



# Avfallsförbränning för framtida behov: Scenarioanalys och handlingsplaner

*Jesse Fahnestock, RISE Research Institutes of Sweden*

*Inge Johansson, RISE Research Institutes of Sweden*

*Märta Hasselqvist, Tekniska verken i Linköping*

*Murat Mirata, Linköping Universitet*

*Charlotte Nilsson, Fortum*

*Anders Persson, SYSAV*

*Anders Petterson, Vattenfall*

*Jakob Sahlén, Avfall Sverige*

RISE Rapport 2019:74

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Scenarierna .....</b>	<b>4</b>
1.1	Scenario 1: Hållbar konsumtion .....	4
1.2	Scenario 2: Långtgående återvinning .....	9
<b>2</b>	<b>Slutsatser från scenarioarbetet .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Prioriterade innovationsområden och handlingsplaner .....</b>	<b>15</b>
3.1	Handlingsplan: Utvinning av fosfor ur avloppsslam.....	16
3.1.1	Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför? .....	16
3.1.2	Nuläget .....	17
3.1.3	Viktiga utvecklingsbehov.....	18
3.1.4	Uppskattad tid till kommersialisering/implementering.....	18
3.1.5	Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen.....	19
3.1.6	Nyckelaktörer och eventuella roller .....	19
3.2	Handlingsplan: Marknadsutveckling för energiaskor.....	20
3.2.1	Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?.....	20
3.2.2	Nuläget .....	21
3.2.3	Viktiga utvecklingsbehov.....	22
3.2.4	Uppskattad tid till kommersialisering/implementering.....	23
3.3	Handlingsplan: Energiåtervinning inom industriell symbios.....	24
3.3.1	Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?.....	24
3.3.2	Nuläget .....	24
3.3.3	Viktiga utvecklingsbehov.....	25
3.3.4	Uppskattad tid till kommersialisering/implementering.....	26
3.3.5	Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen.....	26
3.3.6	Nyckelaktörer samt deras eventuella roller .....	27
3.4	Handlingsplan: Förgasning av svårt avfall .....	28
3.4.1	Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?.....	28
3.4.2	Nuläget .....	29
3.4.3	Viktiga utvecklingsbehov.....	30
3.4.4	Uppskattad tid till kommersialisering/implementering.....	30
3.4.5	Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen.....	31
<b>4</b>	<b>Slutsatser från handlingsplanarbetet.....</b>	<b>32</b>
4.1	Appendix 2: Slutsatser från Intressentenkäten .....	34
4.2	Appendix 3: Slutsatser från intressentworkshopen .....	40

# Förord

Denna rapport är en leverans från ett enskild projekt inom det Strategiska Innovationsprogram RE:Source. Projektet heter *Avfallsförbränning för framtida behov* och ska ta fram kunskapsunderlag som främjar utveckling av energiåtervinning som är anpassad för en framtid cirkulär ekonomi. För att identifiera prioriterade innovationer har en scenarioprocess genomförts tillsammans med projektintressenter från energisektorn, avfalls- och återvinningssektorn, och producerande industrier. Resultatet blir två olika, kompletterande scenarier för den cirkulära ekonomin med olika implikationer för innovation inom avfallsförbränning och energiåtervinning.

Med dessa scenarier som underlag har projektet sedan identifierat fyra prioriterade innovationsområden och tagit fram handlingsplaner för särskilda innovationsinsatser.

Arbetet har finansierats av Energimyndigheten och Vinnova genom RE:Source programmet och Avfall Sverige. Följande organisationerna har bidragit till arbetet genom deltagande i workshops, enkäter och kommentarer på rapporterna:

- Avfall Sverige
- Elkretsen
- Energiföretagen Sverige
- Energimyndigheten
- EON
- Fiskeby Board
- Fortum Waste Solutions
- FTI AB
- Gästrike Återvinnare
- Göteborgs Stad Kretslopp och Vatten
- Högskolan i Borås
- Mistra Future Fashions
- Profu
- Ragn Sells
- Renova
- RISE Research Institutes of Sweden
- SRV Återvinning
- Stena Recycling
- Stockholm Exergi (fd. Fortum värme)
- Sveriges Byggindustrier
- Sysav Utveckling
- Tekniska verken i Linköping
- Umeå Energi
- Vattenfall
- ÅF
- Återvinningsindustrierna

# 1 Scenarierna

Berättelserna som följer beskriver en framtida cirkulär ekonomi i Sverige samt resan dit. Scenarier är inte prognoser men ska vara olika, kompletterande bilder av en utveckling med konsekvenser för avfallsförbränning. En viss överlapp finns mellan scenarierna men de bygger på olika logiker och har olika konsekvenser.

I scenario 1, **Hållbar konsumtion**, den cirkulära ekonomin i Sverige är baserad på ett förändrat konsumtionsmönster och cirkulära affärsmodeller (t.ex. tjänstefiering). Produkter lever längre och går igenom flera förbrukningscyklar innan de når avfalls- och återvinningssektorn. Avfallsförbränningens roll blir omhändertagning av material som är mer komplext och svårhanterat än dagens.

I scenario 2, **Långtgående återvinning**, den cirkulära ekonomin bygger på en återvinningsmodell som genomsyrar hela den svenska ekonomin, och avfallsförbränningen är en integrerad del av samhällstekniska system där återvinning och materialförsörjning är integrerat med energiåtervinning. Avfallsförbränning tar hand om en mindre del av ett stort materialflöde, och nya och specialiserade affärsmodeller har utvecklats för olika förutsättningar.

Som ett komplement till berättelserna finns figurer som illustrerar hur olika produktkategorier färdas genom "värdecirkeln" i respektive scenario.

Det är viktigt att poängtera att ingen av scenarierna tänks uppstå av sig själv. Både innefattar stora förändringar i den svenska ekonomin och skulle förutsätta en omfattande och eventuellt kostsamma förändringar i politik, regelverk och styrmedel. Ur projektets perspektiv kan både ses som positiva berättelser om en mer hållbar och cirkulär Sverige, men deras realisering kommer att ställa stora krav på många.

## 1.1 Scenario 1: Hållbar konsumtion

*Scenariot innebär att fler produkter delas och dess livslängder har ökat, samtidigt som mängden material i cirkulation per capita har minskat, vilket ger att flöden till avfallshantering har blivit mycket mindre. Däremot är dessa flöden svåra att hantera på grund av komplex design för uthållighet och funktionalitet, och en väsentlig del måste förbrännas. Förbränningsaktörer tar betalt för levererad energi men också för avgiftning och utvunna metaller, mineraler och konstruktionsmaterial, vilken kräver nya sätt att särbehandla olika strömmar in till deras anläggningar.*

---

År 2045 är Sverige mitt i en långtgående omställning: från den linjära ekonomin som dominerade världen efter den industriella revolutionen, mot en cirkulär ekonomi, där värdet i världens resurser bevaras i allt större grad. Men omställningen har kommit så pass långt, och har varit en så stor del av vardagen för så många, att det är få som märker förändringen längre. På mindre än två generationer har Sverige ändrat sin grundbild om

vad som är värt att köpa och själv äga, hur man köper det (produkt eller tjänst), och vad som händer när man är färdig med det.

Omställningen tog fart med Generation Z, ungdomar på sen 2010-tal som tog för givet att så mycket som möjligt måste göras för att skydda miljön och spara naturens resurser, och förstod från början att deras ekonomiska aktiviteter hade en stor etisk och politisk dimension. Deras inställning fick förstärkning bland den nästa generationen, där barn växte upp från förskolan med utbildning och information om den traditionella linjära konsumtionens baksidor. 2030 fanns det knappt någon under 30 i Sverige som inte delade dessa grundvärderingar.

Men dessa generationer var inte munkar och asketer. Precis som deras föräldrar så värderade de det som var nytt och spännande, och ännu mer än föräldrarna så sökte de sätt att differentiera och profilera sig, att göra sig unik och skaffa status i sociala miljöer. Men någon konflikt med miljömedvetenhet och etisk beteende såg de inte.

Tidigt under 2020-talet började många företag förstå att detta inte var en målkonflikt utan en ny marknad. De som tog fram nya produkter som levde upp till dessa förväntningar - produkter som höll extra länge, som gick att uppgradera utan att slänga och ersätta, som man kunde både göra personliga och dela med andra – blev de hetaste i deras kategorier. Mäklare började dyka upp för att jobba både med delning och anpassning, så att allt flera produkter blev delar av en tjänst, där kunden köpte anpassade funktioner, utseenden, och tillgångsmönster. Snart försvann wow-faktorn i sådana arrangemang, och vid 2030 erbjöds funktionsförsäljning och delningstjänster i de flesta produktkategorier, från bilar till möbler till fritidsutrustning och leksaker. Vid 2035 hade sådana nya affärsmodeller växt om det gamla produktägandet, även hos de producerande företagen.

Förändringen i affärsmodellerna spred sig även bland engångsprodukter som mat, pappersprodukter och liknande. Fler och fler prenumererar på mat som en tjänst, där skraddarsydda kombinationer levereras hem för tillagning. Prenumeranter ser både personifieringen och minskning i svinnet och förpackningen som självklarheter i erbjudandet, och detta börjar påverka uppställningar i butiker, där bulk köp/lösvikt erbjuds i högre utsträckning. Under 2030-talet sågs många nya innovationer inom förpackningar, som kunde både återanvändas och anpassas till olika storlek, form, och konsistens i innehållet.

Dessa förändringar började med konsumenten och nya affärsmodeller men snart ställdes nya krav på design och produktion. De som designade produkter och tjänster behövde tänka på förbrukningsfasen på ett helt nytt sätt. Hållbarhet – både i fysiska termer och i produkternas värde – blev snabbt nyckeln till framgångsrika erbjudande. Att material, ytor, och komponenter kunde hålla länge blev en grundförutsättning, då delningslösningar och funktionsförsäljning ökade nyttjandegraden för nästan alla delar och komponenter. För att lösa det togs många nya kompositer fram som kunde klara olika förbrukningsmönster och miljöer. Då fler producerande företag nu ägde produkterna själva och istället sålde tjänsten produkterna i fråga gav, innebar det att producenter fick större incitament att skapa hållbara och långlivade produkter, ofta baserade på plattformslösningar.

De mest framgångsrika produkterna 2045 är de som har ett *värde* som håller länge, och även för flera användare. Allt fler produkter – från tunga varor som möbler och fordon

till lätta varor som leksaker och kläder – blir designad på ett sätt som tillåter anpassning och även personifiering. Flexibel design och konstruktion betyder att de som leasar, hyr och delar kan skaffa nya utseende och funktion i deras produkter i allt snabbare omgångar utan att någon produkt behöver slängas eller tillverkas på nytt. För komplexa produkter och funktioner är återtillverkning och reparation viktiga tjänster, men mer och mer anpassning kan göras direkt av användaren. En konsumtionskultur växer fram där delning och personifiering görs både inom detaljhandel och utanför, i sociala interaktioner användare emellan.

