



# Opstilling af fire scenarier

Indsamling af tørre genanvendelige fraktioner

## Rapport

*Dato*

30. september 2016

*Udført af:*

Kathe Tønning  
Sebastian B. Antonsen

Teknologisk Institut  
Vand og Miljø



## Indhold

|       |                                                                                         |    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | Indledning .....                                                                        | 3  |
| 2     | Valg af scenarier.....                                                                  | 4  |
| 2.1   | Scenario 1 .....                                                                        | 4  |
| 2.2   | Scenario 2 .....                                                                        | 4  |
| 2.3   | Scenario 3 .....                                                                        | 5  |
| 2.4   | Scenario 4 .....                                                                        | 6  |
| 3     | Forudsætninger .....                                                                    | 7  |
| 3.1   | Bringesystemer .....                                                                    | 7  |
| 3.2   | Indsamlingseffektiviteter .....                                                         | 7  |
| 3.2.1 | Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 1 .....                                    | 7  |
| 3.2.2 | Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 2 .....                                    | 8  |
| 3.2.3 | Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 3 .....                                    | 8  |
| 3.2.4 | Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 4 .....                                    | 8  |
| 3.3   | Priser på opsamlingsmateriel og tømninger .....                                         | 9  |
| 3.4   | Tømningsfrekvens .....                                                                  | 9  |
| 3.5   | Indhold i glas-, metal- og plastfraktion .....                                          | 10 |
| 3.5.1 | Fordeling glasfraktionen .....                                                          | 10 |
| 3.5.2 | Fordeling metalfraktionen .....                                                         | 10 |
| 3.5.3 | Fordeling plastfraktionen .....                                                         | 10 |
| 4     | Modelberegninger .....                                                                  | 11 |
| 4.1   | Økonomiske antagelser .....                                                             | 12 |
| 4.2   | Beskrivelse af sorteringsanlæg .....                                                    | 13 |
| 4.2.1 | Anlæg til sortering af pap og papir (Scenario 1, 2 og 3) .....                          | 13 |
| 4.2.2 | Anlæg til sortering af tekstil, pap (inkl. fødevarekartoner) og papir, Scenario 4 ..... | 14 |
| 4.2.3 | Anlæg til sortering af hård plast, plastfolie og metal (Scenario 2) .....               | 14 |
| 4.2.4 | Anlæg til sortering af hård plast, metal og glas (Scenario 3) ....                      | 15 |
| 4.2.5 | Anlæg til sortering af hård plast, plastfolie, metal og glas (Scenario 4).....          | 16 |
| 4.3   | Resultater af scenarieberegninger .....                                                 | 18 |
| 4.3.1 | Resultater af Scenario 1 .....                                                          | 18 |
| 4.3.2 | Resultater af Scenario 2 .....                                                          | 20 |
| 4.3.3 | Resultater af Scenario 3 .....                                                          | 21 |
| 4.3.4 | Resultater af Scenario 4 .....                                                          | 23 |
| 4.4   | Sammenfatning på økonomiberegninger .....                                               | 27 |
| 4.5   | Lav indsamlingseffektivitet .....                                                       | 28 |
| 5     | Miljøberegninger på sorteringsscenarier .....                                           | 30 |
| 6     | Sammenfatning .....                                                                     | 32 |



## 1 Indledning

I INNOSORT regi var der et ønske om at formidle resultater af arbejdet i INNOSORT på en sådan måde, at det sikres, at hele kæden fra indsamling til genanvendelse/oparbejdning er medtaget.

Der er på denne baggrund opstillet fire scenarier for indsamling af kildeopdelte genanvendelige fraktioner fra enfamilieboliger.

I scenarierne tages udgangspunkt i 3-4 anlæg i Danmark for betjening af ca. 1,5 mio. indbyggere pr. anlæg, svarende til ca. 620.000 husstande i enfamilieboliger (gennemsnitlig husstandsstørrelse 2,42).

Ved opsætning af scenarier er der taget udgangspunkt i, at der er tale om brugervenlige og fleksible systemer.

Det er taget udgangspunkt i konkrete opgørelser af mængder baseret på resultater af de i INNOSORT udarbejdede affaldsanalyser i Aarhus Kommune, anlægserfaringer fra Dansk Affald A/S, anlægspriser fra Eldan Recycling A/S og afsætningsmuligheder og -priser fra Danbørs A/S.



## 2 Valg af scenarier

Der er opstillet i alt fire scenarier. Alle fire scenarier omhandler indsamling fra enfamilieboliger. De tre af scenarierne omhandler kildeopdelt indsamling af genanvendelige materialer, og det fjerde scenario omhandler kildeindsamling af en enkelt fraktion.

|                   | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
|-------------------|------------|------------|------------|------------|
| Glas              | Bringe     | Bringe     | Hente      | Hente      |
| Hård plast        | -          | Hente      | Hente      | Hente      |
| Plastfolie        | -          | Hente      | -          | Hente      |
| Metal             | -          | Hente      | Hente      | Hente      |
| Tekstiler         | -          | -          | -          | Hente      |
| Fødevarerkartoner | -          | -          | -          | Hente      |
| Pap               | Hente      | Hente      | Hente      | Hente      |
| Papir             | Hente      | Hente      | Hente      | Hente      |

### 2.1 Scenario 1

I Scenario 1 afhentes alene restaffald samt papir- og papfraktionen hos husstandene. Glasflasker- og husholdningsglas bringes til centralt opstillede containere, og de øvrige genanvendelige fraktioner bringes til genbrugsstation. Omkostningerne forbundet med genbrugsstationer indgår ikke i beregningerne. Fødevarerkartoner indsamles sammen med dagrenovation.

Dvs.:

|            |                                                                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Papir      | Afhentes hos husstandene i 190 liter beholder hver 4. uge                                                                        |
| Pap        | Afhentes hos husstandene i 190 liter beholder hver 4. uge                                                                        |
| Glas       | Bringes af husstandene til centralt opstillede kuber eller lignende                                                              |
| Hård plast | Bringes af husstandene til genbrugsstationer                                                                                     |
| Plastfolie | Bringes af husstandene til genbrugsstationer                                                                                     |
| Metal      | Bringes af husstandene til genbrugsstationer                                                                                     |
| Tekstiler  | Bringes af husstandene til centralt opstillede containere opstillet af humanitære organisationer og/eller til genbrugsstationer. |

Henning Jørgensen, Affaldskontoret har oplyst, at 12 kommuner i Danmark har indført et sådant system.

### 2.2 Scenario 2

I Scenario 2 er der ud over opsamlingsmateriel til dagrenovation, opsamlingsmateriel i form af en 240 liter todelt beholder, hvori der opsamles henholdsvis en kildeopdelt fraktion bestående af papir og pap og en kildeopdelt fraktion, der består af hård plast, plastfolie og metal. Fødevarerkartoner indsamles sammen med dagrenovation. Glasfraktionen indsamles i en bringeordning.

Beholdermateriel hos husstanden er ud over en beholder til dagrenovation, en todelt 240 liter beholder der tømmes hver 4. uge.

Dvs.:



|            |                                                                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Papir      | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Pap        | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Hård plast | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Plastfolie | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Metal      | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Glas       | Bringes af husstandene til centralt opstillede kuber eller lignende.                                                             |
| Tekstiler  | Bringes af husstandene til centralt opstillede containere opstillet af humanitære organisationer og/eller til genbrugsstationer. |

| Beholderrum 1 | Beholderrum 2 |
|---------------|---------------|
| Hård plast    | Papir         |
| Plastfolie    | Pap           |
| Metal         |               |

Opgørelse fra Affaldskontoret viser, at otte kommuner har indført et indsamlingssystem, hvor papir, pap, metal og hård plast afhentes hos husstandene.

### 2.3 Scenario 3

I Scenario 3 er der, ud over opsamlingsmateriel til dagrenovation, opsamlingsmateriel i form af en 240 liter dobbeltbeholder, hvori der opsamles henholdsvis en kildeopdeelt fraktion bestående af papir og pap og en kildeopdeelt fraktion, der består af glas, hård plast og metal. Fødevarerkartoner indsamles sammen med dagrenovation.

Dvs.:

|            |                                                                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Papir      | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Pap        | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Hård plast | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Metal      | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Glas       | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge                                                               |
| Plastfolie | Bringes af husstandene til genbrugsstationer                                                                                     |
| Tekstiler  | Bringes af husstandene til centralt opstillede containere opstillet af humanitære organisationer og/eller til genbrugsstationer. |

| Beholderrum 1 | Beholderrum 2 |
|---------------|---------------|
| Hård plast    | Papir         |
| Metal         | Pap           |
| Glas          |               |



Opgørelse fra Affaldskontoret viser, at 31 kommuner har indført et indsamlingssystem, hvor papir, pap, metal, glas og hård plast afhentes hos husstandene.

## 2.4 Scenario 4

I Scenario 4 er der ud over opsamlingsmateriel til dagrenovation, opsamlingsmateriel i form af en 240 liter dobbeltbeholder, hvori der opsamles henholdsvis en kildeopdelt fraktion bestående af glas, hård plast, plastfolie og metal samt en kildeopdelt fraktion bestående af papir, pap, fødevarekartoner og tekstiler. I scenario 4 inkluderes også lettere forurenede plastemballage. Såfremt der ikke er plads i beholderen placeres plastposen med tekstiler på beholderens låg. Der er generelt ikke gennemført volumenberegninger.

Dvs.:

|                  |                                                                     |
|------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Papir            | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Pap              | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Hård plast       | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Plastfolie       | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Metal            | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Glas             | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Tekstiler        | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge  |
| Fødevarekartoner | Afhentes hos husstandene i todelte 240 liter beholdere hver 4. uge. |

| Beholderrum 1 | Beholderrum 2    |
|---------------|------------------|
| Hård plast    | Papir            |
| Plastfolie    | Pap              |
| Metal         | Tekstil          |
| Glas          | Fødevarekartoner |

Denne ordning skal ses som et fremtidsscenario da der indtil videre kun er gennemført forsøgsindsamlinger med f.eks. tekstil.



## 3 Forudsætninger

### 3.1 Bringesystemer

Det er valgt, at glasflasker og husholdningsglas i et bringesystem bringes til centralt opstillede glascontainere. De øvrige genanvendelige fraktioner, der indgår i scenarierne og indsamles i bringesystemer, forudsættes bragt til genbrugsstationer. For tekstilers vedkommende kan der dog være tale om et bringesystem, hvor tekstilerne bringes til centralt opstillede containere og/eller genbrugsstationer.

### 3.2 Indsamlingseffektiviteter

For glasfraktionen er det valgt at anvende den konkrete erfaringsmæssige indsamlingseffektivitet oplyst af Aarhus Kommune. I andre tilfælde er indsamlingseffektiviteter antaget. Der er for henteordningerne i samtlige scenarier antaget to forskellige indsamlingseffektiviteter – henholdsvis en "høj" og en "lav".

De i beregningerne anvendte indsamlingseffektiviteter for de enkelte scenarier fremgår af nedenstående.

#### 3.2.1 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 1

Tabel 1 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 1.

| Fraktion          | Indsamlingseffektivitet (%) | Bemærkninger                                                                             |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Papir             | 75 og 90                    |                                                                                          |
| Pap               | 75 og 90                    |                                                                                          |
| Metal             |                             |                                                                                          |
| Hård plast        |                             |                                                                                          |
| Plastfolie        |                             |                                                                                          |
| Glas              | 70                          | Der er anvendt konkret erfaringsmæssige indsamlingseffektivitet fra Aarhus Kommune       |
| Tekstiler         | -                           | Indsamles via humanitære organisationer – alternativt indsamles sammen med dagrenovation |
| Fødevarerkartoner | -                           | Forudsættes indsamlet med dagrenovationen                                                |



### 3.2.2 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 2

Tabel 2 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 2.

| Fraktion         | Indsamlingseffektivitet (%) | Bemærkninger                                                                       |
|------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Papir            | 75 og 90                    |                                                                                    |
| Pap              | 75 og 90                    |                                                                                    |
| Metal            | 50 og 85                    |                                                                                    |
| Hård plast       | 50 og 75                    |                                                                                    |
| Plastfolie       | 25 og 40                    |                                                                                    |
| Glas             | 70                          | Der er anvendt konkret erfaringsmæssige indsamlingseffektivitet fra Aarhus Kommune |
| Tekstiler        | -                           | Indsamles via humanitære organisationer og/eller genbrugsstationer                 |
| Fødevarekartoner | -                           | Forudsættes indsamlet med dagrenovationen                                          |

### 3.2.3 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 3

Tabel 3 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 3.

| Fraktion         | Indsamlingseffektivitet (%) | Bemærkninger                                                       |
|------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Papir            | 75 og 90                    |                                                                    |
| Pap              | 75 og 90                    |                                                                    |
| Metal            | 50 og 85                    |                                                                    |
| Hård plast       | 50 og 75                    |                                                                    |
| Plastfolie       | -                           |                                                                    |
| Glas             | 75 og 90                    |                                                                    |
| Tekstiler        | -                           | Indsamles via humanitære organisationer og/eller genbrugsstationer |
| Fødevarekartoner | -                           | Forudsættes indsamlet med dagrenovationen                          |

### 3.2.4 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 4

Tabel 4 Indsamlingseffektiviteter anvendt i Scenario 4.

| Fraktion         | Indsamlingseffektivitet (%) | Bemærkninger |
|------------------|-----------------------------|--------------|
| Papir            | 75 og 90                    |              |
| Pap              | 75 og 90                    |              |
| Metal            | 50 og 85                    |              |
| Hård plast       | 50 og 75                    |              |
| Plastfolie       | 25 og 40                    |              |
| Glas             | 75 og 90                    |              |
| Tekstiler        | 70 og 90                    |              |
| Fødevarekartoner | 50 og 75                    |              |





### 3.3 Priser på opsamlingsmateriel og tømninger

Priser på opsamlingsmateriel er baseret på oplysninger fra Dansk Affald, Aarhus Kommune og Miljøstyrelsesrapport 1458, 2014.

