring indsamlingsomkostningerne ikke kan antages at være lineære, er det hensigtsmæssigt at vurdere konsekvenserne af både et scenario om øget genanvendelse og et scenario om reduceret genanvendelse.

Scenario 1

3.1.1 Scenario 1 - Udgangssituationen

Beskrivelsen af udgangssituationen tjener primært til at opstille en referencesituation, for de efterfølgende miljøøkonomiske analyser.

Udgangssituationen er specificeret ud fra det såkaldte *indsamlingspotentiale*, dvs. den mængde kasseret bølgepap, der skønnes at være tilgængelig for indsamling til genanvendelse. Genanvendelsesgraden (%) beregnes i forhold hertil.

Indsamlingspotentialet varierer fra år til år, men for referenceåret 1990/91 androg det 184.000 t bølgepap. Heraf indsamledes 104.000 t (56%) til genanvendelse. Af den resterende mængde antages 60.000 t (33%) bortskaffet ved forbrænding, og 20.000 t (11%) antages deponeret på losseplads (se tabel 3.1).

Som nærmere forklaret i afsnit 3.3.3 fordrer produktion af 1 t genbrugs-liner og fluting en indsats af 1,15 t returpapir. En indsamlet mængde på 104.000 t svarer således til en produceret mængde på 90.000 t.

Scenario 2

3.1.2 Scenario 2 - Øget genanvendelse

Scenario 2 belyser situationen med øget genanvendelse, jf. målsætningen i Miljøministeriets handlingsplan for affald og genanvendelse 1993-1997 (Miljøministeriet, 1992). Målsætningen heri er bl.a. at genanvende 80% af virksomhedernes emballageaffald (bølgepap).

Herunder analyseres to tilfælde:

I det første tilfælde øges genanvendelsen af bølgepap ved at reducere tilsvarende på den mængde bølgepap, der forbrændes. Dette medfører reduceret varmeproduktion på forbrændingsanlæggene, hvorfor der substitueres med varme produceret på basis af fossilt brændsel.

I det andet tilfælde øges genanvendelsen af bølgepap ved først at reducere den mængde bølgepap, der deponeres, og dernæst reducere den mængde bølgepap, der forbrændes. Den derved øgede kapacitet på forbrændingsanlæggene udnyttes med "andet brændbart affald" fra deponier.

Når forbrænding og deponering reduceres, reduceres behovet for virgin liner og fluting, og der spares træ i skovene. Dette træ kan evt. udnyttes til energiproduktion. Derfor analyseres begge ovennævnte tilfælde for situationerne *med* udnyttelse af det sparede træ og *uden* udnyttelse af det sparede træ. Da der anvendes 1,75 t trætræstof til produktion af 1 t pap, vil 1 t genanvendt bølgepap betyde 1,75 t sparet trætræstof (3,5 t træ ved 50% vandindhold).

Scenario 2 specificeres derfor på følgende måde (se tabel 3.1):

- Det samlede indsamlingspotentiale for bølgepap er uændret 184.000 t
- På grundlag af det indsamlede bølgepapaffald - 147.000 t (80%) - øges produktionen af liner og fluting med i alt 38.000 t. Disse 38.000 t eksporteres.
- I tilfældet "*Erstatningsbrændsel fossilt*" reduceres forbrændingen af bølgepapaffald med 43.000 t svarende til den øgede indsamling af bølgepapaffald.

Den reducerede energiproduktion på forbrændingsanlæggene erstattes af øget produktion på egentlige varmekærter. Dvs. der skal anvendes fossilt brændsel i en mængde svarende til brændværdien i 43.000 t bølgepapaffald.

- I tilfældet "*Erstatningsbrændsel affald*" tages de øgede mængder indsamlet bølgepapaffald først fra de mængder bølgepapaffald, der hidtil er deponeret på lossepladser, som er 20.000 t. Øvrige mængder indsamlet bølgepapaffald (23.000 t) tages fra den mængde bølgepap, der hidtil er blevet brændt. Den derved skabte ledige kapacitet på forbrændingsanlæggene udnyttes til forbrænding af andet brændbart affald fra deponier i en mængde svarende til brændværdien i 23.000 t bølgepapaffald.
- I almindelighed er genbrugspapirprodukter af samme brugsmæssige kvalitet som de tilsvarende virgine produkter, og der kan da regnes med substitution i forholdet 1:1. Dette gælder dog ikke for liner og fluting, hvor der ifølge Katholm (1994) må regnes med, at der skal 1,25 t genbrugsliner og -fluting til at substituere 1 t virgin liner og fluting, hvis den fremstillede bølgepapemballage skal have samme styrke.
- I begge tilfælde spares derfor en produktion af 30.000 t virgin liner og fluting og dermed 53.000 t trætræstof.

3.1.3 Scenario 3 - Reduceret genanvendelse

Scenario 3

Scenario 3 belyser situationen med reduceret genanvendelse, idet det forudsættes, at bølgepap, der i udgangssituationen indsamles via de obligatoriske indsamlingsordninger (jf. Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 882 af 11. december 1986 om kommunale indsamlinger af genanvendelige materialer og produkter fra erhvervsvirksomheder), enten forbrændes eller deponeres.

Scenario 3 specificeres derfor på følgende måde (se tabel 3.1):

- Indsamlingen af brugt bølgepap i Danmark reduceres med 18.000 t til i alt 86.000 t. Dette svarer til, at de obligatoriske indsamlingsordninger falder bort.
- Produktionen af genbrugsliner og fluting reduceres dermed med 15.000 t hvilket medfører, at eksporten af liner og fluting også reduceres med 15.000 t. Dette svarer til, at der skal anvendes yderligere 12.000 t virgin liner og fluting og dermed 21.000 t trætræstof.
- I tilfældet "*øget forbrænding*" forøges forbrændingen af brugt bølgepap med 18.000 t svarende til den reducerede indsamling til genanvendelse. Den resulterende øgede energiproduktion på affaldsforbrændingsanlæggene erstatter forbrug af fossilt brændsel til energiproduktion på egentlige varmekværke. Der substitueres således fossilt brændsel i en mængde svarende til brændværdien i 18.000 t bølgepapaffald.
- I tilfældet "*øget deponering*" øges deponeringen af bølgepapaffald med 18.000 t svarende til den reducerede indsamling til genanvendelse.

3.1.4 Skema for scenarierne

Med ovennævnte forudsætninger kan der opstilles et skema (tabel 3.1) for de massestrømme, der går til genanvendelse, forbrænding og deponi. I skemaet er endvidere angivet størrelserne af substitueret, fossilt brændsel, andet brændbart affald fra deponi og sparet råmateriale (træ).

1.000 t	Sc. 1: Udgangssituation	Teknikvalg			
		Sc. 2: Øget genanvendelse		Sc. 3: Reduceret genanvendelse	
		Tilfælde a Erstatn.brændsel fossilt	Tilfælde b Erstatn.brændsel affald	Tilfælde a Øget forbrænding	Tilfælde b Øget deponering
Total DK-efterspørgsel	204	204	204	204	204
Indsamlingspot.	184	184	184	184	184
Genanvendelse	104	147	147	86	86
Forbrænding	60	17	37	78	60
Deponering	20	20	0	20	38
Forbrugsændring Fossilt brændsel		43 ²⁾		+18 ²⁾	
Andet brændbart fra deponi			40 ²⁾		
Genbrugsproduktion i alt Grenaa	90	128	128	75	75
Restprodukter fra produktion i alt	14	19	19	11	11
Forbrugsændring (trætræstof)		+53	+53	21	21

1) Modsvares 23 t bølgepap (brændværdi)

2) Bølgepapækvivalenter

Tabel 3.1

Fordeling af massestrømme i de tre scenarier. (Talværdierne for fossilt brændsel og brændbart fra deponi er de energimæssigt ækvivalente bølgepappmængder)

3.1.5 Sammenfatning

Med udgangspunkt i den foreliggende scenariobeskrivelse udformes følgende specificerede scenarier:

Scenarier vedr. genanvendelse kontra forbrænding af bølgepap					
	Scenario 1 Udgangssituation	Scenario 2 Øget genanvendelse		Scenario 3 Reduceret genanvendelse	
		Tilfælde a	Tilfælde b	Tilfælde a	Tilfælde b
		Erstatningsbrændsel fossilt	Erstatningsbrændsel affald	Øget forbrænding	Øget deponering
Indsamling af affaldsprodukter i Danmark til genanvendelse	ref.	+	+	÷	÷
Import af affaldsprodukter (bølgepap)	ref.	uændret	uændret	uændret	uændret
Produktion af genbrugsliner og -fluting	ref.	+	+	÷	÷
Eksport af genbrugsprodukter	ref.	+	+	÷	÷
Import af liner og fluting	ref.	uændret	uændret	uændret	uændret
Forbrænding	ref.	÷	÷	+	uændret
Forbrænding af andet brændbart affald	ref.	uændret	+	uændret	uændret
Forbrugsændring fossilt brændsel	ref.	+	uændret	÷	uændret
Deponering af brændbart affald	ref.	uændret	÷	uændret	+
Forbrugsændring (trætørstof)	ref.	ja/nej	ja/nej	nej	nej

Tabel 3.2

Specifikation af scenarier vedr. genanvendelse kontra forbrænding af bølgepap

Anm: Scenario 1 er et referencescenario (ref.), hvor den aktuelle situation beskrives ved producerede mængder, ressourceforbrug samt importerede og eksporterede mængder. Der gennemføres ikke en miljøøkonomisk vurdering af den aktuelle situations hensigtsmæssighed.

3.2 Overordnede forudsætninger for konsekvensbeskrivelsen

3.2.1 Overordnede forudsætninger

I den miljøøkonomiske analyse, analyseres og vurderes konsekvenserne af forskellige tekniske alternativer under danske forhold. Konsekvensbeskrivelsen er baseret på følgende anlæg/kilder.

Friske fibre

Bølgepapaffald, der ikke genanvendes, må erstattes med liner og fluting, der regnes fremstillet i Sverige, hvorfor der i analysen anvendes svenske miljødata.

Genanvendelse

Genanvendelse af bølgepap i Danmark sker på Grenaa Papir A/S.

Anvendelsen af blandet papir ved fremstilling af genbrugsliner og -fluting behandles i Delrapport 4: Blandet papir.

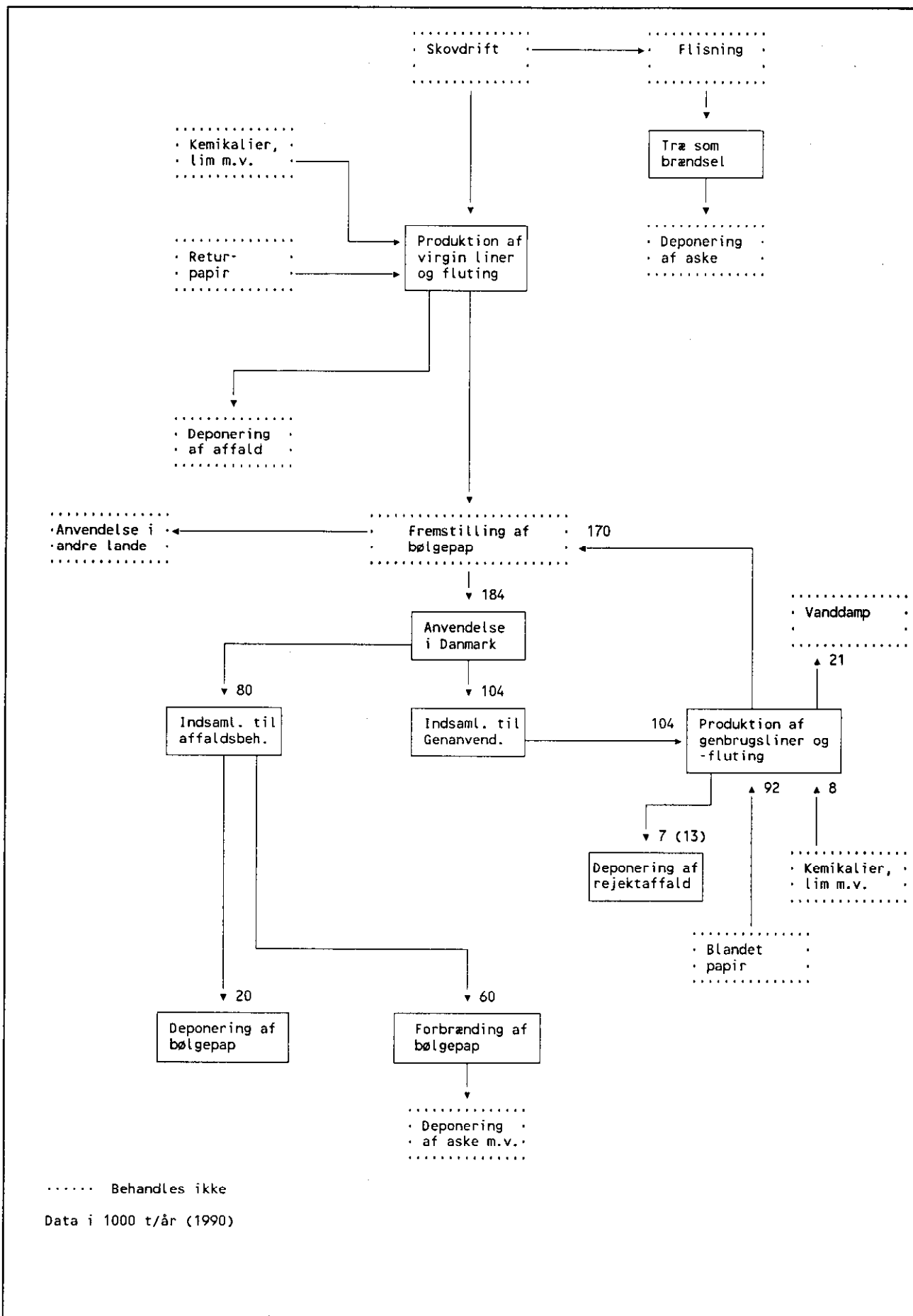
<i>Forbrænding</i>	Den del af bølgepapaffaldet, der ikke genanvendes eller deponeres, bliver brændt på danske forbrændingsanlæg med varmeudnyttelse.
<i>Substitution</i>	Ved forbrænding af bølgepap regnes med fortrængning af et 50/50% mix af naturgas og kulbaseret kraftvarme. Ved forbrænding af træ (den sparede råvare) regnes med fortrængning af olie, idet dette regnes at ske i Sverige.
<i>CO₂</i>	Da træ indeholder kulstof, vil det ved forbrænding danne CO ₂ . Træ er imidlertid biomasse. Den ved forbrændingen udsendte CO ₂ -mængde modsvare den, der ved fotosyntesen er indbygget i massen under træets vækst. Som følge heraf regner man normalt forbrænding af biomasse for CO ₂ -neutral og tillægger den emissionsfaktoren 0 (Energiministeriet, 1990). Den del af bølgepapaffaldet, der ikke genanvendes eller forbrændes, bliver udlagt på danske deponier. Ved deponering dannes både CO ₂ og CH ₄ . CH ₄ omregnes til CO ₂ ækvivalenter.

3.2.2 Massebalance - bølgepap

Nedenfor er der med udgangspunkt i en massebalance for bølgepap i udgangssituationen beskrevet de mere specifikke forudsætninger, der er foretaget i analysen.

Figur 3.1 viser produktionen af liner og fluting ud fra træ samt udnyttelsen af restprodukter (flis) i Sverige. Herudover er fremstillingen af bølgepap, anvendelse og bortskaffelse i Danmark vist. Flowdiagrammet viser endvidere genanvendelse af brugt bølgepap, som det sker ved Grenaa Papir A/S.

Det skal bemærkes, at figuren viser den samlede produktion i 1990 af genbrugsliner og -fluting på Grenaa Papir A/S (inkl. den dav. Højbygaard Papirfabrik), dvs. inkl. den mængde blandet papir, der indgår i produktionen. De nærmere forhold omkring indsamling og oparbejdning af blandet papir belyses i delrapport 4.



Figur 3.1
Massebalance - bølgepap

<i>Træ</i>	Skovdrift til såvel liner- som flutingproduktionen foregår i Sverige. Restprodukterne, dvs. den del af træet, der ikke indgår i papiret, anvendes energimæssigt i papirfabrikkernes produktion.
<i>Papirfremstilling, nyt papir</i>	Produktionsmæssigt fremstilles såvel kemisk masse som liner og fluting på samme fysiske lokaliteter, nemlig svenske papirfabrikker. Produktionen foregår under anvendelse af diverse kemikalier og hjælpestoffer, samt generering af affaldsprodukter, som deponeres i Sverige. Desuden anvendes returpapir i størrelsesordenen 10%.
<i>Papirfremstilling, genbrugspapir</i>	Produktionen af genbrugsliner og fluting foregår på Grenaa Papir A/S under anvendelse af diverse kemikalier og hjælpestoffer samt generering af affaldsprodukter, der deponeres i Danmark.
<i>Fremstilling af bølgepap</i>	Bølgepap fremstilles på danske emballagefabrikker på grundlag af råvarer, der enten er importeret virgin liner og fluting, som er fremstillet på basis af træ, eller genbrugsliner og fluting, som er fremstillet på basis af brugt bølgepap.
<i>Indsamling</i>	Brugt bølgepap indsamles, sorteres og opballes, hvorefter det kan anvendes som råvare på Grenaa Papir A/S, eller eksporteres.
<i>Forbrænding og deponering</i>	Den overvejende del af affaldet i Danmark bortskaffes ved forbrænding, mens ca. 1/4 deponeres.
<i>Transport</i>	I Sverige foregår der transport af træ fra skoven til papirfabrikkerne. Affald fra papirfabrikkerne transporteres til svenske deponier. Da fremstillingen af bølgepap foregår i Danmark, er der transport af liner og fluting fra Sverige til danske emballagefabrikker. Fra emballagefabrikkerne distribueres bølgepap til forbrugerne. Efter anvendelse indsamles den brugte bølgepap. Det indsamlede brugte bølgepap transporteres til genanvendelse, forbrænding eller deponering. Den indsamlede mængde brugt bølgepap genanvendes på Grenaa Papir A/S, hvor der produceres liner og fluting til bølgepapproduktionen. Affald fra produktionen transporteres til dansk deponi. Liner og fluting transporteres til danske emballagefabrikker eller eksporteres.

<i>Tilgængelighed af data</i>	<p>3.2.3 Beregningsforudsætninger</p> <p>Det er tilstræbt at indsamle så detaljerede og faktiske data som muligt til brug for konsekvensberegningerne. På visse områder er disse data relativt let tilgængelige. Dette gælder bl.a. ressourcemæssige forhold.</p> <p>Med hensyn til energiforbrug er det som udgangspunkt tilstræbt at opgøre bruttoenergiforbrug for de enkelte processer. Da de enkelte energiråvarer og -kilder kan have meget forskellige miljømæssige konsekvenser, er det samtidig angivet, hvilke råvarer eller kilder, der ligger til grund for energiforbruget.</p>
-------------------------------	---

<i>State-of-the-Art</i>	Tilvejebringelsen af data vil tage udgangspunkt i eksisterende, kendt teknologi på et forholdsvis højt niveau (State of the Art), da undersøgelsens resultater skal være fremadrettede med henblik på en fremtidig anvendelse. Dvs. State-of-the-Art repræsenteres ikke af fiktive anlæg, men af det bedste, bestående danske eller svenske anlæg.
	Ved fastlæggelsen af emissionsfaktorer anvendes derfor data, der er karakteristiske for kendte og tidssvarende produktionsmetoder i industrier, der er omfattet af de skandinaviske miljøkrav.
<i>Fortrolige data</i>	Med hensyn til de økonomiske data vil der som hovedregel blive taget udgangspunkt i data for de nuværende forhold (1990/91) fra konkrete virksomheder. En del økonomiske data vil for den enkelte virksomhed være af fortrolig art.
	I de fleste tilfælde vil der derfor være tale om gennemsnitlige data for en branche som helhed. Det er dog tilstræbt, at dataene er relativt specifikke med hensyn til de produkter, som der er analyseret for.
<i>Skønnede værdier</i>	For enkelte datas vedkommende har det været nødvendigt at beregne eller skønne værdierne ud fra generelt materiale, f.eks. årsberetninger for et udsnit af de pågældende virksomheder. Disse data er naturligvis behæftet med en del usikkerhed sammenlignet med de direkte oplyste data.
<i>Specifikke forudsætninger</i>	Med udgangspunkt i ovenstående beskrives i de følgende afsnit de specifikke forudsætninger, der knytter sig til de betragtede teknologier.

3.3 Beskrivelse af de enkelte elementer i bølgepaps livscyklus

<i>Danmarks skove</i>	<p>3.3.1 Skovdrift og generelt om papirfremstilling</p> <p>Bølgepap og andre papirtyper består primært af træfibre. Papirfremstilling er således én af flere vigtige anvendelser af træ. Træ dyrkes i skove, og i Danmark udgør skovene godt 10% af landets areal. Den danske hugst, godt 2 mio. m³ pr. år, dækker dog kun ca. en tredjedel af vort forbrug af træ og træprodukter. Resten dækkes ved import, navnlig i form af papir.</p>
<i>Skove på verdensplan</i>	<p>På verdensplan er der derimod ikke mangel på træ. Bl.a. findes der meget store skovarealer i det tidl. USSR, Brasilien, Canada og USA. I forhold til deres størrelse er Finland og Sverige dog blandt de skovrigeste lande i verden. Den svenske hugst var i 1990 53 mio. m³, altså ca. 25 gange den danske. Af den svenske hugst anvendtes 25 mio. m³ til papirfremstilling.</p> <p>Herudover anvendtes 9 mio. m³ savværksflis, 4 mio. m³ importeret træ og 3 mio. m³ genbrugsfibre. Inkl. lagerforskydning, 1 mio. m³, anvendtes i alt 42 mio. m³ (Skogsindustrierna, 1992). Sverige blev herved i 1990 verdens 8. vigtigste papirproducent og 3. vigtigste eksportør, herunder til Danmark.</p>
<i>Fremstilling af papirmasse i Danmark</i>	<p>Der fremstilles i Danmark en mindre mængde halvkemisk papirmasse på Junckers Industrier A/S i Køge, men hele denne produktion eksporteres. Stora Papyrus Dalum A/S fremstiller en mindre mængde papir ud fra importeret ny, <i>virgin</i> papirmasse, men langt den største del af det danske forbrug af virgint papir dækkes ved import.</p>

I det følgende regnes der med, at alt det importerede nye papir og den nævnte virgine papirmasse er fremstillet i og importeret fra Sverige.

Træ består af bark og ved. Frisk træ indeholder tillige ca. 50% vand. Veddet består især af cellulose og lignin.

Mekanisk og kemisk masse

For at kunne anvendes til papirfremstilling må træet først afbarkes og hugges til flis. Af flisen fremstilles papirmasse. Der skelnes mellem *mekanisk* og *kemisk* masse. I sidstnævnte er træets lignin-indhold mere eller mindre vidtgående fjernet. Rundt regnet er udbyttet ved kemisk masseproduktion 50% ved ubleget og 40% ved bleget masse (regnet på tørstofbasis).

I både 1990 og 1991 produceredes i Sverige knap 10 mio. t papirmasse. Knap 3 mio. t heraf eksporteredes, mens resten anvendtes til fremstilling af godt 8 mio. t papir (inkl. tilsætningsstoffer). Ca. 6,5 mio. t heraf eksporteredes (Skogsindustrierna, 1992).

Cellulosetræ

Træ til papirfremstilling, "cellulosetræ" er forholdsvis ungt træ, som må fældes for at udtynde skoven, efterhånden som den vokser til.

Over hele verden har interessen for at genbruge kasseret papir, *returpapir* til fremstilling af genbrugspapir været stigende i de seneste 10 - 20 år. Dette har medført et fald i afsætningen af nyt papir og dermed et fald i efterspørgslen på træ til papirfremstilling. Dette har igen medført, at prisen på cellulosetræ er faldet.

Eksport

Da der fra Danmark har været eksporteret 300 - 500.000 m³ cellulosetræ pr. år samt 50 - 125.000 t/år træflis og spåner til Sverige, har det danske skovbrug kunnet mærke denne vigende pristendens, og den er forstærket af den finske og den svenske devaluering i efteråret i 1992, samt af at udbudet af billigt træ fra tredjelande er øget.

Nærværende undersøgelse har til formål at belyse, om det i Danmark vil være en fordel at forbrænde mere returpapir fremfor at genanvende det, men det vurderes, at en evt. ensidig dansk beslutning om at reducere genanvendelsen ikke vil kunne bedre efterspørgslen og dermed prisforholdene for dansk cellulosetræ.

Konsekvenser for danske skove

De danske skovejere må derfor enten eksportere cellulosetræet med tab, hvilket er urealistisk, lade træerne stå med risiko for, at skovenes sundhedstilstand forringes, og for at mulighederne for senere at udvinde godt træ til tømmer bliver dårligere, eller søge andre afsætningsmuligheder for udtyndingstræet.

Den mest nærliggende afsætningsmulighed ligger i *energisektoren*, hvor træflis kan anvendes både til el- og varmeproduktion.

Vandindhold

Nogle data om træ

Træhugst og -salg opgøres normalt i m³, men kan omregnes til ton ved multiplikation med rumvægten. Denne kan sættes til: nåltræ 0,87 t/m³, løvtræ 1,05 t/m³. Begge er ved hugsten stærkt vandholdige, henholdsvis 55 og 45% af totalvægten. I det følgende regnes med, at det friske træ indeholder 50% vand og 50% tørstof (TS).

Kemisk sammensætning

Kemisk består tørt, askefrit træ af ca. 50% kulstof, C, 44% ilt, O og 6% brint, H. Svovlindholdet er meget lavt, ca. 0,03% eller i praksis 0.

Ca. 10% af (cellulose-) træet udgøres af bark, resten af ved. Veddet består af cellulose (41%), hemicellulose (27%) og lignin (30%).

Cellulose er et polysakkarid $(C_6H_{10}O_5)_n$ med 44% C, 6,4% H og 49,2% O. Lignins sammensætning er ikke fuldstændigt kendt, men der kan regnes med et kulstofindhold på 54%.

Brændværdi

Træ er brændbart, dog findes der et indhold af ubrændbar substans, aske på ca. 1% af tørstoffet. Den nedre brændværdi af tørstoffet angives til 19,3 GJ/t for nåletræ, 18,0 GJ/t for løvtræ. Brændværdien af det vandholdige træ er da 7,3 GJ/t for nåletræ, 8,8 GJ/t for løvtræ.

Regnes, jf. ovenfor med sammensætningen, tørstof 49,5%, aske 0,5% og vand 50% samt med, at tørstoffet indeholder 50% C, 44% O og 6% H beregnes følgende brændværdier: tørt træ 18,3 GJ/t, vådt træ 7,9 GJ/t. Disse værdier anvendes i det følgende.

Energiudnyttelse af træetørstof

Træ som brændsel

Det store vandindhold i vådt træ giver ved forbrænding af træet en røggas med et stort indhold af vanddamp. Vanddugpunktet bliver herved så højt, 60 - 70°C, at man ved køling af røggassen med fjernvarmereturvand kan kondensere en del af vanddampen. Herved genvindes den varme, der i forbrændingskammeret er medgået til fordampning af vandet, og det bliver derved muligt at genvinde hele den til den nedre brændværdi svarende energimængde. I det følgende regnes der derfor med, at en træfyret fjernvarmekedel udnytter brændslet 100%. Konsekvensen heraf er, at der også regnes med 100% energiudnyttelse af træetørstoffet. Røggaskondensation indebærer en produktion af spildevand i form af kondensatet, men det ses der bort fra i denne undersøgelse.

NO_x-dannelse

NO_x-dannelsen regnes til 150 mg/MJ. Da svovlindholdet i praksis er 0, og da træ ved forbrænding regnes for CO₂-neutralt, kan SO₂- og CO₂-emissionerne ved fyring med træ sættes til 0.