Vid 2045 är sådana modeller inte längre bara växande trender – de står för bulken av konsumtion i Sverige. Resultatet är en stor förändring i flödet av materialresurser. Komplexa produkter cirkulerar många gånger bland användare, reparatörer och återtillverkare. Det som klassas som nyproduktion har minskat i de flesta sektorer, och inhemsk efterfrågan på råvaror fortsätter neråt. Trots detta fortsätter tillväxten i ekonomin, då innovation i produkt- och tjänstedesign bibehåller ekonomins produktivitet.

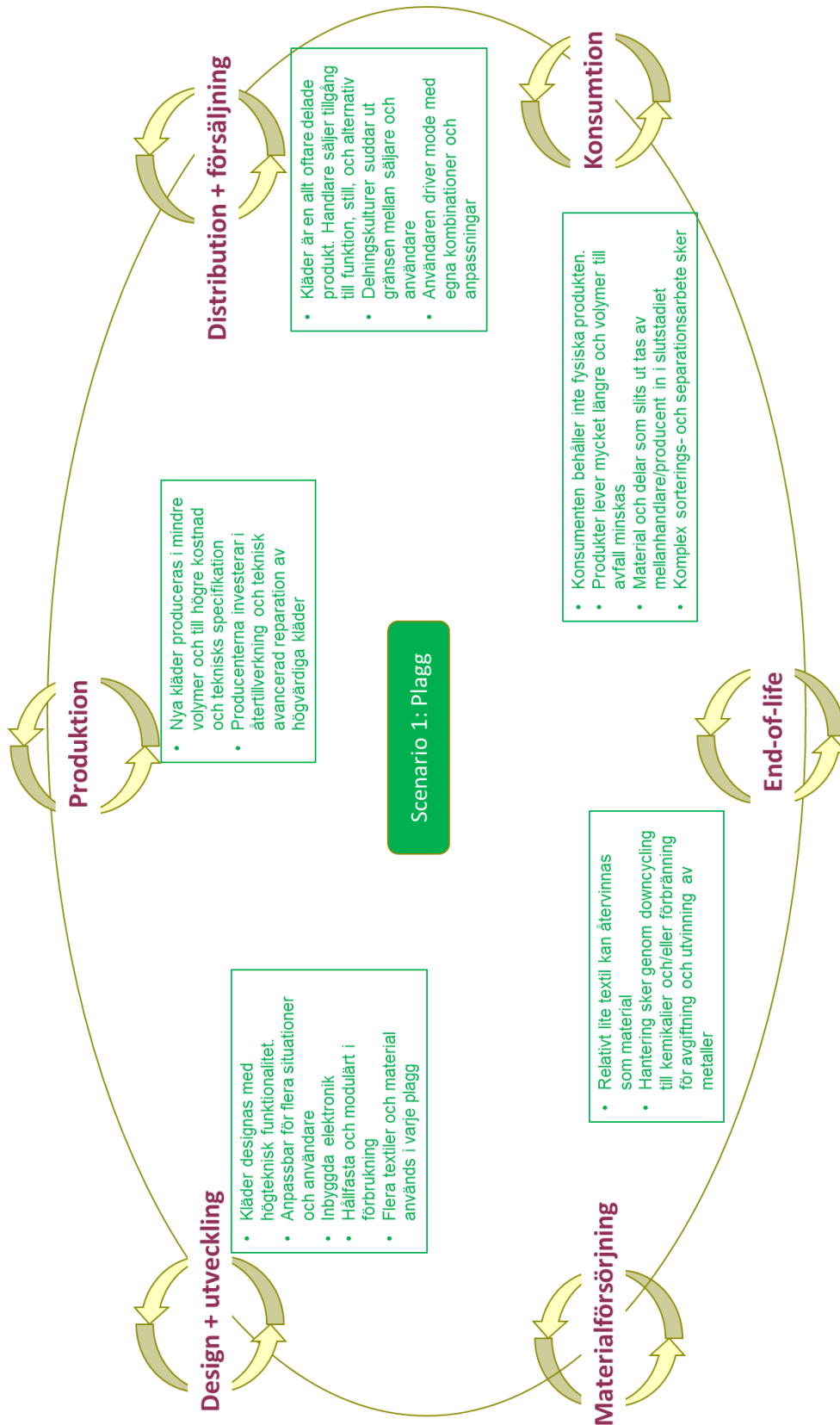
Men avfall försvinner inte: trots design för hållfasthet och ökande cirkulering så slits produkter och komponenter ut till slut. Flöden till traditionella avfalls- och återvinningsprocesser har minskat, och det som hamnar där har en ny karaktär: designlösningar som är anpassade för förbrukningsfasen skapar svårigheter vid livstidens slut. Konstruktion för personifiering och produkthanpassning underlättar inte för demontering, och dyra processer måste utvecklas för att separera lager och komponenter. Komplexa kompositmaterial försvåra i många fall för materialåtervinning. Dessa komplikationer försvåras ytterligare av sensorer och mikroelektronik som nu finns inbäddade i nästan allt som inte är mat. Sensorer och chips används för att mäta status och kommunicera om en produkts behov eller möjligheter till uppgradering; de finns också där för att möjliggöra personifiering (t.ex. inbyggda tunna skärmar som ändrar utseendet för många produkter). Apparaterna är svårt att separera men innehåller många värdefulla ämnen i sig.

I samhället och lagstiftningen har producenter kunnat möta deras ansvar för avfallsminskning genom hållfasthet och återtillverkning – och resultatet har blivit en rejäl minskning i råvarukonsumtion och flöde till ”avfall.” Men det betyder också att återvinning- och avfallssektorn har på ett sätt en ganska liknande roll 2045 som de hade 2018: att hantera det som kommer efter produktion och konsumtion. Skillnaden är att volymerna som hanteras är mindre och mer komplexa, och de tekniska kraven för att kunna återvinna material och energi är högre. Både teknisk och affärsmässig innovation har krävts för att kunna hitta lönsamhet i den nygamla rollen. Intäktströmmarna till sektorn är flera – både nya, och de gamla i nya kombinationer.

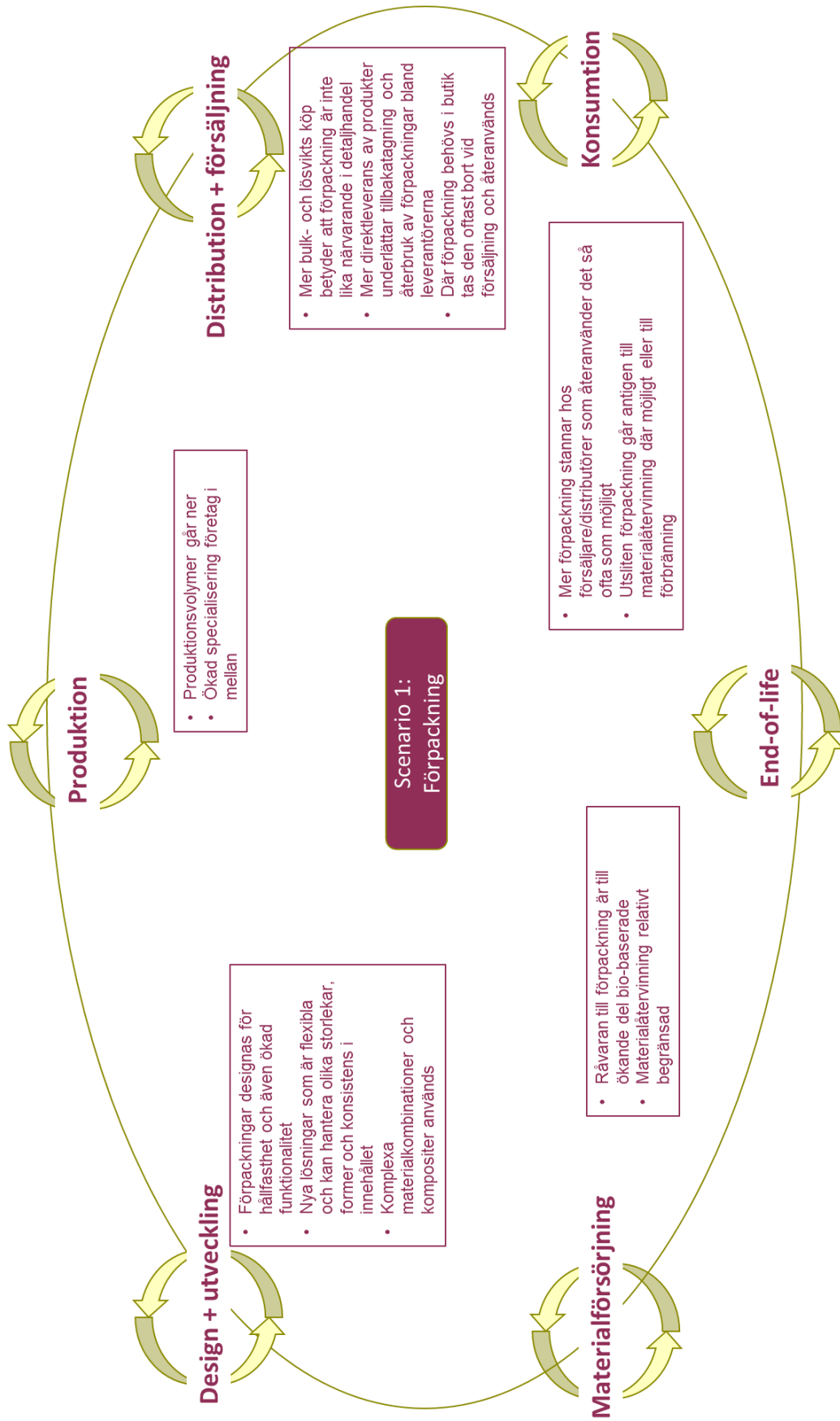
Att livslängder för produkter ökar betyder också att gamla synder lever kvar. Krav på giftfrihet har ökat över åren, vilken betyder att det vid varje tidpunkt cirkuleras material som inte lever upp till de nya kraven, och därför måste förstöras när de är uttjänta. Aktörer som gör sig av med produkter och material betalar en kostnad för avgiftning, vilken oftast sker genom förbränning. Detta ställer i sin tur krav på sortering enligt kemiskt innehåll.

Plast, fiber- och kompositkonstruktioner har blivit mer långlivade och komplexa men svårare att återvinna, då olika plasttyper kombineras allt oftare för att optimera

funktionalitet. I flera produktkategorier har inte materialåtervinning kunnat öka väsentlig, och avfallssektorn inom detta område arbetar huvudsakligen med termiska och/eller kemiska återvinningsprocesser.



Figur 1: Plagg genom värdedirektn, Scenario 1 Hållbar konsumtion



Figur 2: Förpackning genom värdecirkeln, Scenario 1 Hållbar konsumtion



Avfallsförbränning genererar intäkter genom el-, värme- och kyla-produktion, som ofta sker i integrerade verksamhet med komplexa sorterings- och separationsprocesser. Ny termisk behandlingsteknik är i mindre skala jämfört med tidigare generationer, och vissa är specialiserade för särskilda bränsleegenskaper och mineralutvinning. Andra anläggningar designas för kampanjvisförbränning. arrangemang som passar dessutom behoven inom energisystemet, där mer energi produceras på distribuerad basis och högt värde placeras på produktionsflexibilitet.