Tabel 5 Priser på opsamlingsmateriel.

| Opsamlingsmateriel        | Pris      | Bemærkninger                     |
|---------------------------|-----------|----------------------------------|
| 190 liter beholder        | 220 kr.   | Miljøstyrelsesrapport 1458, 2014 |
| 240 liter todelt beholder | 340 kr.   | Estimeret af Dansk Affald        |
| 1,8 m <sup>3</sup> kube   | 6.100 kr. | Oplyst af Aarhus Kommune         |

Tabel 6 Afskrivningsperiode for opsamlingsmateriel.

| Opsamlingsmateriel        | Afskrivningsperiode | Bemærkninger             |
|---------------------------|---------------------|--------------------------|
| 190 liter beholder        | 10 år               | Oplyst af Aarhus Kommune |
| 240 liter dobbeltbeholder | 10 år               | Oplyst af Aarhus Kommune |
| 1,8 m <sup>3</sup> kube   | 15 år               | Oplyst af Aarhus Kommune |

Omkostninger til tømninger er oplyst af Aarhus Kommune.

Tabel 7 Tømningsomkostninger.

| Opsamlingsmateriel        | Pris pr. tømning | Bemærkninger                                                                                                                                                           |
|---------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 190 liter beholder        | 10,50 kr.        | Aarhus Kommune har oplyst, at henholdsvis en lav pris og en høj pris pr. tømning er 9 kr. og 12 kr. Det er valgt at arbejde med et gennemsnit på 10,50 kr. pr. tømning |
| 240 liter dobbeltbeholder | 13,50 kr.        | Estimeret af Dansk Affald                                                                                                                                              |
| 1,8 m <sup>3</sup> kube   | 52 kr.           | Oplyst af Aarhus Kommune                                                                                                                                               |

### 3.4 Tømningsfrekvens

Tabel 8 Tømningsfrekvens.

| Scenario | Opsamlingsmateriel                                                                                                 | Tømningsfrekvens | Bemærkninger                                                                                                                                 |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | 190 liter beholder til papir og pap                                                                                | Hver 4. uge      |                                                                                                                                              |
|          | 1,8 m <sup>3</sup> kube til glasflasker og husholdningsglas                                                        | Hver 2. uge      | Aarhus Kommune oplyser, at kuberne tømmes individuelt efter behov og varierer mellem 2 x pr. uge, hver uge, hver 14 dag og en gang pr. måned |
| 2        | 240 liter dobbeltbeholder til henholdsvis hård plast/plastfolie/metal og papir/pap                                 | Hver 4. uge      |                                                                                                                                              |
|          | 1,8 m <sup>3</sup> kube til glasflasker og husholdningsglas                                                        | Hver 2. uge      | Aarhus Kommune oplyser, at kuberne tømmes individuelt efter behov og varierer mellem 2 x pr. uge, hver uge, hver 14 dag og en gang pr. måned |
| 3        | 240 liter dobbeltbeholder til henholdsvis hård plast/metal/glas og papir/pap                                       | Hver 4. uge      |                                                                                                                                              |
| 4        | 240 liter dobbeltbeholder til henholdsvis hård plast/plastfolie/metal/glas/ og papir/pap/tekstiler/fødevarerkarton | Hver 4. uge      |                                                                                                                                              |



### 3.5 Indhold i glas-, metal- og plastfraktion

I september 2014 blev der gennemført en sortering af en glas-, metal- og plastfraktion indsamlet i Faurskov Kommune.

Ved denne sortering blev fordelingen af farvet og klart glas opgjort. Ligeledes blev fordelingen på jern og aluminium i metalfraktionen opgjort.

Fordelingen af plastpolymerer er baseret på erfaringstal fra Dansk Affald A/S.

#### 3.5.1 Fordeling glasfraktionen

Tabel 9 Fordeling af klart, farvet glas og KSP (keramik, sten og porcelæn) i glasfraktionen.

| Fraktionen for glasflasker og husholdningsglas | Procentandel |
|------------------------------------------------|--------------|
| Klart glas                                     | 48,6         |
| Farvet glas                                    | 50,7         |
| KSP                                            | 0,7          |

#### 3.5.2 Fordeling metalfraktionen

Tabel 10 Fordeling aluminium og jern i metalfraktionen.

| Metalfraktionen | Procentandel |
|-----------------|--------------|
| Aluminium       | 55           |
| Jern            | 45           |

#### 3.5.3 Fordeling plastfraktionen

Tabel 11 Fordeling af hårde plastemner på polymertyper.

| Plastfraktionen | Procentandel |
|-----------------|--------------|
| PET             | 34           |
| HDPE            | 30           |
| PP              | 33           |
| Andet plast     | 3            |



## 4 Modelberegninger

Til disse modelberegninger er det modelleringsværktøj, som er udviklet i INNOSORT. Der er i modelberegninger og resultaterne ikke medtaget moms.

Som nævnt i afsnit 3.2 er der antaget to indsamlingseffektiviteter, henholdsvis en "høj" og en "lav".

Det er valgt at tillægge 10 % affald til hver af de kildeopdelte fraktioner.

Indsamlede mængder baseret på beregninger ved den høje indsamlingseffektivitet i henteordningerne for de fire scenarier fremgår af Tabel 12.

Tabel 12 Indsamlet mængde opgjort i tons pr. år ved "høj" indsamlingseffektivitet for ca. 620.000 husstande.

| Ton/år                  | Scenario 1                      | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
|-------------------------|---------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Henteordningen</b>   |                                 |            |            |            |
| <b>Beholderrum 1</b>    | Mængder tilført sorteringsanlæg |            |            |            |
| <i>Glas</i>             |                                 |            |            |            |
| Klart glas              |                                 |            | 11.991     | 11.991     |
| Farvet glas             |                                 |            | 12.520     | 12.520     |
| KSP                     |                                 |            | 175        | 175        |
|                         |                                 |            |            |            |
| <i>Plast</i>            |                                 |            |            |            |
| PET                     |                                 | 2.792      | 2.792      | 3.488      |
| PE                      |                                 | 3.164      | 3.164      | 3.953      |
| PP                      |                                 | 3.071      | 3.071      | 3.837      |
| Blandet plast           |                                 | 279        | 279        | 349        |
|                         |                                 |            |            |            |
| Plastfolie              |                                 | 116        |            | 116        |
|                         |                                 |            |            |            |
| <i>Metal</i>            |                                 |            |            |            |
| Aluminium               |                                 | 2.877      | 2.877      | 2.877      |
| Jern                    |                                 | 2.356      | 2.356      | 2.356      |
|                         |                                 |            |            |            |
| <i>Affald</i>           |                                 | 1.466      | 3.923      | 4.166      |
| Total mængde            |                                 | 16.121     | 43.148     | 45.829     |
| <b>Beholderrum 2</b>    | Mængder tilført sorteringsanlæg |            |            |            |
| <i>Pap</i>              | 9.834                           | 9.834      | 9.834      | 9.834      |
| <i>Papir</i>            | 76.930                          | 76.930     | 76.930     | 76.930     |
|                         |                                 |            |            |            |
| <i>Tekstiler</i>        |                                 |            |            | 6.005      |
| <i>Fødevarekartoner</i> |                                 |            |            | 7.035      |
|                         |                                 |            |            |            |
| <i>Affald</i>           | 8.676                           | 8.676      | 8.676      | 9.980      |
| Total mængde            | 95.440                          | 95.440     | 95.440     | 109.783    |
|                         |                                 |            |            |            |
| <b>Bringeordning</b>    |                                 |            |            |            |



| Ton/år                  | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Glas<sup>1</sup></i> |            |            |            |            |
| Klart glas              | 9.326      | 9.326      |            |            |
| Farvet glas             | 9.738      | 9.738      |            |            |
| KSP                     | 136        | 136        |            |            |
| <i>Total mængde</i>     | 19.200     | 19.200     |            |            |

#### 4.1 Økonomiske antagelser

I forbindelse med modelberegninger foretages en række økonomiske antagelser. Disse antagelser er konstante og gældende for alle scenarier.

Tabel 13 Økonomiske antagelser for alle scenarier.

| Antagelse <sup>2</sup>                           |                        |
|--------------------------------------------------|------------------------|
| Egenkapital                                      | 0 kr.                  |
| Bankrente                                        | 7 %                    |
| Skatteprocent af overskud                        | 20 %                   |
| Anlæggets levetid, afskrivning og løbetid på lån | 10 år                  |
| Elpris                                           | 0,94 kr./kWh           |
| Personaleomkostninger                            | 472.500 kr./år         |
| Vedligehold                                      | 2,5 % af investeringen |

Afsætningspriserne er en vigtig parameter for sorteringsanlæg. De nuværende antagelser er vist herunder (inkl. transportomkostninger).

Tabel 14 Afsætningspriser for alle scenarier.

| Fraktion               | Afsætningspris (kr. pr. ton) | Kilde                                                                                    |
|------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Pap                    | 509                          | Danfiber.dk                                                                              |
| Papir                  | 546                          | Danfiber.dk                                                                              |
| Plastfolie             | 550                          | Antaget af scenariegruppen                                                               |
| Jern                   | 800                          | DanBørs A/S                                                                              |
| Aluminium              | 7.000                        | DanBørs A/S                                                                              |
| Klart glas             | 100                          | <a href="http://www.letsrecycle.com/prices/glass/">www.letsrecycle.com/prices/glass/</a> |
| Farvet glas            | 30                           | <a href="http://www.letsrecycle.com/prices/glass/">www.letsrecycle.com/prices/glass/</a> |
| KSP                    | - 650                        | Antaget af scenariegruppen                                                               |
| PET                    | 650                          | DanBørs A/S                                                                              |
| HDPE                   | 1.200                        | DanBørs A/S                                                                              |
| PP                     | 1.200                        | DanBørs A/S                                                                              |
| Affald til forbrænding | -400                         | Antaget af scenariegruppen                                                               |
| Tekstiler              | 1.200                        | Dansk Affald A/S                                                                         |
| Fødevarerkartoner      | 509                          | DanBørs A/S                                                                              |

For alle scenarier er anlægsinvesteringen sat til at give et afkast på 20 % (IRR = 20 %)<sup>3</sup>. Ud fra dette kan en behandlingspris beregnes.

<sup>1</sup> Der er ved bringeordningen ikke taget højde for affald i fraktionen.

<sup>2</sup> Samtlige antagelser er besluttet i scenariegruppen

<sup>3</sup> Antaget af scenariegruppen



Alle anlæg antages opført i nye bygninger på en byggemodnet grund. I forbindes med estimering af bygnings- og grundstørrelse er der taget udgangspunkt i bygning og lagerplads ved Dansk Affald A/S. De estimerede anlæg vil have en kapacitet på omkring det dobbelt af kapaciteten i dag hos Dansk Affald A/S anlæg i Vojens. Der er i beregningerne anvendt et 50 % større arealbehov end hos Dansk Affald A/S. Bygningsstørrelser og -priser anvendt i scenarierne er vist i Tabel 15. Der er antaget samme arealbehov for samtlige anlæg.

Tabel 15 Bygningsantagelser for hvert sorteringsanlæg.

| Antagelse <sup>4</sup>             |                       |
|------------------------------------|-----------------------|
| Produktionsareal                   | 2.700 m <sup>2</sup>  |
| Lagerareal                         | 10.275 m <sup>2</sup> |
| Bygge % af grund                   | 50 %                  |
| Pris per m <sup>2</sup> produktion | 2.000 kr.             |
| Pris per m <sup>2</sup> lager      | 650 kr.               |
| Pris per m <sup>2</sup> grund      | 250 kr.               |
| Samlet bygningspris per anlæg      | 18,5 mio. kr.         |

## 4.2 Beskrivelse af sorteringsanlæg

Baseret på affaldssammensætningen er der regnet på fire forskellige anlæg. Kort beskrevet er disse:

- Scenario 1: Sortering af papir og pap
- Scenario 2: Sortering af papir og pap + anlæg til sortering af metal, hård plast og plastfolie
- Scenario 3: Sortering af papir og pap + anlæg til sortering af metal, hård plast og glas
- Scenario 4: Sortering af papir, pap, tekstil og fødevarekartoner + anlæg til sortering af metal, hård plast, plastfolie og glas.

I Scenario 1, 2 og 3 regnes på identiske anlæg til at sortere papir og pap.

For hvert Scenario er der regnet med en fælles stabsfunktion, for de to sorteringsanlæg, bestående af: 1 indvejer, 2 regnskabsmedarbejdere, 1 til at afsætte de udsorterede materialer og 1 direktør, som samtidig skal indgå aftaler om modtagelse af materialer til anlægget. Derudover er der regnet med 1 teamleder samt 2 personer der varetager hjælpefunktioner (f.eks. til transport af materialer internt på virksomheden) per skift.

Alle anlæg i de forskellige scenarier, køres i 3-holdsskift, 5 dage om ugen.

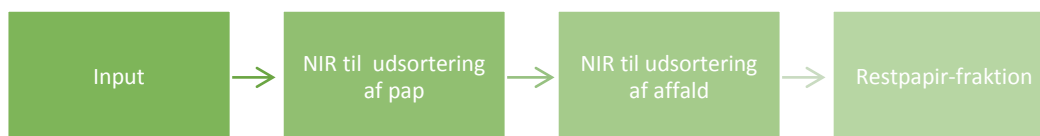
De forskellige anlæg er beskrevet i grove træk herunder.