CO₂- og SO₂-reduktion

Overgang fra fyring med fossile brændsler (kul, olie og gas) til træfyring medfører derfor en reduktion af CO₂- og SO₂-udsendelsen. I Danmark er træ mest i konkurrence med naturgas, mens det i Sverige især vil konkurrere med olie. Selv om der i Sverige er en betydelig mængde overskudsstrø til rådighed, har den hidtil ikke i nævneværdig grad været anvendt til energiproduktion. Den svenske devaluering i efteråret 1992 har imidlertid medført højere oliepriser i SEK og indsnævret prisforskellen (uden afgifter) i SEK/GJ mellem olie og træ, og der er på det allerseneste opstået en betydelig interesse for at afsætte træ til energiformål i Sverige.

Tænker man sig træ anvendt i større stil til energiproduktion i Sverige, må dette antages primært at ville ske i fjernvarmesektoren under fortrængning af olie. Dette fordrer dog, at der investeres i nye kedler m.m., idet træ ikke kan fyres i oliekedler.

Energimængde

1 t træetørstof repræsenterer en energimængde på 18,3 GJ. Ved 100% kedelvirkningsgrad ved træfyring og 90% virkningsgrad ved oliefyring, kan 1 t træetørstof substituere $18,3 : 0,9 = 20,3$ GJ olie = ca. ½ t.

Regnes der med de i tabel 3.3.1 angivne emissionsfaktorer, fås den - ligeledes i tabellen - angivne fortrængningseffekt.

SO₂-emissionsfaktoren for olie gælder for fuelolie med 1% svovl og uden røggasafsvovling. Der fortrænges således intet kalkforbrug ved overgang fra olie- til træfyring.

	Enhed	Træ	Olie	Fortrængning
Basis	t TS	1	-	-
Energiindhold	GJ	18,3	20,3 ¹	-
Virkningsgrad	%	100	90	-
Varmeproduktion	GJ	18,3	18,3	-
CO ₂ -emis. faktor	kg/GJ	0	78	-
SO ₂ -emis. faktor	kg/GJ	0	0,500	-
NO _x -emis. faktor	kg/GJ	0,15	0,15	-
CO ₂ -emission	kg/t ²⁾	0	1583	1583
SO ₂ -emission	kg/t ²⁾	0	10,15	10,15
NO _x -emission	kg/t ²⁾	2,75	3,05	0,3

1) 20,3 GJ olie = ca. ½ t

2) kg pr. t trætræstof

Tabel 3.3.1
Sammenligning af træ- og oliefyring

3.3.2 Virgin liner- og flutingproduktion

Bølgepap

Bølgepap består af et eller flere lag "liner" sammenlimet med et eller flere lag "fluting" (bølge). Liner og fluting fremstilles hver for sig i form af færdigt papir, som i emballageindustrien oparbejdes til færdigvare. Det er her fluting får sin bølgeform og limes fast på linerpapiret.

Liner og fluting

Til fremstilling af liner anvendes normalt ubleget sulfatmasse, mens fluting kan være både sulfat- (BUWAL, 1991) eller sulfitmasse (Tillman et al., 1991). I det følgende regnes med at begge komponenter bygger på sulfatmasse. Selv såkaldt virgin liner og fluting kan dog indeholde en vis mængde returfibre, se senere.

Fremstilling af sulfatmasse

Processen

Processen kan kort forklares som følger: Det afbarkede, flishuggede træ koges med en vandig opløsning, "hvidlud", af natriumsulfid (Na₂S) og natriumhydroxid (NaOH). Herved udkoges ligninet, mens cellulosen bliver tilbage, frafiltreres og vaskes gentagne gange med vand. Den frafiltrerede masse er nu klar til fremstilling af papir, såfremt der findes en papirfabrik i tilknytning til cellulosefabrikken. Skal massen derimod sælges som pulp, "optages", dvs. afvandes og tørres den, inden den transporteres af sted.

Da pulpen i sidstnævnte fald påny skal oplødes i vand, som derefter skal fjernes igen, er det klart, at energiforbruget og dermed produktionsom-

kostningerne ved en integreret masse- og papirproduktion er mindre end ved særskilt masse- og papirfremstilling.

Regenerering

Den brugte kogelud blev oprindeligt ledt ud til en nærliggende vandrecipient, men dels fordi dette medførte en voldsom vandforurening, og dels fordi man derved mistede de benyttede kogekemikalier, underkastes luden i dag en omfattende behandling:

Sortlud

Filtratet efter kogningen, den såkaldte "tyndlud" inddampes først til "tyk-" eller "sortlud", som spædes med *natriumsulfat*, Na_2SO_4 (heraf navnet på processen); hvorefter den afbrændes i en "sodakedel" under produktion af damp, der anvendes til el- og varmeproduktion. Ved at drive forbrændingen reducerende omdannes Na_2SO_4 til Na_2S ; ligeledes genvindes hovedparten af det anvendte Na_2S , mens NaOH overgår til natriumcarbonat (soda, Na_2CO_3). Dog må der i kedlens øverste del holdes oxiderende betingelser for at undgå lugtproblemer fra røggassen. Dette medfører til gengæld et tab af svovl i form af SO_2 .

Grønlud

Natriumsaltene løber ud af kedlen som en smeltet "bundaske", som opløses i "svaglud" (fra kausticeringen) under dannelse af "grønlud". Partikulære forureninger i røggassen udskilles i et elektrofilter og føres tilbage i processen sammen med det friske Na_2SO_4 .

Hvidlud

Grønluden går videre til kausticeringsanlægget, hvori den anvendes til læskning af brændt kalk (ombrændt "mesa", se nedenfor), idet der dog må spædes med lidt frisk CaO . Herved omdannes sodaen til NaOH og den læskede kalk til calciumcarbonat, CaCO_3 , som fælder ud. Efter en klaringsproces er luden klar som hvidlud og føres til kogeriet.

Mesa

Det udfældede CaCO_3 kaldes i Sverige for "mesa". Det vaskes (hvorved der fremkommer "svaglud") og "ombrændes" (calcineres) derefter i en oliefyret roterovn under dannelse af CaO , som går retur til kausticeringsanlægget, og CO_2 , som emitteres med røggassen. Der sker således tilsyneladende en stor CO_2 -emission på dette sted, men det må her erindres, at CO_2 fra CaCO_3 -calcineringen stammer fra sodahuset og dermed fra forbrændingen af ligninet. Kun den del af CO_2 -emissionen, der skyldes olieforbruget i ovnen, er derfor af fossil oprindelse.

Som det vil ses, sker der en udstrakt genvinding og genbrug af de benyttede kemikalier, men visse tab til luft og vand (samt til massen) kan ikke undgås.

Både BUWAL (1991) og Tillman et al. (1991) bringer visse ressource-, energi- og miljødata for sulfatprocessen. Disse er dog i nogen grad modstridende, og et forsøg (Ekvall, 1992) på at klarlægge forskellene har ikke bragt den fornødne klarhed. Det følgende er derfor resultatet af en selvstændig vurdering.

Udbytte

Udbyttet ved celluloseudvindingen angives ofte til ca. 50% af trætrøstoffet. Dvs. at der skal anvendes 2 t tørstof pr. t sulfatmasse. Hertil svarer 4 t råtræ med 50% vand. Barken, ca. 10% = 200 kg TS fjernes først, og ved kogningen fjernes yderligere 40% = 800 kg TS især i form af lignin.

Energiforhold

Til processen anvendes en del energi, dels i form af elektricitet og dels i form af varmeenergi. En stor del heraf produceres på fabrikken ved forbrænding af spildprodukterne bark og lignin. Idet der regnes med 4 t

vådt træ, tilføres der (afsnit 3.3.1) $4 \times 7,9 = 31,6$ GJ pr. t masse med træet.

Det færdige papir har et energiindhold på 15,1 GJ/t (v. 6% vand). Der er således 16,5 GJ/t til rådighed for energiproduktion. Denne mængde påstås af nogle kilder (Persson et al., 1990 og Pommer et al., 1991) at være tilstrækkelig til at dække behovet. Dette forudsætter dog, at det er muligt at erstatte olien i mesaovnen med gas fremstillet ved forgasning af træ eller bark.

Forgasning af biomasse i den kapacitet, der her fordres, er efter dk-Teknik's opfattelse ikke kendt og gennemprøvet teknologi. Der regnes derfor med, at mesaovnen fyres med olie. Forbruget andrager ifølge F.L. Smidth & Co. A/S, der er leverandør af mesaovne, 40 kg pr. t masse = 1,6 GJ/t. I alt regnes således med et forbrug af energi på $16,5 + 1,6 = 18$ GJ/t. Fabrikken er naturligvis koblet til det offentlige el-net, men der regnes med, at evt. køb og salg af el udligner hinanden.

Hjælpestoffer

Af hjælpestoffer er vand mængdemæssigt det vigtigste. BUWAL (1991) angiver såvel forbruget som spildevandsmængden til 45 m³/t masse. BUWAL angiver tillige, at spildevandet fjerner 8 kg COD og 0,004 kg AOX pr. t masse. Kemikalieforbruget angives af BUWAL til 11,1 kg NaOH, 16,7 kg Na₂SO₄ og 7 kg CaO. Der er ikke fundet nogen massebalancer for disse stoffer, så det vides ikke i hvilket omfang, de emitteres til miljøet eller går i papiret.

Hansson (1990) angiver dog, at papir indeholder 0,2 - 0,3% S dvs. 2 - 3 kg/t. Til 2,5 kg S svarer 11 kg Na₂SO₄. BUWAL regner med 1,5 kg S pr. t papir svarende til 6,7 kg Na₂SO₄. Mængden i massen er således langt fra forsvindende.

Herudover sker der et tab af svovl i form af SO₂ fra sodahuset og mesaovnen. Litteraturen indeholder stærkt divergerende data herfor. I det følgende regnes med 2,0 kg SO₂ pr. t masse. NO_x-emissionen er af BUWAL (1991) angivet til 1,3 kg pr. t masse.

Da der alene regnes med fossil energi i mesaovnen, kommer der kun fossilt CO₂: $1,6 \text{ GJ/t} \times 78 \text{ kg/GJ} = 125 \text{ kg/t}$, herfra.

Affald

Endelig regnes med henvisning til BUWAL (1991) med en affaldsproduktion på 35 kg pr. t masse. Der haves ikke oplysninger om affaldets sammensætning.

Pulp til papir

Fremstilling af papir

Den videre oparbejdning af pulp til papir indebærer først en mekanisk behandling af fibrene under vand i den såkaldte hollænder. Der fås herved en fibervælling med ca. 97% vand og 3% TS. Denne vælling ledes til papirmaskinen, der fremstiller det færdige papir i endeløse baner. Herunder rinder, suges og presses en del af vandet væk, og resten tørres bort over nogle dampopvarmede valser. Det færdige papir indeholder typisk 6 - 7% vand.

Spildevand

Det brugte vand ledes i reglen bort som spildevand. Det må dog i så fald renses, inden det føres til recipienten. For at begrænse vandforbruget og spildevandsudledningen er man i de senere år begyndt at recirkulere og

genanvende en større og større del af vandet. Eksempelvis er det lykkedes Grenaa Papir A/S at genbruge alt vand (se nærmere i afsnit 3.3.3).

Affald

Selve papirfremstillingen indebærer ingen nævneværdig luftforurening. Af affald fremkommer der spild, afklip o.lign. Dette føres tilbage til hollænderen og genanvendes derfor. Der bliver derfor kun en beskedent mængde "reject".

Energi

Processen er energiforbrugende i form af el og damp. For så vidt disse energiformer er produceret ud fra fossilt brændsel, giver processen naturligvis anledning til luftforurening.

Damp produceres altid lokalt, og en papirfabrik vil derfor som minimum have en kul-, olie- eller gasfyret dampkedel - med mindre fabrikken er en del af en integreret masse- og papirfabrik, hvor dampen da kan komme fra massefabrikken - eller den - som Grenaa Papir A/S - har en fast aftale om leverance udefra af procesdamp.

Liner

Fremstilling af liner og fluting

Til fremstilling af liner anvendes normalt ubleget sulfatmasse i blanding med returpapir. BUWAL (1991) nævner 82% sulfat- og 18% returmasse. Tillman et al. (1991) anfører pr. kg liner: 1465 g træ, 130 g returfibre, 0 - 200 g bleget masse, 27 g NaOH, 13 g H₂SO₄, 7 g alun og 3 g harpikslim. Udbyttet angives til 55%.

Fluting

Fluting kan være både sulfat- (BUWAL) eller sulfitmasse (Tillman), altid ubleget, men også ofte med et tilskud af returfibre. BUWAL regner med 5%. I det følgende gås især ud fra BUWAL's angivelser.

Samlet

Liner og fluting anvendes ofte i forholdet 2:1. Regnes der pr. t "virgint" bølgepap med et forbrug på 660 kg liner og 340 kg fluting (og intern genbrug af spild), kan det beregnes, at 1 t virgin liner og fluting kan karakteriseres som anført i tabel 3.3.3 (se afsnit 3.3.3).

Prisforhold

I 1991 importerede Danmark i alt 198.000 t kraftliner, flutingpapir og testliner. Den samlede importværdi (franko dansk grænse) androg 731 mio. DKK. Den vægtede gennemsnitspris var da ca. 3700 kr/t.

Papir som brændsel

Papir anvendes normalt ikke som energikilde i Danmark, og der er stort set ingen nyere erfaringer hermed. Det følgende er derfor meget usikkert.

Brændværdi

I kemisk masse er grundsubstansen cellulose med 44,4% C, 6,4% H og 49,2% O i tørstoffet (jf. afsnit 3.3.1). Hertil svarer en brændværdi på 16,2 GJ/t. Papir indeholder dog ofte en mindre mængde vand. Regnes med 6%, reduceres brændværdien til 15,1 GJ/t.

Aske

Ved særskilt forbrænding af papir må der regnes med en askeudskiller (cyklon eller posefilter), idet papir har en vis tendens til at danne flager, som hvirvles op. Mængden af aske og slagge er dog beskedent, og der regnes i det følgende med, at papirindholdet i affald ikke bidrager til produktionen af slagge og aske i affaldsforbrændingsanlæggene.

<i>Røgrensning</i>	<p>Som følge af de kemiske processer i cellulosefabrikken kan papiret have optaget svovl og evt. også chlor. Hansson (1990) bringer bl.a. S- og Cl-data, og det er vurderet, at særskilt afbrænding af papiraffald kan nødvendigøre, at røggassen renses efter de samme principper som ved affaldsforbrænding - først og fremmest på grund af svovlindholdet. I givet fald vil våd røgrensning med NaOH nok være at foretrække, jf. afsnit 3.3.5.</p> <p>Hanssons data er dog usikre, specielt for chlores vedkommende. Hertil kommer, at svovl ved <i>affaldsforbrænding</i> vidtgående bindes i slaggen (40%) og flyveasken (ca. 20%), jf. Angenend und Trondt (1990). Såfremt en tilsvarende binding gælder ved forbrænding af papir, kan den danske emissionsgrænse for SO₂ fra affaldsforbrænding overholdes uden rensning.</p> <p>I det følgende ses der derfor bort fra et evt. kemikalieforbrug til røgrensning ved forbrænding af papir, men der kan være grund til at vurdere spørgsmålet nærmere.</p>
<i>Emissionsfaktorer</i>	<p>I de følgende overvejelser tillægges papir emissionsfaktorerne SO₂: 0,17 kg/GJ, NO_x 0,25 kg/GJ (jf. affaldsforbrænding). Hertil svarer ved brændværdien 15,1 GJ/t en SO₂-emission på 2,57 kg/t og en NO_x-emission på 3,78 kg pr. t papir. Da papir er biomasse, er CO₂-emissionsfaktoren ved forbrænding 0.</p>
<i>Danske fabrikker</i>	<p>3.3.3 Genbrugsliner og -flutingproduktion</p> <p>Den danske produktion af liner og fluting til bølgepapindustrien er hidtil sket på de to fabrikker Grenaa Papir A/S og dennes datterselskab Højbygaard Papir A/S, men sidstnævnte er for nyligt blevet nedlagt, og produktionen er overført til Grenaa Papir. Produktionen er baseret på 100% anvendelse af returpapir som råstof.</p>
<i>Råvarer</i>	<p>Foruden kasseret bølgepap anvendes returpapirkvaliteten "blandet papir" som råvare. Forholdet mellem de to råvarekvaliteter er 1 : 0,88, eller med andre ord: for hvert t bølgepap, der oparbejdes, oparbejdes tillige 880 kg blandet papir. I nærværende rapport behandles dog alene den del af produktionen, der modsvarer den indsamlede mængde kasseret bølgepap.</p>
<i>Processpildevand</i>	<p>Fabrikken foretog i 1991/92 omfattende om- og udbygninger af produktionskapaciteten. Et vigtigt led heri har været, at fabrikken er ophørt med at udlede processpildevand. Fra d. 1992.01.02 har fabrikken modtaget procesvarme fra Grenaa Kraftvarmeværk. Som følge af disse ændringer var produktionsforholdene i 1991 atypiske, men da nærværende undersøgelse går på året 1991, er der konstrueret et driftsmønster for 1991, som afspejler den nu aktuelle driftsform. Det betyder bl.a., at fabrikken godskrives de miljømæssige fordele, der ligger i, at procesvarmen er produceret på et decentralt kraftvarmeværk. Dette værk fyres med kul og halm og leverer foruden procesvarmen el til Midtkraft og fjernvarme til Grenaa by.</p>
<i>Ressource- og emissionsdata</i>	<p>I tabel 3.3.3 er sammenstillet de for Grenaa Papir gældende ressource- og emissionsdata. Som det fremgår, anvendes der 1,15 t returpapir til fremstilling af 1 t genbrugspap. Dette skyldes dels, at der fremkommer et rejekt på 75 kg, dels at vandindholdet i det modtagne returpapir er højere end i det færdige pap.</p>

Tabellen indeholder tillige, jf. afsnit 3.3.2, de tilsvarende værdier for ny liner og fluting. I begge talkolonner er det forudsat, at returpapir indgår som en rigelig ressource med *nulstillede* ressource- og miljødata.

Ressourcer	Enhed	Nyt	Genbrugs
Træ (TS)	t/t	1,75	0
Returpapir	t/t	0,136	1,15
Vand	m ³ /t	39	1,6
NaOH	kg/t	9,6	0
CaO	kg/t	6,1	0
Andet	kg/t	51	51
Energi	Enhed	Nyt	Genbrugs
Træ	GJ/t	32,0	0
Returpapir	GJ/t	2,1	17,4
Halm	GJ/t	0	1,9
Affald	GJ/t	0	0
Vedv. energi i alt	GJ/t	34,1	19,3
Papir produceret	GJ/t	15,1	15,1
Vedv. procesenergi	GJ/t	19,0	4,2 ²⁾
Naturgas	GJ/t	0	0
Olie	GJ/t	1,4	0
Kul	GJ/t	0	3,3
El	kWh/t	0	450
Kul til el	GJ/t	0	4,1
Fossil energi i alt	GJ/t	1,4	7,4
Procesenergi i alt	GJ/t	20,4	11,6
Emissioner	Enhed	Nyt	Genbrugs
CO ₂	kg/t	108	699
SO ₂	kg/t	1,6	3,2
NO _x	kg/t	1,1	2,4
Spildevand	m ³ /t	39	0
COD	kg/t	7	0
AOX	kg/t	0,003	0
Affald ³⁾	kg/t	30	75

¹⁾ 4,5 GJ/t damp – 5 GJ/t kul, 90% virkn. set bort fra halm. ²⁾ Rejekt. ³⁾ Til deponering

Tablet 3.3.3
Ressource- og miljødata for fremstilling af 1 t virgin og genbrugsliner og fluting

Sammenholdes værdierne i de to kolonner, vil det ses, at oparbejdning af returpapir til genbrugsbølgepap fordrer et mindre forbrug af vand og diverse kemikalier samt af energi i alt. Derimod er forbruget af fossil energi klart større ved genbrugsbølgepap. Som følge heraf bliver emissionen af CO₂, SO₂, NO_x større ved fremstilling af genbrugs- end af nyt pap. Produktion af genbrugspap giver tillige mere affald end af nyt pap. (Affaldssammensætningen for henholdsvis genbrugspap og nyt pap er dog ikke analyseret).

Denne direkte sammenligning forudsætter i øvrigt, at genbrugspappet er af samme kvalitet som det virgine. Der er delte meninger herom. Således finder Colon Emballage ingen forskel (Winkel, 1992), mens Bølgepapindustriens Brancheforening (1992) anfører, at det for at få den samme styrke i bølgepapemballage, der består af 100% genbrugspap, er nødvendigt at øge vægten med ca. en tredjedel i forhold til bølgepap, som kun indeholder 20% genbrugsmateriale. I denne undersøgelse regnes der som tidligere anført med, at 1,25 t genbrugsliner og -fluting substituerer 1 t virgin liner og fluting.

Økonomidata for Grenaa Papir A/S

Der regnes i det følgende med de i nedenstående tabel angivne økonomiske data for Grenaa Papir A/S's produktion.

Færdigvarer	2.143 kr. pr. ton færdigvare
Investering	5,3 mio. kr. pr. ton færdigvare
Råvarer - bølgepap - vand - hjælpestoffer	Pr. ton færdigvare: 1,15 ton á 275 kr. 1,6 ton á 5 kr. 51 kg á 100 kr.
Procesenergi - el - damp	Pr. ton færdigvare: 0,45 MWh á 400 kr. 4,7 GJ á 50 kr.
Arbejdskraft - personer	Pr. 1.000 ton færdigvare: 1,43 á 257.772 kr.
Øvrig drift	291.537 kr. pr. 1.000 ton færdigvare
Procesaffald	75 kg á 195 kr./ton færdigvare

Tablet 3.3.3 b
Grunddata for Grenaa Papir A/S

3.3.4 Indsamling til genanvendelse/forbrænding/deponering

Indsamling til genanvendelse

Det samlede danske indsamlingspotentiale af bølgepapir og -pap er for 1990 beregnet til 184.000 tons (Kaysen 1991). Der foreligger ikke en tilsvarende beregning for 1991. Derimod opgøres de indsamlede mængder hvert år.

Potentiale

Den returpapirforbrugende industri og genvindingindustrien sikrede i 1990 en indsamling på 104.000 tons svarende til en effektivitet på knap 57% I 1991 indsamledes i alt 115.700 t.

Indsamlingsfordelingen af bølgepap ser således ud (Rendan, 1992):

Tons pr. år	Papirbearbejdende industri	Øvrig handel, industri, kontor	Husholdninger	Ikke oplyst	I alt
1990	26.100	49.600	2.600	25.700	104.000
1991	21.000	59.000	4.000	31.700	115.700

Som det fremgår, indsamles der næsten intet bølgepap fra husholdninger, hvor potentialerne også er meget små. De ikke indsamlede bølgepappængder, i 1990 80.000 t/år, skal stort set søges indenfor området "Øvrig handel, industri, kontor".

Det danske indsamlingssystem

Input til indsamling af brugt bølgepap til genanvendelse er som udgangspunkt løst opsamlede emballager, primært transportemballager.

Kilder

Kilderne er typisk fremstillings- og servicevirksomheder samt i dominerende grad engros- og detailhandelsvirksomheder.

Opsamling til genanvendelse hos kilden foregår i udgangssituation sorteret, dels løst i containere eller bure dels presset i containere eller baller.

Indsamlingen til genanvendelse foregår typisk via fem systemer:

1. Presset i baller; indsamlet med ladvogn.
2. Presset i lukkede maxicontainere; indsamlet med ophalervogn.
3. Løst i bure, minicontainere og vippecontainere; tømt og indsamlet med traditionel komprimatorvogn eller frontloader.
4. Løst sammenfoldet i bure og på paller; indsamlet med ladvogn.
5. Løst i maxicontainere; indsamlet med ophalervogn.

75% af indsamlingen foregår via type 1 og 2, altså presset. 25% af indsamlingen foregår via type 3, 4 og 5, altså løst (Gad, 1992).

Presning i baller

Det forekommer, at pappet indsamles presset i baller, der føres tilbage til varedistributionslagrene via varedistributionens transportenheder. Denne indsamlingsform er dog af marginal betydning.

Benyttes varedistributionen som indsamlingsled, føres de brugte emballager fra distributionslagrene enten til omlastning på forbehandlingsanlæg, der sorterer, presser og baller emballagerne i "industriballer", eller direkte til fabrik som "supermarkedsballer" efter omlastning til trailere eller togvogne. Få distributører presser selv "industriballer" på egne anlæg.

Den øvrige indsamling af brugt bølgepap, løst eller presset, foregår fra kilderne til forbehandlingsanlæg, der sorterer, presser og baller emballagerne i "industriballer", hvorefter det brugte bølgepap transporteres på trailere eller i togvogne til fabrik.

Output fra de indsamlede og forbehandlede led til de led, der fremstiller bølgepapmaterialer, er således "supermarkedsballer" eller "industriballer".

Skal indsamlingen og bølgepap til genanvendelse øges vil det væsentligt skulle finde sted ved mange mindre kilder, og indsamlingsformen vil derfor typisk være 3. "Løst i bure, minicontainere og vippecontainere; tømt og indsamlet med traditionel komprimatorvogn".

Som anført foregår indsamling af bølgepap til genanvendelse typisk via 5 systemer.

Indsamlingspriser

75% af indsamlingen foregår via type 1 og 2, dvs. presset. Prisen for indsamlingen er her 140 kr./ton (Gad, 1992) samt 80 kr./ton (H. Olsen, 1992) til afskrivninger, drift og vedligeholdelse af opsamlingsudstyr (presser og containere) i alt 220 kr./ton. Jensby (1993) oplyser her 200-250 kr./ton.

25% af indsamlingen foregår via type 3, 4 og 5, dvs. løst. Markedsprisen for indsamling er her 300 kr./ton (Gad) samt 30 kr./ton (H. Olsen) til afskrivninger og vedligeholdelse af opsamlingsudstyr, i alt 330 kr./ton. Jensby oplyser her 400-450 kr./ton. Som vægтет gennemsnit kan beregnes en pris på 400 kr./ton.

Jensby oplyser, at prisen for indsamling med komprimatorvogn vil holde sig uændret eller måske endda (på grund af mere effektive ruteplaner) falde lidt ved en øget indsamling.

Grænsen for de uændrede indsamlingsomkostninger skønnes at ligge ved en indsamlingseffektivitet på ca. 90%.

Erfaringer fra kommunale, obligatoriske indsamlingsordninger af papir og pap viser, at de gennemsnitlige mængder indsamlet fra nyttilsluttede virksomheder er dobbelt så stor som mængden fra virksomheder, der i forvejen havde en frivillig ordning med et returpapirindsamlingsfirma (Friis, 1991).

Det synes derfor rigtigt at regne med følgende indsamlingspris:

Indsamlingspris	
0-78.000 t	220 kr./t
79-165.600 t	400 kr./t

75% af 104.000 = 78.000 tons. 90% af 184.000 = 165.600 tons

Indsamlingsomkostningerne dækker afskrivninger, drift og vedligeholdelse af vogne og opsamlingsudstyr samt løn og energiomkostninger.

*Investering og drift
Indsamling til genan-
vendelse*

Nedenfor er opstillet skema for investeringer og drift.

Indsamling 1.600 t/år			
Beskrivelse	Enhedspris	Parametre	Kr.
INVESTERING			
Komprimatorbil	1.000.000	1 stk. levetid 10 år	150.000
Containere	5.290*	250 stk. levetid 20 år	130.000
Afskrivning og forrentning			280.000
DRIFT			
Løn	220.000	1 medarbejder	220.000
Bil	200.000	1 bil	200.000
Administrationsbidrag	50.000		50.000
Driftsomkostninger			470.000

* Iflg. "Notat vedr. standardtilskud til indsamling af papir og pap fra erhvervsvirksomheder", Miljøstyrelsen, 12/2/90

Tabel 3.3.4 a

Investering og drift ved indsamling af papir og pap

1 komprimatorbil med 1 medarbejder kan betjene ca. 250 kildeenheder med 1 ugentlig tømning. Antages den gennemsnitlige mængde pr. kildeenhed at være ca. 125 kg, fås en samlet årlig mængde på 1.600 t.