Då industriell teknik och exportmarknader starkt driver efterfrågan på metall kommer en större del av avfallssektorns intäkter från utvinning av metaller. En stor källa är elektronik – en kategori som nu inkluderar separerade delar från de flesta konsumentvaror och kläder. Både kemiska, termiska och biologiska processer används för att isolera metallerna. Metaller och näringsämnen återvinns också från avloppsslam för användning inom jordbruk och industri.

Att förbränning behövs för omhändertagning av vissa strömmar skapar press på utveckling av bio-baserade material; det ekonomiska ansvaret för fossilutsläpp i förbränningen har tryckts genom skatter och avgifter uppströms mot producerande industrier, vilken skapar incitament för mer bio-baserat innehåll. Det finns fortfarande en del fossilbaserat avfall kvar som har varit inbyggt i samhället i långlivade strukturer - främst byggnader och annan infrastruktur.

Denna verklighet betyder att vid 2045 har CCS/CCU – koldioxidinfångning och lagring/återvinning – implementerats på några av de större anläggningarna där avfall förbränns. Ekonomin i dessa anläggningar möjliggörs av innovativa incitament. Fossilinnehållet i avfall bekostas av producenter, med motsvarande subventioner till stöd CCS, men även biogena koldioxidutsläpp ges ett värde genom 'negativa utsläppsrätter.'

## 1.2 Scenario 2: Långtgående återvinning

*Distribution, försäljning, och konsumtion sker på ett sätt som liknar 2018s. Däremot har materialåtervinningsgraden nått en mycket hög nivå. Återvinning och materialförsörjning har integrerats i industriellsymbiotiska och sammanlänkade samhällstekniska system, och de tekniska och ekonomiska förutsättningarna för energiåtervinning sätts av försörjningssystem för sekundära råvaror. Förbränningsprocesser är en integrerad del av dessa system och flera olika affärsmodeller finns.*

---

År 2045 är Sverige mitt i en transformativ omställning: från den linjära ekonomin som dominerade världen sedan den industriella revolutionen, mot en cirkulär ekonomi, där värdet i världens resurser bevaras i allt större grad. Men omställningen har kommit så pass långt, och har ställt så få krav på konsumenter och medborgare, att det är få som märker förändringen längre. På mindre än två generationer har Sverige ändrat hela

uppbyggnaden av sina samhällstekniska system så att design, produktion och materialhantering främjar en djup återvinningsmodell som genomsyrar hela ekonomin.

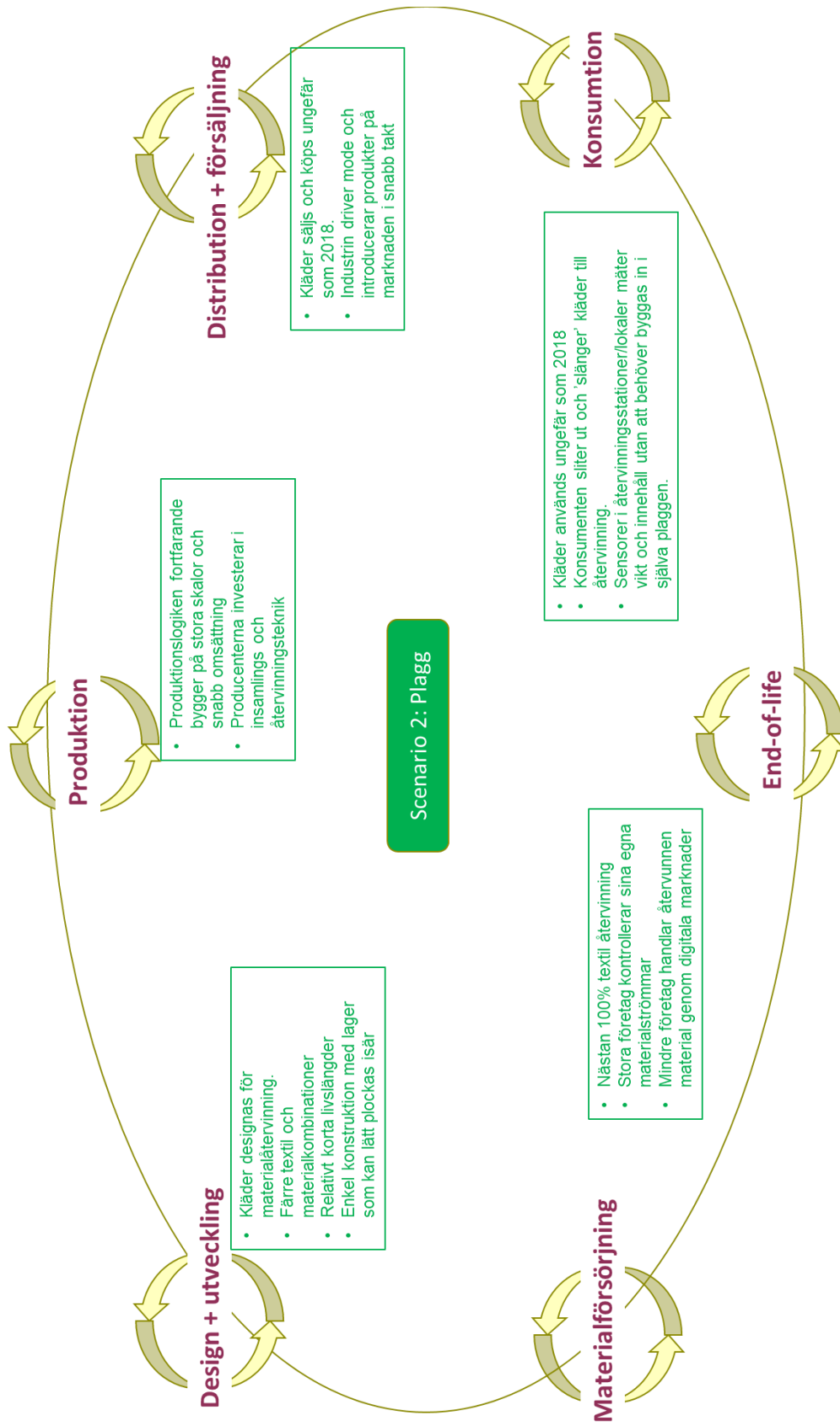
Omställningen började vid 2020-talet, då vissa industriföretag och kommunala aktörer, i väntan på nya och hårdare krav på ekodesign och producentansvar, började dela kunskap kring det de behövde för att kunna öka återvinningsgraden i produkter och material. Kunskapsdelningen hade sitt ursprung i forsknings- och innovationsprogram som initierades under det föregående decenniet, men tog fart i kommersialiseringskontext. Ett fåtal större företag, i samarbete med återvinnings- och avfallshanteringsbolag, började skala upp deras egna aktiviteter inom insamling, sortering och återvinning. Nya affärsmodeller som byggde på återtillverkning, materialåtervinning och symbios visade sig vara ekonomisk hållbara, och initiativen mottogs positivt av kunder och samhället. Dessa goda exempel blev en inspiration för andra företag samt för politiker och myndigheter. Mellan 2025–2030 skärptes producentansvaret inom flera sektorer, och vid 2035 hade de flesta producerande företag tagit ägarskap över större delar av materialflödet kopplad till sina produkter.

Framgångsfaktorn i utvecklingen av cirkulära processer och affärsmodeller visade sig vara tillgång till kunskap, teknik och infrastruktur som hade traditionellt legat utanför företagens egna värdekedjor. För att ställa om produktionsprocesser mot sekundära råvaror behövde företag tillgång till materialströmmar vars innehåll och egenskaper de kunde lita på; teknik för sortering, uppgradering, förädling och rening; och kapacitet att hantera eventuella rester.

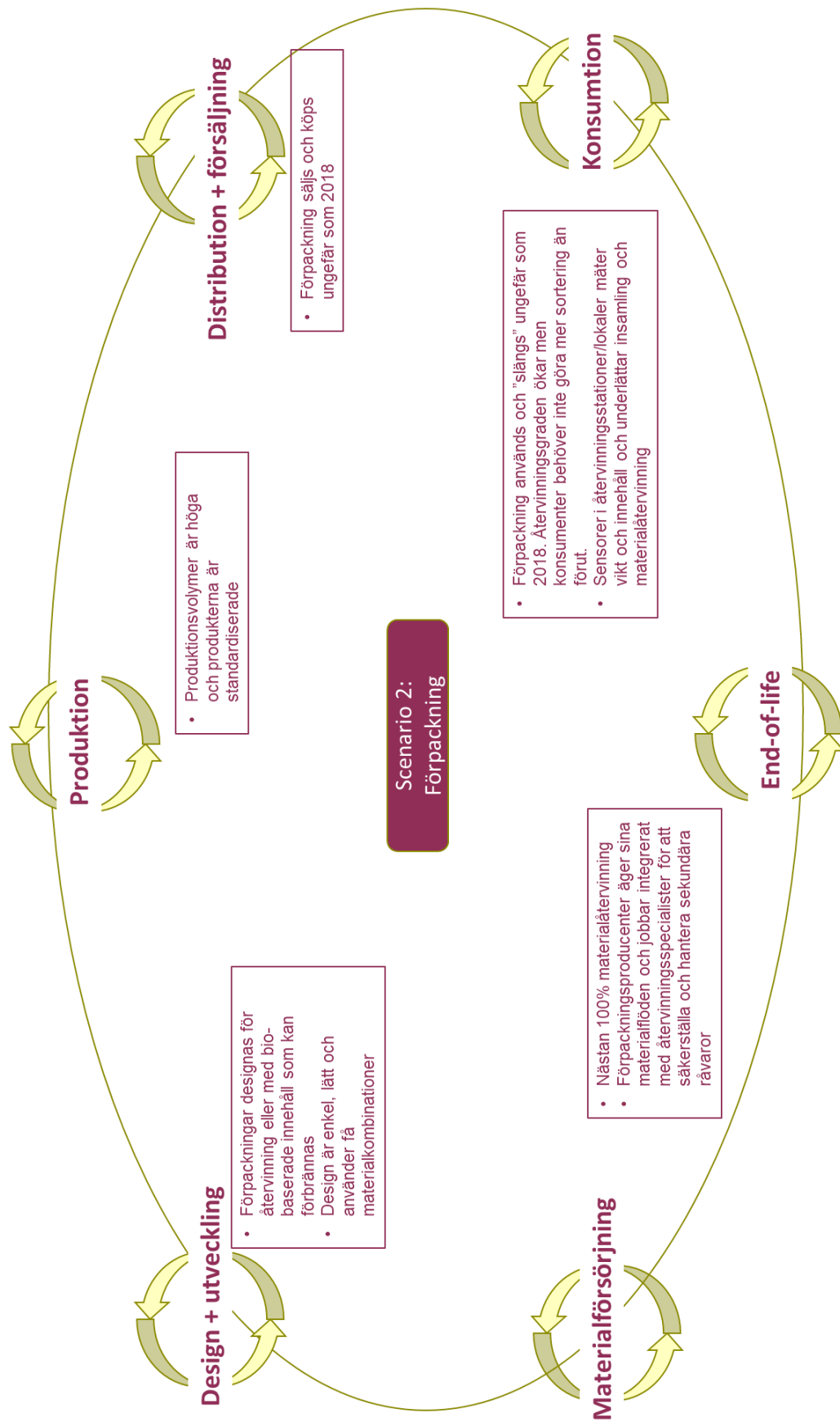
Samarbete med avfalls- och återvinningsbolag ledde till, i ökande grad, hopkoppling av tidigare särskilda tekniska system för dessa funktioner, med gränsdragningar företag emellan definierad enligt affärsrelationer i stället för fysiska läge och konstruktion. I flera fall flyttades traditionella återvinnings- och avfallshanteringsprocesser till produktionens fysiska närvaro; i andra fall flyttades traditionella produktionssteg som förbehandling dit sekundära råvaror uppstod, eller dit sluthantering av avfall utfördes. Denna utveckling möjliggjordes av en bred tillämpning av Internet of Things- (IoT) lösningar, som gjorde komponenter och även material spårbart och gav en allt mer detaljerad bild av egenskaper i olika strömmar från och till producenter.