### 4.2.1 Anlæg til sortering af pap og papir (Scenario 1, 2 og 3)

Anlæg til udsortering af papir- og papfraktionen opbygges med NIR-separation af pap og affald, hvorefter der efterlades en ren papirfraktion. Der er afsat 4 personer per skift til manuel sortering af fraktionerne.

Anlægget opbygges som illustreret i Figur 1. For yderligere detaljer, se Bilag 1.

<sup>4</sup> Antaget af scenariegruppen



Figur 1 Materialeflow i anlægget.

I beregningerne antages det, at NIR-separatorerne har en sorteringseffektivitet på 80 %, og at der udsorteres en fraktion, der er 90 % ren.

Sorteringseffektiviteten og sorteringsrenheden er fastlagt af scenariegruppen.

Det frasorterede affald tilføres forbrændingsanlæg.

#### 4.2.2 Anlæg til sortering af tekstil, pap (inkl. fødevarekartoner) og papir, Scenario 4

Anlæg til sortering af papir- og papfraktionen inkl. tekstil og fødevarekartoner opbygges, først med en robot til at fjerne tekstiler, der indsamles i plastposer. Herefter udsorteres pap (inkl. fødevarekartoner) og dernæst affald med NIR-separation, hvorefter der efterlades en ren papirfraktion. Der er afsat 4 personer per skift til manuel sortering af fraktionerne.

Anlægget opbygges som illustreret i Figur 2. For yderligere detaljer, se Bilag 1.



Figur 2 Materialeflow i anlægget.

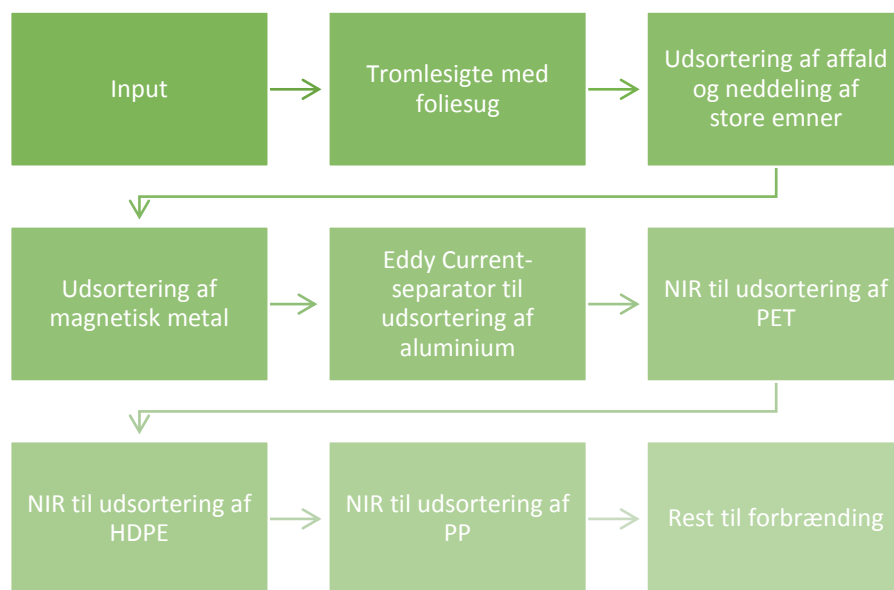
I beregningerne antages det, at robotten frasorterer samtlige tekstilposer, at NIR-separatorerne har en sorteringseffektivitet på 80 %, og at der udsorteres en fraktion, der er 90 % ren. Sorteringseffektiviteten og sorteringsrenheden er fastlagt af scenariegruppen.

Det frasorterede affald tilføres forbrændingsanlæg.

#### 4.2.3 Anlæg til sortering af hård plast, plastfolie og metal (Scenario 2)

Anlægget til sorteringen af plast- og metalfraktionen er opbygget med en for-sortering af affaldet, hvor der benyttes en tromlesigte, som samtidig har foliesug. Frasorterede, uønskede emner udsorteres manuelt, og resten neddeles og recirkuleres til anlægget. Efter forbehandlingen udsorteres magnetisk jern og aluminium med henholdsvis en overbåndsmagnet og Eddy Current. Afslutningsvis udsorteres der tre plastfraktioner, henholdsvis PET, HDPE og PP. Restfraktionen sendes til forbrænding. Der er afsat 2 personer per skift til manuel sortering af overstørrelse emner efter tromlesigten.

Anlægget opbygges som illustreret i Figur 3, og er uddybet i Bilag 1.



Figur 3 Materialeflow i anlægget.

I beregningerne antages følgende sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed:

Tabel 16 Oversigt over sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed.

| Komponent                         | Sorteringseffektivitet (%) | Sorteringsrenhed (%) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Sug - folie                       | 80                         | 80                   |
| Tromlesigte - affald <sup>5</sup> | 20                         | 90                   |
| Magnet - jern                     | 99                         | 99                   |
| Eddy Current - aluminium          | 95                         | 95                   |
| NIR - PET                         | 80                         | 90                   |
| NIR - HDPE                        | 80                         | 90                   |
| NIR - PP                          | 80                         | 90                   |

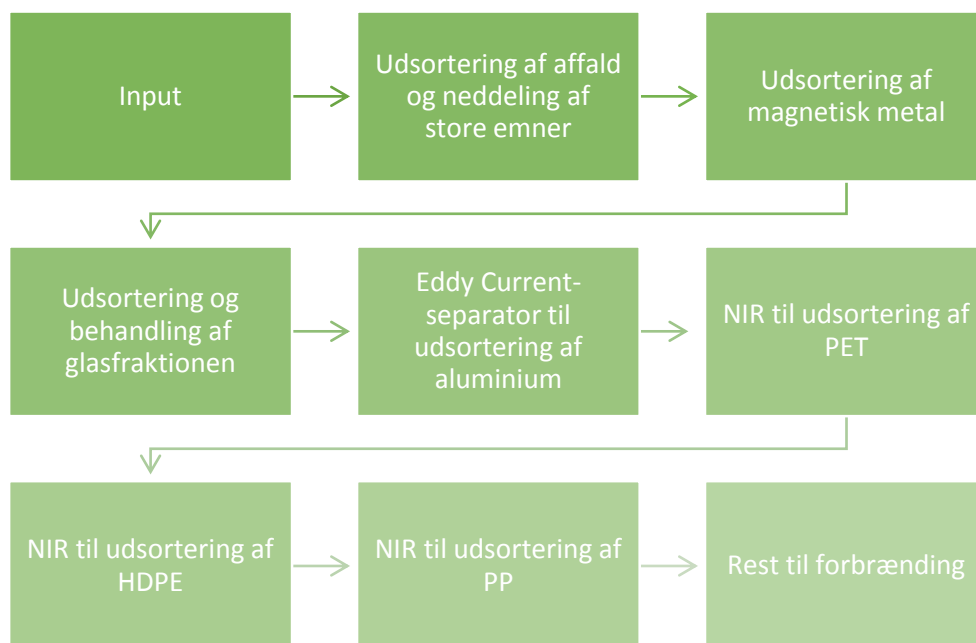
Sorteringseffektiviteten og sorteringsrenheden er fastlagt af scenariegruppen.

#### 4.2.4 Anlæg til sortering af hård plast, metal og glas (Scenario 3)

Anlægget til udsorteringen af plast-, glas- og metalfraktionen er opbygget først med en forsortering af affaldet, hvor der benyttes en tromlesigte. Frasorterede emner fra tromlesigten sorteres manuelt for uønskede emner, og resten neddeles og recirkuleres til anlægget. Efter forbehandlingen udsorteres magnetisk jern, hvorefter glas og plast adskilles. Glasfraktionen sorteres optisk i KSP, farvet og klart glas. Fra plastfraktionen fjernes først aluminium med Eddy Current. Dernæst udsorteres der tre plastfraktioner, henholdsvis PET, HDPE og PP med NIR. Sorteringsresten sendes til forbrænding. Der er afsat 2 personer per skift til manuel sortering af overstørrelse emner efter tromlesigten.

Anlægget opbygges som illustreret i Figur 4, og er uddybet i Bilag 1.

<sup>5</sup> Tromlesigten forventes at fjerne 20 % af affaldet, og den manuelle frasortering forventes at være 90 % affald



Figur 4 Materialeflow i anlægget.

I beregningerne antages følgende sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed:

Tabel 17 Oversigt over sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed.

| Komponent                         | Sorteringseffektivitet (%) | Sorteringsrenhed (%) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Tromlesigte - affald <sup>6</sup> | 20                         | 90                   |
| Magnet - jern                     | 99                         | 99                   |
| Sortering - glas                  | 98                         | 95                   |
| Optisk - KSP                      | 80                         | 9                    |
| Optisk - klart glas               | 80                         | 85                   |
| Eddy Current - aluminium          | 95                         | 95                   |
| NIR - PET                         | 80                         | 90                   |
| NIR - HDPE                        | 80                         | 90                   |
| NIR - PP                          | 80                         | 90                   |

Sorteringseffektiviteten og sorteringsrenheden er fastlagt af scenariegruppen.

#### 4.2.5 Anlæg til sortering af hård plast, plastfolie, metal og glas (Scenario 4)

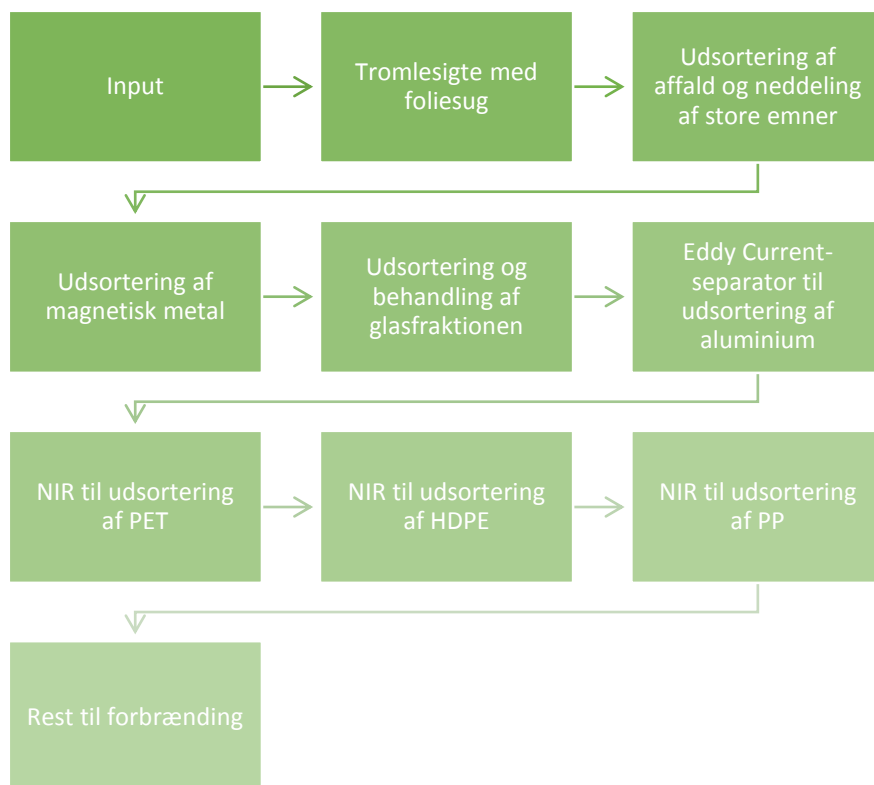
Anlægget til sortering af plast- (inkl. folie), glas- og metalfractionen er opbygget først med en forsortering af affaldet, hvor der benyttes en tromlesigte med indbygget foliesug. Frasorterede emner fra tromlesigten sorternes manuelt for uønskede emner, og resten neddeles og recirkuleres til anlægget. Efter forbehandlingens udsorteres magnetisk jern, hvorefter glas og plast adskilles. Glasfraktionen sorteres optisk i KSP, farvet og klart glas. Fra plastfraktionen fjernes aluminium med Eddy Current. Afslutningsvis udsorteres der tre plastfraktioner, henholdsvis PET, HDPE og PP med NIR.

<sup>6</sup> Tromlesigten forventes at fjerne 20 % af affaldet, og den manuelle frasortering forventes at være 90 % affald



Sorteringsresten sendes til forbrænding. Der er afsat 2 personer per skift til manuel sortering af overstørrelse emner efter tromlesigten.

Anlægget opbygges som illustreret i Figur 5, og er uddybet i Bilag 1.



Figur 5 Materialeflow i anlægget.

I beregningerne antages følgende sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed:

Tabel 18 Oversigt over sorteringseffektivitet og sorteringsrenhed.

| Komponent                         | Sorteringseffektivitet (%) | Sorteringsrenhed (%) |
|-----------------------------------|----------------------------|----------------------|
| Tromlesigte - affald <sup>7</sup> | 20                         | 90                   |
| Sug - folie                       | 80                         | 80                   |
| Magnet - jern                     | 99                         | 99                   |
| Sortering - glas                  | 98                         | 95                   |
| Optisk - KSP                      | 80                         | 9                    |
| Optisk - klart glas               | 80                         | 85                   |
| Eddy Current - aluminium          | 95                         | 95                   |
| NIR - PET                         | 80                         | 90                   |
| NIR - HDPE                        | 80                         | 90                   |
| NIR - PP                          | 80                         | 90                   |

Sorteringseffektiviteten og sorteringsrenheden er fastlagt af scenariegruppen.