Da investering i containere foretages af den enkelte kildeenhed, bliver de samlede omkostninger alene for indsamlingen 620.000 kr/år (470.000 + 150.000) svarende til de tidligere nævnte 400 kr./t.

Driftsomkostninger ÷ arbejds løn udgør således 156 kr./t.

Sortering, presning

Den videre behandling af det indsamlede bølgepap i form af central finsortering og presning i "industriballer" indebærer gennemsnitlige driftsomkostninger på 250 kr./ton (Gad).

Den samlede driftsomkostning ÷ løn bliver i alt 250 + 156 = 406 kr./t.

Salg af bølgepap

Markedsprisen for industriballer til genanvendelse på fabrik er her sat til 275 kr./ton (Gad, 1992 + bemærkninger). Dette er en pris, der er relateret til sorteret og presset bølgepap fra erhvervsvirksomheder som kilder, hvor kvaliteten som udgangspunkt er bedre for pap indsamlet fra husholdninger.

Prisen er ekskl. moms og transport til fabrik og vedrører indenlandske aftagere.

Det samlede billede for markedsprisen er angivet i nedenstående tabel.

Opsamling og indsamling	0-78.000 t = 220 kr./t 78-165.000 t = 400 kr./t	Afgift: 0 kr./t
Sortering og presning	Markedspris: 250 kr./t	Afgift: 0 kr./t
Salg af bølgepap	Markedspris: 275 kr./t	Afgift: 0 kr./t

Tabel 3.3.4 b
Markedspriser ved genanvendelse, 1991

Indsamling

Indsamling til forbrænding og deponering

Følgende beskrivelse vedrører indsamling af blandet erhvervsaffald også indeholdende brugt bølgepap til forbrænding.

Opsamlingen og indsamlingen foregår via de typiske erhvervsaffaldsordninger; enten

1. løst i åbne eller lukkede containere, der tømmes af komprimatorvogne eller afhentes af ophalervogne, eller
2. presset i containere, der afhentes af ophalervogne.

20% af indsamlingen foregår presset. 80% af indsamlingen foregår løst.

Følgende mængder bølgepap blev indsamlet til genanvendelse, forbrænding og deponering i 1991.

Behandling	Ton/år
Genanvendelse	104.000
Forbrænding	60.000
Deponering	20.000

Tabel 3.3.4 c
Bortskaffelse af bølgepap, 1991

Som anført foregår indsamling af erhvervsaffald til forbrænding/deponering typisk via 2 systemer.

Investering og drift

20% af indsamlingen foregår via type 1, dvs. presset. Prisen for indsamlingen vurderes til 120 kr./ton inkl. afskrivninger, drift og vedligehold af indsamlingsudstyr. 80% af indsamlingen foregår via type 2, dvs. løst.

Prisen for indsamlingen er her sat til 260 kr/ton inkl. afskrivninger, drift og vedligeholdelse af indsamlingsudstyr. Ekskl. affaldsafgift.

Der regnes med data fra tabel 3.3.4 a. Dog indsamles 2400 t/år i stedet for 1600 t/år.

Forbrænding

Afleveringsomkostningerne på forbrændingsanlæggene varierer meget, men i rapporten "Budgetanalyse om markedsorientering af affalds- og genanvendelsesindsatsen", Finans-, skatte-, økonomi- og miljøministeriet (1993) opgøres omkostninger til bortskaffelse af affald til forbrænding til 320-420 kr./ton. Dvs. en gennemsnitlig pris på 370 kr./t. Bortskaffelse til deponi opgøres til 170-220 kr./t. Dvs. en gennemsnitlig pris på 195 kr./t. Begge priser er ekskl. affaldsafgift.

Indsamling	260 kr./ton	Afgift: 0 kr./ton
Forbrænding	370 kr./ton	Afgift: 130 kr./ton
Deponi	195 kr./ton	Afgift: 130 kr./ton

Tabel 3.3.4 d

Markedspriser ved forbrænding og deponering, 1991

3.3.5 Affaldsforbrænding

I det omfang kasseret papir ikke indsamles særskilt, vil det blive behandlet sammen med det øvrige affald. Det vil derfor enten blive ført til et forbrændingsanlæg eller, afsnit 3.3.6, blive kørt på lossepladsen.

75% forbrændes

Omkring 75% af husholdningsaffaldet og det dermed beslægtede affald forbrændes i Danmark. Danmark er derved et af de lande i verden, hvor der pr. indbygger forbrændes mest affald (Dalager, 1992).

Der findes i Danmark ca. 30 forbrændingsanlæg, nogenlunde jævnt ud over landet, og yderligere 2 - 3 er under bygning eller på planlægningsstadiet. I 1991 forbrændtes i alt 1,885 mio. t affald. Samtlige anlæg udnytter den ved forbrændingsprocessen udviklede varme til produktion af fjernvarme. På det seneste er nogle anlæg blevet ombygget til også at kunne producere elektricitet, og alle nye anlæg producerer både el og varme. De er således decentrale kraftvarmeværker.

Bygning af decentrale kraftvarmeværker fyret med indenlandske brændsler er et vigtigt led i den danske energipolitik (Energiministeriet, 1990), idet den i disse værker producerede elektricitet fortrænger el produceret på basis af kul i de store kraftværker. I 1991 var el-produktionen på basis af affald dog endnu så beskedent, at den ikke kommer særskilt til udtryk i energistatistikken (Energistyrelsen, 1992). I det følgende regnes der med at der alene produceres varme.

Anlæggene køber deres el-forbrug fra det offentlige net.

Brændværdi

Affald som brændsel

Affald er et særdeles inhomogent materiale. En stor del af det er dog biomasse (madaffald, papir og pap, træ og haveaffald). Dets brændværdi kan sættes til 8,6 GJ/t (dk-TEKNIK, 1990). Den er således ringere end for træ og papir. Den lave brændværdi skyldes bl.a., at affald - specielt bioaffaldet - indeholder en del vand, samt at en del af affaldet ikke er brændbart. Intensiveret frasortering af papir reducerer brændværdien, mens frasortering af bioaffald hæver den. En komponent, der i høj grad trækker brændværdien opad, er plast.

Flyveaske, slagge

Indholdet af ubrændbare bestanddele medfører, at der ved forbrændingsprocessen udvikles faste restprodukter i form af slagge, 200 - 300 kg/t affald, og flyveaske, ca. 12 kg/t affald. I mange år har der været krav om, at røggassen skal renses for flyveaske, og i 1986 kom der tillige emissionsgrænser for sure gasser og visse tungmetaller, som nødvendiggjorde en supplerende rensning.

Emissionsgrænser

Disse emissionsgrænser skærpedes i 1991 (Miljøministeriet, 1991) i overensstemmelse med to EF-direktiver. Disse er begge minimumsdirektiver. Det er derfor tilladt EF's medlemslande at have skrappe nationale krav - en ret som Tyskland og Holland har benyttet sig af. Dalager (1992) har påvist, at de danske anlæg kan eller vil kunne omstilles til at møde de tyske krav med hensyn til støv, chlorbrinte (HCl), fluorbrinte (HF), SO₂ og tungmetaller - dog med en vis reservation med hensyn til kviksølv, Hg. Derimod kan den tyske og den hollandske grænseværdi for NO_x ikke overholdes, uden at der installeres et yderligere rensningstrin.

Røgrensning, kalkforbrug

Rensning for sure gasser sker enten vådt, semitørt eller tørt.

Våd rensning

Ved våd rensning fjernes flyveasken først vidtgående i et elektro- eller posefilter. Gassen ledes derefter videre til én eller to vådvaskere, hvor den vaskes med vand og - hvis to trin - vand igen eller vand tilsat NaOH. Vandet i trin 1 fjerner HCl og de tungmetaller, især Hg, som har passeret flyveaskeudskilleren. NaOH reducerer SO₂-koncentrationen. Denne er dog i almindelighed i forvejen under emissionsgrænsen, 300 mg/Nm³ tør røggas ved 11% O₂, hvorfor NaOH-tilsætningen kan spares.

Det brugte vand i trin 1 bliver til fortyndet saltsyre. Det må derfor neutraliseres, inden det ledes ud. Hertil anvendes kalk, CaCO₃ og Ca(OH)₂, og pH hæves til 8 - 9. Dette pH-område er det optimale for fældning af de tungmetaller, som måtte have passeret flyveaskeudskilleren, men som er gået i opløsning i saltsyren. Hg kræver dog tilsætning af hjælpestoffet TMT 15. HCl omdannes herved til en CaCl₂-opløsning.

Er der anvendt NaOH, vil der være udskilt SO₂ i trin 2 under dannelse af en Na₂SO₄-opløsning. (Denne kunne egentlig inddampes og nyttiggøres ved sulfatcellulosefremstilling, men dette synes ikke at ske i praksis. I stedet regnes opløsningen for et affaldsprodukt). For at fiksere sulfationerne (og evt. genvinde NaOH), behandles opløsningen normalt med kalk i form af Ca(OH)₂ eller det CaCl₂-holdige vand fra behandlingen af vandet fra trin 1. Herved udfældes gips, CaSO₄·2H₂O, mens Na-ionerne overgår til NaCl i opløsning.

Tør rensning

Semitørt og tør rensning minder meget om hinanden. I begge tilfælde er hydratkalk, Ca(OH)₂ den aktive substans, men indsprøjtning af vand fremmer reaktionerne. I førstnævnte tilfælde føres kalk og vand ind sammen, i sidstnævnte hver for sig. Dette giver dog ringere støkiometri - dvs. nødvendiggør et større kalkforbrug - end ved semitør rensning.

Kalken reagerer med de sure gasser under dannelse af de faste stoffer CaCl₂, CaSO₃, CaSO₄, CaF₂. Disse udskilles - sammen med overskudskalken - i et efterfølgende elektro- eller (ofte) posefilter. Det er ikke nødvendigt at fjerne flyveasken forinden; den passerer derfor med røggas-

sen gennem reaktoren og udskilles sammen med reaktionsprodukterne af de sure gasser.

Da CaCl_2 i dette tilfælde kommer ud på fast form, mens det ved våd rensning går bort med spildevandet, bliver mængden af faste restprodukter ved tør og semitør rensning betydeligt større end ved våd rensning. Til gengæld giver tør og semitør rensning intet spildevand.

Kalkforbrug

Som det vil være fremgået, anvendes der kalk både ved våd, semitør og tør rensning, primært for at begrænse HCl-emissionen. Regnet som $\text{Ca}(\text{OH})_2$ er forbruget 6 - 10 kg pr. t affald, størst ved tør rensning, hvor det kan nå op på 20 kg/t. 8 kg $\text{Ca}(\text{OH})_2$ svarer til 6 kg CaO.

NaOH-forbrug

Ved våd rensning anvendes af og til også NaOH i en mængde på ca. 1 kg/t affald for at begrænse SO_2 . I det følgende regnes der med, at 1 t affald fordrer en indsats af 6 kg CaO. Derimod ses der bort fra et evt. forbrug af NaOH, dels fordi det kun anvendes på få anlæg, og dels på grund af den usikkerhed, der (afsnit 3.3.2) knytter sig til behovet for at fjerne SO_2 fra forbrænding af papir.

Vandforbrug

Rensningsprocesserne indebærer også at vandforbrug, hvoraf en del (våd) eller hele mængden (tør og semitør rensning) fordamper. Forbruget er dog mindre end 1 m³ pr. ton affald, og der ses i det følgende bort herfra. Der ses også bort fra spildevandsmængden, ca. 0,5 m³ pr. ton affald ved våd rensning.

Restprodukter

Rensning producerer yderligere faste restprodukter. Mængden er afhængig af den anvendte teknik. Af de faste restprodukter genanvendes slaggen i vidt omfang, i det følgende regnes med 80%. Derimod findes der ingen anvendelse for flyveasken og røgrensningsprodukterne. Disse må derfor deponeres.

Papir (og træ) i affaldet bidrager dog kun i mindre grad til dannelsen af disse faste og flydende restprodukter, og der ses derfor i det følgende bort fra dem.

Emissionsfaktorer

Blandt de af nærværende undersøgelse omfattede stoffer er derfor især de luftformige, CO_2 , SO_2 og NO_x af interesse ved affaldsforbrænding, og der regnes der med følgende emissionsfaktorer:

- CO_2 30 kg/GJ (på grund af plastindholdet)
- SO_2 65 g/GJ (efter surgasrensning)
- NO_x 250 g/GJ (ingen rensning)

Konkrete anlægsdata

De i det foregående indeholdte data refererer til et "gennemsnitligt" dansk forbrændingsanlæg, og de vurderes derfor at være de bedste til at bedømme de ressource- og miljømæssige konsekvenser på landsplan af en evt. virkeliggørelse af de alternative scenarier.

Til brug for de økonomiske vurderinger er det derimod nødvendigt at tage udgangspunkt i nogle konkrete anlægsdata. I lighed med projektet "Bort-

skaffelse af organisk affald - Miljø og økonomi" (Rendan og CASA, 1993) er det valgt at tage udgangspunkt i et nyere anlæg med varmeproduktion alene og en kapacitet på 50.000 t/år. Anlægget har tør røggasrensning.

Tabel 3.3.3 viser de data, der benyttes.

Forbrænding - 50.000 tons anlæg (Årstons)				
Beskrivelse	Enhedspriser	Parametre	1.000 kr.	
INVESTERING				kr/årstons
Bygninger	40.000.000 kr.	Levetid 20 år		
Maskiner	50.000.000 kr.	Levetid 15 år		
Røggasrensningsanlæg	30.000.000 kr.	Levetid 15 år		
Investering i alt	120.000.000 kr.			2400
DRIFT				kr/tons
Leje af grund	10 kr.	Arealbehov 29.000 m ²	290	6
Løn m.v. driftmedarbejder	250.000 kr.	Driftmedarbejdere 20	5.000	100
Løn funktionær	300.000	Funktionærer 3	900	18
Øvrig administration		Bestyrelse m.v.	475	9
Elektricitet	0,40 kr.	Årsforbrug 4.320.000 kWh	1.728	35
Kemisk røggasrens, kalk	950 kr.	Årsforbrug 1.000 t	950	19
Kemisk røggasrens, filterposer			300	6
Kørsel og containere (slagge m.v.)			760	15
Bortskaffelse af slagge	130 kr.	26% af affald 12.960 t	1.685	34
Deponi af restprodukt	390 kr.	2.400 t	936	19
Miljømålinger			400	8
Bygninger, vedligehold m.v.			520	10
Maskiner, vedligehold		5% af investering	2.000	40
Driftsomkostninger pr. år			15.900	318

Tabel 3.3.5
Investering og drift af forbrændingsanlæg

Det kan af tabellen aflæses, at slaggeproduktionen andrager 260 kg pr. t affald, og beregnes, at kalkforbruget udgør 20 kg/t affald (i form af Ca(OH)₂. Hertil svarer 15 kg CaO) og røggasrensningsproduktet 48 kg/t affald. Førstnævnte værdi svarer meget godt til "landsgennemsnittet", mens de to sidstnævnte må vurderes at være over middel. De økonomiske beregninger er baseret på 6 kg CaO pr. t affald, mens restproduktmængden er fastholdt på de 48 kg/t.

Indpasning i energiforsyningen

Emissionsfaktorerne refererer til den indfyrede energi. Denne kan ikke omsættes fuldtud, idet der sker et tab med den varme slagge og med røggassen. På Måbjergværket (Holstebro-Struer forbrændingsanlæg), som gik i kommerciel drift d. 1993.01.01, regnes med en kedelvirkningsgrad på 88% (Tranberg, 1992), men dette anlæg brænder udover affald også halm, træflis og naturgas. Med henvisning til Økoconsult (1991) regnes der i det følgende med en virkningsgrad på 70% og kun med varmeproduktion. Der kan da af affaldet udvindes en energimængde på $8,6 \times 0,7 = 6$ GJ/t.

Denne energimængde regnes udnyttet til fjernvarmeforsyning, og den fortrænger derved anden energi. Som nærmere begrundet i afsnit 3.3.8 regnes der i det følgende med, at der fortrænges et 50/50% mix af kulbaseret kraftvarme og naturgas (samt at der substitueres med 100% virkningsgrad).

I det scenario, hvor *genanvendelsen af papir reduceres*, er det mest nærliggende at regne den øgede affaldspapirmængde ført til forbrænding. Den herved forøgede varmeproduktion vil da naturligt fortrænge det nævnte kraftvarme/naturgas-mix, idet affaldsforbrændingsanlæggene har første prioritet i varmeforsyningen. En væsentlig forøgelse af papirmængden til forbrænding vil dog nødvendiggøre en *udbygning af forbrændingskapaciteten*. Gennemføres en sådan ikke, må den øgede papirmængde deponeres. Der opereres derfor med *to underscenerier* til hovedscenariet: reduceret genanvendelse.

I øvrigt bemærkes, at forbrændingsanlæggene ikke er særligt interesserede i at modtage mere papiraffald (Baltzen, 1992, N. Olsen, 1992), idet dette forøger brændværdien og dermed nedsætter den vægtmængde affald, der kan forbrændes pr. tidsenhed. Da anlæggene opkræver behandlingsafgift pr. t affald modtaget, nedsættes anlæggenes indtægt derfor, hvis brændværdien stiger.

Økonomi

Forbrændingsanlæggenes økonomi skal hvile i sig selv. Manglende indtægter fører derfor til takststigning pr. ton, men ikke nødvendigvis pr. husstand (via renovationsgebyret), idet bølgepap indsamles fra erhverv.

Forøges genanvendelsen af papir, kommer forbrændingsanlæggene til at mangle brændsel. Man kan da umiddelbart tænke sig, at der kompenseres herfor ved et forøget træk på kraftvarme/naturgas-mixet. Dette vil dog ikke nødvendigvis blive tilfældet. Det er mere sandsynligt, at anlæggene vil søge at skaffe sig affald fra oplande, der deponerer affald. Dette sidste falder godt i tråd med *Handlingsplan for affald og genanvendelse* (Miljøministeriet, 1992), som lægger op til, at deponering af brændbart affald skal ophøre inden år 2000, uden at forbrændingskapaciteten øges. Genanvendelsesscenariet er derfor ligeledes opdelt i to underscenerier: ét hvor der substitueres med kraftvarme/naturgas, og ét hvor der substitueres med affald.

Dette nødvendiggør, at også miljøforholdene ved deponering af affald og papir inddrages. Herom i følgende afsnit.

3.3.6 Deponering af affald og papir

Den del af affaldet, der ikke forbrændes, bliver udlagt på lossepladser (deponier), hvoraf Danmark har ca. 100.

Tidligere blev lossepladser anlagt ukontrollerede på marginale landområder i nærheden af affaldskilderne. På grund af risikoen for forurening af drikkevandet placeres lossepladser i dag ofte i kystnære områder, og pladserne kontrolleres for udsivning (perkolat).

I bunden af deponeringsarealet udlægges en membran og et drænsystem, så udsivningen af perkolat kan kontrolleres og opsamles. Det er tillige et krav, at det udlagte affald overdækkes med jord, bl.a. for at forhindre rotte- og mågeplager samt papirflugt.

Ved deponering fastholdes de fleste forureningskomponenter på deponeringsarealet i modsætning til forbrænding, hvor emissionerne udledes til luft og hav samt deponi, og genanvendelse. Deponering er imidlertid relativt pladskrævende og æstetisk miljøbelastende, hvilket uden tvivl er medvirkende til, at forbrænding i Danmark er den foretrukne form for affaldsbehandling.

CO₂ og CH₄

Overdækningen medfører, at affaldet opbevares anaerobt, dvs. uden adgang for luft. Det organiske stof i det deponerede affald vil med tiden omdannes, men på grund af de anaerobe betingelser vil der ikke blot dannes CO₂, men også methan, CH₄. Der regnes med, at 60% vol. af den dannede gas er CO₂, mens 40% vol. er CH₄.

CH₄ er ligesom CO₂ en drivhusgas, men den virker 21 gange kraftigere (betragtet over en periode på 100 år). Biomasse, der ved forbrænding kan anses for CO₂-neutral, er derfor ikke CO₂-neutral ved deponering.

Straarup (1991) har estimeret gasproduktionen fra lossepladsaffald som helhed og fordelt på forskellige fraktioner, inkl. pap/papir. Det fremgår heraf, at der kan regnes med en samlet gasproduktion på 260 Nm³/t vådt affald, heraf 125 Nm³/t fra pap/papir-andelen (19% af affaldsvægten).

Methanproduktionen er for affaldet som sådant angivet til 105 Nm³/t. CO₂-produktionen er da 155 Nm³/t. 22,4 Nm³ = 1 kmol = 16 kg CH₄ = 44 kg CO₂.

Der dannes altså 75 kg CH₄ og 305 kg CO₂ pr. t affald. 75 kg CH₄ = 1575 kg CO₂-ækvivalent. Adderes hertil de 305 kg CO₂, fås en samlet produktion af CO₂-ækvivalenter på 1880 kg pr. t affald. Hvis der regnes CO₂ neutralt, betyder det, at der herfra skal trækkes CO₂-produktionen ved forbrænding af affaldet, dvs. de 305 kg CO₂ + bidraget fra CH₄: 75 x 44 : 16 = 206 kg, i alt 510 kg. Der regnes derfor med, at affald ved deponering i forhold til forbrænding *netto* producerer yderligere 1370 kg CO₂-ækvivalenter pr. ton.

For papir kan der tilsvarende beregnes en netto CO₂-ækvivalent-emissionsfaktor på 3280 kg pr. t.

En veldrevet kontrolleret losseplads giver herudover ikke anledning til væsentlig luftforurening. Dog kan der tænkes at ske en afgang af svovlforbindelser, men det ses der bort fra. Der ses tillige bort fra den evt. vandforurening, der knytter sig til perkolatet.

Investering og drift af deponi

Investering og driftstal fremgår af tabel 3.3.6.

Tabellen er taget fra rapporten "Bortskaffelse af organisk affald - miljø og økonomi" Rendan A/S og CASA (1993).

Der er tale om et nyanlagt kystnært deponi.

Deponering - 320.000 tons anlæg (årstons)				
Beskrivelse	Enhedspriser	Parametre	1.000 kr.	kr/årston
INVESTERING				
Anlæg af plads	47.000.000 kr.	Levetid 25 år		
Lossepladsetape (4 ha) totalt 100 ha	15.000.000 kr.	Levetid 2 år		
Maskiner	10.000.000 kr.	Levetid 12 år		
Bygninger	2.500.000 kr.	Levetid 25 år		
Investering i alt (25 år)	445.000.000			1.390
DRIFT				
Leje af grund	10 kr.	Arealbehov 1.000.000 kvm.	10.000	
Løn m.v. driftmedarbejder	250.000 kr.	Driftmedarbejdere 20	5.000	
Løn funktionær	300.000 kr.	Funktionærer 2	600	
Øvrige administration		Bestyrelse m.v.	500	
Bygninger, vedligehold m.v.		1% af investeringer	25	
Maskiner, vedligehold		10% af investering	1.000	
Plads, vedligehold		1% af investering	470	
Andre driftsmaterialer		Vej- og afdækningsmateriale	700	
Diesel	3 kr.	Årsforbrug 190 ton	608	
Perkolatbehandling			500	
Perkolatbehandling efter opfyldning			200	
Andre udgifter		El, vand, forsikringer	200	
				kr/ton
Årlige driftsomkostninger			19.800	62

Tabel 3.3.6
Investering og drift af deponi

3.3.7 Transport

Energiforbruget i forbindelse med transport ved fremstilling af nyt papir og genbrugspapir er lille, men ikke ubetydeligt. Tillman et al. (1991) finder imidlertid ved en sammenligning mellem scenarier for nyt bølgepap og 80% genanvendelse, at *forskellen* mellem scenariernes energiforbrug og emissioner i forbindelse med transport er uvæsentlig.

Hvis energiforbrug og emissioner til transportformål skal opgøres, kræver det en meget detaljeret antagelse af f.eks. indsamlingssystemer i de enkelte scenarier. Usikkerheden på disse estimater er relativt store, og overslagsberegninger har vist, at såvel miljøbelastning som energiforbruget ved transport ikke er væsentlige i forhold til de øvrige estimater, der er udarbejdet i denne undersøgelse.

Der ses derfor bort fra energiforbrug og emissioner i forbindelse med transport.

3.3.8 Fossil energiproduktion

I scenario 2a og 3a er det forudsat, at der suppleres med henholdsvis fortrænges varme produceret ud fra fossil energi. De danske forbrændingsanlæg indgår alle som grundlastenheder i store fjernvarmedistributions-systemer.

En del af anlæggene ligger i de centrale kraftvarmeområder. Her vil substitutions-/fortrængningsenergien derfor være kraftvarme fra vore kulfyrede elværker. Uden for de centrale kraftvarmeområder træffes forskellige substitutions-/fortrængningsbrændsler: naturgas, olie, halm, træflis, evt. kombinationer heraf.

50/50% mix af kul og gas

Det er derfor valgt at regne med, at der substitueres med/fortrænges et 50/50% mix af central kulbaseret kraftvarme og naturgas, sidstnævnte afbrændt under kondenserende drift, dvs. med 95 - 100% energiudnyttelse, i et fjernvarmeværk.

Vore store elværker er først og fremmest opført for at dække landets elektricitetsforbrug. Det forhold, at man på de fleste af dem kan nyttiggøre en vis del af spildvarmen fra turbineanlægget til fjernvarmeproduktion, anses i denne undersøgelse for en biproduktion.

Emissioner - kul

Dette indebærer, at el-forbrug i Danmark regnes belastet med de CO₂-, SO₂- og NO_x-emissioner, der knytter sig til el-fremstilling ved ren kondensationsdrift, dvs. under antagelse af en virkningsgrad på 40%. Kuls CO₂-emissionsfaktor, 95 g/MJ svarer derfor til $95 \times 2,5 = 238$ g/MJ(e), og da 1 kWh = 3,6 MJ, bliver emissionsfaktoren 855 g/kWh. For SO₂ og NO_x's vedkommende regnes el belastet med værdierne 5,4 henholdsvis 3,6 g/kWh. Disse værdier gælder for 1991 og er beregnet ud fra oplysninger i Danske Elværkers Forening (1992) om de danske elværkers samlede SO₂- og NO_x-emission samt el-produktion i 1991.

De nævnte emissionsfaktorer er benyttet til beregning af den del af emissionen fra Grenaa Papir, der skyldes virksomhedens el-forbrug. De indgår således i de i tabel 3.3.3 indeholdte emissionsværdier pr. t genbrugsliner og -fluting.

Ved i stedet for med havvand at kondensere dampen fra turbinen ved køling med fjernvarmevand, nedsættes el-produktionen marginalt. Til gengæld opfanges en meget stor energimængde i fjernvarmevandet. Det kan så diskuteres, hvorledes værkets kulforbrug bør fordeles på de to produkter: el og varme, men jf. ovenfor regnes kun det marginale kulforbrug med tilhørende emissioner tillagt varmen. Det betyder, at den tillægges emissionsfaktorerne CO₂: 52 g/MJ, SO₂: 290 mg/MJ og NO_x: 195 mg/MJ.

I afsnit 5.3.1 gives nærmere oplysninger om produktionsforholdene på et centralt kulfyret elværk med kraftvarmeproduktion, og der beregnes en samfundsøkonomisk varmepris for et sådant værk.

Emissioner - gas

Den anden komponent i varmemixet regnes som nævnt fremstillet i et naturgasfyret fjernvarmeværk med 95 - 100 % virkningsgrad. Kapaciteten af værket er sat til 5 MW, men da det erstatter/fortrænges af grundlastvarme, er årsproduktionen regnet så høj som 120 TJ (ækvivalent fuldlasttid 6667 timer pr. år).

Regnes der med en gennemsnitlig virkningsgrad på 95 %, skal emissionsfaktorerne for naturgas CO₂: 57 g/MJ, SO₂: 0, NO_x: 100 mg/MJ multipliceres med $100 : 95 = 1,05$. De bliver da: CO₂: 60 g/MJ, SO₂: 0, NO_x: 105 mg/MJ.