Inom kort spreds integrationen mellan återvinning/avfall och produktion till designsteget. Företag insåg att stora konkurrensfördelar kunde skapas genom en mycket mer gedigen design-för-återvinning, då mer och bättre sekundära råvaror kunde säkerställas till en lägre kostnad. Producentansvaret drevs inte av måsten och lagkrav på samma sätt längre, utan drevs nu mer av ekonomi och konkurrensfördelar.

Under 2030-talet är de allra flesta slutprodukter – både industrigods och konsumentvaror – designad för enkel återvinning genom till exempel demontering, materialseparation och även kemiska processer. Dessa produkter levde i de flesta fallen inte längre liv, och var inte heller anpassade för återbruk eller delning. I stället användes en modulkonstruktion som syftade till återvinning, så att komponenter, lager, och material lätt kunde separeras, upp- eller nedgraderas vid behov, och återvinnas i storskaliga flöden.



Figur 3: Plagg genom värdetjuren, Scenario 2 Långtgående återvinning



Figur 4: Förpackning genom värdedirektn, Scenario 2 Långtgående återvinning

Plaster och textilier används i färre kombinationer, och där material kombineras i mjuka konstruktioner är lagerna lätta att separera. Komplexa kompositmaterial används främst i dyra tekniska produkter som lever längre liv (t.ex. industriprodukter), och genomslaget i konsumentvaror är begränsad. Däremot växer biobaserade plaster, i början som en enkel lösning för producentansvar då förbränning accepterades. Av samma anledning tillämpas bio-baserade lösningar mer och mer i elektronik, och bio-baserade design och materiallösningar för elektronik exporteras från Sverige och tillämpas i globala värdekedjor.

Under omställningen behöll producenterna sin sälj- och distributionslogik, och fortsatte att omsätta produkter på marknaden i snabb takt. Flödet av material genom den svenska ekonomin var högt, men efterfrågan på jungfruliga insatsvaror – förutom det bio-baserade - började minska i accelererande takt efter 2035.

Avfalls- och återvinningsaktörer blev råvaruleverantörer – ibland inom symbiotiska kluster men i många fall med en bredare, sektoröverskridande roll. Behov av kunskap om diverse materialströmmars egenskaper och förmåga att koppla ihop flera värdekedjor skapade en snabb tillväxt inom avfalls- och återvinningsbolag, och ingenjörutbildningar blev mer och mer designad efter behov av dessa kompetenser.

Denna kunskap, tillsammans med en snabb tillväxt inom digitala mäklartjänster och marknadsplatser, underbyggde år 2040 en stor och dynamisk sektoröverskridande handel i sekundära råvaror, så att även mindre firmor som inte hade möjlighet att kontrollera sina egna materialflöden fick tillgång till prisvärt återvunnet material och komponenter i hög kvalitet.

För hushåll och konsumenter var omställningen knappast synlig. Delning av produkter fortsatte att vara ett marginellt fenomen, och funktionsförsäljning växte nästan bara inom tunga, längelevande produkter och inom storskaliga inköp. En mer effektiv återvinning löstes utan några hårdare krav på sortering på hushållsnivå då produkterna som förbrukades var designad för sortering, demontering, och återvinning.

Förbränning av avfall sker främst som en integrerad del av storskalig materialförsörjning. Olika komponenter, material, och kemikalier plockas ut vid olika steg i återvinningsprocessen enligt behov av förädling; förbränningsanläggningar fungerar som den sista tratten för utvinning av värdefulla ämnen. Affärsmodellerna för avfallsförbränning varierar mycket från fall till fall, beroende på vilken materialförsörjning förbränningen är kopplad till. I vissa fall tjänar förbränningsaktörer främst från kemikalier, el och värme; andra har fokus på energi; och andra specialiserar i utplockning av mineraler och metaller från askor.

## 2 Slutsatser från scenarioarbetet

En viktig allmän slutsats från scenarioanalysen är att de olika krafter som kan driva fram en cirkulärekonomi behöver inte vara synergistiska eller kompletterande. Vissa trender, strategier och åtgärder som skapar möjligheter till ökat återbruk och återtillverkning kan skapa hinder för material- och även kemikalie- och energiåtervinning. Samtidigt kan ett system för omfattande materialåtervinning och sekundärråvaruförsörjning utvecklas på ett sätt som förstärker dagens konsumtionsmönster och därmed hindrar nya cirkulära lösningar. Det kan finnas behov av sektors- eller materialspecifika strategier, färdplaner, utredningar m.m. som tar hänsyn till de särskilda tekniska och affärsmässiga förutsättningar som finns.

Sådana undersökningar skulle vara av intresse för avfallsförbränningssektorn, om de kan belysa mer om de olika strömmar som kan gå till förbränning i framtiden. För avfallsförbränningssektorn skapar både scenarierna ovan ett omfattande innovationsbehov. För att vara relevant och värdeskapande i en cirkulär ekonomi måste sektorn jobba med energitekniska, systemtekniska, och affärsmässiga innovationer, och bidra till policy- och strategiformulering som ger tydlighet och fart i innovationernas utveckling.

Även ekonomier där varor och material cirkuleras i höga grader kommer att ha behov av avfallsförbränning. Men förbränning behöver vara riktad mot nya behov, som till exempel mineral och metallutvinning eller symbiotiska produktions eller försörjningsprocesser, och den kan behöva vara mer integrerad med andra sektorer, både i fysiska termer och genom kunskapsdelning.

Rapportens följande del handlar om de innovationsområden som projektintressenterna, i mån av scenarioarbetet, tror att sektorn borde prioritera.

# 3 Prioriterade innovationsområden och handlingsplaner

Baserade på scenario analysen har projektintressenterna identifierat fyra övergripande områden där innovation måste prioriteras om avfallsförbränning kan spela den rollen som behövs inom en framtid cirkulär ekonomi:

**Värde från askor.** Inom både scenarier var valorisering av askor en viktig del av avfallsförbränningens framtida ekonomi. Innovationsbehov inkluderar:

- Specialanläggningar för designade askor
- Kampanjvis förbränning för resursutvinning
- Utvinning av fosfor från avloppsslam
- Marknadsutveckling och mäklarrollen
- Resursspårbarhet vid deponi av askor

Handlingsplaner för både fosforutvinning och marknadsutveckling har tagits fram och presenteras i avsnitt 3.1 och 3.2 nedan.

**Energiåtervinning i industriell symbios.** Denna fråga belystes särskild av scenario 2, långtgående återvinning, där avfallshantering inklusive förbränning blir en alltmer integrerad del av materialförsörjnings- och produktionsloopar. Viktiga innovations behov inkluderar

- Analys av möjligheter för samordnad insamling, materialförsörjning och energiåtervinning
- Prioritering av symbioser inom kommunal planering t.ex. för markexploatering

En övergripande handlingsplan för området har tagits fram och presenteras i avsnitt 3.3 nedan.

**Svårt avfall.** Denna fråga belystes särskild av scenario 1, där komplexa materialkombinationer och plast/komposit konstruktioner försvårar återvinning. Nödvändiga innovationer inom området som påverkar förbränning direkt eller indirekt:

- Taggning av varor för enklare sortering
- Utveckling av mer robusta pannor
- Insamling, sortering av flera plasttyper för återvinning
- Förgasning/kemikalieåtervinning av plast

En handlingsplan för förgasningsspåret inklusive eventuella kopplingar till förbränning presenteras i avsnitt 3.4 nedan.

**CCS/CCU.** Ett innovationsområde som nämns kort i scenarierna ovan är CCS/U – infångning och lagring eller återbruk av koldioxid från förbränningsprocessen. Även i ett scenario med radikala förändringar i produktions och förbrukningsmönstren det är högst tveksamt att avfall kan bli fri från fossilinnehåll innan 2045. Därmed är CCS en

nödvändig pusselbit om avfallsförbränningen ska vara, liksom Sverige som land, klimatneutral.

CCS bör införas där den gör som mest nytta för så lite insatta medel som möjligt (generellt). Idag är det inte uppenbart att avfallsförbränning är en lämplig sektor för tidig tillämpning.

Då infångning kommer med all sannolik alltid innebära merkostnad jämfört med en anläggning som släpper ut CO<sub>2</sub>, kostnadsproblematiken kräver incitament: styrmedel som skapar betalningsviljan i värdekedjan.

Idag råder osäkerhet över rollen för CCS i Sverige – en situation som kan ändras av regeringens utredning om en nationell strategi för tekniken. Givet osäkerheten har man *inte* utvecklat en handlingsplan för CCS/U inom avfallsförbränning.

## 3.1 Handlingsplan: Utvinning av fosfor ur avloppsslam

### 3.1.1 Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?

Fosfor är ett av de grundläggande ämnena som är nyckeln till allt liv; det är en av byggstenarna i vårt DNA och nyckelelementet i den energirika ATP-molekylen. Eftersom fosfor inte kan ersättas av något annat ämne är det en av de begränsande parametrarna vid odling, och tillsätts oftast i form av mineralgödsel. Dessa framställs från fosfatiska bergarter, men är begränsade och vi närmar oss den punkt då lättillgängliga och högkvalitativa resurser kommer att ta slut. Detta, i kombination med den ökande befolkningen, kan komma att få svåra konsekvenser, och EU-kommissionen har därför beslutat att inkludera fosfor i deras lista över kritiska råmaterial. I dagsläget används 90% av den brutna fosfor i matproduktion, antingen direkt som föda, eller som foder för djur. Dock så är det bara en väldigt liten fraktion som tas upp i kroppen, resten passerar ut i avföring och urin, vilket har lett till att mycket forskning har fokuserat på fosforåtervinning från avloppsvatten.

I dag är nästan alla hushåll inom de tätbefolkade områdena i Sverige (ca 8,5 miljoner personer) anslutna till ett kommunalt reningsverk där fosfor avskiljs från vattnet och ackumuleras i slammet. Totalt produceras årligen över 200 000 ton avloppsslam, vilket motsvarar ca 2000 ton fosfor. Andelen slam som använts inom jordbruket har dock legat relativt konstant på ca 25% sedan 2000, trots ökade insatser för att förbättra slamkvaliteten. En anledning till att användandet av slam i jordbruket inte ökat är antagligen kopplad till den sociala motviljan och den osäkerhet som oftast associeras med detta, på grund av risken för olika skadliga ämnen i slammet. Den långsiktiga utmaningen för att öka recirkuleringen av fosfor från avloppsslammet blir därför att finna hållbara lösningar för att på ett kostnadseffektivt sätt utvinna fosfor från slammet.