<sup>7</sup> Tromlesigten forventes at fjerne 20 % af affaldet, og den manuelle frasortering forventes at være 90 % affald



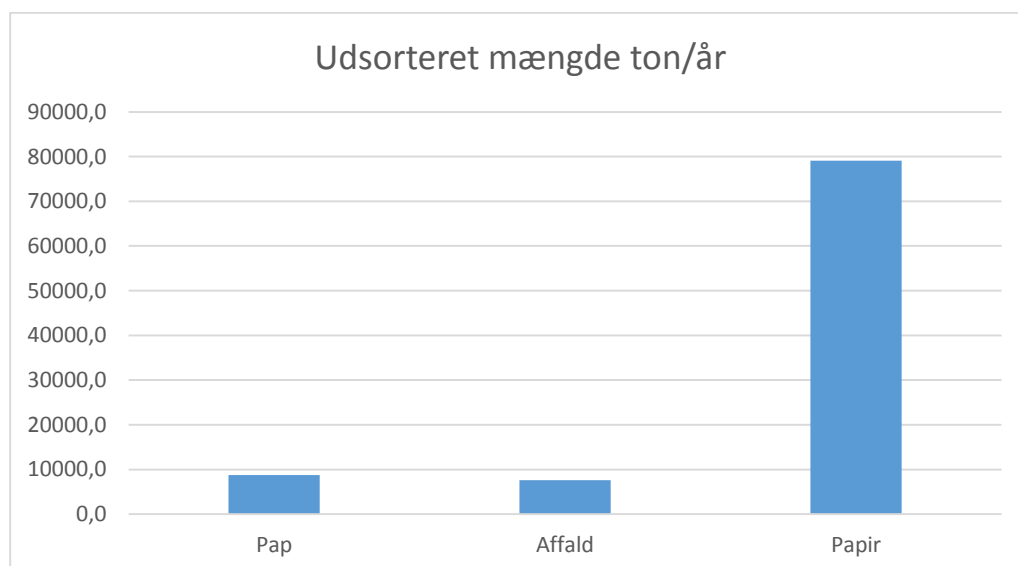
### 4.3 Resultater af scenarieberegninger

I de forskellige scenarier udregnes der en behandlingsomkostning, der giver den fastsatte IRR (Internal Rate of Return, afkast uden eksterne effekter, f.eks. inflation) på 20 %. Udover behandlingsomkostningen beregnes også NPV (Net Present Value - nutidsværdi). NPV er en beregning af, hvor mange kroner investeringen i udstyret har tjent, når anlægget er afskrevet.

#### 4.3.1 Resultater af Scenario 1

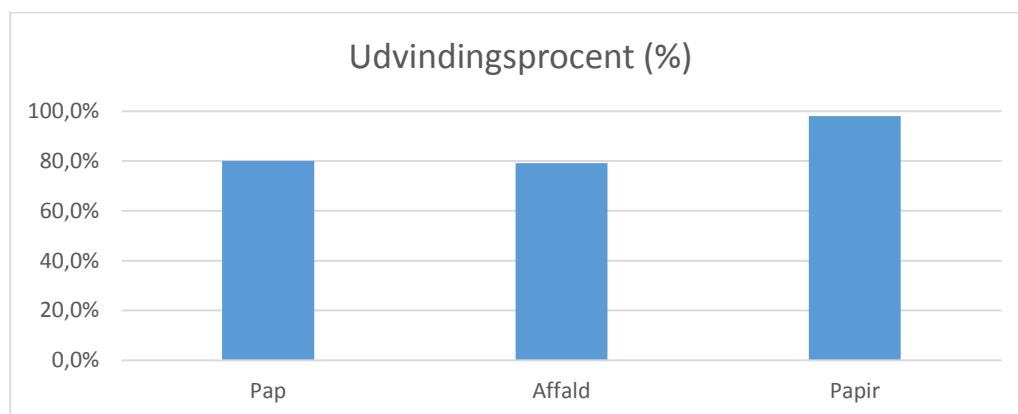
Scenario 1 beskriver et anlæg, der sorterer papir og pap. Beregningerne omfatter både de udsorterede mængder af de forskellige fraktioner, udvindingsprocenten i forhold til inputmængden samt den økonomisk værdi af hver af de udsorterede fraktioner. Disse parametre præsenteres herefter.

Den udsorterede mængde af inputfraktionerne for scenario 1 er præsenteret i Figur 6.



Figur 6 Udsorterede mængder i Scenario 1.

Som det fremgår af Figur 6, er den overvejende outputmængde papir. Udvindingsprocenten for de tre fraktioner i scenario 1 er vist i Figur 7.

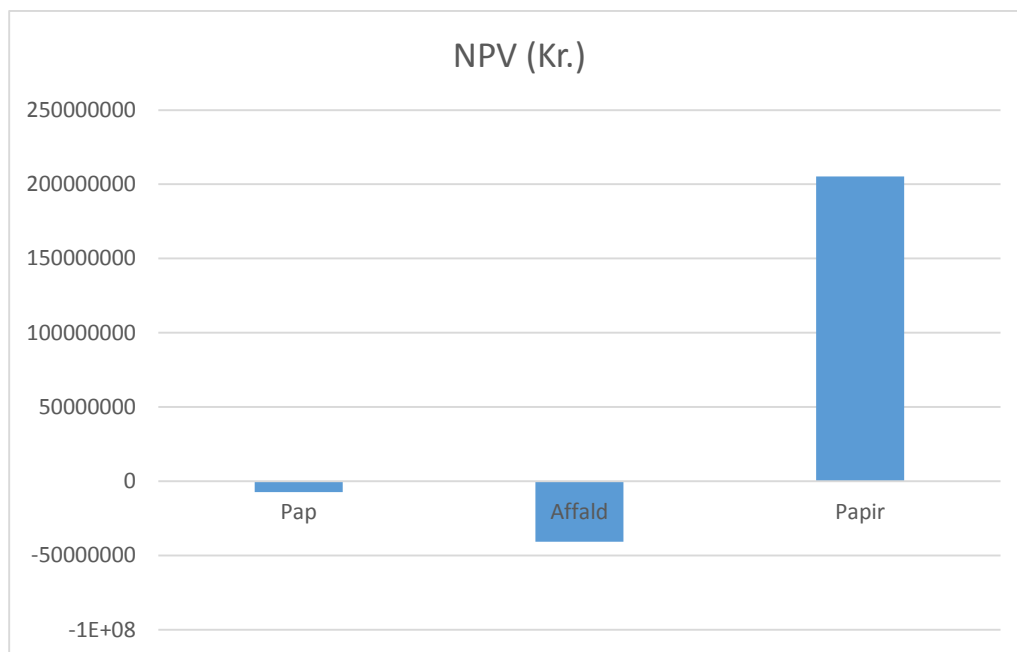


Figur 7 Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner i Scenario 1.



Udvindingsprocenten er ca. 80 % for pap og affald, hvilket er forventeligt, da der ikke er tab til andre fraktioner inden udsorteringen. Udvindingsprocenten er højere for papir. Dette skyldes, at papirfraktion er den fraktion, der resterer, efter pap og affald er fjernet.

NPV for de udsorterede fraktioner er præsenteret i Figur 8.



Figur 8 NPV for de forskellige fraktioner i Scenario 1.

NPV for pap- og affaldsfraktionen er negativ. Dette er forventeligt for affaldet, da dette ikke er en indtægtsgivende fraktion. Når papfraktionen i denne beregning ikke er indtægtsgivende, betyder det, at det økonomisk ikke kan betale sig at indsamle pappet. Salget af pap udgør dog stadig en indtægt, og samtidig vil der formentlig altid være en større mængde pap iblandet papiret. Derfor er det hensigtsmæssig af udsortere pappet for herved at sikre den indtægt, der dog måtte være, samtidig med at renheden af papirfraktionen sikres. Herudover øger pappet også genanvendelsesmængden.

Papirfraktionen er indtægtskilden, hvilket hænger sammen med, at det også er den største fraktion, som anlægget modtager.

Den samlede økonomi for Scenario 1 er præsenteret i Tabel 19.

Tabel 19 Samlet økonomioverblik for Scenario 1.

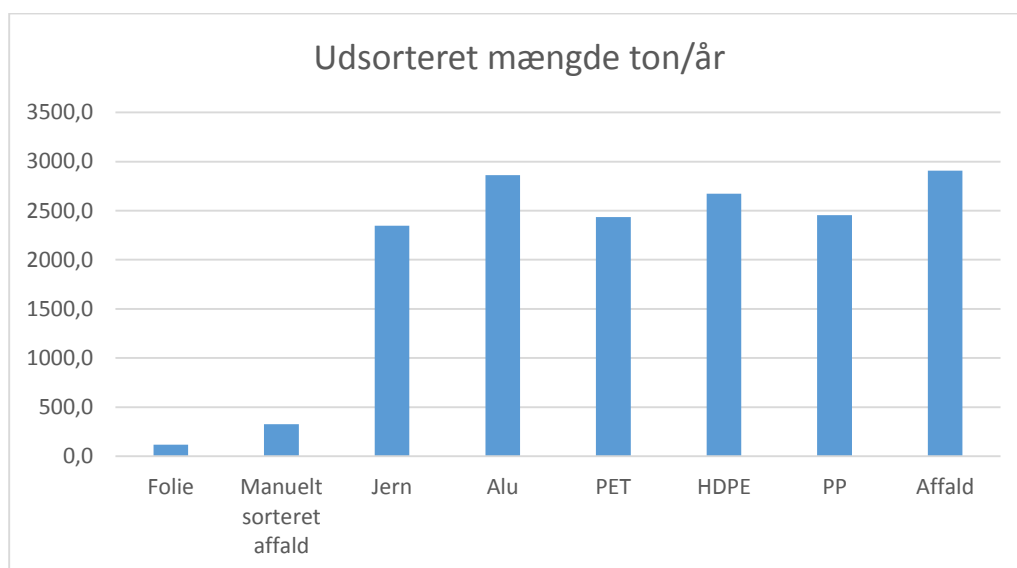
| Post                                        | Kr./husstand/år | Total mio. kr./år |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Indkøb og tømning af beholdere              | 181,1           | 112,3             |
| Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi | -18,4           | -11,4             |
| Besparelse ift. forbrænding (400 kr./ton)   | -74,0           | -45,9             |
| Samlet omkostning                           | 88,7            | 55,0              |



#### 4.3.2 Resultater af Scenario 2

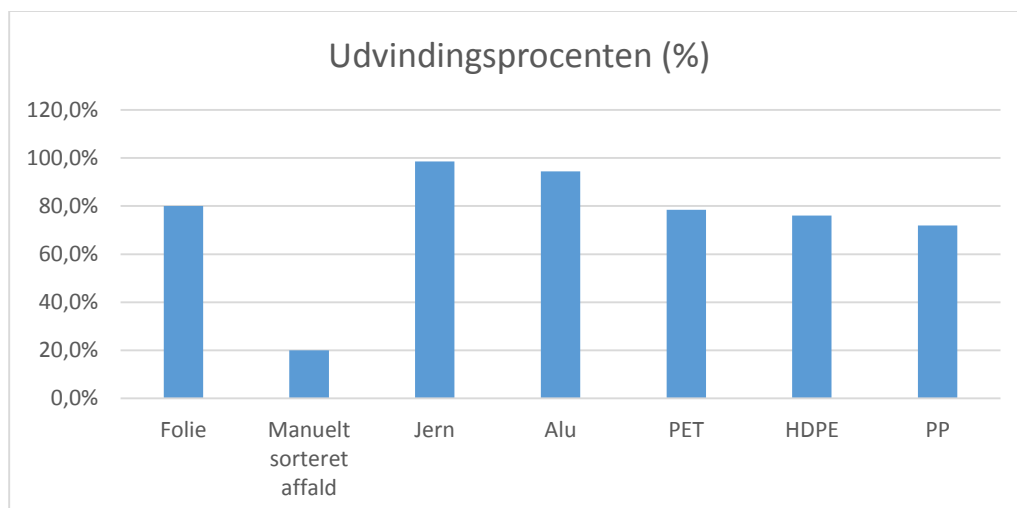
Scenario 2 beskriver et anlæg, der sorterer hård plast, plastfolie og metal, samt et anlæg, der sorterer papir og pap. Resultaterne for Scenario 2 er kun vist for anlægget, der sorterer hård plast, plastfolie og metal, da anlægget til at sortere papir og pap er identisk med anlægget i Scenario 1. Resultaterne for scenarieberegninger er vist nedenfor.

Den udsorterede mængde fra anlægget til sortering af hård plast, plastfolie og metal af inputfraktionerne for Scenario 2 er præsenteret i Figur 9.



Figur 9 Udsorterede mængder i Scenario 2.

Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner i Scenario 2 er vist i Figur 10.