Emissioner 50% kul/50% gas

For 50/50% mixet kan derfor regnes med emissionsfaktorerne

- CO₂: 56 g/MJ
- SO₂: 145 mg/MJ
- NO_x: 150 mg/MJ

CaO

SO₂-emissionsfaktoren svarer til fyring med naturgas med 0% S og kul med 0,36% S. De på de danske kraftværker benyttede kul holder et noget større svovlindhold. Regnes med 0,8% (og ingen svovlbinding i slagge og aske) er der sket en afsvovling på 55%. Røggasafsvovling sker normalt med kalk. Til fjernelse af $8 - 3,6 = 4,4$ kg S fordres 7,7 kg CaO. Pr. GJ kul er forbruget da 0,3 kg CaO og pr. GJ kraftvarme/naturgas-mix 0,15 kg CaO.

Pr. t affald fortrængt = 6 GJ udgør dette kalkforbrug således 0,9 kg. I forhold til de 6 kg pr. t affald, der må regnes med i selve forbrændingsanlægget, er dette forbrug beskedent. Der ses derfor bort fra det i det følgende.

Ligeledes i afsnit 5.3.1 er der beregnet en samfundsøkonomisk varmepris for naturgasvarmen og for mixet.

4 Ressource- og miljømæssige vurderinger - bølgepap

4.1 Konsekvenser i Danmark

4.1.1 Produktion af liner og fluting

De 3 scenarier forudsætter, at der indsamles de i tabel 4.1.1 anførte mængder kasseret bølgepap. Tabellen angiver tillige de mængder genbrugsliner og -fluting, der produceres ud fra de indsamlede mængder (se tabel 3.1 og 3.3.3).

	Enhed	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
Indsamling	kt/år	104	147	86
Produktion	kt/år	90	128	75

Tabel 4.1.1
Indsamling og produktion

Produktionstallene afspejler, at der fordres 1,15 t returpapir til fremstilling af 1 t genbrugsliner og -fluting. Til produktionen medgår stivelseslim og andre hjælpestoffer samt vand, tabel 4.1.2 (se tabel 3.3.3).

Stof	Enhed	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
Vand	kt/år	144	205	120
NaOH	t/år	0	0	0
CaO	t/år	0	0	0
Andet	t/år	4590	6528	3825

¹⁾ I form af papir. ²⁾ Inkl. kul til el-fremstilling

Tabel 4.1.2
Kemikalier og hjælpestoffer

mens der forbruges den i tabel 4.1.3 angivne procesenergi (se tabel 3.3.3).

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
Vedv. energi i alt	TJ/år	1737	2470	1448
Papir produceret	TJ/år	+1359	+1935	+1133
Vedv. procesenergi	TJ/år	378	537	315
Fossil procesenergi ¹⁾	TJ/år	666	947	555
Procesenergi i alt	TJ/år	1044	1484	870

¹⁾ Inkl. kul til el-fremstilling

Tabel 4.1.3
Procesenergi

Produktionen giver anledning til de i tabel 4.1.4 anførte luftemissioner (se tabel 3.3.3) og til den i tabel 4.1.5 anførte affaldsproduktion (se tabel 3.3.3).

Stof	Enhed	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
CO ₂	kt/år	62,9	89,5	52,4
SO ₂	t/år	288	410	240
NO _x	t/år	216	307	180

Tabel 4.1.4
Emission af CO₂, SO₂ og NO_x

Affald	Enhed	Sc. 1	Sc. 2	Sc. 3
Affald	kt/år	6,75	9,60	5,63

Tabel 4.1.5
Affald

Produktionen fordrer intet træ, NaOH, Na₂SO₄ og CaO, og den producerer intet spildevand. Der er derfor ingen udledning af COD og AOX.

4.1.2 Forbrænding af bølgepap og andet affald

De i afsnit 4.1.1 angivne forbrug og emissioner for scenarierne 2 og 3 er fælles for de nedennævnte scenarier 2a og 2b og tilsvarende for scenario 3a og 3b. Derimod bliver der forskelle mellem sc. 2a og 2b og mellem sc. 3a og 3b i det følgende (se tabel 3.3.5 og afsnit 5.3.1):

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Bølgepap	kt/år	60	17	37	78	60
Affald	kt/år	0	0	40	0	0
I alt	kt/år	60	17	77	78	60
El-forbrug	GWh/år	5,16	1,46	6,62	6,71	5,16
Kulforbrug hertil	TJ/år	46	13	60	61	46

Tabel 4.1.6.a
Mængder til og el-forbrug ved forbrænding

Eksempel Sc. 2b

El-forbrug ved forbrænding (tabel 3.3.5)

$$\frac{4.320.000 \text{ kWh}}{50.000 \text{ t affald}} \times 77 \text{ kt} \approx 6,62 \text{ GWh/år}$$

Kulforbrug: 6,62 GWh/år = 23,8 TJ/år

Virkningsgrad ved kulbaseret el-produktion = 0,40 (afsnit 3.3.8)

$$\frac{23,8 \text{ TJ/år}}{0,40} \approx 60 \text{ TJ/år}$$

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Bølgepap	TJ/år	906	257	559	1178	906
Affald	TJ/år	0	0	344	0	0
Biomasse i alt	TJ/år	906	257	903	1178	906
Varmeproduktion heraf (70%)	TJ/år	634	180	634	825	634
Tab	TJ/år	272	77	269	325	272
Fossil varme	TJ/år	0	454	0	+191	0
Varmesalg	TJ/år	634	634	634	634	634
Kul til el-forbrug	TJ/år	46	13	60	61	46
Fossil energi i alt	TJ/år	46	467	60	+130	46
Samlet energi tilført	TJ/år	952	724	963	1048	952
Varmesalg	TJ/år	-634	-634	-634	-634	-634
Konverteringstab	TJ/år	318	90	329	414	318

Tabel 4.1.6.b

Energibalance - forbrænding (se tabel 3.1 og 4.1.6 samt afsnit 3.3.2 og 3.3.5)

På grundlag heraf beregnes de i tabel 4.1.7 anførte CO₂-emissioner og de i tabel 4.1.8 og 4.1.9 angivne SO₂- og NO_x-emissioner.

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Bølgepap	kt/år	0	0	0	0	0	Afsnit 3.3.2
Affald	kt/år	0	0	10,3	0	0	Afsnit 3.3.5
Fossil varme	kt/år	0	25,4	0	-10,7	0	Afsnit 3.3.8
El til forbr.	kt/år	4,4	1,2	5,7	5,7	4,4	Afsnit 3.3.8
CO ₂ i alt	kt/år	4,4	26,6	16,0	-5,0	4,4	

Tabel 4.1.7

CO₂-emission - forbrænding

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Bølgepap	t/år	154	44	95	200	154	Afs. 3.3.2
Affald	t/år	0	0	22	0	0	Afs. 3.3.5
Fossil varme	t/år	0	66	0	÷28	0	Afs. 3.3.8
El til forbr.	t/år	28	8	36	36	28	Afs. 3.3.8
SO ₂ i alt	t/år	182	118	153	208	182	

Tabel 4.1.8
SO₂-emission - forbrænding

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Bølgepap	t/år	227	64	140	295	227	Afs. 3.3.2
Affald	t/år	0	0	86	0	0	Afs. 3.3.5
Fossil varme	t/år	0	68	0	÷29	0	Afs. 3.3.8
El til forbr.	t/år	19	5	24	24	19	Afs. 3.3.8
NO _x i alt	t/år	246	137	250	290	246	

Tabel 4.1.9
NO_x-emission - forbrænding

Der regnes ikke med, at bølgepap producerer faste restprodukter ved forbrænding, og der er set bort fra et evt. vandforbrug ved røgrønsning på forbrændingsanlæggene. Endelig er der set bort fra kemikalieforbruget og restprodukterne ved produktion af kulandelen af den fossile energi.

Tilbage står da, at der i sc. 2b må regnes med et kemikalieforbrug: 240 t/år CaO til røgrønsning, en slaggeproduktion på 10,4 kt/år og en restproduktion på 1920 t/år i forbindelse med forbrænding af 40000 t/år affald.

Af den nævnte slaggemængde regnes 80% = 8320 t/år genanvendt, mens resten 2080 t/år regnes deponeret. I alt fremkommer der altså i sc. 2b en mængde fast affald til deponi på 2080 + 1920 = 4000 t/år.

4.1.3 Deponering af affald

De 5 scenarier medfører, at følgende mængder fast affald skal deponeres i Danmark, tabel 4.1.10:

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Prod.-aff.	kt/år	6,75	9,60	9,60	5,63	5,63	Tabel 4.1.5
Forb.-aff.	kt/år	0	0	4,00	0	0	Afs. 4.1.2
Bølgepap	kt/år	20	20	0	20	38	Tabel 3.1
Affald	kt/år	0	0	-40	0	0	Tabel 3.1
Sum	kt/år	26,75	29,60	-26,4	25,6	43,63	

Tabel 4.1.10 a
Affald til deponering

Energiforhold ved affald til deponering:

- Prod. aff.: Energiindholdet tabt på Grenaa Papir A/S.
- Forbr. aff.: (Slagge og restprodukt) har intet energiindhold.

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Bølgepap	TJ/år	302	302	0	302	574	Afs. 3.3.2
Affald	TJ/år	0	0	-344	0	0	Afs. 3.3.5
Sum	TJ/år	302	302	-344	302	574	

Tabel 4.1.10 b
Energi i papir og affald til deponering

Tabellen viser de samlede bevægelser i Danmark på posten fast affald. Den afspejler først og fremmest de forskelle, der er lagt ind i scenarierne, jf. figur 3.1.

Deponering af bølgepap og brændbart affald medfører en udvikling af CO₂-ækvivalenter, ifølge afsnit 3.3.6 henholdsvis 3280 og 1370 kg/t. Herudfra er beregnet de i tabel 4.1.11 angivne emissioner.

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Bølgepap	kt/år	65,6	65,6	0	65,6	124,6
Affald	kt/år	-	-	-54,8	-	-
Sum	kt/år	65,6	65,6	-54,8	65,6	124,6

Tabel 4.1.11
Emission af CO₂-ækvivalenter fra deponeret affald

4.1.4 Samlet konsekvens i Danmark

Da der er set bort fra ressourceforbrug og emissioner fra transport, kan de samlede konsekvenser i Danmark herefter beregnes.

Tabel 4.1.12 viser forbrugene af råvarer. Tabellen medtager samtlige ressource- og miljøparametre, uanset at mange af dem har værdien 0 i Danmark.

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Træ	kt/år	0	0	0	0	0	
Returpapir	kt/år	104	147	147	86	86	Tabel 3.1

Tabel 4.1.12
Råvareforbrug

Tabel 4.1.13 viser forbruget af hjælpestoffer og tabel 4.1.14 procesenergi-forbruget.

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Vand	kt/år	144	205	205	120	120	
NaOH	t/år	0	0	0	0	0	Tabel 4.1.2
CaO	t/år	0	0	240	0	0	
Andet	t/år	4590	6528	6528	3825	3825	

Tabel 4.1.13
Hjælpestoffer

Art	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Vedv. Grenaa	TJ/år	1737	2470	2470	1448	1448	Tabel 4.1.3
Vedv. forbrænd. bølgepap - affald	TJ/år	906	257	903	1178	906	Tabel 4.1.6.b
Deponering	TJ/år	302	302	+344	302	574	Tabel 4.1.10.b
Vedv. ind i alt	TJ/år	2945	3029	3029	2928	2928	
Vedv. papir	TJ/år	+1359	+1933	+1933	+1133	+1133	Tabel 4.1.3
Vedv. varme	TJ/år	+634	+180	+634	+825	+634	Tabel 4.1.6.b
Vedv. ud i alt	TJ/år	+1993	+2113	+2567	+1958	+1767	
Forbrug vedv.	TJ/år	952	916	462	970	1161	
Fossil Grenaa	TJ/år	666	947	947	555	555	Tabel 4.1.3
Fossil varme	TJ/år	0	454	0	+191	0	Tabel 4.1.6.b
Fossil el-forbrug (kul)	TJ/år	46	13	60	61	46	Tabel 4.1.6.b
Fossil ind i alt	TJ/år	712	1414	1007	425	601	
Fossil varme ud	TJ/år	0	+454	0	+191	0	
Forbrug fossilt	TJ/år	712	960	1007	616	601	
Forbrug i alt	TJ/år	1664	1876	1469	1586	1762	

Tabel 4.1.14
Energiforbrug

Tabel 4.1.15 viser emissionen af CO₂-ækvivalenter, og tabel 4.1.16 viser SO₂-emissionen.

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Produktion	kt/år	62,9	89,5	89,5	52,4	52,4	Tabel 4.1.4
Forbrænding	kt/år	4,4	26,6	16,0	+5,0	4,4	Tabel 4.1.7
Deponering	kt/år	65,6	65,6	-54,8	65,6	124,6	Tabel 4.1.11
I alt	kt/år	132,9	181,7	50,7	113,0	181,4	

Tabel 4.1.15
CO₂-ækvivalenter

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Produktion	t/år	288	410	410	240	240	Tabel 4.1.4
Forbrænding	t/år	182	118	153	208	182	Tabel 4.1.8
I alt	t/år	470	528	563	448	422	

Tabel 4.1.16
SO₂-emission

og tabel 4.1.7 NO_x-emissionen.

Oprindelse	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b	Henvisning
Produktion	t/år	216	307	307	180	180	Tabel 4.1.4
Forbrænding	t/år	246	137	250	290	246	Tabel 4.1.9
I alt	t/år	462	444	557	470	426	

Tabel 4.1.17
NO_x-emission

Nu kan der opstilles et samlet skema over de samlede konsekvenser i scenario 1, 2 og 3.

Stof m.m.	Enhed	Sc. 1	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Indsamlingspotentiale	kt/år	184	184	184	184	184
Produktion liner & fluting	kt/år	90	128	128	75	75
Forbrænding	kt/år	60	17	37	78	60
Deponering	kt/år	20	20	0	20	38
Træ (TS)	kt/år	0	0	0	0	0
RP-Genanvendelse	kt/år	104	147	147	86	86
Vand	kt/år	144	205	205	120	120
NaOH	t/år	0	0	0	0	0
CaO	t/år	0	0	240	0	0
Andet	t/år	4590	6528	6528	3825	3825
Vedv. energi	TJ/år	952	916	462	970	1161
Fossil energi	TJ/år	712	960	1007	616	601
Energiforbrug i alt	TJ/år	1664	1876	1469	1586	1762
CO ₂ -emission	kt/år	133	182	51	113	181
SO ₂ -emission	t/år	470	528	563	448	422
NO _x -emission	t/år	462	444	557	470	426
Spildevand	kt/år	0	0	0	0	0
COD	t/år	0	0	0	0	0
AOX	kg/år	0	0	0	0	0
Affald	kt/år	26,8	29,6	÷26,4	25,6	43,6

Tabel 4.1.18
Samlede konsekvenser - DK

De samlede konsekvenser kan også opgøres som forskydninger i forhold til scenario 1.

Stof m.m.	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Produktion liner & fluting	kt/år	38	38	÷15	÷15
Forbrænding	kt/år	÷43	÷23	18	0
Deponering	kt/år	0	÷20	0	18
Træ (TS)	kt/år	0	0	0	0
Returpapir	kt/år	43	43	÷18	÷18
Vand	kt/år	61	61	÷24	÷24
NaOH	t/år	0	0	0	0
CaO	t/år	0	240	0	0
Andet	t/år	1938	1938	÷765	÷765
Vedv. energi	TJ/år	÷36	÷490	18	209
Fossil energi	TJ/år	248	295	÷96	÷111
Energiforbrug i alt	TJ/år	212	÷195	÷78	98
CO ₂ -emission	kt/år	49	÷82	÷20	48
SO ₂ -emission	t/år	58	93	÷22	÷48
NO _x -emission	t/år	÷18	95	8	÷36
Spildevand	kt/år	0	0	0	0
COD	t/år	0	0	0	0
AOX	kg/år	0	0	0	0
Affald	kt/år	2,8	÷53,2	÷1,2	16,8

Tabel 4.1.19
Forskydning i forhold til scenario 1 - DK

Spildevandsudledning i Danmark er 0, og der er derfor ingen udledning af COD og AOX.

Vurderet for Danmark alene giver *forøget genbrug* et forøget forbrug af

- returpapir
- stivelseslim
- andre stoffer
- vand
- fossil procesenergi

og vice versa.

Sker den forøgede genbrug *på bekostning af forbrænding* (sc. 2a saml. sc. 3a) indebærer det en forøget emission/produktion af

- CO₂
- SO₂
- affald (moderate variationer)

samt en reduceret emission af

- NO_x

Sker den forøgede genbrug derimod *på bekostning af deponering* (sc. 2b saml. sc. 3b)

fås en væsentlig reduktion af emissionen af

- CO₂-ækvivalenter
- affald til deponering,

mens det medfører forøget emission af

- SO₂
- NO_x

4.2 Konsekvenser i udlandet (Sverige)

De mængder liner og fluting, der fremstilles i Danmark, regnes at fortrænge virgin liner og fluting fremstillet i Sverige. Jf. tabel 4.1.1 er den danske produktion i scenario 2 forøget med 38.000 t, mens den i scenario 3 er reduceret med 15.000 t.

Idet der endvidere regnes med, at der fordres 1,25 kg genbrugsliner og -fluting til at substituere 1 kg virgin liner og fluting (med et mindre indhold af returfibre) (Katholm, 1994), fortrænger den i scenario 2

$38 \text{ kt} \times 0,80 = 30 \text{ kt}$ virgin liner og fluting

mens den i scenario 3 må suppleres med 12 kt. Data for produktion heraf findes i tabel 4.2.1 (samt tabel 3.3.3).

Ressource- og miljøforholdene herved fremgår for de 3 scenarier af tabel 4.2.1.

Stof m.m.	Enhed	Sc. 2	Sc. 3
Produktion	kt/år	÷30	12
Træ (TS)	kt/år	÷53	21
Returpapir	kt/år	+4	2
Vand	kt/år	÷1170	468
NaOH	t/år	÷288	115
CaO	t/år	÷183	73
Andet	t/år	+1530	612
Vedv. energi	TJ/år	÷570	228
Fossil energi	TJ/år	÷42	17
Energi i alt	TJ/år	÷612	245
CO ₂ -emission	kt/år	÷3,2	1,9
SO ₂ -emission	t/år	+48	19
NO _x -emission	t/år	+33	13
Spildevand	kt/år	÷1170	468
COD	t/år	÷210	84
AOX	kg/år	÷90	36
Affald	t/år	÷0,90	0,36

Tabel 4.2.1
Produktion af virgin liner og fluting

Som det kan forventes, medfører en forøget/reduceret genanvendelse i Danmark et reduceret/forøget forbrug af ressourcer og en reduceret/forøget forureningsemission i Sverige. Specielt bemærkes, at der ved overgang fra scenario 1 til scenario 2 spares 53.000 t trætræstof. Tænker man sig dette anvendt til fjernvarmefremstilling i Sverige under fortrængning af olie, kan der, jf. tabel 3.3.1 beregnes de i tabel 4.2.2 angivne CO₂-, SO₂- og NO_x-emissioner.

Stof m.m.	Enhed	Sc. 2	Sc. 3	Henvisning
Besparelse (TS)	kt/år	53	÷21	Tabel 3.1
Fortrængt olie	kt/år	27,5	÷10,5	Tabel 3.3.1
Fortrængt CO ₂	kt/år	84	+33	
Fortrængt SO ₂	t/år	538	÷213	
Fortrængt NO _x	t/år	16	÷6	

Tabel 4.2.2
Effekt af sparet træ

Det ses af tabellen, at anvendelse af det sparede træ til energifremstilling giver en væsentlig samlet reduktion af CO₂, SO₂ og en beskedne reduktion af NO_x-emissionen i Sverige.

4.3 Samlede konsekvenser

De samlede konsekvenser kan opgøres som vist i tabel 4.3.1.a, idet der her ses bort fra den besparelse i CO₂, SO₂ og NO_x-emissionen, der knytter sig til en evt. udnyttelse af sparet træ i Sverige.

Stof	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Genanv. DK	kt/år	43	43	+18	+18
Prod. (1+f) DK	kt/år	38	38	+15	+15
Forbrænding DK	kt/år	+43	+23	18	0
Dep. DK	kt/år	0	+20	0	18
Træ (TS)	kt/år	+53	+53	21	21
Returpapir	kt/år	39	39	+16	+16
Vand	kt/år	+1109	+1109	444	444
NaOH	t/år	+288	+288	115	115
CaO	t/år	+183	57	73	73
Andet	t/år	408	408	+153	+153
Vedv. energi	TJ/år	+606	+1060	246	437
Fossil energi	TJ/år	206	253	+79	+94
Energi i alt	TJ/år	+400	+807	+167	343
CO ₂ -emission	kt/år	46	+85	+18	50
SO ₂ -emission	t/år	10	45	+3	+29
NO _x -emission	t/år	+51	62	21	+23
Spildevand	kt/år	+1170	+1170	468	468
COD	t/år	+210	+210	84	84
AOX	kg/år	+90	+90	36	36
Affald ¹⁾	kt/år	1,9	+54,1	+0,8	17,2

¹⁾ Til deponering

Tabel 4.3.1.a

Samlede konsekvenser - bølgepap - opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen og uden udnyttelse af sparet træ til energiformål

Studerer tabellen ses, at ingen af scenarierne falder entydigt til den ene eller den anden side. For de to genanvendelsesscenarier er der dog en overvægt af tal med minusfortegn, dvs. sparede forbrug/reducerede emissioner, mens det omvendte er tilfældet for sc. 3a og 3b's vedkommende.

CO₂-emissionen varierer dog på en anden måde. Sammenholdes sc. 2a og 3a, ses, at det for CO₂'s vedkommende er en fordel at reducere genanvendelsen til fordel for forbrænding. Derimod er det en fordel at øge genanvendelsen, hvis alternativet er at deponere bølgepappet (sc. 3b), eller hvis man derved kan reducere behovet for at deponere andet brændbart affald (sc. 2b).

Som nævnt medfører en forøget genanvendelse, at der spares noget træ til fremstilling af ny liner og fluting i Sverige. Tænker man sig denne træmængde anvendt til varmeproduktion under fortrængning af olie (jf. afsnit 3.3.1), vil man opnå følgende konsekvenser på CO₂-, SO₂- og NO_x-emission (tabel 4.3.1 a):

Stof	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
CO ₂	kt/år	+84	+84	+33	+33
SO ₂	t/år	+538	+538	+213	+213
NO _x	t/år	+16	+16	+6	+6

Tabel 4.3.1.b

Konsekvenser af at udnytte sparet træ til energiformål

De samlede konsekvenser - bølgepap - opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen og med udnyttelse af sparet træ til energiformål kan således opgøres (tabel 4.3.1.c).

Stof	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
CO ₂	kt/år	+38	+169	+15	+17
SO ₂	t/år	+528	+493	+210	+202
NO _x	t/år	+67	+46	+27	+17

Tabel 4.3.1.c

De samlede konsekvenser - bølgepap - opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen og med udnyttelse af sparet træ til energiformål

Som det fremgår af tabel 4.3.1.c bliver den samlede besparelse nu så stor, at den i givet fald ud fra et globalt CO₂-emissionssynspunkt gør det mest fordelagtigt at genanvende bølgepap.

5 Økonomisk vurdering

Den økonomiske vurdering af de opstillede scenarier omfatter en beskrivelse af de økonomisk reale konsekvenser, en virksomhedsøkonomisk vurdering og en samfundsøkonomisk vurdering - se hhv. afsnit 5.1, 5.2 og 5.3.

Af hensyn til forståelsen af de efterfølgende afsnit, skal følgende bruttoliste over konsekvenserne for både øget og reduceret genanvendelse af bølgepap contra forbrænding og deponering opstilles indledningsvist.

Reale konsekvenser

<ul style="list-style-type: none"> * Øgede hhv. sparede investeringsudgifter til liner- og flutingproduktion. * Øgede hhv. sparede driftsudgifter til liner- og flutingproduktion. * Øgede hhv. mistede indtægter ved eksport af liner og fluting.
<ul style="list-style-type: none"> * Sparede hhv. øgede investeringsudgifter til forbrænding af bølgepap og affald. * Sparede hhv. øgede driftsudgifter til forbrænding af bølgepap og affald. * Mistede hhv. øgede indtægter for forbrænding af bølgepap og affald. * Mistede hhv. øgede indtægter ved salg af varmeenergi fra forbrænding.
<ul style="list-style-type: none"> * Sparede hhv. øgede investeringsudgifter til deponering af bølgepap og affald. * Sparede hhv. øgede driftsudgifter til deponering af bølgepap og affald. * Mistede hhv. øgede indtægter for deponering af bølgepap og affald.
<ul style="list-style-type: none"> * Øgede hhv. sparede investeringsudgifter til indsamling af bølgepap til genanvendelse. * Øgede hhv. sparede driftsudgifter til indsamling af bølgepap til genanvendelse. * Øgede hhv. mistede indtægter for salg af bølgepap.
<ul style="list-style-type: none"> * Sparede hhv. øgede investeringsudgifter til indsamling af bølgepap og affald til forbrænding og deponering. * Sparede hhv. øgede driftsudgifter til indsamling af bølgepap og affald til forbrænding og deponering. * Mistede hhv. øgede indtægter for indsamling af bølgepap og affald.
<ul style="list-style-type: none"> * Øgede hhv. sparede investeringsudgifter til fossilt baseret produktion af varmeenergi. * Øgede hhv. sparede driftsudgifter til fossilt baseret produktion af varmeenergi. * Øgede hhv. mistede indtægter ved salg af varmeenergi.
<ul style="list-style-type: none"> * Øgede hhv. sparede energiafgifter. * Øgede hhv. sparede emissionsafgifter. * Sparede hhv. øgede affaldsafgifter.

Den opstillede liste over de direkte konsekvenser er en bruttoliste. Konsekvenserne er relevante enten i forbindelse med den privatøkonomiske eller i forbindelse med den samfundsøkonomiske kalkule.

5.1 Konsekvensskemaer

I nedenstående skemaer er de enkelte scenariers reale økonomiske konsekvenser opstillet.

De økonomisk reale konsekvenser omfatter de betragtede scenariers konsekvenser for den samlede produktion, råvare-, kapital- og arbejdskraftforbrug. Konsekvenserne opgøres så vidt muligt i mængdemæssige enheder i modsætning til værdier - deraf udtrykket reale konsekvenser.

Konsekvensbeskrivelsen omfatter en opstilling af konsekvenserne i et konsekvensskema og en beskrivelse af scenariernes økonomiske konsekvenser.

I afsnit 5.1.1 er de enkelte scenariers økonomiske konsekvenser beskrevet, idet der samtidig er gjort rede for hvorledes de enkelte konsekvenser er identificeret og beregnet.

Konsekvensskema

Genanvendelse contra henholdsvis forbrænding og deponi af bølgepap

		Øget genanvendelse		Reduceret genanvendelse	
		Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B
Produktion af genbrugsliner og fluting					
Produktion	1000 ton	+37,4	+37,4	÷15,7	÷15,7
- eksport		+37,4	+37,4	÷15,7	÷15,7
- indenlandsk		-	-	-	-
Investering	mio. kr.	+200	+200	÷84	÷84
- import		+160	+160	÷67	÷67
- indenlandsk		+40	+40	÷17	÷17
Returpap	1000 ton	+43	+43	÷18	÷18
- import		-	-	-	-
- indenlandsk		+43	+43	÷18	÷18
Andre råvarer					
- Vand	1000 ton	+60	+60	÷25	÷25
- Stoffer	ton	+1.907	+1.907	÷798	÷798
Procesenergi					
- el	MWh	+16.830	+16.830	÷7.065	÷7.065
- damp	GJ	+175.780	+175.780	÷73.790	÷73.790
Arbejdskraft	prs.	+53,5	+53,5	÷22,4	÷22,4
Øvrig drift	mio. kr.	+10,9	+10,9	÷4,6	÷4,6
- import		-	-	-	-
- indenlandsk		+10,9	+10,9	÷4,6	÷4,6
Procesaffald	ton	+2.804	+2.804	÷1.174	÷1.174
Indsamling af bølgepap til genanvendelse					
Indsamling	1000 ton	+43	+43	÷18	÷18
- import		-	-	-	-
- indenlandsk		+43	+43	÷18	÷18
Investering ¹⁾	mio. kr.	+26,9	+26,9	÷11,3	÷11,3
- import		+6,2	+6,2	÷2,6	÷2,6
- indenlandsk		+20,7	+20,7	÷8,7	÷8,7
Arbejdskraft	prs.	+26,9	+26,9	÷11,3	÷11,3
Øvrig drift	mio. kr.	+17,5	+17,5	÷7,3	÷7,3
- import		0	0	0	0
- indenlandsk		+17,5	+17,5	÷7,3	÷7,3

Tegnforklaring: - (streg) betyder ingen ændring i forhold til udgangssituationen, scenario 1.