Under 2018 tillsattes också regeringen en utredning som ska undersöka möjligheterna kring ett slamspridningsförbud där det också byggs in ett krav på återvinning av fosfor. Erfarenheter från lagstiftning i andra länder som exempelvis Tyskland och Schweiz



indikerar att om det blir ett förbud blir det också en omställningsperiod på 8-10 år för att hitta lösningar.

### 3.1.1.1 Vad ska innovationen åstadkomma 2045?

År 2045 ska allt avloppsslam från kommunala reningsverk avsättas på ett sådant sätt att minst 50% av fosfor återcirkuleras till samhället. Lösningarna för detta kan variera beroende på geografiska förutsättningar, och kan t.ex. inbegripa direkt användande inom jordbruk, extraktion ur slamfasen eller extraktion av en fosforrik aska efter förbränning.

## 3.1.2 Nuläget

### 3.1.2.1 Teknisk state-of-the-art

De olika lösningar som finns för återvinning av fosfor från avloppsslam delas vanligen in i tre kategorier: *lakning*; *icke lakande processer*; och *termiska lösningar*.

Lakning av slam kan göras såväl före som efter förbränning och bygger på att slammet exponeras för en laktlösning varpå fosfor övergår till vätskefasen. Lakning kan göras med syror, baser eller biologiska system, och kapaciteten beror på materialet, laktlösningen, tid, samt vilka förhållanden lakningen sker vid, t.ex. temperatur. Studier visar på att lakningar med syra har högre effektivitet än då alkaliska lösningar används, medan alkaliska lakningar tenderar att vara mer selektiva. Ökning av såväl temperatur som tid medför ökad extraktion av fosfor, men även av metaller, något som även är ett problem då biologiska system används för lakningen.

Icke lakande processer inbegriper användandet av fällningskemikalier som tillsätts direkt till det rötade slammet, varpå fosfor faller ut i fast form. Denna teknik är dock endast applicerbar då biologiska processer använts för att avlägsna fosfor från avloppsvattnet, vilket endast sker hos en liten andel av de svenska reningsverken.

Termiska lösningar bygger på att slammet först förbränts varpå askan hettas upp i närvaro av klorider. Detta medför att metallerna övergår till kloridformer och avgår i gasfasen.

Den stora anledningen till att ingen av dessa metoder i praktiken tillämpas idag i Sverige är att de med dagens förutsättningar är för dyra relativt mineralgödseln. Kostnadsskillnaden hade kunnat kompenseras av en starkt drivande policy/lagstiftning likt den som antagits i Tyskland och Schweiz, men så är ännu inte fallet i Sverige.

### ***Pågående forskning och utveckling***

En stor mängd forskning påvisar att såväl avloppsvatten som -slam har positiva effekter på växtligheten. Dessvärre finns det även ett flertal studier som indikerar att tungmetaller i avloppsslam kan vara tillgängligt för växterna att ta upp. Dessutom ökar oron gällande organiska kontaminanter i slammet. Särskilt läkemedelsrester har fått stor uppmärksamhet och litteraturen indikerar att signifikanta halter läkemedel finns i såväl det behandlade vattnet som i slammet. Det finns även en stor osäkerhet i bedömningen av läkemedel i slam och vatten eftersom de kan ge upphov till en mängd metaboliter, vilka är svåra att analysera och avgöra effekten av.

Det finns även en stor mängd studier på separation av metaller och fosfor i de lösningar som fås efter extraktion. Ett flertal av lösningarna inbegriper fällning i olika steg, men det finns även lösningar som bygger på jonbytestekniker, elektrokemi mm. Även om dessa är tekniskt gångbara så innebär de ökade ekonomiska kostnader.

Det pågår en rad olika projekt/initiativ kring utvinning/återvinning av fosfor i Sverige idag. Dessa projekt täcker bland annat:

- Selektiv förbränning med styrning av förbränningen för att få en aska som är direkt återförbar (Högskolan i Borås)
- Biokolprocesser från avloppsslam (Bla Ekobalans Fenix)
- Utvinning ur aska (Fortum Waste Solutions, Easy Mining)
- Testbädd kring återvinning av fosfor (RISE)

### 3.1.3 Viktiga utvecklingsbehov

Det finns stor kunskap gällande de generella egenskaperna hos avloppsslam, men eftersom sammansättningen är starkt beroende av lokala parametrar vore det nyttigt med en mer komplex databas över dessa variationer. Detta skulle kunna vara till nytta för design av semi-lokala lösningar mm. En parameter av särskilt intresse är vilken kemisk form som fosfor har i slammet, något som har stor påverkan på lakbarheten.

En annan viktig fråga är torkning och hantering av slamfraktionerna. Torkbehovet av slammet varierar beroende på vilken teknik som används för fosforåtervinningen – var/hur tätt osv. En diskussion på regionnivå borde kunna ge nyttiga fingervisningar om vilka vägar som är möjliga att gå.

Generell teknikutveckling för att uppnå kostnadseffektiv återvinning av fosfor ur aska behövs också. Här skulle en testbädd, eller annan arena för att kunna dels utveckla nya lösningar och dels att följa upp/testa prestanda på lösningar också kunna vara värdefull.

Möjligheten att återvinna andra näringsämnen i samband med återvinning av fosfor behöver belysas för att nå ett mer cirkulärt samhälle.

Vilken/vilka form/er som är lämpligt att återvinna fosfor i är ett annat område som behöver utvecklas då det påverkar teknikval och kostnader och potentiella aktörer i värdekedjan.

Policy behöver stödja innovationerna kring återvinning av fosfor (och näringsämnen generellt).

### 3.1.4 Uppskattad tid till kommersialisering/implementering

Även om omställningen som sådan kommer vara tidskrävande måste diskussioner påbörjas gällande framtida avsättningar osv. Då det finns ett flertal föregångsländer borde riktlinjer för återföringsgrader av fosfor kunna sättas inom en 4-årsperiod.

Beslut och implementering av torkar är antagligen den del som kommer vara mest tidsödande. Frågor angående var dessa ska vara/hur de ska finansieras måste diskuteras.

Implementering och kommersialisering kommer sannolikt ske olika fort i olika delar av landet.

### 3.1.5 Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen

Åtgärder på <2 års sikt

- a) Sammanställning av referensgrupper (VA/kommuner/...)
- b) Börja bygga databas för sammansättning av VA-slam där sedan exempelvis multikriterieanalys kan användas för att utvärdera olika samband avseende sammansättning
- c) Utvärdering av hur exempelvis torkar lämpligen skulle placeras för att få bästa systemeffekterna.
- d) Fastställa regelverk kring slamhantering och fosforåterföring (och andra näringsämnen)
- e) Aktivt följa utvecklingen i de länder som har fastslagit ett nytt regelverk

Åtgärder på 2-5 års sikt

- a) Undersöka förekomstformer av fosfor i slam
- b) Utredda möjligheterna att återvinna andra näringsämnen/nyttigheter i samband med fosforutvinningen
- c) Teknikutveckling av kostnadseffektiva metoder för fosforutvinning (nya eller vidareförädling av befintliga), samt ev återvinning av andra näringsämnen i samband med detta.
- d) Kvalitetssäkringsmetoder samt "ursprungsmärkning" av fosfor
- e) Anlägga och följa upp pilotanläggningar

### 3.1.6 Nyckelaktörer och eventuella roller

#### 3.1.6.1 Näringsliv

- Teknikutvecklare
- Gödningsmedelstillverkare – Vilka former av fosfor är intressant att ta in i processerna? Hur är det med metaller, vilka halter är acceptabla?
- Återvinning
- Vatten och avlopp -- Kan det eventuellt vara aktuellt med någon förändring i vatten/slamhanteringen för att göra processen lättare längre fram?
- Energisektorn -- Sannolikt den aktör som står för förbränningsdelen
- Logistik och transport -- Om ett nätverk av lokala/semi-lokala/centrala anläggningar ska byggas upp så måste den logistiska delen fungera.

Institut och Akademi kan bidra med kunskap, särskilt gällande specifika reaktioner mm vid förbränning/lakning

### 3.1.6.2 Offentlig sektor

- Kommuner ska kolla om ändringar i befintliga processer behövs
- Regioner kan främja/skapa förutsättningar samverkan mellan kommuner
- Myndigheter måste inse att detta är en prioriterad fråga och våga sätta krav.

## 3.2 Handlingsplan: Marknadsutveckling för energiaskor

### 3.2.1 Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?

I Sverige produceras årligen ca 1,7<sup>1</sup> miljoner ton aska som en restprodukt från förbränningsanläggningar inom det svenska energisystemet. Den största delen av dessa askor är ett material som klassas som icke farligt avfall, lämpligt att använda som konstruktionsmaterial och därmed ersätta jungfruliga material så som naturgrus.

Under många år har en stor del av askorna, främst bottenaska från avfallsförbränning (slaggrus) nyttiggjorts i konstruktionsändamål inom deponiområden eller andra lakvattenreningsområden. Sluttäckning av deponier har varit det absolut största användningsområdet. Nu avtar antalet sluttäckningsprojekt i och med att gamla deponier täckts klart och avslutas och behovet av nya deponier är litet. Detta medför svårigheter att avsätt aska från energiåtervinning som konstruktionsmaterial och risken att en allt större andel aska behöver deponeras ökar.

En stor utmaning för framtiden ligger i att skapa förutsättningar för att nyttiggöra askor från förbränningsanläggningar utanför deponiområden eller andra lakvattenreningsområden. Denna utmaning är komplex och omfattar delvis tekniska lösningar, men till minst lika stor del andra aspekter som förtroende, ansvarsfrågor, miljö, logistik, och affärsmodeller.

Det finns logistiska utmaningar så som möjlighet att lagra större volymer aska samt att snabbt få fram stora volymer. Även att förmedla rätt aska till rätt ändamål för att uppnå ett så resurseffektivt och hållbart system som möjligt och att ge stöd i samband med miljötillståndsansökan är något som skulle kunna förenkla för askanvändaren och därmed hjälpa till att driva marknaden framåt. Det kan eventuellt krävas åtgärder för att göra askorna mer attraktiva som konstruktionsmaterial och minska deras miljöpåverkan.

#### 3.2.1.1 Vad ska innovationen åstadkomma 2045?

År 2045 ska största delen av askorna från det svenska energisystemet vara ett samhällsligt accepterat konstruktionsmaterial som klarar de miljökrav som ställs för att kunna nyttiggöras i storskaliga konstruktioner som exempelvis vägbyggnationer. Denna innovation ska resultera i en etablerad marknad för askor.