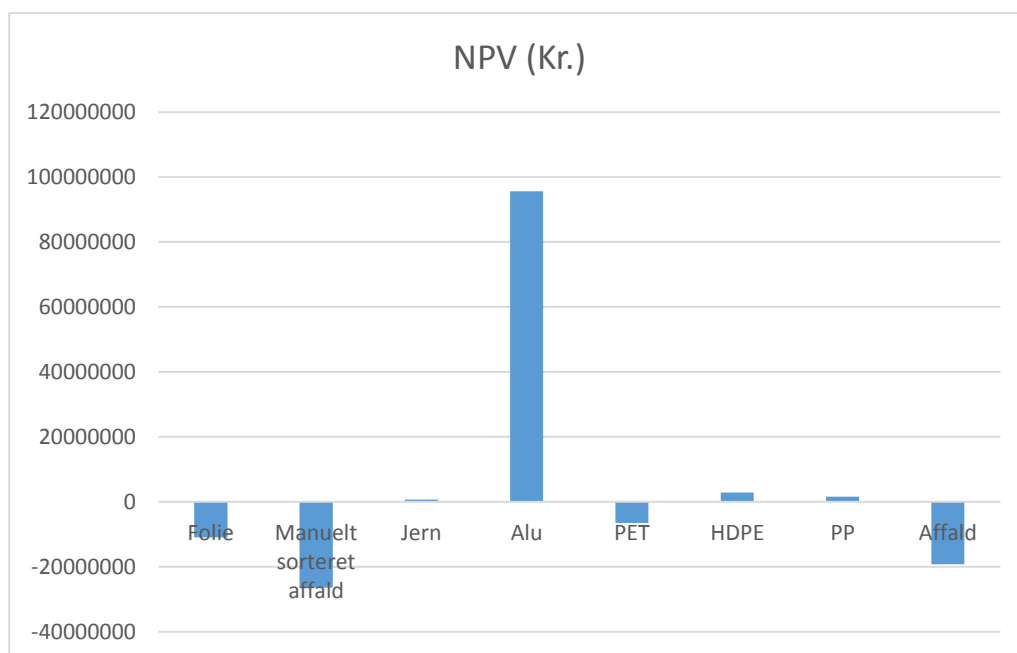


Figur 10 Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner i Scenario 2.

Udvindingsprocenten er på niveau med de angivne sorteringseffektiviteter; dog ses et fald for de tre plastfraktioner. Dette skyldes, at der ved hver fraktion udtages en lille fejlmængde, og denne fejludsortering reducerer det mulige udbytte for de efterfølgende fraktioner.



NPV for de udsorterede fraktioner er præsenteret i Figur 11.



Figur 11 NPV for de forskellige fraktioner i Scenario 2.

Det er kun fraktionerne aluminium, HDPE og PP, der udgør en positiv værdi, dvs. at det kun er disse fraktioner, der er en direkte økonomisk gevinst ved at udsortere. Det kan dog være, at det stadig giver mening at udsortere de øvrige fraktioner, da de også bidrager med en indtægt til anlægget. Da alle fælles udgifter er spredt ud på alle fraktioner, kan et økonomisk optimalt sorteringsanlæg først fastlægges ved yderligere beregninger. Der er samtidig også flere parametre, der skal tages højde for, end økonomi i valg af det endelige sorteringsanlæg.

Den samlede økonomi for Scenario 2 omfattende både anlæg til papir og pap samt plast og metal er præsenteret i Tabel 20.

Tabel 20 Samlet økonomioverblik for Scenario 2.

| Post                                        | Kr./husstand/år | Total mio. kr./år |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Indkøb og tømning af beholdere              | 220,1           | 136,4             |
| Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi | -12,1           | -7,5              |
| Besparelse ift. forbrænding (400 kr./ton)   | -84,4           | -52,3             |
| Samlet omkostning                           | 129,8           | 80,5              |

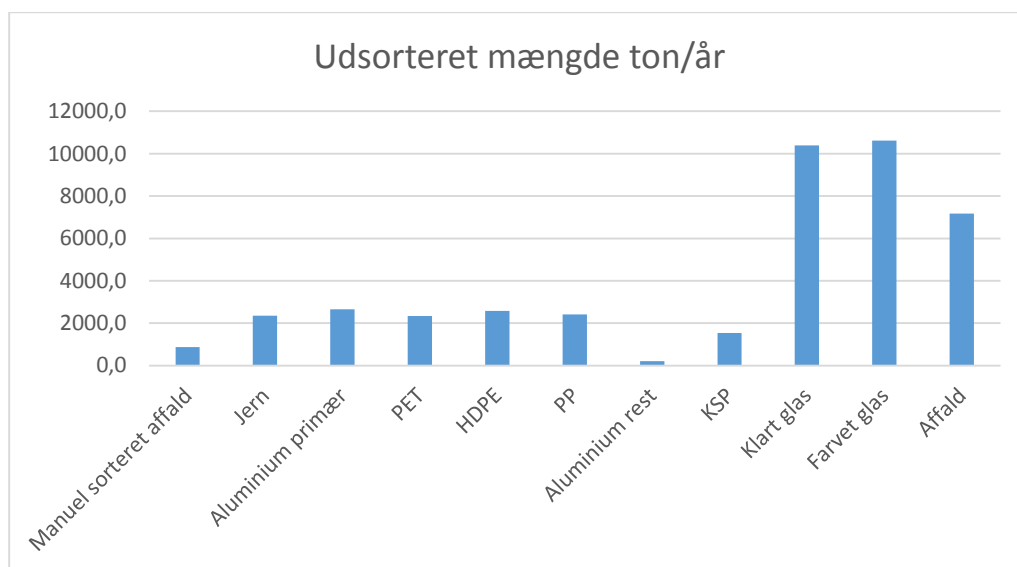
#### 4.3.3 Resultater af Scenario 3

Scenario 3 beskriver et anlæg, der sorterer hård plast, metal, og glas, samt et anlæg, der sorterer papir og pap. Resultaterne for Scenario 3 er kun vist for anlægget til at sortere hård plast, metal og glas, da anlægget til at sortere papir og pap er identisk med anlægget i scenario 1.



Resultaterne for den udsorterede mængde samt udvindingsprocenten af de forskellige fraktioner er vist herunder.

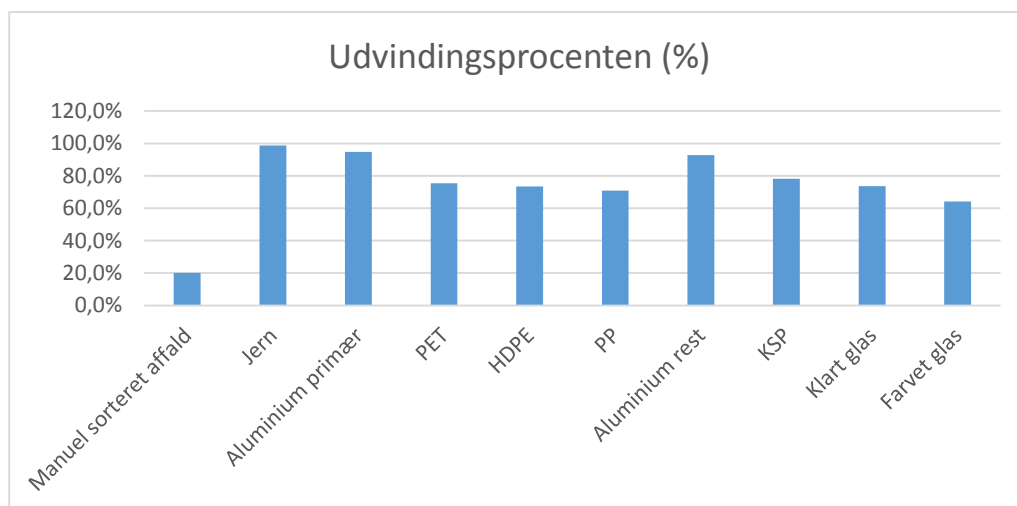
Den udsorterede mængde af inputfraktionerne for Scenario 3 er præsenteret i Figur 12.



Figur 12 Udsorterede mængder i Scenario 3.

Som det fremgår af Figur 12, er den primære outputmængde de to glasfraktioner. Grundet den store mængden glas er der også en stigning i mængden af restaffald, da denne er fastsat som en procent af den samlede inputmængde.

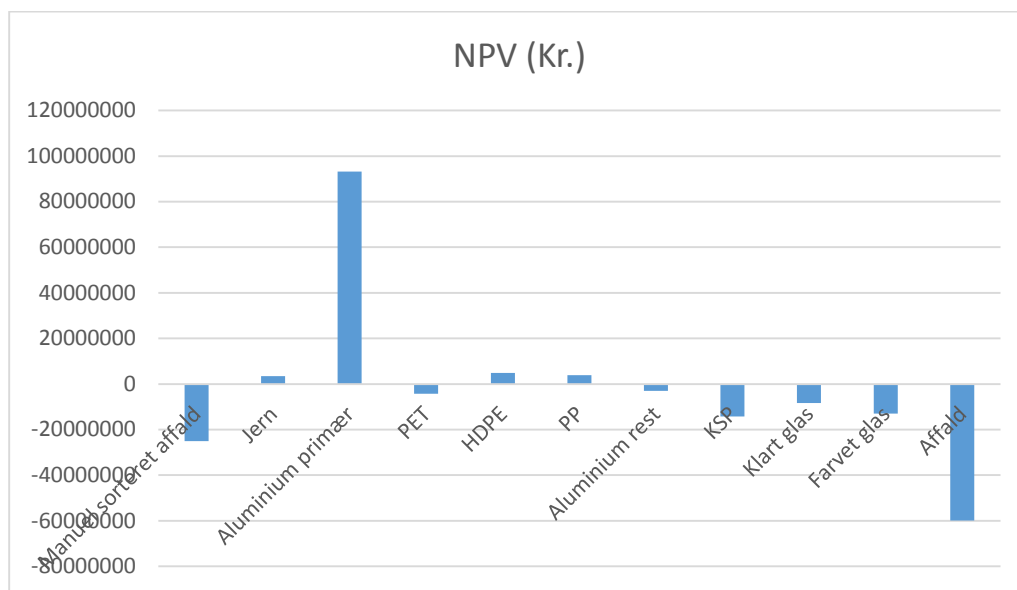
Udvindingsprocenten for outputfraktionerne i Scenario 3 er vist i Figur 13.



Figur 13 Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner i Scenario 3.

Udvindingsprocenten følger de trends, der er nævnt i scenario 2.

NPV for de udsorterede fraktioner er præsenteret i Figur 14.



Figur 14 NPV for de forskellige fraktioner i Scenario 3.

Som for Scenario 2 er det også i Scenario 3 kun aluminiumsfraktionen samt HDPE og PP, der har en positiv NPV. Den tilføjede glasfraktion påvirker dermed anlægsøkonomien negativt.

Den samlede økonomi for Scenario 3 omfattende både anlæg til papir og pap samt plast, glas og metal er præsenteret i Tabel 21.

Tabel 21 Samlet økonomioverblik for Scenario 3.

| Post                                        | Kr./husstand/år | Total mio. kr./år |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Indkøb og tømning af beholdere              | 209,5           | 129,9             |
| Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi | 1,5             | 1,0               |
| Besparelse ift. forbrænding (400 kr./ton)   | -89,4           | -55,4             |
| Samlet omkostning                           | 121,6           | 75,4              |

#### 4.3.4 Resultater af Scenario 4

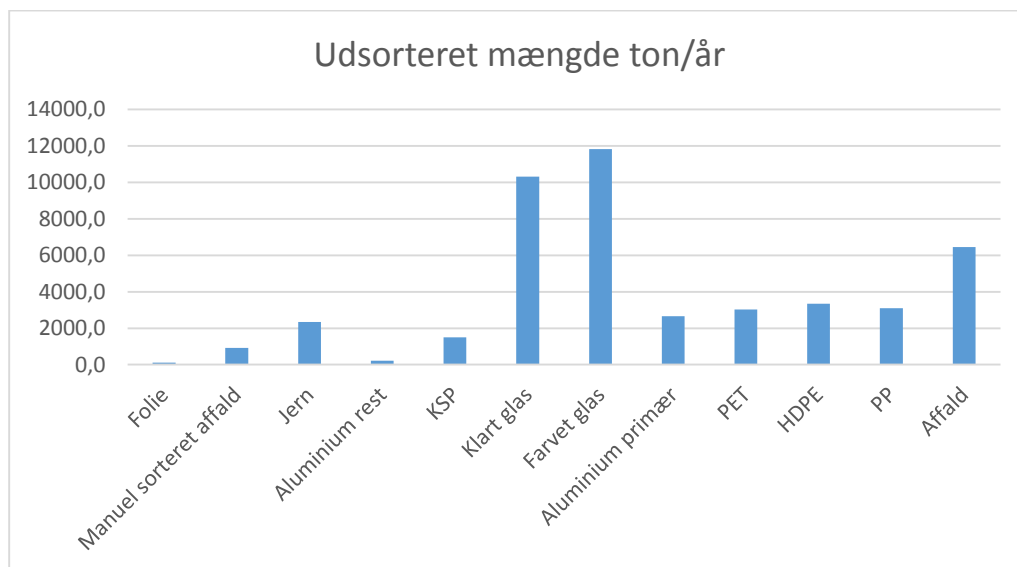
Scenario 4 beskriver et anlæg, der sorterer hård plast, plastfolie, metal og glas, samt et anlæg, der sorterer tekstil, papir og pap (inkl. fødevarekartoner). Resultaterne for den udsorterede mængde samt udvindingsprocenten af de forskellige fraktioner er vist herunder for begge anlæg.



### Anlægget til at udsortere plast, glas og metal

Først gennemgås anlægget til at udsortere plast, glas og metal.