1) I beregningerne indgår geninvestering og scrapværdi, se de efterfølgende tekster.

		Øget genanvendelse		Reduceret genanvendelse	
		Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B
Forbrænding af bølgepap og andet affald					
Varmeproduktion	GJ	+455.800	-	+190.800	-
Investering	mio. kr.	÷103,2	+42,2	+43,2	-
- import		+12,4	+5,1	+5,2	-
- indenlandsk		+90,8	+37,1	+38	-
Affaldsressourcer	1000 ton	÷43	+17,3	+18	-
- papaffald		÷43	÷23	+18	-
- andet brændbart		-	+40,3	-	-
Procesenergi (El)	MWh	÷3.715	+1.521	+1.555	-
Arbejdskraft	prs.	+19,8	+8	+8,3	-
Miljøressourcer	1000 kr.	-	+472	-	-
Øvrig drift	1000 kr.	+3.169	+1.692	+1.327	-
Procesaffald	ton				
- slagge (brutto)		-	+10.465	-	-
- slagge (netto)		-	+2.093	-	-
- restprodukt		-	+1.932	-	-
Deponering af bølgepap og andet affald					
Deponeret mængde	ton	+2.804	÷53.471	÷1.174	+16.826
- papaffald		-	÷20.000	-	+18.000
- andet brændbart		-	+40.300	-	-
- procesaffald (liner)		+2.804	+2.804	÷1.174	÷1.174
- slagge (forbrænding)		-	+2.093	-	-
- restprodukt (forbrænding)		-	+1.932	-	-
Indsamling af affald til forbrænding og deponering					
Indsamling	1000 ton	÷43	÷43	+18	+18
- pap til forbrænding		÷43	÷23	+18	-
- pap til deponering		-	÷20	-	+18
- andet til forbrænding		-	+40,3	-	-
- andet til deponering		-	÷40,3	-	-
Investering ¹⁾	mio. kr.	÷17,9	÷17,9	+7,5	+7,5
- import		÷4,1	÷4,1	+1,7	+1,7
- indenlandsk		÷13,8	÷13,8	+5,8	+5,8
Arbejdskraft	prs.	÷17,9	÷17,9	+7,5	+7,5
Øvrig drift	mio. kr.	÷4,5	÷4,5	+1,9	+1,9
- import		0	0	0	0
- indenlandsk		÷4,5	÷4,5	+1,9	+1,9

1) I beregningerne indgår geninvestering og scrapværdi, se de efterfølgende tekst.

	Øget genanvendelse		Reduceret genanvendelse		
	Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B	
Substitution					
Fossilt produceret energi	GJ	+455.800	-	÷190.800	-
Andet brændbart	1000 ton	-	+40,3	-	-
Sparet råmateriale	1000 ton	+75	+75	÷32	÷32
Import/eksport 1000 x:					
Import af naturgas	m ³	+5.844	-	÷2.446	-
Import af kul	ton	+12,1	+11,3	÷5,1	÷4,5
Eksport af liner og fluting	ton	+37,4	+37,4	÷15,7	÷15,7
Affaldsproducenterne ton					
Pap til genanvendelse		+43.000	+43.000	÷18.000	÷18.000
Pap til forbrænding		÷43.000	÷23.000	+18.000	-
Pap til deponering		-	÷20.000	-	+18.000
Andet brændbart til forbrænding		-	+40.300	-	-
Andet brændbart til deponering		-	÷40.300	-	-
Statsprovenu - parametre og enhedsmængder					
Fossil energi	GJ	+455.800	-	÷190.800	-
Affald	ton				
- pap og andet brændbart		÷43.000	÷43.000	+18.000	+18.000
- procesaffald (liner)		+2.804	+2.804	÷1.174	÷1.174
- slagger til genanvendelse		-	+8.372	-	-
- slagger til deponering		-	+2.093	-	-
- restprodukt til deponering		-	+1.932	-	-

5.1.1 Scenariernes økonomiske konsekvenser

I dette afsnit beskrives de enkelte scenariers økonomiske konsekvenser, idet der samtidig gøres rede for hvorledes de enkelte konsekvenser er identificeret og beregnet.

Følgende gennemgang af de økonomiske konsekvenser er foretaget i relation til konsekvensskemaet i afsnit 5.1, idet de her omfattede funktionsområder behandles successivt.

	Produktion af genbrugsliner og fluting
<i>Produktion</i>	Der produceres 1 ton liner og fluting pr. 1,15 ton primær råvare på Grenaa Papirfabrik. Den primære råvare består af returpap. Dette betyder for scenario 2A + 2B, at produktionen af liner og fluting forøges med +37.400 ton, svarende til en forøget mængde råvare på +43.000 ton returpap. Og det betyder for scenario 3A + 3B, at produktionen af liner og fluting reduceres med ÷15.700 ton, svarende til en reduceret mængde returpap på ÷18.000 ton. Færdigvarerne forudsættes eksporteret.
<i>Investering</i>	Udgangspunktet for beregning af investeringer er Grenaa Papir's eksterne årsregnskab for 1990 og 91, hvor det oplyses, at en investering på 400 mio. kr. medfører en øget produktionskapacitet fra 125.000 ton til over 200.000 ton. Forudsat et lineært investeringsforhold pr. ton produceret færdigvare, vil +37.400 ton færdigvare i scenario 2A + 2B svare til en investering på +200 mio. kr. I scenario 3A + 3B reduceres produktionen med ÷15.700 ton svarende til en reduceret investering på ÷84 mio. kr. Investeringerne består af 80% importeret produktionsudstyr, og 20% indenlandsk leveret udstyr, herunder bygninger og øvrige anlæg.
<i>Råvarer</i>	Ved scenario 2A + 2B øges genanvendelsen af bølgepap med +43.000 ton, og i scenario 3A + 3B reduceres genanvendelsen med ÷18.000 ton. Som tidligere oplyst forbruges 1,6 m ³ vand og 51 kg lim og hjælpestoffer pr. ton færdigvare, svarende til henholdsvis +60.000 ton vand og +1.907 ton lim m.v. i scenario 2A + 2B, samt ÷25.000 ton vand og ÷798 ton lim m.v. i scenario 3A + 3B.
<i>Procesenergi</i>	Som tidligere oplyst forbruges 0,45 MWh el og 4,7 GJ damp pr. ton færdigvare, svarende til henholdsvis +16.830 MWh og +175.780 GJ i scenario 2A + 2B, samt ÷7.065 MWh og ÷73.790 GJ i scenario 3A + 3B.
<i>Arbejdskraft</i>	Arbejdskraftforbruget ved øget genanvendelse er estimeret på baggrund af Grenaa Papir's eksterne regnskab. Ved en produktion på 136.000 ton var 194 personer ansat på fabrikken i 1989/90, hvilket omregnet til +37.400 ton i scenario 2A + 2B svarer til et arbejdskraftforbrug på +53,5 personer, samt i scenario 3A + 3B ved ÷15.700 ton svarer til ÷22,4 prs.

<i>Øvrig drift</i>	De øvrige driftsomkostninger er ligeledes estimeret på baggrund af Grenaa Papir's eksterne regnskab. Ved en produktion på 136.000 ton udgør de øvrige driftsomkostninger ekskl. afskrivninger 39,649 mio. kr., hvilket i scenario 2A + 2B kan omregnes til +10,9 mio. kr. ved en produktion på +37.400 ton færdigvarer, og ved ÷15.700 ton i scenario 3A + 3B kan omregnes til ÷4,6 mio. kr.
<i>Procesaffald</i>	Som tidligere oplyst genereres 75 kg procesaffald pr. ton færdigvare, hvilket i scenario 2A + 2B svarer til +2.804 ton, og i scenario 3A + 3B svarer til ÷1.174 ton.
<i>Indsamling</i>	<p>Indsamling af bølgepap til genanvendelse</p> <p>Det forudsættes som tidligere nævnt, at indsamlingen af bølgepap til genanvendelse øges med +43.000 ton i scenario 2A + 2B, og reduceres med ÷18.000 ton i scenario 3A + 3B.</p>
<i>Investering</i>	<p>Det er tidligere oplyst, at der skal investeres i 1 komprimatorbil à kr. 1 mio. pr. 1.600 ton indsamlet bølgepap, hvilket ved +43.000 ton svarer til en investering på kr. +26,9 mio. Heraf er +6,2 mio. kr. importerede og +20,7 mio. kr. indenlandske produktionsgoder.</p> <p>De ÷18.000 ton i scenario 3A + 3B svarer til en investering på ÷11,3 mio. kr.</p>
<i>Arbejdskraft</i>	Det er tidligere oplyst, at 1 person svarer til 1.600 ton. pr. år, hvilket ved +43.000 ton svarer til +26,9 personer, og ved ÷18.000 ton svarer til ÷11,3 prs.
<i>Øvrig drift</i>	<p>Det er tidligere oplyst, at øvrig drift andrager kr. 250.000 pr. 1.600 ton = 156 kr. pr. ton til indsamling og kr. 250 pr. ton til sortering og presning, i alt kr. 406 pr. ton. Ved +43.000 ton svarer dette til kr. +17,5 mio. pr. år, og ved ÷18.000 ton svarer det til ÷7,3 mio. kr. år.</p> <p>Forbrænding af bølgepap og andet affald</p> <p>Data vedrørende forbrænding bygger her på oplysninger omkring et moderne affaldsforbrændingsanlæg med kapaciteten 50.000 ton pr. år. Anlægget leverer fjernvarme.</p>
<i>Varmeproduktion</i>	<p>Det er tidligere oplyst, at et moderne affaldsforbrændingsanlæg kan levere 10,6 GJ fjernvarme pr. ton bølgepap og 6 GJ pr. ton andet brændbart affald.</p> <p>I scenario 2A trækkes ÷43.000 ton bølgepap bort fra forbrændingsanlægget, hvilket svarer til ÷455.800 GJ. Den "manglende" fjernvarmeenergi substitueres ved leverance fra energianlæg baseret på fossilt brændsel. I scenario 2B leverer forbrændingsanlægget den samme fjernvarmeenergi som i udgangsscenarioet, altså ingen ændring i forhold til dette.</p> <p>I scenario 3A forøges tilførslen af bølgepap til forbrænding med +18.000 ton, hvilket svarer til +190.800 GJ. I scenario 3B forbrændes en uændret mængde i forhold til udgangsscenarioet.</p>

Investering

Af grunddata omkring affaldsforbrændingsanlægget opstillet tidligere fremgår, at investeringen i et anlæg med kapaciteten 50.000 ton andrager kr. 120 mio.

I scenario 2A kan denne investering forudsat lineære omkostningsforløb omregnes til en besparelse på kr. ÷103,2 mio. hvoraf kr. ÷12,4 mio. er import og kr. ÷90,8 mio. er indenlandsk producerede produktionsgoder.

I scenario 2B reduceres tilførslen med ÷23.000 ton papaffald til forbrænding i forhold til udgangsscenarioet.

For at kunne levere den samme fjernvarmeenergi substitueres med andet brændbart affald fra deponi svarende til 23.000 ton bølgepap eller 243.800 GJ.

Dette svarer til +40.300 ton andet brændbart affald, hvilket betyder en nettoforøgelse af affaldsressourcerne på +17.300 ton. Dette svarer således til en forøget investering (udregnet som ovenfor) på kr. +42,2 mio., hvoraf kr. +5,1 mio. er import og kr. +37,1 mio. er indenlandsk producerede produktionsgoder.

Det skal til ovenstående bemærkes, at den beregnede nettoforøgelse, som skyldes forskel i brændværdi, ikke nødvendigvis bliver fuldt realiseret, på grund af mulighed for teknisk omstilling på anlægget.

I scenario 3A øges investeringerne med +43,2 mio. kr. Scenario 3B er uændret.

Affaldsressourcer

Som det fremgår af ovenstående reduceres tilførslen af papaffald til forbrænding i scenario 2A med ÷43.000 ton, der ikke substitueres med andre affaldsressourcer. I scenario 2B reduceres tilførslen af papaffald med ÷23.000 ton, der substitueres med +40.300 ton andet brændbart affald fra deponi, hvilket giver en nettoforøgelse i forhold til udgangsscenarioet på +17.300 ton. I scenario 3A øges tilførslen af papaffald til forbrænding med +18.000 ton. Scenario 3B er uændret.

Procesenergi

Af grunddata omkring forbrændingsanlægget fremgår at en fuld kapacitetsudnyttelse svarer til et forbrug af procesenergi i form af el på 4.320 MWh.

For scenario 2A betyder dette en besparelse på ÷3.715 MWh, og for scenario 2B betyder dette en forøgelse på +1.521 MWh i forhold til udgangsscenarioet. I scenario 3A forøges forbruget af el som procesenergi med +1.555 MWh. 3B er uændret.

Arbejdskraft

Af grunddata fremgår, at der ved fuld kapacitetsudnyttelse forbruges arbejdskraft på 23 personer (20 driftsmedarbejdere og 3 funktionærer).

For scenario 2A betyder dette en besparelse på ÷19,8 personer, og for scenario 2B betyder det en forøgelse på +8 personer i forhold til udgangsscenarioet. I scenario 3A forøges forbruget af arbejdskraft med +8,3 personer. 3B er uændret.

Miljøressourcer

Af grunddata fremgår, at der ved fuld kapacitetsudnyttelse forbruges miljøressourcer til kemisk røgrens på 10,5 kg. pr. ton papaffald der fortrænges af andet brændbart affald. Det fremgår endvidere, at der forbruges 300.000 kr. til filterposer ved fuld kapacitetsudnyttelse.

I scenario 2A, 3A og 3B forbruges ingen miljøressourcer, da der her kun forbrændes papaffald, og for scenario 2B betyder det en forøgelse på kr. +472.000 = (242 ton kalk x 950 kr./ton) + (300.000 kr./50.000) x 40.300.

Øvrig drift

Af grunddata fremgår, at øvrig drift omfatter kørsel og containere (slagge m.v.), miljømålinger, vedligehold af bygninger og maskiner m.v., samt leje af grund. Ved fuld kapacitet udgør øvrig drift i alt kr. 4.445.000 inkl. og kr. 3.685.000 ekskl. kørsel med slagge.

For scenario 2A betyder dette en besparelse på kr. ÷3.169.000, for scenario 2B betyder dette en forøgelse på kr. +1.565.000, og for scenario 3A betyder dette en forøgelse på kr. +1.327.000. Scenario 3B er uændret.

Procesaffald

Af grunddata fremgår endelig, at procesaffald omfatter bortskaffelse af slagge og deponi af restprodukt. Ved fuld kapacitet genereres 26% slagge i forhold til den indfyrede mængde af andet brændbart affald, hvoraf 80% genanvendes. Der genereres endvidere 48 kg. restprodukt fra røggasrensning pr. ton indfyret mængde af andet brændbart affald.

I scenario 2A, 3A og 3B genereres intet procesaffald. I scenario 2B betyder det en forøgelse på netto +2.093 ton slagge samt +1.932 ton restprodukt til deponering.

Deponering af bølgepap og andet affald

Deponeret mængde

Som forudsat tidligere vil den deponerede mængde bølgepap i scenario 2A ikke blive ændret i forhold til udgangssceneriet. Der deponeres i scenario 2A +2.804 ton procesaffald svarende til den forøgede produktion af liner og fluting på +37.400 ton.

For scenario 2B gælder, at der fraføres ÷20.000 ton bølgepap fra deponi til genanvendelse og ÷40.300 ton andet brændbart affald fra deponi til forbrænding. Der deponeres +2.804 ton procesaffald fra liner og fluting produktion, +2.093 ton slagge fra forbrænding og +1.932 ton restprodukt fra røggasrensning ved forbrænding.

I scenario 3A reduceres deponeringen med ÷1.174 ton procesaffald svarende til reduktionen af liner og fluting produktionen på ÷15.700 ton.

I scenario 3B forøges deponeringen af papaffald med +18.000 ton og deponeringen af procesaffald fra liner og fluting produktion reduceres med ÷1.174 ton.

Indsamling af affald til forbrænding og deponering

Indsamling

Det forudsættes som tidligere nævnt, at indsamlingen af bølgepap til forbrænding reduceres med ÷43.000 ton i scenario 2A.

I scenario 2B reduceres indsamlingen af bølgepap til forbrænding med ÷23.000 ton og indsamlingen af bølgepap til deponering reduceres med ÷20.000 ton. Samtidig øges indsamlingen af andet brændbart affald til forbrænding med +40.300 ton, idet indsamlingen af dette affald ikke længere tilføres deponering. Netto reduceres indsamlingen til forbrænding og deponering med ÷43.000 ton som i scenario 2A.

I scenario 3A forøges indsamlingen til forbrænding med +18.000 ton, og i scenario 3B forøges indsamlingen til deponering med +18.000 ton.

Investering

Det er tidligere oplyst, at der skal investeres i 1 komprimatorbil a kr.1 mio. pr. 2.400 ton pr. år., hvilket ved ÷43.000 ton i scenario 2A + 2B svarer til kr. ÷17,9 mio. I scenario 3A + 3B øges indsamlingen til hhv forbrænding og deponering med +18.000 ton, hvilket svarer til en forøget investering på +7,5 mio. kr.

Arbejdskraft

Det er tidligere oplyst, at 1 person svarer til 2.400 ton pr. år., hvilket ved ÷43.000 ton i scenario 2A + 2B svarer til ÷17,9 personer, og ved +18.000 ton i scenario 3A + 3B svarer til +7,5 prs.

Øvrig drift

Det er tidligere oplyst, at øvrig drift ved indsamling til forbrænding og deponering, andrager kr. 250.000 pr. 2.400 ton = 104 kr. pr. ton. Ved ÷43.000 ton i scenario 2A + 2B svarer dette til kr. ÷4,5 mio. pr. år, og ved +18.000 ton i scenario 3A + 3B svarer dette til +1,9 mio. kr.

Import/eksport

Vedrørende beregningsforudsætningerne for import/eksport af naturgas og kul, henvises til afsnit 5.3.1.

Som det fremgår af konsekvensskemaet substitueres den reducerede varmereproduktion i scenario 2A på 455.800 GJ fra affaldsforbrænding med varmeenergi produceret på fossilt brændsel - 50/50% naturgas- og kulbaseret. I scenario 3A reduceres 190.800 GJ baseret på produktion af fossilt brændsel med varme fra affaldsforbrænding.

Naturgas

Med en brændværdi for naturgas på 0,039 GJ/m³ og en anlægsmæssig virkningsgrad på 100% for det naturgasbaserede fjernvarmeanlæg, svarer +455.000 GJ/2 til en forøget import af naturgas på +5.844.000 m³ i scenario 2A. I scenario 3A svarer den reducerede naturgasbaserede fjernvarmereproduktion på ÷190.800/2 til en reduceret import af naturgas på ÷2.446 m³.

Kul

Forbruget af kul er i alt hhv. +12.112 ton/+11.278 ton i scenario 2A og 2B, samt ÷5.083 ton/÷4.513 ton i scenario 3A og 3B. Den samlede kulimport består af 3 forskellige elementer; varmereproduktion, procesdamp og elproduktion.

Det skal fremhæves, at omkostningerne til produktion af varme er udregnet under den forudsætning, at varme produceres som biprodukt til elproduktion på et kraftvarmeværk.

Forståelse af disse udregninger forudsætter indsigt i beregningsforudsætningerne, hvorfor der her skal henvises specifikt til redegørelsen i afsnit 5.3.1.

I scenario 2A svarer den forøgede produktion af fossilt produceret varmeenergi på +455.800 GJ/2 til en forøget import af kul på +2.649 ton. I scenario 3A svarer den reducerede fossile varmeproduktion på ÷190.800 GJ/2 til en reduceret import af kul på ÷1.109 ton.

Procesdampen til Grenås produktion af liner og fluting er baseret på kul og halm. Det antages, at der benyttes 3,3 GJ kul-procesdamp pr. produceret ton liner og fluting. Importen af kul til fremstilling af procesdamp er således +4.917 ton i scenario 2A og 2B, og ÷2.064 ton i scenario 3A og 3B.

Elforbruget stammer fra henholdsvis produktion og forbrændingen. Omregnet til kul giver det en import på +4.546 ton/+6.361 ton i scenario 2A og 2B samt ÷1.910 ton/÷2.449 ton i scenario 3A og 3B.

Liner og fluting

I scenario 2A + 2B øges eksporten af liner og fluting med +37.400 ton, og i scenario 3A + 3B reduceres eksporten med ÷15.700 ton.

Affaldsproducenterne

Som det fremgår af konsekvensskemaet, er de reale konsekvenser for affaldsproducenterne i scenario 2A, at bortskaffelse af bølgepap til genanvendelse øges med +43.000 ton og bortskaffelse til forbrænding reduceres med ÷43.000 ton.

I scenario 2B øges bortskaffelse af bølgepap til genanvendelse med +43.000 ton samt bortskaffelse til forbrænding reduceres med ÷23.000 ton og til deponering med ÷20.000 ton. Bortskaffelse af andet brændbart til forbrænding øges med +40.300 ton og reduceres til deponering med ÷40.300 ton.

I scenario 3A og 3B reduceres indsamling til genanvendelse med ÷18.000 ton, idet indsamling til forbrænding øges med +18.000 ton i scenario 3A og indsamling til deponering øges med +18.000 ton i scenario 3B.

Staten

Som det fremgår af konsekvensskemaet, er de reale konsekvenser for staten, at provenugrundlaget i scenario 2A øges med +455.800 GJ fossil energi, reduceres med ÷43.000 ton affald til forbrænding og øges med +2.804 ton procesaffald fra liner- og flutingproduktion til deponering.

I scenario 2B reduceres provenugrundlaget med ÷43.000 ton papaffald til forbrænding og med ÷8.372 ton slagger fra forbrænding til genanvendelse (der nu skal refunderes). Provenugrundlaget øges med +2.804 ton procesaffald fra linerproduktion til deponering, med +2.093 ton slagger fra forbrænding til deponering og med +1.932 ton restprodukt fra røg-gasrensning til deponering.

I scenario 3A + 3B forøges provenugrundlaget med +18.000 ton papaffald til hhv. forbrænding og deponering, og provenugrundlaget reduceres med ÷1.174 ton procesaffald fra linerproduktion.

I de følgende afsnit 5.2 og 5.3 fortages efterfølgende hhv. en virksomhedsøkonomisk og en samfundsøkonomisk vurdering af de opstillede scenariers konsekvenser.

5.2 Virksomhedsøkonomisk vurdering

Den virksomhedsøkonomiske vurdering bygger på den virksomhedsøkonomiske kalkule som denne er beskrevet i metodeafsnit 2.6.2.

Den virksomhedsøkonomiske kalkule gennemføres med udgangspunkt i det opstillede konsekvensskema ved brug af de for virksomhederne relevante priser - dvs. de gældende markedspriser fratrukket moms og andre refunderbare afgifter. Beregningerne omfatter også eventuelle subsidier, som tilfalder virksomhederne. De skatte- og afskrivningsmæssige forhold omfattes derimod ikke af denne udredning, da de anses for virksomheds-specifikke, og derfor ikke kan indgå i generelle beregninger.

Den virksomhedsøkonomiske kalkule gennemføres for hvert af de opstillede scenarier, og omfatter følgende:

- prisforudsætninger
- de primære virksomheders økonomi
 - produktion af liner og fluting
 - indsamling til genanvendelse
 - indsamling til forbrænding og deponering
 - affaldsproducenten
 - Staten
- den samlede virksomhedsøkonomi ved hhv. at øge eller reducere genanvendelsen af bølgepap.

Der gennemføres ikke virksomhedsøkonomiske vurderinger af de offentlige virksomheder, da disse forudsættes økonomisk neutrale.

5.2.1 Prisforudsætninger

Generelle prisforudsætninger

De generelle prisforudsætninger for den virksomhedsøkonomiske kalkule er sammenfattet i nedenstående tabel - alle priser er i 1991-prisniveau og ekskl. moms og andre refunderbare afgifter.

**Prisforudsætninger for den virksomhedsøkonomiske kalkule.
(1991-prisniveau ekskl. moms og andre refunderbare afgifter)**

Elektricitet	0,40 kr./KWh
Deponering	195,00 kr./ton
Forbrænding	370,00 kr./ton
Affaldsafgift	130,00 kr./ton
Energiafgift	10,00 kr./GJ
Kalkulationsrente	7% p.a.

Elpris Elektricitetsprisen på 0,40 kr./kWh er i Møller (1992) oplyst som 1991 gældende markedspris.

Deponering Deponeringsprisen er oplyst som vægtet gennemsnit i Finansministeriet m.fl. (1992).

Affaldsafgift Affaldsafgiften på 130,00 kr./ton var gældende i 1991.

Energiafgift Afgiften på 10,00 kr./GJ er oplyst skønnet af dk-Teknik som vægtet gennemsnit i relation til det her valgte 50/50% mix af fjernvarme fra kulbaseret kraftvarme- og naturgasbaseret fjernvarmeanlæg.

Kalkulationsrente Kalkulationsrenten er valgt til 7% p.a. svarende til de seneste 10 års gennemsnitlige reale lånerente - jf. afsnit 2.6.2.

Ud over de angivne prisforudsætninger baseres den samfundsøkonomiske kalkule på oplysningerne om investerings- og driftsudgifter fra konsekvensskemaet samt specifikke markedsprisværdier tilknyttet de enkelte virksomheder.

Specifikke prisforudsætninger

Følgende specifikke prisforudsætninger er gældende for de enkelte virksomheder ud over de ovennævnte generelle prisforudsætninger. I visse tilfælde eksisterer således særlige forhold for virksomhederne, hvor de generelle prisforudsætninger ikke er gældende.

Samtidig skal bemærkes, at visse værdier enten er estimerede eller uspecificerede, hvorfor kalkulerne i visse tilfælde omfatter specifikke konsekvenser i grupper - typisk under benævnelsen "øvrige drift".

Produktion af genbrugsliner og fluting

Eksportprisen for genbrugsliner og fluting er identificeret via Udenrigshandelsstatistikken til kr. 2.143 pr. ton i 1991.

Salgsprisen for bølgepap er oplyst af Gad (1992) til kr. 275 kr./ton.

dk-TEKNIK har skønnet følgende købspris for procesdamp gældende for Grenaa Papir: 50 kr./GJ

Prisen for arbejdskraft er beregnet via Grenaa Papir's eksterne regnskab til 257.772 kr./person (vægtet gennemsnit).

Grenaa Papir betaler en reduceret affaldsavgift for deponering af procesaffald på 40 kr./ton.

Grenaa Papir's øvrige råvarer er estimeret til 100 kr./ton hjælpestof og 5 kr./ton vand i henhold til overensstemmelse med det eksterne regnskab.

Forbrænding af affald

Arbejdskraft kan via grunddata for forbrændingsanlægget udregnes til et vægtet gennemsnit på 256.522 kr./person.

Slagge der ikke genanvendes og restproduktet forudsættes her deponeret under de generelle prisforudsætninger 195 kr./ton.

Indsamling til genanvendelse

Indsamlingsprisen er oplyst af Averhoff til 400 kr./ton.

Salgsprisen for bølgepap er ligeledes oplyst af Gad (1992) til 275 kr./ton på Grenaa Papir's vægt.

Arbejdslønnen er tidligere oplyst til 226.000 kr. pr. person.

Indsamling til forbrænding og deponering

Indsamlingsprisen er estimeret til 260 kr./ton som for indsamling til genanvendelse.

Arbejdslønnen er tidligere oplyst til 226.000 kr. pr. person.