---

<sup>1</sup> <https://www.energiforsk.se/nyhetsarkiv/projektid%C3%A9er-om-energiaska-senast-1-juni/>

## 3.2.2 Nuläget

### 3.2.2.1 Teknisk state-of-the-art

Inom slaggsorteringsteknik finns avancerad utrustning för att avskilja metaller, glas och andra föroreningar. Vid KEZO avfallsförbränningsanläggning i Schweiz har en avancerad slaggsorteringsanläggning byggts upp som sorterar slagg från den egna anläggningen men också från de omkringliggande anläggningarna. Alla dessa anläggningar har konverterat till torr askutmatning för att öka utbytet av metaller ur askan. Anläggningen har prioriterat utsortering av metaller som sker i askfraktionerna ner till 0,2 mm, men de har även utsortering av glas i de större fraktionerna. Processen vidareutvecklas hela tiden genom den forskningsstiftelse (ZAR) som är kopplad till anläggningen.

I Kolding i Danmark har Meldgaard en modern stationära anläggningar för slaggsortering där de tar emot slagg från avfallskraftvärmeverk och sorterar ut metaller. Den sorterade slaggen säljs sedan för användning i bygg- och vägprojekt där det kan ersätta jungfru material som sand och stenkross. Detta leder till kostnadsminskning i byggprojekten samt minskar utvinning av naturliga råvaror.

I Köpenhamn finns också Afatek som också sorterar askorna från ett antal av de danska avfallsförbränningsanläggningarna. De har också arbetat med förbättringar av såväl kvaliteten på aggregatet som utsorteringsgraden av metaller.

I Sverige är exempelvis Sysav på väg att investera i en ny sorteringsanläggning som kommer vara väsentligt mer effektiv än den befintliga avseende utsorteringen av metaller. Det pågår också ett utvecklingsarbete hos de olika entreprenörer som kampanjvis sorterar askor för olika energianläggningar. Huvudfokus på förbättringarna just nu är dock ökad återvinning av metaller ur askorna.

EON håller för tillfället på att bygga den första rosterpannan i Sverige med torr askutmatning. Slaggsorteringen kommer att ske av RagnSells. Vilken effekt den torra utmatningen kommer ha på möjligheterna att använda den kvarvarande mineraliska fraktionen är oklart i dagsläget.

Det har funnits en misstanke att metallutsortering försämrar slaggrusets egenskaper som väg- och anläggningsmaterial. I projektet [Användning och modifiering av metallseparerat slaggrus](#) där slaggrus från SYSAV i Malmö studerades och jämfördes med krav för tänkbara användningsområden fanns det inget tydde på att detta skulle vara fallet.

Askungen Vital är ett familjeföretag som förmedlar bioaskor från askproducenter till markägare. De har egen maskinpark för både bearbetning och spridning av askan och egen miljökonsult säkerställer att provtagning och analyser sker. De sköter dessutom alla tillstånd och annan dokumentation inklusive spridningskartor.

### 3.2.2.2 Pågående forskning och utveckling

- Handboken "Återvinning av avfall i anläggningsarbeten. Handbok 2010:1" (Naturvårdsverket) ska omarbetas och branschen har bjudits in till att delta.

- Ett inom Avfall Sverige pågående (2018) projekt undersöker om förglasning av flygaska skulle kunna vara en väg till en inert produkt som kan klassas eller enkelt få miljötillstånd att nyttjas som konstruktionsmaterial. Vilka blir dess konstruktionstekniska egenskaper? Kan denna REACH-klassas?
- Det pågår en utredning om ansvar och eventuellt återtagande (Avfall Sverige).
- Det pågår olika initiativ kring att öka kunskapen om den kemiska sammansättningen i askor, samt metoder för att arbeta med klassning av askorna enligt avfallsförordningen.
- Det pågår också olika initiativ kring återvinning av salter och metaller ur främst flygaska, där ett flertal aktörer är i olika stadier av utveckling av processer. Exempelvis byggs nu en första fullskalanläggning av halosepkonceptet i Danmark med stöd av EU-Life+.
- Det pågår ett projekt om Framtidens avfallsbränslen (RE:Source m.fl) där en nulägesanalys och möjligheter till uppströmsarbete belyses

### 3.2.3 Viktiga utvecklingsbehov

Kunskap om lakning och konstruktionsegenskaper finns för de många askor men inte för alla. Det är dock inte primärt inom det området som fokus bör ligga. Det finns en del provobjekt/provytor som byggts genom åren och där är långtidsuppföljningen viktig för att ge underlag till både miljöpåverkan och hållfasthetsegenskaper.

En fråga som varit uppe i tidigare projekt är om de egenskaper som askorna visar kan accepteras hos svenska tillsynsmyndigheter utanför lakvattenreningsområden. Till skillnad från länder som exempelvis Danmark så saknas tydliga regler och vägledning om när denna typ av material skulle kunna användas. Det har också funnits en oro att de lokala bedömningarna blir väldigt skilda på grund av bristande vägledning från naturvårdsverket. Dock är underlaget för detta begränsat då det under senare inte verkar vara så många som har provat att söka miljötillstånd för nyttiggörande av askor utanför deponier. Här skulle en gemensam utveckling mellan industrin och myndigheterna vara önskvärd. Delar av detta kan täckas i den pågående revisionen av handboken om användning av avfall i anläggningsändamål, men sannolikt inte allt.

Ett område som det inte har gjorts så mycket arbete kring i Sverige, mycket till följd av det mindre tydliga regelverket (jämfört med exempelvis Danmark, Holland och Belgien) är vidarebearbetning av askan för att förbättra dess miljöegenskaper. Om de negativa miljöeffekterna är för stora behövs information om vilka krav som ställs samt kunskap om hur detta kan uppnås.

Kunskapen om materialet och vad det innebär behöver också arbetas upp i hela värdekedjan, det handlar om anläggningar, byggtreprenörer som ska använda materialet, lokala myndigheter, fastighetsägarna/ägarna av infrastrukturen där materialet ska ingå, men också exempelvis konsulterna som är med i projekteringsstadierna. Kunskapen handlar om en rad saker såsom tekniska och miljömässiga egenskaper, begränsningar med materialet men också de ledtider man kan behöva räkna med när man använder ett material som inte har ”fri” användning utan där användningen måste anmälas till myndigheterna.

Logistikutmaningar där anläggningarna behöver kunna leverera rätt mängder till rätt kvalitet i rätt tid. Här skulle koncept som avfallsmäklare eller ett större ”materialbolag” kunna vara intressanta att utreda.

En ökad kunskap om vilka avfallsströmmar som för med sig de mest problematiska ämnena (ur miljöperspektivet) för att på så sätt också kunna göra de medvetna valen vid mottagningen av den typen av avfall.

Affärsmodeller för att hantera de olika parterna i värdekedjan- där måste finnas ett adderat värde för de olika aktörerna i kedjan och inte enbart för energianläggningarna.

Marknadsutveckling är ett sådant innovationsområde där man snarare testat sig fram direkt i verkligheten och sedan utökar verksamheten allt eftersom marknaden etableras. Viktigt är dock att analysera framgångsfaktorer men också vad som gjort att vissa satsningar inte fungerar. Att utföra test och demo kanske snarare är applicerbart på eventuella behandlingsmetoder vilket också kan komma att krävas för att lyckas med marknadsutvecklingen.

## 3.2.4 Uppskattad tid till kommersialisering/implementering

Full implementering kan ta ganska lång tid men vi behöver komma framåt snabbt för att undvika deponering av stora mängder slag de närmsta åren. Krävs behandling av olika slag är det kanske rimligt att det tar minst 6-10 år innan en kombinerad behandlings- och marknadsplats i full drift och samhälleligt accepterad arbetats fram. Utan behandling kan det gå snabbare.

### 3.2.4.1 Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen

#### **Inom 1-2 år:**

- Utredda vad som krävs för att REACH-klassa askor
- Utredda vad tillsynsmyndigheter kräver för att acceptera att aska sprids som konstruktionsmaterial i samhället t.ex. för vägbyggnationer. Den kan både gälla krav på materialet eller krav på tillämpningsområden.
- Identifiera nischanvändning där askorna också tillför ett speciellt mervärde för användaren/konstruktionen
- Samla en referensbank för projekt där askor använts utanför lakvattenuppsamlingsområden som kan hänvisas till i samband med tillståndsansökningar, samt att följa upp dessa med regelbundna intervall.
- Upprätta en gemensam stor lageryta för slaggrus och andra askor där man kan lagra volymer för att leverera till större konstruktionsprojekt och där slaggrus kan samlas från fler anläggningar för att snabbare få ihop tillräckliga volymer. Detta kan administreras av en "askmäklare". Även andra avfallsmaterial kan inkluderas så som schaktmassor, sten, tegel etc.
- Erbjud stöd till byggbolag och andra aktörer i tillståndsprocessen för att undvika långa processer och risk för avslag att använda aska som konstruktionsmaterial.

#### **Inom 2-5 år**

- Utredda vilken behandling av askan som behövs utifrån kraven som utretts i föregående punkter.

- Identifiera lämpliga tillämpningsområden för olika askor och vilka kvalitetskrav som ställs.
- Sondera intresset för en marknadsplats/mäklare som sköter affärerna mellan askproducenter och askbeställare samt kostanden för en sådan struktur. Finns det några goda exempel på liknande marknadsplatser i Sverige eller Europa.
- Kanske krävs det även (eller t.o.m. blir lönsamt) att denna "askmäklare" dessutom driver en stationär avancerad slaggsorteringsanläggning och tar emot och sorterar slagg. Genom den processen kan fraktioner och kvaliteter styras utifrån efterfrågan. I t.ex Danmark finns denna typ av verksamhet. Ett exempel är Meldgaard som sorterar slagg i en stationär anläggning och sedan distribuerar ut slaggruset till konstruktionsändamål. Kombination av detta med en förglasningsanläggning för flygaska kan bli näst intill en helhetslösning.

## 3.3 Handlingsplan: Energiåtervinning inom industriell symbios

### 3.3.1 Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?

Den framtida cirkulära ekonomin kommer att kräva ökat värdeskapande från diverse avfallsströmmar. Men en stabil och konkurrenskraftig energiförsörjning blir också en förutsättning, och det kommer att finnas energiflöden som måste tas hand om. Till exempel kan restavfall från materialåtervinning bli kvar på grund av kontaminering eller marknadsekonomiska hinder. För att säkerställa acceptans för energiåtervinning (från avfall) krävs långsiktiga och anpassade omvärldsförutsättningar avseende infrastruktur och ramverk, samt ökad kunskap och medvetande.

Energiåtervinning från avfall ska:

- ses som en möjlighet för Industriell Symbios (inte som ett hinder).
- möjliggöra konkurrenskraftig utveckling av andra industriverksamheter
- öka sin nytta genom kaskad-utnyttjande av energin
- fungera som hävstång för ökad, och värdeökande, materialåtervinning och feedstock recycling från avfallsfraktioner (gas- och fast fas).