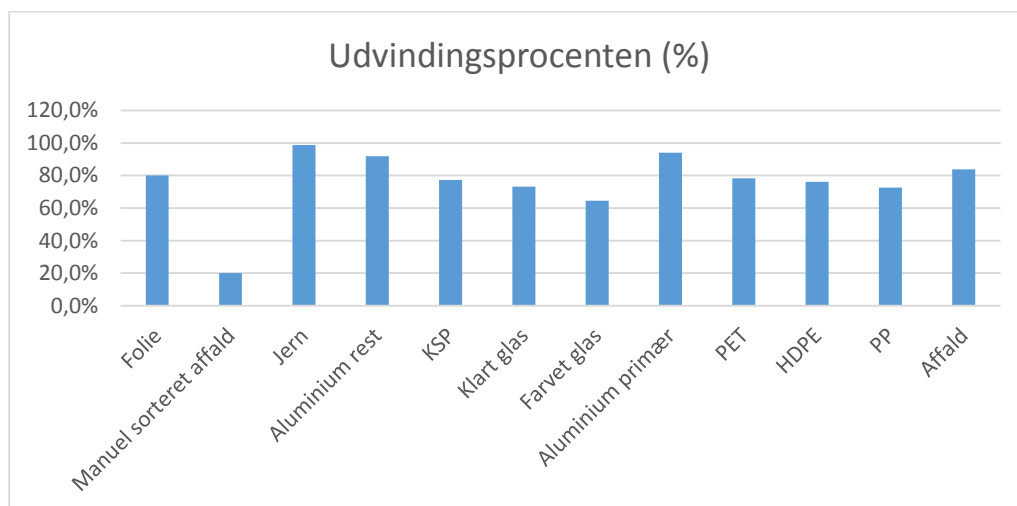
De udsorterede mængder er præsenteret i Figur 15.



Figur 15 Udsorterede mængder (glas, plast og metal) i Scenario 4.

Som for Scenario 2 og 3 er det også her glas, der er den primære outputfraktion.

Udvindingsprocenten for outputfraktionerne i Scenario 4 er vist i Figur 16.

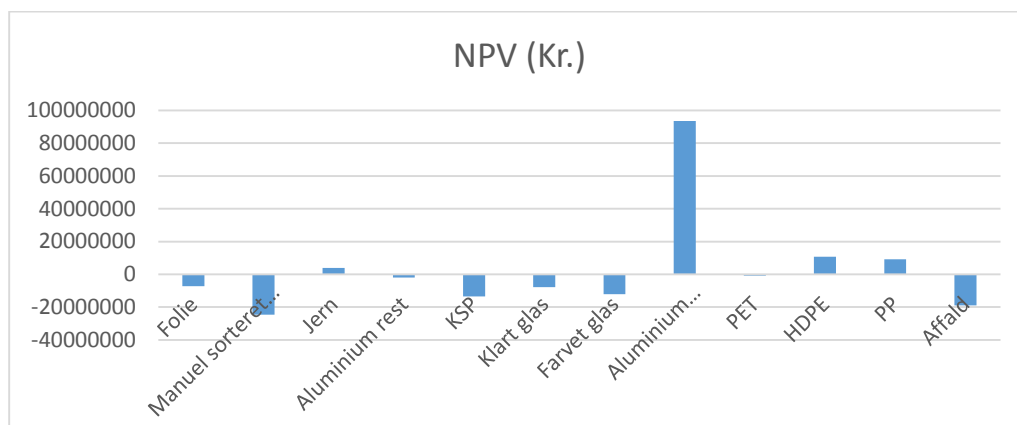


Figur 16 Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner (plast, glas og metal) i Scenario 4.

Udvindingsprocent følger de tidligere beskrevne trends.

NPV for de udsorterede fraktioner er præsenteret i Figur 17.

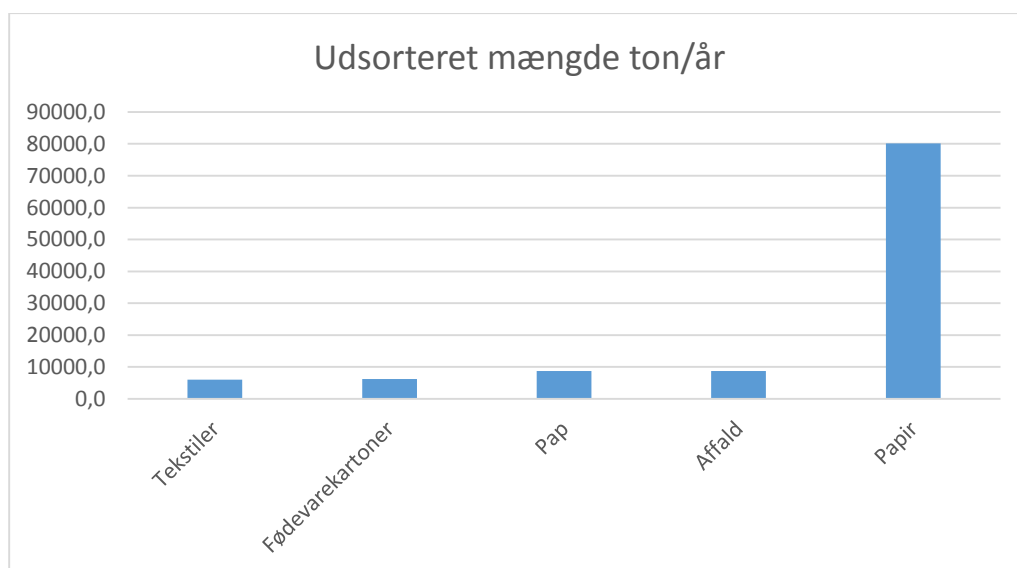




Figur 17 NPV for de forskellige fraktioner (plast, glas og metal) i Scenario 4.

Som for scenario 3 er det også kun aluminium HDPE og PP, der er indtægtsgivende.

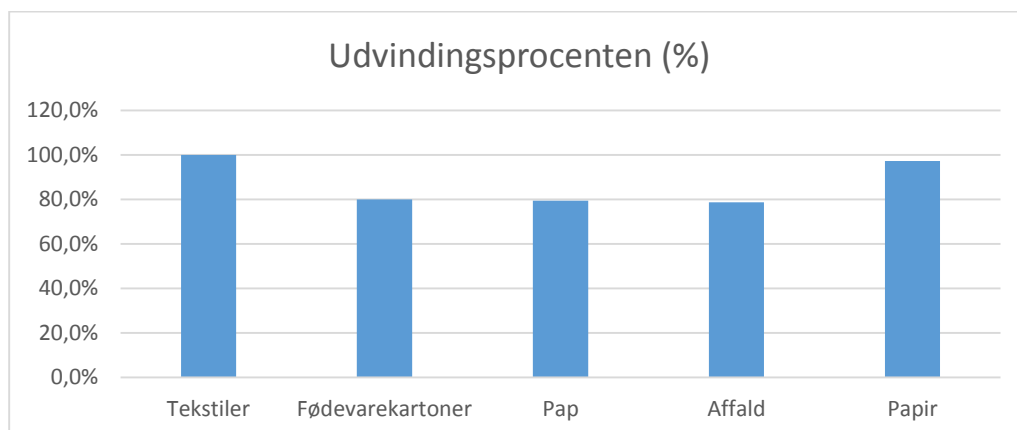
**Anlægget til at udsortere tekstil, papir og pap (inkl. fødevarekartoner)**  
 For anlægget til at udsortere tekstil, papir og pap (inkl. fødevarekartoner) er de udsorterede mængder præsenteret i Figur 18.



Figur 18 Udsorterede mængder (papir og pap) i Scenario 4.

Som for papir- og papsorteringsanlægget i Scenario 1 er det primært papir, der udsorteres.

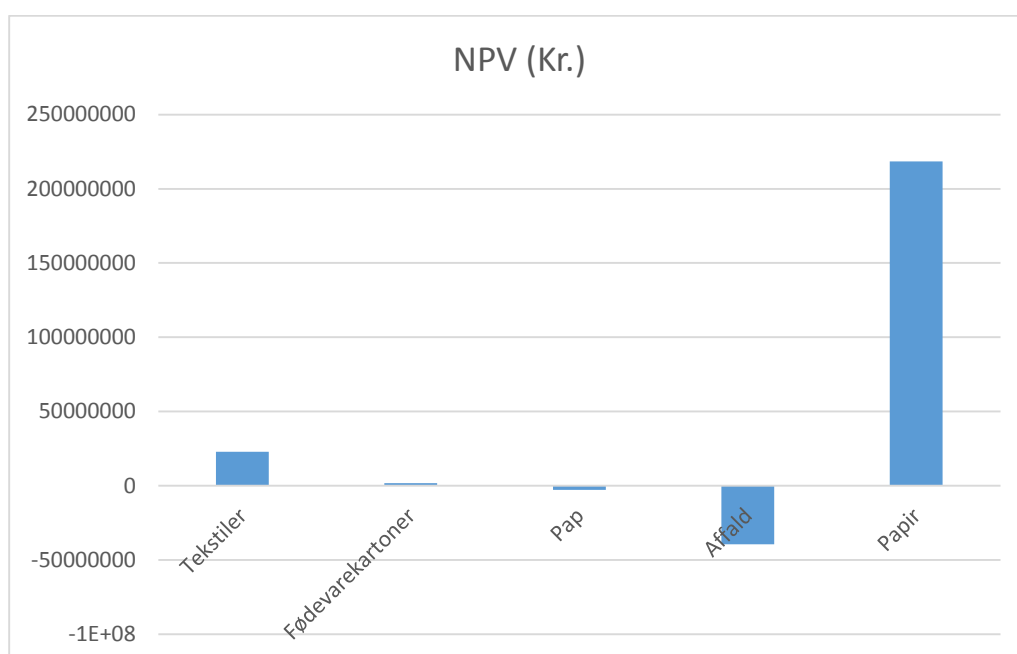
Udvindingsprocenten for outputfraktionerne i Scenario 4 er vist i Figur 19.



Figur 19 Udvindingsprocenten for de forskellige fraktioner (papir og pap) i Scenario 4.

Udvindingsprocenten er på niveau med de fastsatte sorteringseffektiviteter.

NPV for de udsorterede fraktioner er præsenteret i Figur 20.



Figur 20 NPV for de forskellige fraktioner (papir og pap) i Scenario 4.

Som for Scenario 1 er den primære indtægtskilde stadig papirfraktionen, men den tilføjede tekstilfraktion samt udsorteringen af fødevarekartoner bidrager også til en bedre økonomi og dermed en lavere behandlingspris.

Den samlede økonomi for Scenario 4 omfattende både anlæg til tekstil, papir og pap (inkl. fødevarekartoner) samt plast, glas og metal er præsenteret i Tabel 22.



Tabel 22 Samlet økonomioverblik for Scenario 4.

| Post                                        | Kr./husstand/år | Total mio. kr./år |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Indkøb og tømning af beholdere              | 209,5           | 129,9             |
| Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi | -25,6           | -15,8             |
| Besparelse ift. forbrænding (400 kr./ton)   | -100,4          | -62,2             |
| Samlet omkostning                           | 83,5            | 51,8              |

#### 4.4 Sammenfatning på økonomiberegninger

Den samlede omkostning for affaldsbehandling for de 4 scenarier er vist i Tabel 23 inkl. de genanvendte mængder og genanvendelsesprocenten i forhold til den samlede mængde dagrenovation for en husstand.

Tabel 23 Samlet overblik over resultaterne af de fire scenarie beregninger, med høj indsamlingseffektivitet

|            | Samlet omkostning (kr./husstand/år) | Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi (kr./husstand/år) | Kg genanvendt materiale per husstand (kg/år) | Genanvendelse efter indsamling (%) | Genanvendelse efter sorteringsanlæg (%) |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Scenario 1 | 88,7                                | -18,4                                                         | 185,0                                        | 32%                                | 30%                                     |
| Scenario 2 | 129,8                               | -12,1                                                         | 211,0                                        | 36%                                | 34%                                     |
| Scenario 3 | 121,6                               | 1,5                                                           | 223,6                                        | 38%                                | 36%                                     |
| Scenario 4 | 83,5                                | -25,6                                                         | 251,1                                        | 43%                                | 40%                                     |

Som det fremgår af ovenstående tabel, vil alle fire scenarier medføre en forøgelse af omkostninger forbundet med indsamling og behandling af genanvendelige materialer.

Den øgede omkostning bunder primært i omkostningen til tømning af opsamlingsmateriel. Som det fremgår af tabellen, har tre ud af fire scenarier en negativ behandlingsomkostning, så det er ikke sortering/behandling, der giver anledning til en meromkostning.

Når man sammenligner Scenario 1 der har den laveste genanvendelsesprocent med Scenario 4 der har den højeste genanvendelsesprocent, er de samlede omkostninger i kr. per husstand per år stort set identiske. Den øgede genanvendelse udgør derfor ikke en meromkostning, hvis den øgede genanvendelse sker som en kildeopdelt indsamling.

Det skal også noteres, at Scenario 4 har en øget brugervenlighed, da alle fraktioner indsamles direkte ved husstanden. I Scenario 1 antages glas at blive afleveret i centralt opstillede kuber.

Hvis de tre scenarier (2, 3 og 4) med kildeopdelt indsamling sammenholdes, ses at jo flere forskellige materialer, der tilføres fraktionen, desto lavere omkostning. Dette medfører også en højere genanvendelsesprocent.

Økonomien i scenarierne er meget afhængig af indtægten fra aluminiumsfraktionen. Det er den fraktion, som har langt den største økonomiske påvirkning på de anlæg, der sorterer plast, metal og glas. Derfor er aluminiumsindholdet i den indsamlede fraktion og afsætningsprisen meget afgørende for den samlede anlægsøkonomi.