På baggrund af det tidligere opstillede konsekvensskema samt ovenanførte generelle og specifikke prisforudsætninger, gennemføres herefter virksomhedsøkonomiske kalkuler for hvert af de opstillede scenarier.

5.2.2 Nutidsværdiberegninger

I dette afsnit foretages nutidsværdiberegninger for de 4 opstillede scenarier med henblik på at vurdere, hvilket scenario der ud fra et virksomhedsøkonomisk synspunkt er mest fordelagtigt.

Scenario 2A

I scenario 2A øges genanvendelsen af bølgepap med +43.000 ton, idet forbrænding af bølgepap reduceres tilsvarende.

Der ændres ikke på de deponerede affaldsmængder, hverken vedrørende bølgepap eller vedrørende andet brændbart.

Spørgsmålet er således, om de øgede indtægter og udgifter ved den øgede produktion af liner og fluting er virksomhedsøkonomisk fordelagtigt set i forhold til de sparede udgifter og de mindskede indtægter ved den reducerede forbrænding.

Set ud fra en privatøkonomisk betragtning, er det således et spørgsmål om, hvilke af de 2 alternativer, der er mest fordelagtigt.

Det kan ligeledes vurderes, hvilken indsamlingsvirksomhed, der er mest fordelagtig, og hvilket alternativ der er bedst for affaldsproducenten.

Og det kan vurderes hvilket alternativ, der isoleret set repræsenterer det bedste provenugrundlag for staten.

Produktion af genbrugsliner og fluting

Følgende udgifter og indtægter er relevante i forbindelse med etablering og drift af et anlæg til produktion af liner og fluting.

Produktion af genbrugsliner og fluting

Investeringsudgift år 0	=	200.000.000 kr.
Årlig produktionsindtægt 37.400 ton x 2.143 kr./ton	=	80.148.200 kr.
Årligt køb af returpap 43.000 ton x 275 kr./ton	=	11.825.000 kr.
Årligt forbrug af andre råvarer 60.000 ton vand x 5 kr./ton	=	300.000 kr.
1.907 ton stoffer x 100 kr./ton	=	190.700 kr.
Årligt forbrug af procesenergi 16.830 MWh x 400 kr./MWh	=	6.732.000 kr.
175.780 GJ x 50 kr./GJ	=	8.789.000 kr.
Årlige lønudgifter 53,5 prs. x 257.772 kr./prs.	=	13.790.802 kr.
Årlig øvrig drift	=	10.900.000 kr.
Årlig deponering af procesaffald 2.804 ton x (195 + 40) kr./ton	=	658.940 kr.
Omkostninger i alt		53.186.400 kr.

Anm: Beregningerne er baseret på oplysningerne om de reale konsekvenser i konsekvensskemaet i afsnit 5.1 samt prisoplysningerne i afsnit 5.2.1.

Nutidsværdien af forskellen mellem de årlige indtægter og udgifter ved produktion af 37.400 ton fluting og liner, NPV (liner) over en 15-årig periode og med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (liner)} &= -200.000.000 + 9,1079 \times (80.148.200 - 53.186.442) \text{ kr.} \\ &= 45.564.996 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Nutidsværdien af forskellen mellem de virksomhedsøkonomiske udgifter og indtægter ved øget produktion af liner og fluting med +37.400 ton NPV (liner) kan således opgøres til **+45.564.996 kr.**

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Følgende udgifter og indtægter er relevante i forbindelse med etablering og drift af en øget indsamling af bølgepap til genanvendelse på +43.000 ton.

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Investeringsudgift år 0

26.900.000 kr.

+ 26.900.000 x (1,07)⁻¹⁰

+ 5/10 x 26.900.000 x (1,07)⁻¹⁵ = 35.700.000 kr.

Årligt salg af bølgepap

43.000 ton x 275 kr./ton = 11.825.000 kr.

Årlig indsamlingsindtægt

43.000 ton x 400 kr./ton = 17.200.000 kr.

Årlige lønudgifter

26,9 prs. x 226.000 kr./prs = 6.079.400 kr.

Årlig øvrig drift

= 17.500.000 kr.

Omkostninger i alt

23.579.400 kr.

Anm: Beregningerne er baseret på oplysningerne om de reale konsekvenser i konsekvensskemaet i afsnit 5.1 samt prisoplysningerne fra afsnit 5.2.1.

Nutidsværdien af forskellen mellem de virksomhedsøkonomiske indtægter og udgifter ved en øget indsamling af bølgepap på 43.000 ton til genanvendelse, NPV (indgen) over en 15-årig periode med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\text{NPV (indgen)} = \div 37.700.000 + 9,1079 \times (29.025.000 \div 23.579.400) \text{ kr.} = 13.898.283 \text{ kr.}$$

Nutidsværdien af forskellen mellem de virksomhedsøkonomiske indtægter og udgifter ved en øget indsamling af bølgepap til genanvendelse på +43.000 ton til *NPV (indgen)* kan således opgøres til **+13.898.283 kr.**

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Følgende udgifter og indtægter er relevante i forbindelse med etablering og drift af en reduceret indsamling af bølgepap til forbrænding på 43.000 ton.

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Investeringsudgifter år 0

17.900.000 kr.		
+ 17.900.000 x (1,07) ⁻¹⁰		
+ 5/10 x 17.900.000 x (1,07) ⁻¹⁵	=	÷ 23.760.000 kr.

Årlig indsamlingsindtægt

÷ 43.000 ton x 260 kr./ton	=	÷ 11.180.000 kr.
----------------------------	---	------------------

Årlige lønudgifter

÷ 17,9 prs. x 226.000 kr./prs	=	÷ 4.045.400 kr.
-------------------------------	---	-----------------

Årlig udgift til drift

=	÷ 4.500.000 kr.
---	-----------------

Omkostninger i alt

÷ 8.545.400 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem de virksomhedsøkonomiske indtægter og udgifter ved en reduceret indsamling af bølgepap på ÷ 43.000 ton til forbrænding, NPV (indfor) over en 15-årig periode med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (indfor)} &= +23.760.000 + 9,1079 \times (\div 11.180.000 + 8.545.400) \\ &= \div 240.113 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Nutidsværdien af forskellen mellem de virksomhedsøkonomiske indtægter og udgifter ved en reduceret indsamling af bølgepap til forbrænding på ÷ 43.000 ton NPV (*indfor*) kan således opgøres til ÷ **240.113 kr.** Dette beløb repræsenterer et tab for denne indsamlingssektor.

Affaldsproducenten

Følgende alternative afgifter er relevante for affaldsproducenten i forbindelse med scenario 2A:

Bortskaffelse til genanvendelse og forbrænding

Bortskaffelse til genanvendelse

43.000 ton x 400 kr./ton	=	17.200.000 kr.
--------------------------	---	----------------

Bortskaffelse til forbrænding

43.000 ton x		
(260 + 370 + 130) kr./ton	=	32.680.000 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem affaldsproducenternes sparede hhv. øgede udgifter til bortskaffelse ved +43.000 ton øget til genanvendelse, og ÷43.000 ton reduceret til forbrænding, NPV (privat) over en 15-årig periode med en kalkulationsrente på 7% kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (privat)} &= 9,1079 \times (32.680.000 - 17.200.000) \text{ kr.} \\ &= 140.990.292 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Nutidsværdien af forskellen mellem affaldsproducenternes sparede hhv. øgede udgifter, *NPV (privat)* ved scenario 2A kan således opgøres til **+140.990.292 kr.**, der altså udgør en besparelse for affaldsproducenterne.

Staten

Følgende alternative afgiftsprovenuer er relevante for staten i forbindelse med scenario 2A:

Energi- og affaldsafgifter

Fossil energi		
455.800 GJ x 10 kr./GJ	=	4.558.000 kr.
Procesaffald (liner)		
2.804 ton x 40 kr./ton	=	112.160 kr.
Papaffald		
÷43.000 ton x 130 kr./ton	=	÷5.590.000 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen i Statens øgede hhv. mistede afgifter, NPV (stat) kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (stat)} &= 9,1079 \times (4.670.160 - 5.590.000) \text{ kr.} \\ &= ÷8.377.811 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (stat) for scenario 2A kan således opgøres til et mistet afgiftsprovenu på **÷8.377.811 kr.**

Konklusion på scenario 2A

Følgende sammenstilling af de virksomhedsøkonomiske nutidsværdier for scenario 2A kan opstilles:

NPV (liner)	=	+45.564.996 kr.
NPV (indgen)	=	+13.898.283 kr.
NPV (indfor)	=	÷240.113 kr.
NPV (privat)	=	+140.990.292 kr.
NPV (stat)	=	÷8.377.811 kr.

Følgende kan konkluderes:

- 1) Øget produktion af liner og fluting har en positiv virksomhedskonomisk nutidsværdi af forskellen mellem udgifter og indtægter.
- 2) Øget indsamling til genanvendelse har en noget højere virksomhedskonomisk værdi af forskellen mellem udgifter og indtægter end indsamling til forbrænding.
- 3) Scenario 2A repræsenterer en positiv nutidsværdi for affaldsproducenternes forskel mellem øgede udgifter til genanvendelse og sparede udgifter til forbrænding - værdien må endvidere vurderes som markant, når den samtidig ses i sammenhæng med den høje nutidsværdi ved produktionsforøgelsen af liner og fluting.
- 4) Statens nettoprovenu har i scenario 2A en minimal negativ nutidsværdi, idet det skal genkaldes, at der her kalkuleres over en 15-årig periode.

Alt i alt må det konkluderes, at genanvendelsesbranchen samt affaldsproducenterne har klare økonomiske fordele af øget genanvendelse, mens staten mister indtægter herved.

Scenario 2B

I scenario 2B øges genanvendelsen af bølgepap ligeledes med +43.000 ton, idet forbrænding af bølgepap reduceres med ÷23.000 ton.

Produktion af liner og fluting

Som i scenario 2A

Deponeringen af bølgepap reduceres med ÷20.000 ton og deponeringen af andet brændbart affald reduceres med ÷40.300 ton, der overføres til forbrænding.

Netto ændres der ikke på indsamling til henholdsvis genanvendelse samt forbrænding/deponi, men forholdet mellem bortskaffelse til forbrænding og deponi ændres.

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Som i scenario 2A

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Som i scenario 2A

Den virksomhedsøkonomiske forskel mellem scenario 2A og 2B påvirker således primært affaldsproducenten og staten, da de offentlige virksomheders virksomhedsøkonomi som tidligere nævnt betragtes som neutral.

Affaldsproducenten

Følgende alternative afgifter er relevante for affaldsproducenten i forbindelse med scenario 2B:

Bortskaffelse

Bortskaffelse til genanvendelse

43.000 ton x 400 kr./ton = 17.200.000 kr.

Bortskaffelse til forbrænding

(40.300 ÷ 23.000) ton x
(260 + 370 + 130) kr./ton = 13.148.000 kr.

Bortskaffelse til deponering

÷ 60.300 x
(260 + 195 + 130) kr./ton = ÷ 35.275.500 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem affaldsproducenternes sparede hhv. øgede udgifter til bortskaffelse ved +43.000 ton øget genanvendelse, +17.600 ton øget forbrænding og ÷ 60.300 ton reduceret deponering, NPV (privat) over en 15-årig periode med en kalkulationsrente på 7% kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (privat)} &= 9,1079 \times (35.275.500 - 30.348.000) \text{ kr.} \\ &= 44.879.177 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Nutidsværdien af forskellen mellem affaldsproducenternes sparede hhv. øgede udgifter, NPV (privat) ved scenario 2B kan således opgøres til **+44.879.177 kr.**

Staten

Følgende alternative afgiftsprovenu er relevant i forbindelse med scenario 2B:

Afgifter

Papaffald		
÷ 43.000 ton x 130 kr./ton	=	÷ 5.590.000 kr.
Slagger til genanvendelse		
÷ 8.372 ton x 130 kr./ton	=	÷ 1.088.360 kr.
Slagger til deponering		
2.093 x 130 kr./ton	=	272.090 kr.
Restprodukt til deponering		
1.932 ton x 130 kr./ton	=	251.160 kr.
Procesaffald (liner) til deponering		
2.804 ton x 40 kr./ton	=	112.160 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem Statens hhv. øgede og mistede afgifter, NPV (stat) kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (stat)} &= 9,1079 \times (\div 5.590.000 \div 1.088.360 + 272.090 \\ &+ 251.160 + 112.160) \text{ kr.} \\ &= \div 55.038.584 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (stat) for scenario 2B kan således opgøres til **÷ 55.038.584 kr.**

Konklusion på scenario 2B

Følgende sammenstilling af de virksomhedsøkonomiske nutidsværdier for scenario 2B kan opstilles:

NPV (liner)	=	+45.564.996 kr.
NPV (indgen)	=	+13.898.283 kr.
NPV (indfor)	=	÷240.113 kr.
NPV (privat)	=	+44.879.177 kr.
NPV (stat)	=	÷55.038.584 kr.

Følgende kan konkluderes, idet der sammenlignes med scenario 2A:

Scenario 2B repræsenterer et langt dårligere resultat for affaldsproducenterne og for Staten end scenario 2A, idet der stadig kan konstateres positive virksomhedsøkonomiske nutidsværdier ved produktion af liner og fluting, for indsamling til genanvendelse og for affaldsproducenterne ved den øgede indsamling til genanvendelse.

Scenario 3A

I scenario 3A reduceres genanvendelsen af bølgepap med ÷ 18.000 ton, idet forbrænding af bølgepap forøges tilsvarende.

Der ændres ikke på de deponerede affaldsmængder, hverken vedrørende bølgepap eller vedrørende andet brændbart.

Spørgsmålet i dette scenario er således analogt med spørgsmålet i scenario 2A, nemlig om det er virksomhedsøkonomisk fordelagtigt at øge produktionen af liner og fluting ved øget genanvendelse af bølgepap, eller det er mest fordelagtigt at reducere genanvendelsen og øge forbrændingen af bølgepap.

Spørgsmålet omkring genanvendelse contra forbrænding set ud fra en privatøkonomisk synsvinkel omfatter ikke direkte fordelagtigheden i forhold til virksomhedsøkonomien ved alternativ energifremstilling, forbrænding eller deponering.

Nutidsværdierne af de virksomhedsøkonomiske udgifter og indtægter i scenario 3A er dog af en anden skala end i 2A, hvorfor de af hensyn til vurdering af de faktiske konsekvenser skal beregnes.

Følgende udgifter og indtægter er relevante i forbindelse med etablering og drift af et anlæg til produktion af liner og flutning.

Produktion af genbrugsliner og flutning

Investeringsudgift år 0	=	÷ 84.000.000 kr.
Årlig produktionsindtægt		
÷ 15.700 ton x 2.143 kr./ton	=	÷ 33.645.100 kr.
Årligt køb af returpap		
÷ 18.000 ton x 275 kr./ton	=	÷ 4.950.000 kr.
Årligt forbrug af andre råvarer		
÷ 25.000 ton vand x 5 kr./ton	=	÷ 125.000 kr.
÷ 798 ton stoffer x 100 kr./ton	=	÷ 79.800 kr.
Årligt forbrug af procesenergi		
÷ 7.065 MWh x 400 kr./MWh	=	÷ 2.826.000 kr.
÷ 73.790 GJ x 50 kr./GJ	=	÷ 3.689.500 kr.
Årlige lønudgifter		
÷ 22,4 pers. x 257.772 kr./pers.	=	÷ 5.774.100 kr.
Årlig øvrig drift	=	÷ 4.600.000 kr.
Årlig deponering af procesaffald		
÷ 1.174 ton x 235 kr./ton	=	÷ 275.900 kr.
Omkostninger i alt		÷ 22.320.300 kr.

Ann: Beregningerne er baseret på oplysningerne om de reale konsekvenser i konsekvensskemaet i afsnit 5.1 samt prisoplysningen i afsnit 5.2.

Nutidsværdien af forskellen mellem de årlige indtægter og udgifter ved at reducere forbruget af bølgepap med ÷ 18.000 ton og produktionen af liner og fluting med ÷ 15.700 ton, NPV(liner) over en 15-årig periode og med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (liner)} &= +84.000.000 + 9,1079 \times (-33.645.100 + 22.320.300) \\ &= \div 19.145.146 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (liner) for scenario 3 kan således opgøres til **÷19.145.146 kr.**

Indsamling til genanvendelse

Følgende indtægter og udgifter er relevante i forbindelse med en reduceret indsamling til genanvendelse på 18.000 ton:

Indsamling til genanvendelse

Investeringsudgift i år 0		
÷ 11.300.000		
+ 11.300.000 × (1,07) ⁻¹⁰		
+ 5/10 × 11.300.000 × (1,07) ⁻¹⁵	=	15.000.000 kr.
Årligt salg af bølgepap		
÷ 18.000 ton × 275 kr/ton	=	÷ 4.950.000 kr.
Årlig indsamlingsindtægt		
÷ 18.000 ton × 400 kr/ton	=	÷ 7.200.000 kr.
Årlig lønudgift		
÷ 11.3 pers. × 226.000 kr/pers.	=	÷ 2.553.800 kr.
Årlig øvrig drift	=	÷ 7.300.000 kr.
Omkostninger i alt		÷ 9.853.800 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem de årlige indtægter og udgifter ved at reducere indsamlingen til genanvendelse over en 15-årig periode og med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (indgen)} &= +15.000.000 + 9,1079 \times (\div 12.150.000 + \\ &9.853.800) = \div 5.913.560 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (indgen) for scenario 3 kan således opgøres til **÷5.913.560 kr.**

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Følgende indtægter og udgifter er relevante i forbindelse med en øget indsamling til forbrænding på 18.000 ton:

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Investeringsudgift i år 0

7.500.000

+ 7.500.000 x (1,07)⁻¹⁰

÷ 5/10 x 7.500.000 x (1,07)⁻¹⁵ = 9.953.000 kr.

Årlig indsamlingsindtægt

18.000 ton x 260 kr/ton = 4.680.000 kr.

Årlig lønudgift

7,5 pers. x 226.000 kr/pers. = 1.695.000 kr.

Årlig øvrig drift

= 1.900.000 kr.

Omkostninger i alt

3.595.000 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem de årlige indtægter og udgifter ved at øge indsamlingen til forbrænding over en 15-årig periode og med en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (indfor)} &= \div 9.953.000 + 9,1079 \times (4.680.000 \div 3.595.000) \\ &= \div 71.376 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (indfor) for scenario 3 kan således opgøres til **÷71.376 kr.**

Affaldsproducenten

Følgende indtægter og udgifter er relevante for affaldsproducenten i forbindelse med scenario 3:

Bortskaffelse

Bortskaffelse til genanvendelse

÷ 18.000 ton x 400 kr/ton = ÷ 7.200.000 kr.

Bortskaffelse til forbrænding

18.000 ton x 760 kr/ton = 13.680.000 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem affaldsproducentens sparede hhv. øgede udgifter ved ÷ 18.000 ton genanvendelse og + 18.000 ton forbrænding over en 15-årig periode og ved en kalkulationsrente på 7% kan herefter beregnes som:

$$\begin{aligned} \text{NPV (privat)} &= 9,1079 \times (\div 13.680.000 + 7.200.000) \\ &= \div 59.019.192 \end{aligned}$$

NPV (privat) for scenario 3 kan således opgøres til **÷ 59.019.192 kr.**

Staten

Følgende alternative afgiftsprovenu er relevant for staten i forbindelse med scenario 3:

Staten

Fossil energi		
÷ 190.800 GJ x 10 kr/GJ	=	÷ 1.908.000 kr.
Procesaffald		
÷ 1.174 ton x 40 kr/ton	=	÷ 47.000 kr.
Papaffald		
18.000 ton x 130 kr/ton	=	2.340.000 kr.

Anm: Som tidligere.

Nutidsværdien af forskellen mellem statens hhv. øgede og mistede afgifter kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (stat)} &= 9,1079 \times (2.340.000 \div 1.908.000 \div 47.000) \\ &= +3.506.542 \end{aligned}$$

NPV (stat) for scenario 3 kan således opgøres til **+3.506.542 kr.**

Konklusion på scenario 3A

Følgende sammenstilling af de virksomhedsøkonomiske nutidsværdier for scenario 3A kan opstilles:

NPV (liner)	=	÷ 19.145.146 kr.
NPV (indgen)	=	÷ 5.913.560 kr.
NPV (indfor)	=	÷ 71.376 kr.
NPV (privat)	=	÷ 59.019.192 kr.
NPV (stat)	=	+ 3.506.542 kr.

På trods af et lavere niveau for alle de opstillede nutidsværdier, giver scenario 3A ikke anledning til supplerende konklusioner set i forhold til scenario 2A.

Scenario 3B

I scenario 3B reduceres genanvendelsen af bølgepap med ÷ 18.000 ton, idet forbrænding af bølgepap samtidig holdes uændret i forhold til udgangsscenarioet.

Deponeringen af bølgepap forøges med +18.000 ton.

Spørgsmålet i dette scenario drejer sig således om genanvendelse contra deponering.

Da alle omkostningsforløb stadig forudsættes lineære, er de virksomhedsøkonomiske nutidsværdier NPV (liner), NPV (indgen), NPV (indfor) og NPV (privat) identiske med nutidsværdierne i scenario 3A.

NPV (stat) omfatter særlige forhold i scenario 3B.

Staten

Følgende alternative afgiftsprovenuer er relevante i forbindelse med scenario 3B:

Afgifter

Papaffald		
18.000 ton x 130 kr./ton	=	2.340.000 kr.
Procesaffald (liner)		
÷ 1.174 ton x 40 kr./ton	=	÷ 46.960 kr.

Nutidsværdien af forskellen mellem Statens øgede hhv. mistede afgifter NPV (stat) kan beregnes på følgende måde:

$$\begin{aligned} \text{NPV (stat)} &= 9,1079 \times (2.340.000 \div 46.960) \text{ kr.} \\ &= 20.884.779 \text{ kr.} \end{aligned}$$

NPV (stat) for scenario 3B kan således opgøres til **+20.884.779 kr.**

Konklusion på scenario 3B

Følgende sammenstilling af de virksomhedsøkonomiske nutidsværdier for scenario 3B kan opstilles

NPV (liner)	=	÷ 19.145.146 kr.
NPV (indgen)	=	÷ 5.913.560 kr.
NPV (indfor)	=	÷ 71.376 kr.
NPV (privat)	=	÷ 59.019.192 kr.
NPV (stat)	=	+20.884.779 kr.

Scenario 3A og 3B kan for de vurderede virksomheder konstateres som værende identiske, bortset fra Staten, der i sc. 3B opnår et højere positivt provenu. Dette hidrører primært fra det forhold, at Staten i dette tilfælde ikke mister afgifter fra fossilt produceret varmeenergi.

5.2.3 Virksomhedsøkonomisk sammenstilling

I nedenstående tabel er de beregnede nutidsværdier sammenstillet.

Scenarier	2A	2B	3A	3B
Virksomhedsøkonomiske nutidsværdier				DKK
NPV (liner)	+45.564.996	+45.564.996	÷19.145.146	÷19.145.146
NPV (indgen)	+13.898.283	+13.898.283	+5.913.560	÷5.913.560
NPV (indfor/-dep)	÷240.113	÷240.113	÷71.376	÷71.376
NPV (privat)	+140.990.292	+44.879.177	+59.019.192	+59.019.192
NPV (stat)	÷8.377.811	÷55.038.584	+3.506.542	+20.884.779

Tabellen afspejler som før nævnt, at der er en positiv nutidsværdi ved at øge genanvendelsen både for affaldsproducenten, genvindingsbranchen og Grenaa Papir A/S. Til gengæld mister de renovationsvirksomheder, der indsamler til forbrænding og deponering.

Reduceres genanvendelsen, fordyres affaldsbortskaffelsen for affaldsproducenterne, bl.a. på grund af affaldsafgiften til staten. Til gengæld får staten et øget afgiftsprovenu.

5.3 Samfundsøkonomisk vurdering

Den samfundsøkonomiske kalkule gennemføres også med udgangspunkt i de betragtede teknologiers reale konsekvenser - jf. konsekvensskemaet i afsnit 5.1; men frem for som i den privatøkonomiske kalkule at basere beregningerne på de gældende markedspriser, benyttes i den samfundsøkonomiske kalkule de såkaldte beregningspriser - jf. afsnit 2.6.2.

Formål ved kalkulen

Hensigten med den samfundsøkonomiske kalkule er at belyse, hvorvidt øget genanvendelse hhv. reduceret genanvendelse kontra forbrænding giver anledning til en stigning i værdien af befolkningens forbrugsmuligheder - udtrykt som betalingsvilligheden over for ændringen i de reale forbrugsmuligheder.

Dette sker ved at sammenligne færdigvareproduktionen og produktionsgodeforbruget ved øget hhv. reduceret genanvendelse kontra forbrænding af bølgepap.

Færdigvarerne værdisættes i forhold til deres markedspris og de enkelte produktionsgoder værdisættes i overensstemmelse med deres marginale samfundsøkonomiske værdiproduktivitet.

Kalkulens omfang

Den samfundsøkonomiske kalkule omfatter:

- beregningsprisforudsætninger
- det samfundsøkonomiske overskud eller underskud ved øget hhv. reduceret genanvendelse kontra forbrænding af bølgepap.

5.3.1 Beregningsprisforudsætninger

Færdigvarerne udgør i denne analyse liner og fluting, som antages at blive eksporteret. De værdisættes derfor til markedsprisen multipliceret med nettoafgiftsfaktoren på internationalt handlede goder jf. afsnit 2.6.2.

Hovedregel

Produktionsgoder antages alle som udgangspunkt at blive trukket bort fra alternativ anvendelse - det vil omvendt sige, at en eventuel produktionsgodebesparelse antages at finde alternativ produktiv anvendelse. I dette tilfælde kan produktionsgodernes beregningspriser jf. afsnit 2.6.2 fastsættes således:

- Markedsprisen fratrukket refunderbare afgifter og forhøjet med den generelle netto-afgiftsfaktor, når der er tale om indenlandsk producerede produktionsgoder.
- Verdensmarkedsprisen forhøjet med netto-afgiftsfaktoren på internationalt handlede goder, når der er tale om importerede eller eksporterede produktionsgoder.

Undtagelser

Forudsætningen om alternativ anvendelse opgives her i to tilfælde - ændret forbrug af el og af deponeringskapacitet. I disse to tilfælde må et ændret forbrug antages at give anledning til en ændring i den indenlandske produktion af de pågældende produktionsgoder. Derfor fastsættes der specielle beregningspriser for disse goder svarende til de samfundsøkonomiske omkostninger ved at producere goderne.

Generelle beregningsprisforudsætninger

De generelle beregningsprisforudsætninger er sammenfattet i nedenstående tabel.

Beregningsprisforudsætninger for den samfundsøkonomiske kalkule (1991-prisniveau)

Generel netto-afgiftsfaktor	1,2
Netto-afgiftsfaktor på internationalt handlede goder	1,3
Kalkulationsrente	3%
Forrentningsfaktor (15 år)	1,478
Forrentningsfaktor (25 år)	1,7
Energi	
- el	se afsnittet særlige beregningsprisforudsætninger
- fjernvarme	
Deponering	nedenfor

Den generelle netto-afgiftsfaktor er i overensstemmelse med afsnit 2.6.2 fastsat til 1,2. Denne værdi svarer til forholdet mellem produktionsgodernes værdiproduktivitet udtrykt i markedspriserne på forbrugsgoder inkl. alle afgifter og subsidier og deres indenlandske markedspriser ekskl. refunderbare afgifter.

Netto-afgiftsfaktoren på internationalt handlede goder er ligeledes i overensstemmelse med afsnit 2.6.2 fastsat til 1,3. Denne værdi svarer til forholdet mellem de internationalt handlede goders indenlandske markedspriser incl. alle afgifter og subsidier og godernes verdensmarkedspriser.

Kalkulationsrenten er fastsat til 3%. Den skal afspejle befolkningens tidspræferencer, og som indikator herpå er benyttet de seneste ti års gennemsnitlige reale obligationsrente efter skat - jf. afsnit 2.6.2.