### 3.3.2 Nuläget

#### 3.3.2.1 Teknisk State-of-the-art

Många exempel på industriell symbios bygger inte på unika tekniska funktioner utan snarare på delande av resurser, material- eller energiflöden. Det rapporteras<sup>2</sup> att det finns ett 20-tal identifierade industriell symbios strukturer igång i Sverige, flera med anknytning till energiåtervinning av avfall i mer omfattning än att avfall energiåtervinns

<sup>2</sup> Murat Mirata, Peter Carlsson, Steve Harris, Michael Martin, Rickard Fornell, Roman Hackl, Tobias Källqvist, Emma Dalväg and Sarah Broberg (2018). *International and Swedish state of play in Industrial Symbiosis. A review with proposals to scale up Industrial Symbiosis in Sweden.*



som el, fjärrvärme och kyla: till exempel industriell symbios i Norrköping, Helsingborg, Linköping och Lidköping.

### 3.3.2.2 Pågående forskning och utveckling

Inom EU ses industriell symbios som ett av flera viktiga verktyg för den cirkulära (bio) ekonomins framväxt. De exempel på industriell symbios som identifierats i olika rapporter har i flera fall uppkommit direkt mellan inblandade aktörer, det finns också exempel där man (lokalt, regionalt) försökt underlätta/hjälpa till i processen. En slutsats är att man behöver utveckla såväl fysiska förutsättningar som sociala processer och policyramverk för att underlätta industriell symbios.<sup>3</sup>

”Delad energi är dubbel energi” är exempel på ett projekt där man lokalt försöker beakta möjligheter för att bygga symbioser redan i (stads-) planeringsfasen.<sup>4</sup> Projektet, som leds av Malmö stad och stöts av Vinnova, tittar även på stadens flöden av avfall, energi och vatten ur ett resursperspektiv.

Det pågår för närvarande också ett arbete med att bygga upp en nationell plattform för industriell symbios i Sverige,<sup>5</sup> som delvis syftar till kapacitetsuppbyggnad på regionalbasis för valorisering av sekundära råvaror genom symbiotiska affärer.

### 3.3.3 Viktiga utvecklingsbehov (kunskapsluckor, metodutveckling, test och demo, uppskalning mm)

Avfallskraftvärmeverk (AKV) är i flera fall en del av industriell symbios processer, men anges också återkommande som ett hinder för desamma. AKV anses skapa inlåsnings- och befintlig infrastruktur och hindra materialåtervinning. Här finns utvecklingsbehov i båda ändar. Energiåtervinning av avfall blir accepterat först när avfallet utgörs av sådant material som annars skulle gått till spillo. Frågan om hur producerad energi sedan nyttjas är också viktig och med anknytning till möjliga industriell symbios processer nämns kaskad-utnyttjande av värme (ånga-> höggradigt varmvatten ->låggradigt varmvatten) som intressant.

Bland andra faktorer som, generellt, anses hämma utvecklingen av industriell symbios i Sverige nämns brist på samordning (nationellt, regionalt, lokalt) och långsiktiga spelregler, inklusive standarder för återvunna material. Precis som befintlig infrastruktur kan hämma (se ovan) kan brist på långsiktiga spelregler (policyer, lagar, stadsplanering, m.m.) och utdragna tillståndsprocesser hämma etablering av ny infrastruktur. Här kan paralleller dras till flera planerade men avbrutna processer avseende produktion av förnybara drivmedel.<sup>6</sup>

---

<sup>3</sup> Ibid.

<sup>4</sup> <http://deladenergi.se/> (länk 19 juni -18). Vinnova UDI-projekt som leds av Malmö Stad

<sup>5</sup> Steve Harris, Murat Mirata, Sara Broberg, Peter Carlsson and Michael Martin (2018). *A roadmap for Increased Uptake of Industrial Symbiosis in Sweden*. Delfinansierat av RE:Source.

<sup>6</sup> Philip Peck, Grönkvist, S., Hansson, J., Lönnqvist, T. and Voytenko, Y. (2016) *Systemic constraints and drivers for production of forest-derived transport biofuels in Sweden – Part*

Ett annat generellt hinder kan vara hur man reglerar inbördes relationer och säkerställer flöden (dvs affärsmodeller).

### 3.3.4 Uppskattad tid till kommersialisering/implementering

Varje industriell symbios är unik – inte nödvändigtvis i sina ingående komponenter utan i kombinationen och systemdesign. En viktig hörnsten är att bygga relationer mellan olika nyckelaktörer. Detta tar tid och ofta saknas en aktör som är beredd att ta på sig att leda detta långsiktiga arbete. Sådana processer kan förstärkas och påskyndas om kommunala och regionala aktörer har kapacitet och kunskap inom området.

### 3.3.5 Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen

- AKV (eller annan form av energiåtervinning från restprodukter/avfall) behöver ses som ett redskap för (inte hinder mot) industriell symbios. Om det skapas förtroende för att det som energiåtervinns består av sådant som annars skulle gått till spillo borde den energi som produceras betraktas som "återvunnen" och inte vara ett hinder att använda t ex pga klassning. Kvarvarande fossilt innehåll borde t ex belasta den som är ursprunget till avfallet och inte den som nyttjar den "återvunna energin".
- Speciellt kan nämnas behov av: marknad/affärsmodeller för avsättning av höggradig energi (finns t ex till del för fjärrvärme) och fysisk planering för avsättning av låggradig (här nämns ofta olika biologiska system som potentiella mottagare, dessa kräver utrymme).
- Värdeskapande för (nuvarande) restprodukter från energiåtervinningen (gas- och fast fas), vilket kan komma att kräva samarbete mellan AKV och andra aktörer.

#### Åtgärder <2 år

- Få bättre kunskap om vad som går in i avfallsförbränningsanläggningarna i dag och vad av detta som inte borde gå in till anläggningarna utan borde gå till materialåtervinning
- Öka kommunikationen med aktörer uppströms om vad som ska gå till energiåtervinning och vad som inte ska gå dit
- Utveckla nya affärsmodeller
- Arbeta med valorisering av restprodukter (se åtgärdsplan för marknadsutveckling energiaskor)

#### Åtgärder 2<5 år

- Få frågan lyft på strategisk nivå, bland annat i stadsbyggnadsprocesser
- Arbeta uppströms med att förhindra att avfall som inte bör gå till energiåtervinning (kommer vara ett viktigt kontinuerligt arbete)
- Applicera affärsmodeller som utvecklats

---

A:Report. Report No 2016:09A, f3 The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels, Sweden. Available at [www.f3centre.se](http://www.f3centre.se).

### 3.3.6 Nyckelaktörer samt deras eventuella roller

Harris, et al (2018) pekar på att en framgångsfaktor för industriell symbios är att de olika aktörerna kan agera i samverkan. För avfallsförbränningsanläggningarna handlar det om att skapa/visa förtroende och acceptans för återvunnen värme (av sådant som annars skulle gått till spillo) – även i praktisk handling.

Det kaskad-utnyttjande som nämnts ovan kan exemplifiera en kedja av nyckelaktörer från en verksamhet som kräver ånga via en med torkningsbehov till en för akvaponi. För att dessa verksamheter ska kunna dra nytta av varandra behöver de ligga nära, vilket kan möjliggöras genom lokal planering (kommun).

#### 3.3.6.1 Näringsliv

##### ***Teknikutveckling***

Basen i form av teknisk infrastruktur finns i många fall nästan på plats. Traditionell teknikutveckling frågor, som t ex förgasningsprocesser av olika substrat, fosfor från slam, bättre utnyttjande av biomassa (lignin, hemicellulosa), effektivare värmepumpar är aktuella. Dessa kan bli mer centrala delar av ett industriell symbios än helt ny teknik. Ny teknik för nyttjande av restprodukter från energiåtervinningen (gas- och fast fas enligt ovan) kan nämnas.

##### ***Återvinning***

Återvinningsaktörer måste samverka med tillverkande företag, samt anpassa återvunna material (standarder kan vara möjliggörande).

##### ***Tillverkande företag m.fl.***

- Tillverkande företag måste samverka med återvinningsidan vad gäller nyttjande av återvunna material (standarder).
- Kemiindustrin kan hjälpa utveckling av förbränningsprocesser mot termokemiska förädling till energi och kemikaliska feedstocks.
- Företag/entreprenörer som är del av och kan implementera den teknikutveckling som beskrivs ovan behöver vara med.

##### ***Institut och Akademi***

Ska utföra systemstudier, teknikutveckling, identifiera möjligheter (och hot) samt kommunicera.

#### 3.3.6.2 Offentlig sektor

Det offentliga ska skapa gynnsamma förutsättningar för industriell symbios, vad avser planering av infrastruktur, policy/legalt, kommunikation. De ska stödja utveckling med resurser, kommunikation samt organisera.

***Kommuner*** är viktiga som facilitator, för att ta initiativ och hålla i övergripande funktioner. De ska underlätta/skapa förutsättningar för relaterade verksamheter att lokaliseras nära varandra. De ska fungera som ”institutionellt ankare.”

***Myndigheter*** ska sköta tillståndsprocesser och tillsyn på ett relevant sätt.

## 3.4 Handlingsplan: Förgasning av svårt avfall

Handlingsplanen rör avfall som är komplicerat att energiåtervinna i traditionella anläggningar. Det svåra avfallet kan ha olika ursprung men en betydande andel är idag rejekt från återvinningsindustrin där det uppkommer i mekaniska sorteringsprocesser. Det som kan göra avfallet svårt eller komplext att återvinna idag är bland annat att de kan leda till korrosionsskador eller problem med beläggningar i anläggningarna.

### 3.4.1 Den långsiktiga utmaningen: vad behövs på sikt och varför?

Idag hanteras avfall oftast genom enkel utsortering, insamling och därefter till en enklare mekanisk materialåtervinning av rena och icke svåra avfallsflöden. Undantaget från detta är återvinningen av fordon och elektronikavfall där den mekaniska återvinningen är något mer utvecklad. Denna återvinning sker på en marknad som pressas av låga priser på jungfruliga resurser. De avfallssystem (hushållsavfall, producentansvar inom förpackningar, läkemedel, fordon, elektroniska produkter, ljuskällor, batterier, däck mfl) som idag finns i samhället bygger på en hög konkurrens av billiga råvaror, där dessutom producenterna ansvarar för hur väl materialåtervinningen följer de mål som politikerna sätter.

Vi har idag börjat acceptera att avfallet generellt är en potentiell resurs. Detta sker främst inom tillverkningsindustrin där man i produktionsledet återför produktionsrester tillbaka till produktion, alternativt skickar rena produktionsrester till råvarutillverkare för upparbetning.

En svårighet är att många av våra produkter även innehåller olika additiv i form av kemikalier. Additiven tillförs för att ge produkten specifika egenskaper som exempelvis färg, ytstruktur, hållfasthet, beständighet och brandskydd. Detta är ett problem vid mekanisk materialåtervinning då det med dagens teknologi är svårt att särskilja många av dessa additiv. Det medför att risker finns att recirkulerade flöden kan vara kontaminerade med icke önskvärda additiv. Kommer dessa additiv att minska i våra produkter i framtiden?

I ett framtida cirkulärt fungerande samhälle så kommer det vi kallar för svårt avfall idag, att ses som en resurs. Den cirkulära ekonomin leder till ett än mer resurseffektivt tänk i hela samhällsstrukturen.