En anden økonomisk vigtig faktor er indsamlingsfrekvensen, som i disse scenarier er sat til hver 4. uge. Hvis indsamlingsfrekvensen reduceres til 2 uger, vil det fordyre indsamlingen og dermed den samlede omkostning med omkring 170 kr. per husstand per år. Såfremt der er husstande der ikke har tilstrækkelig kapacitet kan beholderstørrelsen for disse husstande udvides til en 360 liter dobbeltbeholder, og tømningsfrekvensen på hver 4. uge fastholdes. Ved at fastholde tømningsfrekvensen minimeres ekstraudgiften til den forøgede kapacitet, da tømning er den største omkostning og indkøb af en større beholder kun begrænset vil øge omkostningen per husstand.

Af Tabel 23 fremgår henholdsvis genanvendelsesprocenten efter indsamling og efter centralsortering. Beregninger for disse scenarier viser, at en central sortering ikke signifikant reducerer den samlede genanvendelsesprocent.

I disse scenarier er der regnet på et for danske forhold relativt stort sorteringsanlæg, hvilket er en betydende faktor i at reducere sorteringsomkostningerne. I udlandet opføres der typisk også store anlæg og endda endnu større end det anlæg, der regnes på i disse scenarier.

Det skal pointeres, at nærværende beregninger er begrænset til at, de forskellige scenarier kun kan sammenlignes, hvorfor den absolutte omkostning ikke nødvendigvis kan sammenlignes direkte med en nuværende behandlingsomkostning eller andre scenarieberegninger.

#### 4.5 Lav indsamlingseffektivitet

Der er foretaget beregninger med en lavere indsamlingseffektivitet end i de ovenforstående beregninger. Dette er foretaget for at anskueliggøre konsekvenserne ved en lavere affaldsmængde tilført de anvendte sorteringsanlæg. I disse beregninger med en lavere indsamlingseffektivitet er samtlige antagelser (fx anlægspris, indsamlingsomkostninger, afsætningspriser etc.) identiske med beregningerne med den høje indsamlingseffektivitet.

De samlede resultater for scenarieberegningerne med lav indsamlingseffektivitet kan ses i Tabel 24.

Tabel 24 Samlet overblik over resultaterne af de fire scenarieberegninger med lav indsamlingseffektivitet.

|            | Samlet omkostning (kr./husstand/år) | Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi (kr./husstand/år) | Kg genanvendt materiale per husstand (kg/år) | Genanvendelse efter indsamling (%) | Genanvendelse efter sorteringsanlæg (%) |
|------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|
| Scenario 1 | 110,8                               | -6,6                                                          | 159,3                                        | 27%                                | 25%                                     |
| Scenario 2 | 166,5                               | 10,6                                                          | 175,9                                        | 30%                                | 28%                                     |
| Scenario 3 | 166,4                               | 29,4                                                          | 181,3                                        | 31%                                | 29%                                     |
| Scenario 4 | 138,8                               | 9,6                                                           | 200,8                                        | 34%                                | 32%                                     |

De fire scenarier viser samme omkostningstrend som i scenarierne med høj indsamlingseffektivitet, dog er scenario 4 blevet dyre end scenario 1.

Af Tabel 25 fremgår de samlede omkostninger i kr. per husstand per år, den genanvendte mængde og genanvendelsesprocenten for gennemregning med henholdsvis høj og lav indsamlingseffektivitet.



Tabel 25 Sammenligning mellem høj og lav indsamlingseffektivitet

|                                        | <b>Samlet omkostning (kr./husstand/år)</b> | <b>Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi (kr./husstand/år)</b> | <b>Kg genanvendt materiale per husstand (kg/år)</b> | <b>Genanvendelse efter indsamling (%)</b> |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Scenario 1 høj indsamlingseffektivitet | 88,7                                       | -18,4                                                                | 185,0                                               | 32%                                       |
| Scenario 1 lav indsamlingseffektivitet | 110,8                                      | -6,6                                                                 | 159,3                                               | 27%                                       |
| Scenario 2 høj indsamlingseffektivitet | 129,8                                      | -12,1                                                                | 211,0                                               | 36%                                       |
| Scenario 2 lav indsamlingseffektivitet | 166,5                                      | 10,6                                                                 | 175,9                                               | 30%                                       |
| Scenario 3 høj indsamlingseffektivitet | 121,6                                      | 1,5                                                                  | 223,6                                               | 38%                                       |
| Scenario 3 lav indsamlingseffektivitet | 166,4                                      | 29,4                                                                 | 181,3                                               | 31%                                       |
| Scenario 4 høj indsamlingseffektivitet | 83,5                                       | -25,6                                                                | 251,1                                               | 43%                                       |
| Scenario 4 lav indsamlingseffektivitet | 138,8                                      | 9,6                                                                  | 200,8                                               | 34%                                       |

Behandlingsomkostningen inkl. afsætningsværdien af de udsorterede fraktioner for de fire scenarier er gennemsnitlig steget med ca. 25 kr. per husstand per år ved den lave indsamlingseffektivitet, hvilket er forventeligt, da anlæggenes kapacitet ikke udnyttes fuldt ud.

Den højere behandlingsomkostning og øgede udgifter til affaldsforbrænding ved den lave indsamlingseffektivitet påvirker den samlede omkostning. Gennemsnitlig er scenarierne med den lave indsamlingseffektivitet ca. 40 kr. dyrere per husstand per år end scenarierne med den høje indsamlingseffektivitet.

Scenario 4 har den største forøgede omkostning. Løsningen bliver ca. 50 % dyrere med den lave indsamlingseffektivitet. Dette medfører, at Scenario 4 bliver dyrere end Scenario 1.



## 5 Miljøberegninger på sorteringsscenarier

For at vurdere de miljømæssige aspekter af de fire scenarier er der foretaget simple miljøberegninger for scenarierne. Miljøberegningerne er baseret på en CO<sub>2</sub>-besparelse per ton genanvendt materiale.

Der er anvendt de i Tabel 26 følgende CO<sub>2</sub>-besparelser per ton genanvendt materiale.

Tabel 26 CO<sub>2</sub>-besparelspotentialer for de genanvendte materialer.

| Materiale | CO <sub>2</sub> -besparelse<br>(ton CO <sub>2</sub> /ton materiale) | Kilde                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Plast     | 1,80                                                                | Genanvendelse gavner klimaet, Affaldplus Næstved genbrugsterminal CO <sub>2</sub> -besparelser og udnyttelse af ressourcer<br><a href="http://www.affaldplus.dk/sites/default/files/mediearkiv/Dokumenter/Hele_AffaldPlus/Pjecer_og_nyhedsbreve/genanvendelse_gavner_klimaet.pdf">http://www.affaldplus.dk/sites/default/files/mediearkiv/Dokumenter/Hele_AffaldPlus/Pjecer_og_nyhedsbreve/genanvendelse_gavner_klimaet.pdf</a>                                                                                                                                        |
| Glas      | 0,40                                                                | Wenzel, H; Brogaard, L Fastlæggelse af data for materialegenanvendelse til brug i CO <sub>2</sub> -opgørelser, DTU miljø, 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Metal     | 1,70                                                                | Beregnet gennemsnit på baggrund af Wenzel, H; Brogaard, L Fastlæggelse af data for materialegenanvendelse til brug i CO <sub>2</sub> -opgørelser, DTU miljø, 2011                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Papir/pap | 1,90                                                                | Genanvendelse gavner klimaet, Affaldplus Næstved genbrugsterminal CO <sub>2</sub> -besparelser og udnyttelse af ressourcer<br><a href="http://www.affaldplus.dk/sites/default/files/mediearkiv/Dokumenter/Hele_AffaldPlus/Pjecer_og_nyhedsbreve/genanvendelse_gavner_klimaet.pdf">http://www.affaldplus.dk/sites/default/files/mediearkiv/Dokumenter/Hele_AffaldPlus/Pjecer_og_nyhedsbreve/genanvendelse_gavner_klimaet.pdf</a><br>Samt Wenzel, H, Brogaard, L Fastlæggelse af data for materialegenanvendelse til brug i CO <sub>2</sub> -opgørelser, DTU miljø, 2011 |
| Tekstil   | 1,50                                                                | Kirsi Laitala, Ingun Grimstad Klepp, Nick Morley, Torill Meistad, Adrian Chapman, Wenting Chen, Marie Hebrok, Johannes Daae og Marthe H. Austgulen, SIFO Fagrapport 2-2012, Potensiale for økt materialgjenvinning av tekstilavfall og andre avfallstyper (papir/papp, metall og glass), 2012                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Baseret på disse CO<sub>2</sub>-gevinster for de udsorterede materialer og mængden af de udsorterede materialer for hvert scenario kan der beregnes miljøeffekter som præsenteret i Tabel 27.

Tabel 27 Resultaterne af CO<sub>2</sub>-besparelse for de fire scenarier med høj indsamlingseffektivitet.

|            | Total ton CO <sub>2</sub><br>besparelse/husstand/år | kr./ton<br>CO <sub>2</sub> sparet |
|------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Scenario 1 | 174459                                              | 315,28                            |
| Scenario 2 | 202371                                              | 397,60                            |
| Scenario 3 | 210233                                              | 358,54                            |
| Scenario 4 | 236215                                              | 219,16                            |



Den primære CO<sub>2</sub>-besparelse kommer fra genanvendelse af papir/pap, da det er en stor fraktion, som samtidig har et stort CO<sub>2</sub>-besparelspotentiale. Da papir/pap indsamles i alle scenarier, er der ikke den store forskel på CO<sub>2</sub>-besparelsen i de fire scenarier. Scenario 4 med den største CO<sub>2</sub>-besparelse sparer ca. 35 % mere CO<sub>2</sub> end Scenario 1 med den laveste CO<sub>2</sub>-besparelse.

Prisen for at spare et ton CO<sub>2</sub> er mindst ved Scenario 4, da der her er den største CO<sub>2</sub>-besparelse samtidig med en lav samlet omkostning for indsamling og behandling. Dvs. at med større indsamling og mere genanvendelse af materialer får man også mere miljø for pengene.

Hvis indsamlingseffektiviteten reduceres, betyder dette også en lavere CO<sub>2</sub>-besparelse og en større samlet omkostning, hvorved prisen per ton CO<sub>2</sub> sparet også stiger, dette er vist i Tabel 28.

Tabel 28 Resultaterne af CO<sub>2</sub>-besparelse for de fire scenarier med lav indsamlingseffektivitet.

|            | <b>Total ton CO2<br/>besparelse/husstand/år</b> | <b>kr./ton CO2<br/>sparet</b> |
|------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|
| Scenario 1 | 146654                                          | 468,15                        |
| Scenario 2 | 164497                                          | 627,37                        |
| Scenario 3 | 169926                                          | 607,04                        |
| Scenario 4 | 188102                                          | 457,40                        |

Den lavere indsamlingseffektivitet betyder en kraftig stigning i omkostningen for at spare et ton CO<sub>2</sub>. Den kraftige stigning skyldes, dels at den samlede omkostning for scenariet stiger, dels at den totale CO<sub>2</sub>-reduktion falder, da der genanvendes færre ton materiale. Indsamlingseffektiviteten er dermed en vigtig parameter i den samlede miljøpåvirkning.



## 6 Sammenfatning

Der er opstillet i alt fire scenarier med sorteringsanlæg til sortering af indsamlet affald fra ca. 1,5 mio. indbyggere med en affaldsmængde baseret på mængden hos enfamilieboliger. De tre af scenarierne omhandler kildeopdelt indsamling af genanvendelige materialer, og det fjerde scenario omhandler kildeindsamling af en enkelt fraktion (papir og pap).

|                  | Scenario 1 | Scenario 2 | Scenario 3 | Scenario 4 |
|------------------|------------|------------|------------|------------|
| Glas             | Bringe     | Bringe     | Hente      | Hente      |
| Hård plast       | -          | Hente      | Hente      | Hente      |
| Plastfolie       | -          | Hente      | -          | Hente      |
| Metal            | -          | Hente      | Hente      | Hente      |
| Tekstiler        | -          | -          | -          | Hente      |
| Fødevarekartoner | -          | -          | -          | Hente      |
| Pap              | Hente      | Hente      | Hente      | Hente      |
| Papir            | Hente      | Hente      | Hente      | Hente      |

Der er anvendt følgende indsamlingseffektivitet for henteordningerne:

Tabel 29 Indsamlingseffektivitet anvendt i scenarieberegningerne.

| Fraktion         | Indsamlingseffektivitet (%)<br>(Lav og Høj) |
|------------------|---------------------------------------------|
| Papir            | 75 og 90                                    |
| Pap              | 75 og 90                                    |
| Metal            | 50 og 85                                    |
| Hård plast       | 50 og 75                                    |
| Plastfolie       | 25 og 40                                    |
| Glas             | 75 og 90                                    |
| Tekstiler        | 70 og 90                                    |
| Fødevarekartoner | 50 og 75                                    |

Disse antagelser samt andre relevante parametre er benyttet i en modelberegning med et modelleringsværktøj, som er udviklet i forbindelse med INNOSORT-projektet. Resultatet af gennemregningen er vist i Tabel 30 for henholdsvis en høj og en lav indsamlingseffektivitet.