Forrentningsfaktoren er beregnet til 1,478. Som grundlag for beregningen er benyttet forrentningsfaktorformlen i Møller (1992). Den alternative reale afkastrate er sat til 7%, kalkulationsrenten til 3% og tidshorizonten er 15 år. Forrentningsfaktorens værdi svarer som nævnt i afsnit 2.6.2, til nutidsværdien af 1 kr. investeret i 15 år med et årligt afkast på 7% og diskonteret med kalkulationsrenten 3%. Når projektets investeringsudgifter multipliceres med forrentningsfaktoren, opnås således en værdi svarende til nutidsværdien af de alternative afkastmuligheder. Forrentningsfaktoren ved 25 år er 1,7.

Særlige beregningsprisforudsætninger

El

Fastsættelsen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af el er baseret på beregning foretaget i Møller (1992). Beregningerne er her baseret på oplysninger om investerings- og driftsudgifter for et moderne kulfyret kraftværk. Beregningerne følger de beskrevne regler i afsnit 2.6.2.

Beregningsprisen på el er beregnet til 0,30 kr./kWh, der benyttes i de følgende samfundsøkonomiske kalkuler.

Deponering

Fastsættelsen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved deponering er baseret på oplysninger om investerings- og driftsudgifter for en moderne kontrolleret losseplads - grunddata fremgår af afsnit 3.3.6. Beregningen af de samfundsøkonomiske omkostninger er gennemført i nedenstående tabel.

De årlige samfundsøkonomiske omkostninger ved deponering af bølgepap og andet brændbart affald på en losseplads med en kapacitet på 8 mio. tons, der udnyttes over 25 år.

	Omkostninger i faktorpriser	Forrentningsfaktor/ Netto-afgiftsfaktor	Samfundsøkonomiske omkostninger
Anlægsomkostninger	17.813.333 kr.	1,2 x 1,7	36.339.199 kr.
Leje af grund	10.000.000 kr.	1,2	12.000.000 kr.
Løn	5.600.000 kr.	1,2	6.720.000 kr.
Administration	500.000 kr.	1,2	600.000 kr.
Vedligeholdelse	1.495.000 kr.	1,2	1.794.000 kr.
Brændsel	190 t. x 1.241 kr.	1,3	306.527 kr.
Øvrig drift	900.000 kr.	1,2	1.080.000 kr.
Miljøomkostninger	700.000 kr.	1,2	840.000 kr.
I alt			59.679.726 kr.

Det antages, at lossepladsen kan rumme 8 mio. ton affald, og at den vil blive fyldt op i løbet af 25 år, svarende til 320.000 ton om året.

Nutidsværdien af det mistede alternativafkast beregnes ved at multiplicere anlægsomkostningerne med forrentningsfaktoren på kapital, 1,7 - 25-årig tidshorisont, 7% alternativ afkastrate og kalkulationsrente på 3%.

Omsætningen af omkostningerne i faktorpriser til de samfundsøkonomiske omkostninger i beregningspriser følger i øvrigt de generelle principper for beregningsprisfastsættelse som beskrevet i afsnit 5.3.1. Omkostningerne til køb af indenlandske produktionsgoder forhøjes således med den generelle netto-afgiftsfaktor, 1,2, og omkostningerne ved køb af importerede goder - i dette tilfælde kun brændsel - forhøjes med netto-afgiftsfaktoren på internationalt handlede goder, 1,3.

Det ses, at de årlige samfundsøkonomiske omkostninger ved deponering af affald kan beregnes til 59.679.726 kr. svarende til en *beregningspris for deponering på ca. 187 kr./ton.*

Fjernvarme

Beregningen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af fjernvarme fastsættes i dette projekt på basis af et 50/50% mix af fjernvarme fra 2 anlægstyper; et naturgasbaseret fjernvarmeværk og et kulfyret kraftværk med fjernvarmeproduktion.

Fjernvarmeproduktion baseret på naturgas

Beregningen af de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af fjernvarme på et naturgasbaseret fjernvarmeværk er sammenfattet i nedenstående tabel.

Beregningerne er baseret på oplysninger fra Energistyrelsen vedrørende et typisk værk med følgende karakteristika:

Kapacitet: 5 MJ/s
Virkningsgrad: 100 %
Varmeproduktion: 120 TJ/år
Levetid: 25 år

Den samlede anlægsudgift opgøres til 2,75 mio. kr. Med en levetid på 25 år svarer dette til en årlig kapitaludgift på 0,11 mio. kr. ved lineær afskrivning. Når den generelle netto-afgiftsfaktor er 1,2 og forrentningsfaktoren på kapital (25 år; 7%) er 1,7 bliver den årlige samfundsøkonomiske kapitalomkostning $0,11 \text{ mio. kr.} \times 1,2 \times 1,7 = 0,224 \text{ mio. kr.}$, hvilket ved en årlig varmeproduktion på 120.000 GJ svarer til 1,87 kr./GJ.

Det årlige forbrug af naturgas med brændværdien 0.039 GJ/m³ svarer til 3.077.000 m³ ved en årlig varmeproduktion på 120.000 GJ.

Med en anslået verdensmarkedspris på 0,65 kr. pr. m³ naturgas, der er anslået på basis af information om indgåede kontrakter, bliver den årlige udgift til naturgas 2.000.050 kr. Med en nettoafgiftsfaktor på internationalt handlede goder på 1,3 bliver den årlige samfundsøkonomiske værdi af brændselsudgifterne $2 \text{ mio. kr.} \times 1,3 = 2,6 \text{ mio. kr.}$ hvilket ved en varmeproduktion på 120.000 GJ svarer til 21,67 kr./GJ.

Driftsudgifterne er oplyst af Energistyrelsen til 0,5 mio. kr. pr. år. De samfundsøkonomiske omkostninger til drift svarer til 0,6 mio. kr. ved en generel netto-afgiftsfaktor på 1,2. Ved en varmeproduktion på 120.000 GJ/år svarer de samfundsøkonomiske omkostninger til 5 kr./GJ.

De samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af fjernvarme på et naturgasbaseret fjernvarmeanlæg med kapaciteten 5 MJ/s og en varmeproduktion på 120 TJ/år.

Mio. kr.	Markedspriser		Nettoafgifts-/forrentningsfaktor	Beregningspriser	
	i alt	årligt		årligt	kr./GJ
Anlægsomkostninger	2,75	0,11	1,2 x 1,7	0,224	1,87
Brændselomkostninger - naturgas		2,0	1,3	2,6	21,67
Driftsomkostninger		0,5	1,2	0,6	5,00
Samfundsøkonomiske omkostninger i alt					28,54

De samlede samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af varme baseret på naturgas kan herefter opgøres til 28,54 kr./GJ.

Varme på kul

Fjernvarmeproduktion baseret på kul

Beregningerne af de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af fjernvarme baseret på kul er baseret på oplysninger om et moderne kul-fyret kraftvarmeværk.

Grunddata stammer fra Møller (1989). Disse data er i dette projekt opdateret til 1991 prisniveau.

Beregningerne er sammenfattet i nedenstående skema, og omfatter et værk med følgende karakteristika:

Effekt: Eleffekt 210 MW ved kraftvarmeproduktion og 250 MW ved ren elproduktion.

Kapacitet: Anlægget forudsættes i drift 6.000 timer om året i 25 år, hvoraf 5.500 timer er kraftvarmedrift, og de resterende 500 timer er ren eldrift.

Herefter kan den årlige elproduktion opgøres til $(210 \times 5,5 + 250 \times 0,5) \times 10^6 \text{ kWh} = 1.280 \times 10^6 \text{ kWh}$. Den årlige varmeproduktion kan på tilsvarende vis opgøres til $330 \times 3,6 \times 5,5 \times 10^3 \text{ GJ} = 6.534 \times 10^3 \text{ GJ}$.

De samlede anlægsomkostninger er opgivet til 1.900 mio. kr. i 1988-priser. Opdatering til 1991-niveau er estimeret på grundlag af tilgængelige oplysninger om stigningen i anlægsomkostningerne for et kulfyret kraftværk (effekt: 350 MW; driftstid/år: 6.000 h; levetid: 25 år) i samme tidsrum - Flemming Møller (1989 og 1992).

Anlægsomkostningerne for det kulfyrede anlæg var i 1988 6.429 kr./kW og i 1991 7.250 kr./kW, hvorved anlægsomkostningerne for kraftvarmeanlægget kan opdateres til 1991-niveau med faktoren $7.250/6.429$ svarende til en udgift på 2.143 mio. kr. i alt, eller 85,7 mio. kr. pr. år ved lineær afskrivning.

Med en generel netto-afgiftsfaktor på 1,2 og en forrentningsfaktor på 1,7 (7%; 25 år), bliver den årlige samfundsøkonomiske værdi af anlægsomkostningerne $1,2 \times 1,7 \times 85,7$ mio. kr. = 174,8 mio. kr.

Brændselsomkostningerne opgøres på basis af oplysninger om de forbrugte energimængder ved hhv. el- og varmfremstillingen. El forudsættes fremstillet med en effekt på 210 MW i 5.500 timer om året -kraftvarme- produktion - og med en effekt på 250 MW - ren elproduktion (kondensdrift) - i 500 timer om året. Virkningsgraden er hhv. 0,89 og 0,41 ved kraftvarme- og kondensdrift.

Herefter kan energiforbruget ved elfremstilling opgøres som $(210 \text{ MW} \times 5.500 \text{ h} \times 3,6 \text{ GJ/MWh}/0,89) + (250 \text{ MW} \times 500 \text{ h} \times 3,6 \text{ GJ/MWh}/0,41) = 5.769.471 \text{ GJ}$. Varme fremstilles med en effekt på 330 MJ/s i 5.500 timer om året. Energiforbruget kan her opgøres som $0,33 \text{ GJ/s} \times 3.600 \text{ s/h} \times 5.500 \text{ h}/0,89 = 7.341.573 \text{ GJ}$. I alt udgør energiforbruget 13.111.044 GJ/år.

97% af energiforbruget dækkes af kul med brændværdien 25,1 GJ/ton og for 3% vedkommende af fuelolie med brændværdien 40,4 GJ/ton.

Når importprisen på kul og fuelolie er hhv. 290 kr./ton og 540 kr./ton i 1991, kan de samlede årlige udgifter til brændsel opgøres til:

$$\begin{aligned} (0,97 \times 13.111.044 \text{ GJ}/25,1 \text{ GJ/t}) \times 290 \text{ kr/t} &= 147,0 \text{ mio. kr.} \\ + (0,03 \times 13.111.044 \text{ GJ}/40,4 \text{ GJ/t}) \times 540 \text{ kr/t} &= \underline{5,2 \text{ mio. kr.}} \\ &= 152,2 \text{ mio. kr.} \end{aligned}$$

Med en netto-afgiftsfaktor på internationalt handlede goder på 1,3 bliver den årlige samfundsøkonomiske værdi af brændselsudgifterne 197,9 mio. kr.J.

De samfundsøkonomiske omkostninger ved produktion af el og varme på et kulfyret kraftvarmeværk (effekt 210 MW ved fuld varmeeffekt 330 MJ/s i 5.500 h/år og 250 MW ved ren elproduktion i 500 h/år; levetid 25 år).

Mio. kr.	Markedspriser		Nettoafgifts-/forrentningsfaktor	Årligt
	i alt	årligt		
Anlægsomkostninger	2.143	85,7	1,2 x 1,7	174,8
Brændselsomkostninger		152,2	1,3	197,9
Drift- og vedligeholdelse				
- brændselslagre		17,9	1,2	21,5
- el-del		37,5	1,2	45,0
- faste -			1,2	
- variable			1,2	
- varmedel		48,7	1,2	58,4
- afsvovlingsanlæg				
Samfundsøkonomiske omkostninger i alt				497,6

Drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne er baseret på data fra Flemming Møller (1989) og omfatter udgifter til brændselslagre, flyveaske etc., faste og variable omkostninger på el-delen, omkostninger på varmedelen, samt udgifter i forbindelse med afsvovlingsanlægget.

Vedrørende opdatering til 1991-priser kan for det kulfyrede kraftværk der bruges som reference noteres, at de faste omkostninger faldt fra 0,034 kr./kWh til 0,023 kr./kWh mens de variable omkostninger steg fra 0,029 kr./kWh til 0,032 kr./kWh. De samlede drifts- og vedligeholdelsesomkostninger estimeres således til at være på 1988-niveau, hvorfor data fra Flemming Møller (1989) anvendes her.

Idet varmen opfattes som et biprodukt, sættes omkostningerne ved at producere el på et kraftvarmeværk lig med omkostningerne på et kraftværk, d.v.s. de førnævnte 30 øre pr. kWh. Varmedelen tillægges herefter alene de resterende omkostninger - dem der ikke kan dækkes af de definerede el-omkostninger - ved produktionen på kraftvarmeværket.

I det konkrete tilfælde bliver de samfundsøkonomiske omkostninger ved produktionen af el 0,30 kr./kWh eller årligt $0,30 \text{ kr./kWh} \times (1.280 \times 10^6) \text{ kWh} = 384 \text{ mio. kr.}$ De resterende årlige omkostninger - $(497,6 \text{ mio. kr.} \div 384 \text{ mio. kr.}) = 113,6 \text{ mio. kr.}$ eller $113,6 \text{ mio. kr.} / (6.534 \times 10^3) \text{ GJ} = 17,4 \text{ kr./GJ}$ - vil blive tillagt varmedelen.

I dette projekt forudsættes, at el-forbruget er styrende for udbygningen med kraftvarme- og kraftværker, således at varmeproduktionen kan opfattes som sekundær. De samfundsøkonomiske omkostninger på 17,4 kr./GJ for varme fra et kulfyret kraftvarmeværk benyttes således som den kulbaserede beregningspris der indgår i det valgte varmemix.

Pris på varmemix

Beregningsprisen for det valgte varmemix

De samfundsøkonomiske omkostninger ved det her valgte mix af 50/50% produktion af varme baseret på hhv. naturgas og kul kan herefter opgøres til $(28,54 \text{ kr./GJ} + 17,40 \text{ kr./GJ})/2 = 23 \text{ kr./GJ}$. Denne omkostning benyttes i de følgende beregninger som *beregningsprisen på fjernvarme*.

Import af kul

For at producere 455.800.000 MJ skal kraftvarmeværket køre $455.800.000 \text{ MJ} : (330 \text{ MJ/s} \times 3600 \text{ s/h}) = 383,67 \text{ h}$.
Elproduktionen er $210 \text{ MW} \times 383,67 \text{ h} \times 10^3 \text{ kW/MW} = 80.570.700 \text{ kWh}$.

Energiforbruget for el er $210 \text{ MW} \times 383,67 \times 3,6 \text{ GJ/MWh} / 0,89 = 325.903,96 \text{ GJ}$. Energiforbruget for varme er $0,33 \text{ GJ/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 383,67 / 0,89 = 512.134,79 \text{ GJ}$.
I alt: 838.038,75 GJ.

Energiforbrug kraftværk er lig: $8,7 \text{ GJ/MWh} \times 80.570,7 \text{ MWh} = 700.965,09 \text{ GJ}$.

Det resterende energiforbrug til varmeproduktion som biprodukt er lig: $97\% \text{ kul} \times 137.073,66 \text{ GJ} / 25,1 \text{ GJ/ton} = 5297,27 \text{ ton}$.

Import af kul ved 455.800 GJ er således lig $5.297,27 / 2 = 2.649$ ton, der kan overføres til konsekvenskemaet i afsnit 5.1, idet kulimporten for andre energimængder udregnes analogt med ovenstående.

5.3.2 Nutidsværdiberegninger

I det efterfølgende delafsnit beregnes nutidsværdien af de samfundsøkonomiske overskud/underskud for de 4 opstillede scenarier.

Scenario 2A

De samfundsøkonomiske indtægter og omkostninger for scenario 2A er sammenfattet i nedenstående tabel, 1991-prisniveau.

Produktion af genbrugsliner og fluting

Investeringsomkostninger		
(160.000.000 x 1,3 +		
40.000.000 x 1,2) x 1,478	=	378.368.000 kr.
Årlig eksport af produktion		
37.400 ton x 2.143 kr./ton		
x 1,3	=	104.192.600 kr.
Årligt forbrug af andre råvarer		
60.000 ton x 5 kr./ton x 1,2		
+ 1.906 ton x 100 kr./ton x 1,2	=	588.840 kr.
Årligt forbrug af procesenergi		
16.830 MWh x 300 kr./MWh	=	5.049.000 kr.
175.780 GJ x 23 kr./GJ	=	4.042.940 kr.
Årlige lønomkostninger		
53,5 prs. x 257.772 kr. x 1,2	=	16.548.962 kr.
Årlig drift iøvrigt		
10.900.000 kr. x 1,2	=	13.080.000 kr.
Årlig deponering		
2.804 ton x 187 kr./ton	=	524.348 kr.
Omkostninger i alt		39.834.090 kr.

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & (6.200.000 \times 1,3 + 20.700.000 \times 1,2) \\ & + (6.200.000 \times 1,3 + 20.700.000 \times 1,2) \\ & \times (1,03)^{-10} \div (6.200.000 \times 1,3 + \\ & 20.700.000 \times 1,2) \times (1,03)^{-15} \\ & \times 1,478 \end{aligned} = 69.203.006 \text{ kr.}$$

Årlige lønomkostninger

$$26,9 \text{ prs.} \times 226.000 \times 1,2 = 7.295.280 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$17.500.000 \times 1,2 = 21.000.000 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

28.295.280 kr.

Forbrænding af bølgepap

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & \div (12.400.000 \times 1,3 + \\ & 90.800.000 \times 1,2) \times 1,478 \end{aligned} = \div 184.868.240 \text{ kr.}$$

Årlige energiomkostninger

$$\div 3.715 \text{ MWh} \times 300 \text{ kr./MWh} = \div 1.114.500 \text{ kr.}$$

Årlige lønomkostninger

$$\begin{aligned} & \div 19,8 \text{ prs.} \times 256.522 \text{ kr./prs.} \\ & \times 1,2 \end{aligned} = \div 6.094.962 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$\div 3.169.000 \text{ kr.} \times 1,2 = \div 3.802.800 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

$\div 11.012.260 \text{ kr.}$

Indsamling af bølgepap til forbrænding

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & \div (4.100.000 \times 1,3 + 13.800.000 \times 1,2) \\ & \div (4.100.000 \times 1,3 + 13.800.000 \times 1,2) \\ & \times (1,03)^{-10} \div (4.100.000 \times 1,3 \\ & + 13.800.000 \times 1,2) \times (1,03)^{-15} \\ & \times 1,478 \end{aligned} = 46.044.188 \text{ kr.}$$

Årlige lønomkostninger

$$\div 17,9 \times 226.000 \times 1,2 = \div 4.854.480 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$\div 4.500.000 \times 1,2 = \div 5.400.000 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

$\div 10.254.480 \text{ kr.}$

Substitution

Fossilt brændsel

$$\begin{array}{rcl} 10,6 \text{ GJ/ton} \times 43.000 \text{ ton} & & \\ \times 23 \text{ kr./GJ} & = & 10.483.400 \text{ kr.} \end{array}$$

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske indtægter fratrukket omkostninger ved at øge genanvendelsen med +43.000 ton, at reducere forbrænding med ÷43.000 ton og substituere med fjernvarme baseret på fossilt brændsel *NPV (2A)* kan opgøres på følgende måde:

NPV (2A) =

$$\begin{aligned} & \div 378.368.000 \div 69.203.006 + 184.868.240 + 46.044.188 \\ & + 11,9379 \times (104.192.600 \div 39.834.090 \div 28.295.280 \\ & + 11.012.260 + 10.254.480 \div 10.483.400) \text{ kr.} \end{aligned}$$

$$= +342.591.091 \text{ kr.}$$

Der er således et betydeligt dansk samfundsøkonomisk overskud på 342.591.091 kr. forbundet med at forøge genanvendelsen og erstatte den hidtidige varmeproduktion på forbrændingsanlæggene med traditionel kraftvarme/naturgasvarme.

Scenario 2B

De samfundsøkonomiske indtægter og omkostninger for scenario 2B er sammenfattet i nedenstående tabel, 1991-prisniveau.

Produktion af genbrugsliner og fluting

Som i scenario 2A

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Som i scenario 2A

Forbrænding af bølgepap og andet affald

Investeringsomkostninger (5.100.000 x 1,3 + 37.100.000 x 1,2) kr. x 1,478	=		75.599.700 kr.
Årlige energiomkostninger 1.521 MWh x 300 kr./MWh	=	456.300 kr.	
Årlige lønomkostninger 8 prs. x 256.522 kr./prs. x 1,2	=	2.462.611 kr.	
Årlige miljøomkostninger 472.000 kr. x 1,2	=	566.400 kr.	
Årlig drift iøvrigt 1.692.000 kr. x 1,2	=	2.030.400 kr.	
Årlig deponering 4.025 ton x 187 kr./ton	=	752.675 kr.	
Omkostninger i alt			6.268.390 kr.

Deponering af bølgepap og andet affald 60.300 ton x 187 kr./ton	=		11.276.100 kr.
---	---	--	----------------

Indsamling af affald til forbrænding og deponering

Som i scenario 2A

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske indtægter fratrukket omkostninger, ved at øge genanvendelsen med +43.000 ton, at reducere forbrænding af bølgepap med ÷ 23.000 ton, at øge forbrænding af andet brændbart affald med +40.300 ton, at reducere deponering af bølgepap med ÷ 20.000 ton og at reducere deponering af andet brændbart affald med ÷ 40.300 ton, *NPV (2B)* kan opgøres på følgende måde:

NPV (2B) =

$$\begin{aligned} & \div 378.368.000 \div 69.203.006 \div 75.599.700 + 46.044.188 \\ & + 11,9379 \times (104.192.600 \div 39.834.090 \div 28.295.280 \\ & \div 6.268.390 + 10.254.480 + 11.276.100) \text{ kr.} \end{aligned}$$

$$= + 135.591.214 \text{ kr.}$$

Der er fortsat et samfundsøkonomisk overskud forbundet med at øge genanvendelsen selvom varmeproduktionen holdes uændret på forbrændingsanlæggene og den samfundsøkonomiske besparelse alene ligger i deponierne.

Den afgørende parameter er afgjort prisen på eksporteret genbrugsliner og fluting. Thi den øgede genanvendelse er forbundet med væsentlig større investerings- og driftsomkostninger end der spares ved at reducere forbrændingen.

Scenario 3A

De samfundsøkonomiske indtægter og omkostninger for scenario 3A er sammenfattet i nedenstående tabel, 1991-prisniveau.

Produktion af genbrugsliner og fluting

Investeringsomkostninger

÷ (67.000.000 x 1,3 +
÷ 17.000.000 x 1,2) kr. x 1,478 = ÷ 158.885.000 kr.

Årlig eksport af produktion

÷ 15.700 ton x 2.143 kr./ton
x 1,3 = ÷ 43.738.630 kr.

Årligt forbrug af andre råvarer

÷ 25.000 ton x 5 kr./ton x 1,2 +
÷ 798 ton x 100 kr./ton x 1,2 = ÷ 245.760 kr.

Årligt forbrug af procesenergi

÷ 7.065 MWh x 300 kr./MWh =
÷ 2.119.500 kr.
÷ 73.790 GJ x 23 kr./GJ = ÷ 1.697.170 kr.

Årlige lønomkostninger

÷ 22,4 prs. x 257.772 kr. x 1,2 = ÷ 6.928.911 kr.

Årlig drift iøvrigt

4.600.000 kr. x 1,2 = ÷ 5.520.000 kr.

Årlig deponering

÷ 1.174 ton x 187 kr./ton = ÷ 219.538 kr.

Omkostninger i alt

÷ 16.730.880 kr.

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & \div (2.600.000 \times 1,3 + 8.700.000 \times 1,2) \\ & + (2.600.000 \times 1,3 + 8.700.000 \times 1,2) \\ & \times (1,03)^{-10} \div (2.600.000 \times 1,3 \\ & + 8.700.000 \times 1,2) \times (1,03)^{-15} \\ & \times 1,478 \qquad \qquad \qquad = \qquad \qquad \qquad \div 29.069.469 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Årlige lønomkostninger

$$\div 11,3 \text{ prs.} \times 226.000 \text{ kr.} \times 1,2 = \div 3.064.560 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$\div 7.300.000 \text{ kr.} \times 1,2 = \div 8.760.000 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

$\div 11.824.560 \text{ kr.}$

Forbrænding af bølgepap og andet affald

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & (5.200.000 \times 1,3 + 38.000.000 \times 1,2) \text{ kr.} \\ & \times 1,478 \qquad \qquad \qquad = \qquad \qquad \qquad 77.388.080 \text{ kr.} \end{aligned}$$

Årlige energiomkostninger

$$1.555 \text{ MWh} \times 300 \text{ kr./MWh} = 466.500 \text{ kr.}$$

Årlige lønomkostninger

$$8,3 \text{ prs.} \times 256.522 \text{ kr./prs.} \times 1,2 = 2.554.959 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$1.327.000 \text{ kr.} \times 1,2 = 1.592.400 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

$4.613.860 \text{ kr.}$

Indsamling af affald til forbrænding og deponering

Investeringsomkostninger

$$\begin{aligned} & (1.700.000 \times 1,3 + 5.800.000 \times 1,2) \\ & + (1.700.000 \times 1,3 + 5.800.000 \times 1,2) \\ & \times (1,03)^{-10} \div (1.700.000 \times 1,3 \\ & + 5.800.000 \times 1,2) \times (1,03)^{-15} \\ & \times 1,478 \end{aligned} = 19.288.497 \text{ kr.}$$

Årlige lønomkostninger

$$7,5 \text{ prs.} \times 226.000 \text{ kr.} \times 1,2 = 2.034.000 \text{ kr.}$$

Årlig drift iøvrigt

$$1.900.000 \text{ kr.} \times 1,2 = 2.280.000 \text{ kr.}$$

Omkostninger i alt

4.314.000 kr.

Substitution

Fossilt brændsel

$$\begin{aligned} & 10,6 \text{ GJ/ton} \times 18.000 \text{ ton} \times \\ & 23 \text{ kr./GJ} \end{aligned} = 4.388.400 \text{ kr.}$$

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske indtægter fratrukket omkostninger, ved at reducere genanvendelse af bølgepap med $\div 18.000$ ton, at øge forbrænding af bølgepap med $+18.000$ ton og reducere fjernvarme-produktionen baseret på fossilt brændsel med $\div 190.800$ GJ, *NPV (3A)* kan opgøres på følgende måde:

NPV (3A) =

$$\begin{aligned} & +158.885.000 + 29.069.469 \div 77.388.080 \div 19.288.497 \\ & + 11,9379 \times (\div 43.738.630 + 16.730.880 + 11.824.560 \\ & \div 4.314.000 \div 4.613.860 + 4.388.400) \text{ kr.} \end{aligned}$$

$$= \div 144.173.200 \text{ kr.}$$

Det vil således være forbundet med et samfundsøkonomisk underskud på 120.303.586 kr. at reducere genanvendelsen og øge forbrændingen af pap, selvom der herved spares omkostninger ved alternativ varmeproduktion.

Scenario 3B

De samfundsøkonomiske indtægter og omkostninger for scenario 3B er sammenfattet i nedenstående tabel, 1991-prisniveau.

Produktion af liner og fluting

Som i scenario 3A

Indsamling af bølgepap til genanvendelse

Som i scenario 3A

Deponering af bølgepap

18.000 ton x 187 kr./ton = 3.366.000 kr.

Indsamling af bølgepap til deponering

Som i scenario 3A

Nutidsværdien af de samfundsøkonomiske indtægter fratrukket omkostninger, ved at reducere genanvendelsen af bølgepap med 18.000 ton og øge deponering af bølgepap med 18.000 ton, *NPV (3B)* kan opgøres på følgende måde:

NPV (3B) =

+ 158.885.000 + 29.069.469 ÷ 19.288.497 + 11.9379 x (+43.738.630 + 16.730.880 + 11.824.560 ÷ 4.314.000 ÷ 3.366.000) kr.

= ÷ 104.272.504 kr.