Tabel 30 Sammenligning mellem høj og lav indsamlingseffektivitet

|                                        | <b>Samlet omkostning (kr./husstand/år)</b> | <b>Behandlingsomkostning inkl. afsætningsværdi (kr./husstand/år)</b> | <b>Kg genanvendt materiale per husstand (kg/år)</b> | <b>Genanvendelse efter indsamling (%)</b> |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Scenario 1 høj indsamlingseffektivitet | 88,7                                       | -18,4                                                                | 185,0                                               | 32%                                       |
| Scenario 1 lav indsamlingseffektivitet | 110,8                                      | -6,6                                                                 | 159,3                                               | 27%                                       |
| Scenario 2 høj indsamlingseffektivitet | 129,8                                      | -12,1                                                                | 211,0                                               | 36%                                       |
| Scenario 2 lav indsamlingseffektivitet | 166,5                                      | 10,6                                                                 | 175,9                                               | 30%                                       |
| Scenario 3 høj indsamlingseffektivitet | 121,6                                      | 1,5                                                                  | 223,6                                               | 38%                                       |
| Scenario 3 lav indsamlingseffektivitet | 166,4                                      | 29,4                                                                 | 181,3                                               | 31%                                       |
| Scenario 4 høj indsamlingseffektivitet | 83,5                                       | -25,6                                                                | 251,1                                               | 43%                                       |
| Scenario 4 lav indsamlingseffektivitet | 138,8                                      | 9,6                                                                  | 200,8                                               | 34%                                       |

Det skal bemærkes, at nærværende beregninger er begrænset til at, de forskellige scenarier kun kan sammenlignes, hvorfor den absolutte omkostning ikke nødvendigvis kan sammenlignes direkte med en nuværende behandlingsomkostning eller andre scenarieberegninger.

Resultatet af disse beregninger viser, at det ikke nødvendigvis er forbundet med en væsentlig økonomisk omkostning at øge genanvendelsen. Det forudsætter dog, at der indsamles et tilstrækkeligt antal fraktioner (Scenario 4), og at indsamlingseffektiviteten er tilfredsstillende.

En kildeopdelt indsamling, hvor flere fraktioner samles (Scenario 4), vil også øge serviceniveauet og brugervenligheden over for husstandene da flere fraktioner indsamles tæt ved boligen, med begrænset beholderantal.

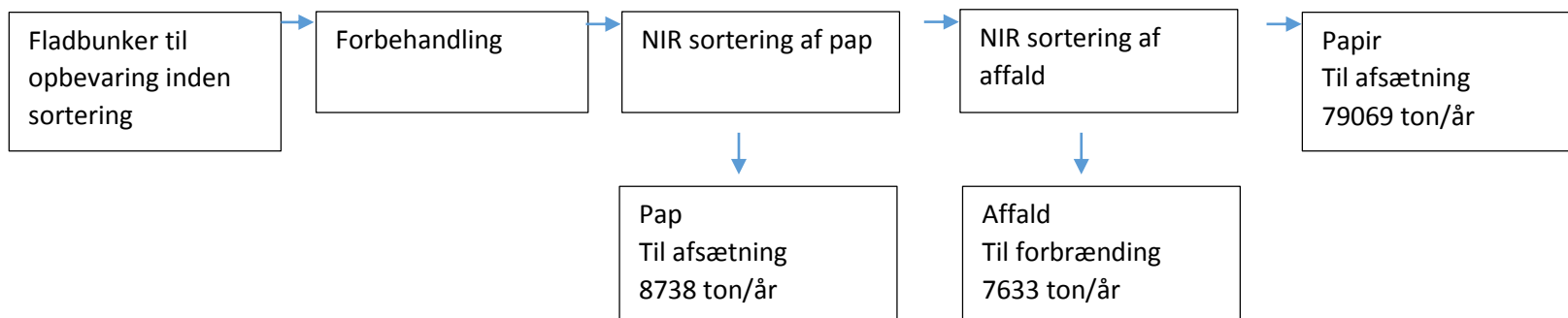
Samlet set viser resultaterne, at materialegenanvendelsen både kan være brugervenlig og miljøvenlig uden at være omkostningstung.



## Bilag 1: Oversigt over sorteringsanlæg

### Scenario papir + pap

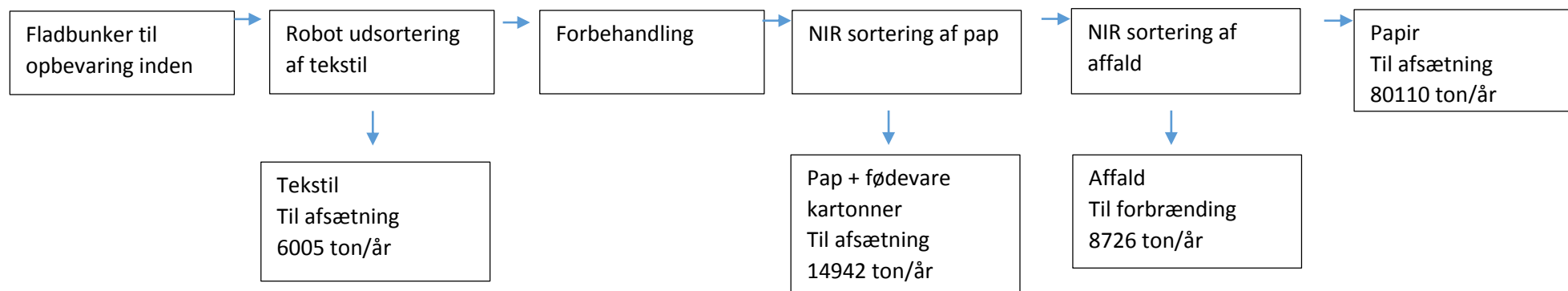
Oversigt over sorteringsanlæg til udsortering af pap og papir  
Input 95440 ton/år svarende til 17 ton per time ved 3 holdsskift.





## Scenario: Tekstil, Papir og Pap (inkl. fødevarerkartonner)

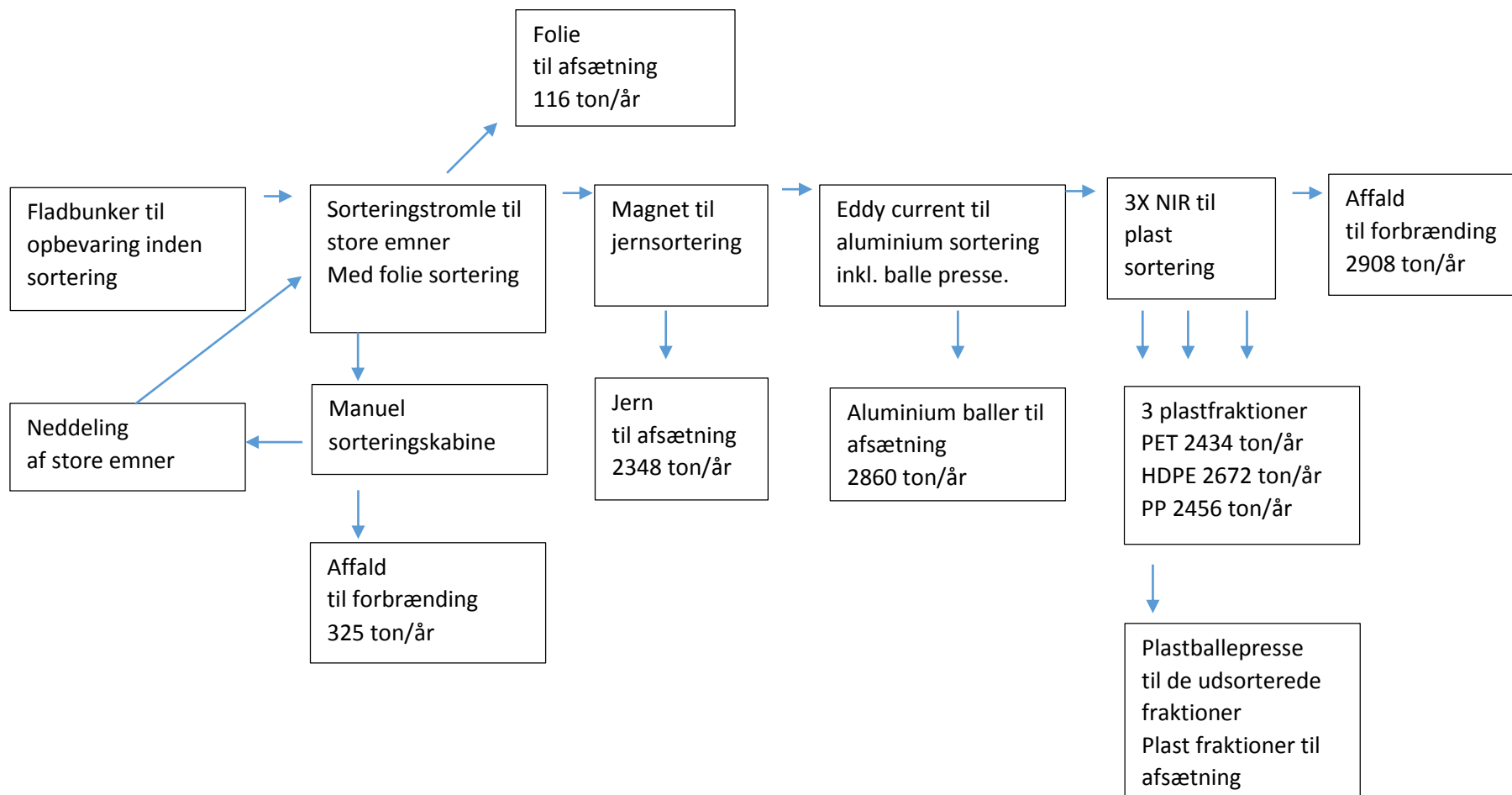
Oversigt over sorteringsanlæg til udsortering af tekstil, pap (inkl. fødevarerkartonner) og papir  
Input 109783 ton/år svarende til 20 ton per time ved 3 holdsskift.



## Scenario 2

Oversigt over sorteringsanlæg til udsortering af jern, aluminium og plastik (hård + folie).

Input 16121 ton/år svarende til 3 ton per time ved 3 holdsskift.

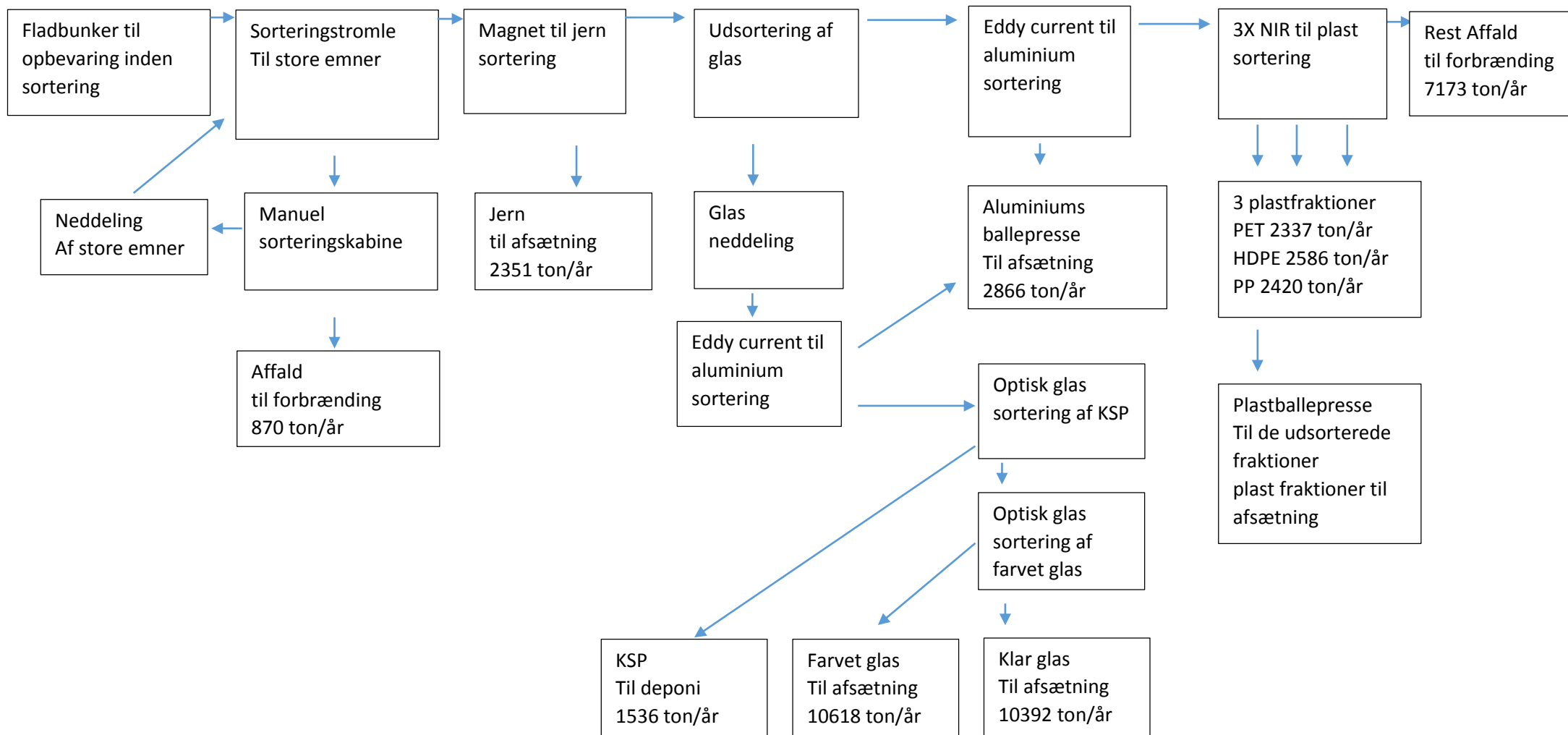




## Scenario 3

Oversigt over sorteringsanlæg til udsortering af jern, aluminium, glas og plastik.

Input 43148 ton/år svarende til 8 ton per time ved 3 holdsskift.



## Scenario 4

Oversigt over sorteringsanlæg til udsortering af jern, aluminium, glas og plastik (hård + folie).

Input 45829 ton/år svarende til 8 ton per time ved 3 holdsskift.