Det er forbundet med lidt færre samfundsøkonomiske omkostninger at reducere genanvendelsen og øge deponeringen af pap, end at reducere genanvendelsen og øge forbrændingen. Forskellen er dog relativt beskedent, og det er under alle omstændigheder med den nugældende pris på genbrugsliner og fluting en samfundsøkonomisk dårlig ide, at reducere genanvendelsen.

5.3.3 Valutamæssige konsekvenser

Nedenfor er valutabevægelserne for de enkelte scenarier opstillet i skema. Det skal bemærkes, at der ikke er taget hensyn til forventede kurs- og renteændringer over tiden.

Valutamæssige konsekvenser i forhold til udgangsscenariet

Scenario	2A	2B	3A	3B
Mio. DKK				
Import år 0				
Investeringer				
- produktion (genbrug)	208,0	208,0	+87,1	+87,1
- forbrænding	16,12	6,63	6,76	-
- indsamling, genbrug	17,30	17,30	+6,52	+6,52
- indsamling, for./dep.	+11,51	+11,51	4,82	4,82
Delsum, nettoimport investeringer	240,04	230,55	+81,9	+88,66
Import, årligt				
- naturgas	4,97	-	+2,08	-
- kul	2,57	4,25	+1,08	+1,7
Delsum	7,54	4,25	+3,16	+1,7
Eksport, årligt	104,19	104,19	+43,74	+43,74
Delsum, nettoeksport varer	96,66	99,94	+40,58	+42,04

De samfundsøkonomiske nutidsværdier af ovenstående valutabevægelser omkring import og eksport af produktions- og forbrugsgoder, kan udregnes som nedenfor anført. De i afsnit 5.3.1 anførte beregningsforudsætninger benyttes også her.

$$\begin{aligned}
 NPV (\text{valuta 2A}) &= \\
 &= 240.040.000 \text{ kr.} + 11,9379 \times (96.660.000) \text{ kr.} \\
 &= +913.840.000 \text{ kr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NPV (\text{valuta 2B}) &= \\
 &= 230.550.000 \text{ kr.} + 11,9379 \times (99.940.000) \text{ kr.} \\
 &= +962.540.000 \text{ kr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NPV (\text{valuta 3A}) &= \\
 &= 81.900.000 \text{ kr.} + 11,9379 \times (-40.580.000) \text{ kr.} \\
 &= -402.530.000 \text{ kr.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 NPV (\text{valuta 3B}) &= \\
 &= 88.660.000 \text{ kr.} + 11,9379 \times (-42.040.000) \text{ kr.} \\
 &= -413.180.000 \text{ kr.}
 \end{aligned}$$

Det fremgår tydeligt af de ovenfor beregnede nutidsværdier af valutabevægelserne, at øget genanvendelse i denne forbindelse er mest gunstig for samfundet.

5.3.4 Beskæftigelsesmæssige konsekvenser

Beskæftigelsesmæssige konsekvenser i forhold til udgangsscenarioet

Scenarier	2A	2B	3A	3B
Antal personer				
Papirproduktion	53,5	53,5	+22,4	+22,4
Forbrænding	+19,8	8,0	8,3	-
Deponering	-	+4,1	-	-
Indsamling, genbrug	26,9	26,9	+11,3	+11,3
Indsamling, for./dep.	+17,9	+17,9	7,5	7,5
Nettobevægelse	42,7	66,4	+17,9	+26,2

Det kan for bevægelserne i arbejdskraften konstateres, at der netto vil være behov for yderligere arbejdskraft i scenario 2A, 2B og 4A og formindsket behov i scenario 3 og 4B, i forhold til udgangsscenarioet.

Det skal hertil bemærkes, at der i de ovenfor gennemførte samfundsøkonomiske kalkuler er forudsat, at arbejdskraften trækkes bort fra alternativ anvendelse, således at der ikke beskæftiges ledig arbejdskraft ved ovennævnte forøgede behov, og omvendt.

5.3.5 Samfundsøkonomisk sammenstilling

I nedenstående tabel er de beregnede nutidsværdier sammenstillet.

Scenarier	2A	2B	3A	3B
Virksomhedsøkonomiske nutidsværdier DKK				
NPV (Grenå)	+45.565.000	+45.565.000	+19.145.000	+19.145.000
NPV (indgen)	+13.898.000	+13.898.000	+9.614.000	+9.614.000
NPV (indfor/-dep)	+240.000	+240.000	+2.382.000	+2.382.000
NPV (privat)	+140.990.000	44.884.000	+59.019.000	+59.019.000
NPV (stat)	+8.378.000	+55.039.000	+3.507.000	+20.885.000
Samfundsøkonomisk sammenstilling DKK				
NPV (samfund)	+342.591.000	+135.591.000	+144.173.000	+104.273.000
NPV (valuta)	+913.840.000	+962.540.000	+402.530.000	+413.180.000
Beskæftigelse prs.	+42,7	+66,4	+17,9	+26,2

5.3.6 Følsomhedsanalyser

I det følgende er der foretaget en række følsomhedsanalyser, se efterfølgende skema. Der er fokuseret på 2 parametre, nemlig rente og færdigvarepris.

Analyserne er alene gennemført for de samfundsøkonomiske beregninger. Der er ikke foretaget beregninger for de valutamæssige konsekvenser.

Renten

Den samfundsøkonomiske kalkulationsrente er i projektet sat til 3 pct., hvorved forrentningsfaktoren ved en tidshorisont på 15 år bliver 1,478, og diskonteringsfaktoren ved 15 år bliver 11,9379.

Rentesatserne i følsomhedsberegningerne er bestemt til 2 henholdvis 4 pct. Ved en rente på 2 pct. kan forrentningsfaktoren beregnes til 1,64 og diskonteringsfaktoren til 12,85. Ved en rentesats på 4 pct. kan forrentningsfaktoren beregnes til 1,33 og diskonteringsfaktoren til 11,12.

Følsomhedsberegningerne får konsekvenser for alle de 4 opstillede scenarier.

Færdigvarepris

Følsomhedsberegningerne på færdigvareprisen vedrører alene produktionen af liner og fluting på Grenå Papir.

I projektet er der regnet med 2.143 kr. pr. ton færdigvare. Færdigvareprisen er for Grenå Papir beregnet via Udenrigshandelsstatistikken.

Følsomhedsberegningerne er gennemført for en situation, hvor færdigvareprisen er henholdvis 15 pct. højere og 15 pct. lavere end den i projektet anvendte.

Beregningerne får konsekvenser for alle 4 scenarier.

Følsomhedsberegning

Scenarier	2A	2B	3A	3B
Samfundsøkonomiske nutidsværdier DKK				
NPV (rente)				
som i projektet (3 pct.)	+342.591.000	+135.591.000	+144.173.000	+104.273.000
rente = 2 pct.	+361.329.000	+129.514.000	+152.048.000	+106.422.000
rente = 4 pct.	+325.463.000	+140.178.000	+136.962.000	+102.031.000
NPV (færdigvare)				
som i projektet	+342.591.000	+135.591.000	+144.173.000	+104.273.000
pris +15 pct.	+529.185.000	+322.186.000	+222.496.000	+182.593.000
pris ÷15 pct.	+156.031.000	+50.967.000	+65.850.000	+25.947.000

De samfundsøkonomiske nutidsværdiers følsomhed overfor et renteudsving på +/- 1 pct.-point viser et udslag på omkring +/- 7 i nutidsværdierne.

Sandsynlige udsving i kalkulationsrenten påvirker derfor ikke det overskud ved genanvendelse af bølgepap.

De samfundsøkonomiske nutidsværdiers følsomhed overfor en ændring i færdigvareprisen på $\pm 15\%$ viser et udslag på omkring $\pm 270\%$ i nutidsværdierne. Udslaget er dog mindst for scenario 2A, hvor det kun er $\pm 53\%$.

De sandsynlige udsving i færdigvareprisen har således tydelig virkning på det samfundsøkonomiske overskud. Alligevel må overskuddet ved genanvendelse anses for forholdsvis solidt.

6 Sammenfatning

Indledningsvis skal bemærkes, at denne rapport, der omhandler bølgepap, er en del af en samlet miljøøkonomisk analyse af genbrug kontra forbrænding/deponi af pap og papir. Rapporten kan som sådan ikke bruges til selvstændige konklusioner.

Metode

Udgangspunktet for opstilling af en metode for den miljøøkonomiske analyse har været, ud fra formålet, at undersøge og analysere ressourceforbrug, miljøbelastning samt virksomheds- og samfundsøkonomiske forhold. På basis heraf analyseres og vurderes konsekvenserne af forskellige alternativer (scenarier), som bl.a. fastlægger mængden af papaffald, der indsamles til genanvendelse. Når der ændres på genanvendelsesprocenten, får dette indflydelse på papindholdet i det affald, der går til forbrænding eller deponi og på forsyningen af returpap til genbrugsfabrikkerne.

Da det danske forbrug af liner og fluting regnes konstant i de undersøgte scenarier, får en ændring af genanvendelsesprocenten også indflydelse på eksporten af genbrugsliner og -fluting og/eller på importen af virgin liner og fluting.

Problemformulering

Formålet med den miljøøkonomiske analyse er generelt at vurdere, om det er hensigtsmæssigt for Danmark gennem øget genanvendelse at dække en del af efterspørgslen efter bølgepap og derved reducere behovet for forbrænding og deponering af brændbart affald, eller om det er hensigtsmæssigt at øge forbrændingen af bølgepap og derved reducere genanvendelsen.

I rapporten er det valgt at stille genanvendelses-, forbrændings- og deponeringsteknologierne over for hinanden og se, hvilken der fra et miljømæssigt og økonomisk synspunkt er bedst. Det betyder, at den miljøøkonomiske analyse tilrettelægges som en teknikvalgsproblemstilling.

Det antages implicit, at der er fuld kapacitetsudnyttelse i udgangssituationen, og at de betragtede ændringer i genanvendelsesomfanget i forhold hertil afføder såvel ændrede investeringer som arbejdskraft og råvareforbrug. Det undersøges ikke, om udgangssituationen er hensigtsmæssig, men om de beskrevne ændringer i forhold hertil er det.

Systembeskrivelse

De involverede teknologier andrager forbrændingsteknologi, deponeringsteknologi samt genanvendelsesteknologi beskrevet i en række selvstændige afsnit omhandlende

- Skovdrift
- Virgin liner- og flutingproduktion
- Genbrugsliner- og flutingproduktion
- Indsamling til genanvendelse/forbrænding/deponi
- Affaldsforbrænding
- Deponering
- Transport
- Fossil energiproduktion

Miljømæssige forhold

Med hensyn til ressource- og emissionsparametre er de i denne analyse afgrænset geografisk til at omfatte Danmark og Sverige.

Nedenstående ressource- og emissionsparametre er medtaget i rapporten.

Ressourceparametre	Træ Returpapir Vand Kemi: Kemikalier til kogning, blegning, deinking m.m. Fyld- og limstoffer Energi: El, fossilt brændsel, biomasse Andet: Fyld- og limstoffer
Emissionsparametre	Luft: CO ₂ , SO ₂ , NO _x Vand: AOX, COD Affald

Rent lokale miljøeffekter er ikke medtaget i analysen.

Kapitalmæssige forhold

Investeringsbehovet er opgjort, og det giver et indtryk af, hvor meget kapital der skal tilvejebringes for at realisere de forskellige scenarier, ligesom det kan give et indtryk af, hvor store bindinger der ligger i de forskellige systemer. Desuden opgøres hvor stor en importandel, der er i investeringerne.

Arbejdskraftmæssige forhold

Arbejdskraftforbruget er opgjort i fysiske enheder, så der er en mulighed for at vurdere den umiddelbare beskæftigelseseffekt.

Valutamæssige forhold

Forbruget af udenlandsk valuta har interesse for de nationale betalingsbalanceforhold og er derfor opgjort som sådan.

Med hensyn til virksomhedsøkonomiske og samfundsøkonomiske analyser er disse afgrænset til de enkelte virksomheder eller brancher i Danmark.

Tidsmæssig afgrænsning

Tidsmæssigt tager projektet udgangspunkt i bølgepaplivsforløbet på nuværende tidspunkt, hvilket af datamæssige grunde er sat til 1990/1991.

I projektet sammenlignes den eksisterende situation for genanvendelse og forbrænding af bølgepap med nogle alternative situationer (scenarier). De alternative scenarier er defineret ud fra situationer, der kan realiseres inden for en tidsramme på ca. 5 år.

Scenario 1

Beskrivelsen af udgangssituationen 1991 tjener primært til at opstille en referencesituation for de efterfølgende miljøøkonomiske analyser.

Udgangssituationen

Udgangssituationen er specificeret ved et indsamlingspotentiale i 1990 på 184.000 t bølgepap. Heraf indsamledes 104.000 t (56%) til genanvendelse. Af den resterende mængde antages 60.000 t (33%) bortskaffet ved forbrænding, og 20.000 t (11%) antages deponeret på losseplads.

Scenario 2 Øget genanvendelse

Scenario 2 belyser situationen med øget genanvendelse, jf. målsætningen i Miljøministeriets handlingsplan for affald og genanvendelse 1993-1997 (Miljøministeriet, 1992). Målsætningen heri er bl.a. at genanvende 80% af virksomhedernes emballageaffald (bølgepap).

Herunder analyseres to tilfælde:

I det første tilfælde (scenario 2a) øges genanvendelsen af bølgepap ved at reducere tilsvarende på den mængde bølgepap, der forbrændes. Dette medfører reduceret energiproduktion på forbrændingsanlæggene, hvorfor der substitueres med energi produceret på basis af fossilt brændsel.

I det andet tilfælde (scenario 2b) øges genanvendelsen af bølgepap ved først at reducere den mængde bølgepap, der deponeres, og dernæst reducere den mængde bølgepap, der forbrændes. Den derved øgede kapacitet på forbrændingsanlæggene udnyttes med "andet brændbart affald" fra deponier.

Når genanvendelsen øges, spares der træ i skovene. Dette træ kan udnyttes til varmeproduktion. Derfor analyseres begge ovennævnte tilfælde for situationerne *med* udnyttelse af det sparede træ og *uden* udnyttelse af det sparede træ.

Scenario 3 Reduceret genanvendelse

Scenario 3 belyser situationen med reduceret genanvendelse, idet det forudsættes, at bølgepap, der i udgangssituationen indsamles via de obligatoriske indsamlingsordninger, enten forbrændes eller deponeres.

Herunder analyseres to tilfælde:

I det første (scenario 3a) tilfælde øges forbrændingen af brugt bølgepap svarende til den reducerede indsamling til genanvendelse. Den resulterende øgede energiproduktion på affaldsforbrændingsanlæggene erstatter forbrug af fossilt brændsel til energiproduktion på egentlige kraft/varmeverker.

I det andet tilfælde (scenario 3b) øges deponeringen af bølgepapaffald svarende til den reducerede indsamling til genanvendelse.

Overordnede forudsætninger

I den miljøøkonomiske analyse analyseres og vurderes konsekvenserne af forskellige tekniske alternativer under danske forhold. Konsekvensbeskrivelsen er baseret på følgende overordnede forudsætninger:

- Liner og fluting anvendes på danske emballagevirksomheder til fremstilling af bølgepap. Råmaterialet hertil er dels virgin dels genbrugs-liner og -fluting. Fabrikernes forbrugsmønster, herunder deres import af virgin liner og fluting, antages at være det samme i de 3 scenarier.
- Genanvendelse af bølgepap i Danmark sker på Grenaa Papir A/S. I scenario 2 og 3 henholdsvis øges og reduceres genanvendelsen. Der regnes med, at Grenaa Papir A/S' eksport af genbrugsliner og -fluting ændres i takt hermed. Det forudsættes endvidere, at der skal 1,25 t genbrugsliner og -fluting til for at få samme kvalitet som af 1 t tilsvarende virgine materialer.

- Den del af bølgepappet, der ikke genanvendes eller deponeres, bliver brændt på danske forbrændingsanlæg under varmeproduktion. Da mængden varierer fra scenario til scenario, regnes med substitution med/fortrængning af et 50/50% mix af naturgas og kulbaseret kraftvarme. I scenario 2b regnes dog med substitution med brændbart affald, som ellers vil blive deponeret.
- Den del af bølgepapaffaldet, der ikke genanvendelse eller forbrændes, bliver udlagt på danske deponier. Ved deponering dannes både CO₂ og CH₄. CH₄ omregnes til CO₂-ækvivalenter.
- Den del af bølgepapaffaldet, der ikke genanvendes, erstattes et eller andet sted i verden - her regnes med Sverige - med virgin liner og fluting. Selv om denne mængde ikke regnes importeret til Danmark, medtages i analysen de med produktionen heraf forbundne forbrug af fysiske/kemiske ressourcer og emissioner.
- Den forudsatte substitution med virgin liner og fluting varierer fra scenario til scenario. Det betyder, at der i scenario 2 kan spares en mængde træ, som alternativt kunne tænkes anvendt til energiproduktion. Konsekvenserne heraf belyses, og da de regnes at ske i Sverige, regnes med fortrængning af olie.
- Træ og bølgepap regnes for CO₂-neutrale ved forbrænding.

Nedenstående tabel viser de samlede konsekvenser opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen (scenario 1) og *uden* udnyttelse af sparet træ til energiformål.

Stof	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
Genanv. DK	kt/år	43	43	+18	+18
Prod. (I+f) DK	kt/år	38	38	+15	+15
Forbrug DK	kt/år	+43	+23	18	0
Dep. DK	kt/år	0	+20	0	18
Træ (TS)	kt/år	+53	+53	21	21
Returpapir	kt/år	39	39	+16	+16
Vand	kt/år	+1109	+1109	444	444
NaOH	t/år	+288	+288	115	115
CaO	t/år	+183	57	73	73
Andet	t/år	408	408	+153	+153
Vedv. energi	TJ/år	+606	+1060	246	437
Fossil energi	TJ/år	206	253	+270	+94
Energi i alt	TJ/år	+400	+807	+24	343
CO ₂ -emission	kt/år	46	+85	+18	50
SO ₂ -emission	t/år	10	45	+3	+29
NO _x -emission	t/år	+51	62	21	+23
Spildevand	kt/år	+1170	+1170	468	468
COD	t/år	+210	+210	84	84
AOX	kg/år	+90	+90	36	36
Affald ¹⁾	kt/år	1,9	+54,1	+0,8	17,2

¹⁾ Til deponering

Tabel 6.1

Samlede konsekvenser - bølgepap - opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen og uden udnyttelse af sparet træ til energiformål

Beskrivelse af konsekvenser

Det fremgår af tabellen, at forbruget af træ og returpapir går ned, henholdsvis op ved øget genanvendelse og vice versa ved reduceret genanvendelse.

Ved forøget genanvendelse reduceres tillige

- vandforbruget
- forbruget af hjælpestoffer
- forbruget af procesenergi i alt
- emissionen af SO₂ og NO_x
- spildevandsmængden
- udledningen af COD og AOX

Derimod *forøges*

- forbruget af primær (fossil) energi

Ved *reduceret genanvendelse* findes for disse parametre det modsatte resultat.

For hjælpestoffet CaO og for emissionerne af CO₂, SO₂ og NO_x samt for affaldsproduktionen er værdierne forskellige fra underscenario til underscenario.

Forøget genanvendelse under substitution med fossilt brændsel giver en forøget samlet CO₂-emission. Substitueres derimod med affald, fås naturligt nok en væsentlig reduktion af den samlede affaldsmængde til deponi. Tillige reduceres emissionen af CO₂-ækvivalenter stærkt, svarende til at den pågældende affaldsmængde ikke længere vil udvikle metan på lossepladsen. Til gengæld fordrer den et forbrug af CaO til røgrensning ved forbrænding.

Reduceret genanvendelse medfører en reduceret CO₂-emission, hvis den mængde pap, der ikke genanvendes, føres til forbrænding. Deponeres den derimod, *forøges* emissionen af CO₂-ækvivalenter.

Som nævnt medfører en forøget genanvendelse, at der spares noget træ til fremstilling af ny liner og fluting i Sverige. Tænker man sig denne træmængde anvendt til varmeproduktion under fortrængning af olie (jf. afsnit 3.3.1), vil de samlede konsekvenser opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen (Scenario 1) blive således:

Stof	Enhed	Sc. 2a	Sc. 2b	Sc. 3a	Sc. 3b
CO ₂	kt/år	-38	+169	+15	+17
SO ₂	t/år	+528	+493	+210	+202
NO _x	t/år	-67	+46	+27	-17

Tabel 6.2

De samlede konsekvenser - bølgepap - opgjort som forskydninger i forhold til udgangssituationen og med udnyttelse af sparet træ til energiformål

Den samlede besparelse bliver nu så stor, at den i givet fald ud fra et globalt CO₂-emissionssynspunkt gør det mest fordelagtigt at genanvende returpapir.

Økonomiske konsekvenser

De økonomisk reale konsekvenser omfatter de betragtede scenariers konsekvenser for den samlede produktion og ressourceforbruget. Konsekvenserne opgøres så vidt muligt i mængdemæssige enheder i modsætning til værdier - deraf udtrykket reale konsekvenser.

Konsekvensbeskrivelsen omfatter en opstilling af konsekvenserne i et konsekvensskema og en beskrivelse af scenariernes økonomiske konsekvenser.

Virksomhedsøkonomisk vurdering

Den virksomhedsøkonomiske vurdering bygger på den privatøkonomiske kalkule, som denne er beskrevet i Delrapport 1. Der regnes med 15 års levetid for investeringer.

Den privatøkonomiske kalkule gennemføres for hvert af de opstillede scenarier og omfatter følgende:

- prisforudsætninger
- de primære virksomheders økonomi
 - produktion af liner og fluting
 - indsamling til genanvendelse
 - indsamling til forbrænding og deponering
- affaldsproducentens økonomi
- statens afgiftsprovenu

Resultaterne af den virksomhedsøkonomiske vurdering fremgår af nedenstående tabel.

Virksomhedsøkonomisk nutidsværdi mio. kr.	Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B
Fremstilling af genbrugsliner og fluting (NPV LINER)	+ 45,6	+ 45,6	÷ 19,1	+ 19,1
Indsamling til genanvendelse (NPV INDGEN)	+ 13,9	+ 13,9	÷ 9,6	÷ 9,6
Indsamling til forbrænding/deponi (NPV INDFOR)	÷ 0,2	÷ 0,2	÷ 2,4	÷ 2,4
Affaldsproducenten (NPV PRIVAT)	+ 141,0	+ 44,9	÷ 59,0	÷ 59,0
Afgifter staten (NPV STAT)	÷ 8,4	÷ 55,0	+ 3,5	+ 20,9

Som det fremgår af den virksomhedsøkonomiske vurdering, er der klare fordele ved øget genanvendelse.

At staten ved øget genanvendelse mister afgifter skyldes i al væsentlighed, at genanvendelse i modsætning til forbrænding og deponering er fritaget for afgifter.

Samfundsøkonomisk vurdering

Den samfundsøkonomiske kalkule gennemføres også med udgangspunkt i de betragtede teknologiers reale konsekvenser - jf. konsekvenskemaerne i afsnit 3.5. Men frem for som i den privatøkonomiske kalkule at basere beregningerne på de gældende markedspriser, benyttes i den samfundsøkonomiske kalkule de såkaldte beregningspriser - jf. afsnit 2.6.2.

Der regnes med 15 års levetid for investeringer dog undtaget el/varmeproduktion og deponi, hvor der regnes med 25 års levetid.

Den samfundsøkonomiske kalkule omfatter:

- beregningsprisforudsætninger
- det samfundsøkonomiske overskud eller underskud ved øget hhv. reduceret genanvendelse kontra forbrænding af bølgepap

Resultaterne af den samfundsøkonomiske vurdering fremgår af omstående tabel.

Samfundsøkonomisk nutidsværdi mio. kr.	Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B
	+ 342,6	+ 135,6	+ 144,1	+ 104,3

Det fremgår tydeligt af de ovenfor beregnede nutidsværdier, at øget genanvendelse i denne forbindelse er mest gunstig for samfundet.

Valutamæssige konsekvenser

De samfundsøkonomiske nutidsværdier af valutabevægelserne omkring import og eksport af produktions- og forbrugsgoder fremgår af nedenstående. De i afsnit 7.1 anførte beregningsforudsætninger benyttes også her til beregning af værdierne.

Valutamæssig nutidsværdi mio. kr.	Scenario 2A	Scenario 2B	Scenario 3A	Scenario 3B
	+ 913,8	+ 962,5	+ 402,5	+ 413,2

Det fremgår tydeligt af de ovenfor beregnede nutidsværdier af valutabevægelserne, at øget genanvendelse i denne forbindelse er mest gunstig for samfundet.

Beskæftigelsesmæssige konsekvenser

Arbejdskraftens nettobevægelser i forhold til udgangsscenarioet fremgår af nedenstående tabel.

Scenario	2A	2B	3A	3B
Antal personer				
Nettobevægelse	+ 43	+ 71	+ 18	+ 26

Det kan for bevægelserne i arbejdskraften konstateres, at der netto vil være behov for yderligere arbejdskraft i scenario 2A og 2B og formindsket behov i scenario 3A og 3B i forhold til udgangsscenarioet.

Følsomhedsberegning

Analyserne er alene gennemført for de samfundsøkonomiske beregninger. Der er ikke foretaget beregninger for de valutamæssige konsekvenser.

Renten

Den samfundsøkonomiske kalkulationsrente er i projektet sat til 3 pct., hvorved forrentningsfaktoren ved en tidshorisont på 15 år bliver 1,478, og diskonteringsfaktoren ved 15 år bliver 11,9379.

Rentesatserne i følsomhedsberegningerne er bestemt til 2 henholdsvis 4 pct. Ved en rente på 2 pct. kan forrentningsfaktoren beregnes til 1,64 og diskonteringsfaktoren til 12,85. Ved en rentesats på 4 pct. kan forrentningsfaktoren beregnes til 1,33 og diskonteringsfaktoren til 11,12.

Følsomhedsberegningerne får konsekvenser for alle de 4 opstillede scenarier.

Færdigvarepris

Følsomhedsberegningerne på færdigvareprisen vedrører alene produktionen af liner og fluting på Grenå Papir.

I projektet er der regnet med 2.143 kr. pr. ton færdigvare. Færdigvareprisen er for Grenå Papir beregnet via Udenrigshandelsstatistikken.

Følsomhedsberegningerne er gennemført for en situation, hvor færdigvareprisen er henholdsvis 15 pct. højere og 15 pct. lavere end den i projektet anvendte.

Beregningerne får konsekvenser for alle 4 scenarier.

Scenarier	2A	2B	3A	3B
Samfundsøkonomiske nutidsværdier				
DKK				
NPV (rente)				
som i projektet (3 pct.)	+342.591.000	+342.591.000	-144.173.000	-104.273.000
rente = 2 pct.	+368.947.000	+137.132.000	-155.266.000	-109.640.000
rente = 4 pct.	+331.616.000	+146.331.000	-139.560.000	-104.629.000
NPV (færdigvare)				
som i projektet	+342.591.000	+135.591.000	-144.173.000	-104.273.000
pris +15 pct.	+536.071.000	+329.073.000	-225.394.000	-185.491.000
pris -15 pct.	+162.916.000	-44.082.000	-68.757.000	-28.854.000

De samfundsøkonomiske nutidsværdiers følsomhed overfor et renteudsving på +/- 1 pct.-point viser et udslag på omkring +/- 7% i nutidsværdierne.

Sandsynlige udsving i kalkulationsrenten påvirker derfor ikke det overskud ved genanvendelse af bølgepap.

De samfundsøkonomiske nutidsværdiers følsomhed overfor en ændring i færdigvareprisen på +/- 15% viser et udslag på omkring +/-270% i nutidsværdierne. Udslaget er dog mindst for scenarie 2A, hvor det kun er +/- 53%.

De sandsynlige udsving i færdigvareprisen har således tydelig virkning på det samfundsøkonomiske overskud. Alligevel må overskuddet ved genanvendelse anses for forholdsvis solidt.

Pris kr. 75,- (inkl. 25% moms)

ISSN 0908-9195
ISBN 87-7810-352-5

Miljø- og Energiministeriet **Miljøstyrelsen**
Strandgade 29 · 1401 København K · Telefon 32 66 01 00