Detta medför högst troligt att mängden och innehållet i det svåra avfallet som går till avfallsförbränning kommer att se annorlunda ut. Detta medför att dagens teknologi för energiåtervinning ur avfall inte längre är den självklara teknologin för de resurser som faller som svårt avfall i framtiden. Sannolikt kommer i så fall andelen svårt avfall vara högre än idag och därmed kommer det också att finnas ett behov för mer robusta förbränningsanläggningar.

Frågor som är intressanta att titta vidare på är:

- Kan energiåtervinning ur svårt avfall kombineras med materialåtervinning, genom förgasningssteg?

- Kan svårt avfall materialåtervinnas med annan resurseffektiv teknologi?
- Behöver samhället flera olika teknologiska lösningar för att materialåtervinna svårt avfall? Och hur kan/ska dessa teknologier samverka?
- Hur behöver dagens energiutvinningsanläggningar utvecklas för att hantera en större andel svåra avfallsfraktioner?

I denna handlingsplan så har vi valt att titta på just förgasning som teknologi och därmed som möjliggörare för att klara av att materialåtervinna (svårt) avfall och därmed bli en viktig del i den cirkulära ekonomin. Förgasning är en väg till att kemiskt återvinna svårt avfall. Den önskade slutprodukten är i detta skede inte definierad, men den är sannolikt inte en energigas som direkt efter förgasningen förbränns för att generera el och värme.

## 3.4.2 Nuläget

Idag går det mesta till avfallsförbränning, även delar som skulle kunna återvinnas mekaniskt med dagens teknik.

### 3.4.2.1 Teknisk state-of-the-art

Förgasning av biomassa finns det teknik för idag. GoBiGas demonstrerade tekniken förgasning av biomassa till biometan. Det finns många andra exempel på förgasningsanläggningar men GoBiGas är den enda som även demonstrerat processen hela vägen till biometan. Det finns exempel på storskaliga kommersiella förgasningsanläggningar för avfall i exempelvis Lathi, Finland. Utmärkande för dessa anläggningar är dock att de genererar en gas som sedan används som bränsle för energigenerering.

Det finns en anläggning i Canada som förgasar hushållsavfall till etanol. Under 2018 har ett konsortium bestående av Air Liquide, AkzoNobel Specialty Chemicals, Enerkem och the Port of Rotterdam skrivit på en projektöverenskommelse för att utveckla och initialt finansiera en liknande anläggning i Rotterdam.

### 3.4.2.2 Pågående forskning och utveckling i Sverige

Chalmers har en demoanläggning, 2-4 MW, för förgasning som är kopplad till deras cirkulerande fluidiserade bädd-förbränningsugn (CFB). I den anläggningen har utveckling skett som sedan togs vidare och blev GoBiGas (20MW) där Göteborg Energi har förgasat flis och träpellets till syngas som gjorts om till metan som har gått in i naturgasnätet. GoBiGas är tyvärr lagd i malpåse på grund av dålig ekonomi. På Chalmers pågår däremot projekt kring förgasning av avfall med lovande resultat. Både PE-granuler från Borealis (produktionsavfall) och plastavfallspelletts från upparbetning av komplext skrot hos Stena Recycling har förgasats med gott resultat i Chalmers anläggning. Resultaten visar att bränsleinnehålllet väsentligt påverkar utbytet av produktgasen. Ju homogenerare plast desto högre utbyte. Fortsatta försök med plastavfall är planerade under vintern 2018/19.

Även på RISE ETC i Piteå forskas det på förgasning av avfall. De har en pilotanläggning (10-20 kW) där högttemperaturförgasning av avfallspelletts (samma pellets från Stena Recycling som användes på Chalmers) har genomförts. Resultaten visar att det är möjligt och att emissionerna av dioxiner är lägre än vid förbränning. En fortsättning av projektet

där utbytet av produktgasen skall utvärderas har beviljats inom RE:Source Återvinning av komplicerade plastavfall till kemikalier och energi och kommer att pågå till slutet av 2020.

Det nybildade företaget Bioshare<sup>7</sup> utvecklar en metod där en förgasarenhet monteras in i en fluidiserad förbränningspanna. På så sätt kan gas produceras som kan användas som bränsle som ersättning för fossilt bränsle i anläggningar som inte kan ta fast avfall. Gasen kan förstås också upparbetas till syngas eller kemisk råvara.

Kemibolagen i Stenungsund har gjort en roadmap för att de skall vara fossilfria 2030 med målet att ha ett returraffinaderi i drift till 2030. Med ett returraffinaderi menar de att omvandla avfall (troligtvis via pyrolys och/eller förgasning) till kemisk råvara. Inom Västsvenska Kemi- och Materialklustret arbetas det med ett flertal projekt och ansökningar för utveckling och forskning i denna fråga.

### 3.4.3 Viktiga utvecklingsbehov

Biomassaförgasning är relativt väl utrett men det krävs mer kunskap i hur olika material fungerar i en förgasningsenhet, vilken teknik som är lämplig för vilket innehåll samt vilken produkt som erhålls beroende på innehållet i ingående material. Även tekniker för rening av gasen från förgasaren är ett viktigt steg som kommer att vara beroende av de föregående lärdomarna. De svåra avfallen (de avfall som "blir över" när så mycket som möjligt har mekaniskt återvunnits) kommer att innehålla halogener i olika hög grad. Halogens påverkan på förgasningsutrustning, reningsutrustning och produktgas måste undersökas. Det behöver också utredas hur man kan kombinera tekniker för att optimera utbyte mot energibehov och avsättning av energi (kombinatslösningar), här handlar det både om hur man på ett effektivt sätt optimerar mellan mekanisk återvinning så långt det går, kemisk återvinning (exempelvis genom förgasning) och slutligen hur man hanterar det som blir kvar. Ett viktigt utvecklingsbehov kopplat till detta är att se vilka fraktioner som kanske inte heller förgasning (eller annan kemisk återvinning) som teknik kan hantera – de kommer sannolikt då att hamna i en förbränningsanläggning och ställa andra krav på den anläggningen.

### 3.4.4 Uppskattad tid till kommersialisering/implementering

Även om det i princip finns teknik för att förgasa avfall så är det inte självklart vilken teknik som passar för vilket avfall och hur stora variationer i det inkommande avfallet processerna klarar, dvs hur flexibel en anläggning kan vara. Inte heller är det klart vilken produkt som är bäst att producera och detta kan också variera med tid beroende på marknaden. Framförallt så finns inte de ekonomiska incitamenten framme. Det finns idag inget stöd för biobaserade eller kemiskt återvunna produkter, det stöd som finns är uteslutande för bioenergi (gröna certifikat och ursprungsgarantier). Avfallsförbränning är idag en klart billigare lösning för svåra avfall. Det kommer att dröja många år innan en kommersiell anläggning kan vara i drift. Kemiföretagens mål med 2030 kan eventuellt vara nåbart.

---

<sup>7</sup> [www.bioshare.se](http://www.bioshare.se)

### 3.4.5 Viktiga åtgärder som kan tas för att främja utvecklingen

#### Åtgärder <2 år

- Öka kunskapen kring förgasning av olika avfallsströmmar samt reningen av den genererade gasen
- Förslag till styrmedel för att ge incitament för användning av biobaserade och återvunna produkter/kemikalier
- Utredda hur anläggningarna kan koppla in mot industriell symbios i ett större sammanhang

#### Åtgärder 2<5 år

- Pilotanläggning i drift på vissa utvalda fraktioner
- Styrmedel implementerade som ger aktörerna en långsiktig och stabil förutsättning för investeringar
- Fortsatt teknikutveckling utifrån lärdomar från pilotanläggningarna

## 4 Slutsatser från handlingsplanarbetet

Samhället förändras och vi är inne i en tid med stora omställningar inom en rad områden. Förändringarna kommer att medföra konsekvenser i avfallsledet och aktörerna (i detta fall Avfallsförbränningsanläggningarna) måste vara redo att anpassa sig och hitta sin roll i detta sammanhang. Detta kräver att blicken höjs och att fokus inte bara läggs kring dagens problem. Det är i sig utmanande eftersom dagens problem är reella och mer eller mindre konkreta medan morgondagens utmaningar av naturen är mer osäkra, speciellt om en längre tidshorisont appliceras.

Metodikerna som använts i projektet har fungerat väl även om det varit en utmaning att få deltagarna att lyfta blicken mot mållåret 2045. De resulterande handlingsplanerna har därför blivit en blandning av bemötande av dagens utmaningar och de mer långsiktiga utmaningarna, där båda behövs för att branschen ska hitta och fylla sin roll.

I projektet togs det fram handlingsplaner för ett urval av de utmaningar som identifierades. Urvalet av dessa styrdes primärt av anläggningarna själva, men det innebär inte att de andra utmaningarna inte är viktiga.

Föra avfallsförbränningsaktörer – och andra berörda intressenter både upp- och nedströms, som tillverkande och processindustrier, avfallsbolagen, vattenreningsverk, byggsektorn m.fl. -- måste nu arbetet fortsätta med att arbeta och tillämpa handlingsplanerna. Där finns en rad aktiviteter som behöver arbetas med på både kortare och längre sikt. Delar av dem har branschen ensam rådighet över, men många av dem kräver samspel mellan olika aktörer. Branschen har där en viktig roll i att ta initiativ/bjuda in till dessa samarbeten.



# Appendix 1: Metod

Osäkerheterna kring den framtida cirkulära ekonomin är stora. Det går inte att beskriva en 2045 som är särskild sannolik, men man kan använda scenarier för att undersöka relevanta alternativ. För att kunna bidra till måluppfyllelse måste scenarierna vara rimliga, konsekventa, och relevanta för frågeställningen: vad kan energiåtervinningens roll vara, och vilka innovationer behövs för att passa in i dessa roller?

Projektet siktade på att skapa två scenarier som uppfyller kriterierna men som skiljer sig från varandra på ett väsentligt sätt. I verkligheten kommer aspekter från båda scenarierna att bli relevanta, och även i berättelserna är det omöjligt att undvika likheter och gemensamheter. Men scenarierna ska kunna belysa vissa vägval och dess konsekvenser för avfallsförbränning.

För att kunna göra det, engagerade projektet intressenter från avfalls- och återvinningssektorn, energisektorn, och 'producerande' sektorer (se intressentlista, Förord).

Intressenterna fick svara på en enkät där de ombedes beskriva huvudegenskaper i en lyckad omställning mot en cirkulär ekonomi år 2045. Med resultatet från enkäten som bakgrund, ordnades en workshop i syfte att fylla i beskrivningen mer i detalj. Under workshopen arbetade deltagande intressenter med tre huvudfrågor:

1. Vilka cirkulära strategier är viktigast för respektive aktör i den cirkulära ekonomin i Sverige år 2045?

För att svara på detta fick alla deltagare en bunt med lappar per strategi och sektor; lapparna klistrades på en bild på 'värdecirkel' för att indikera var i ekonomin agerandet skulle ske. Resultatet blev en kartläggning av åtgärderna inom den framtida cirkulära ekonomin.

2. Hur ser olika avfalls-/restströmmar ut under omställningen mot en cirkulär ekonomi i Sverige år 2045?

Deltagarna ombads välja minst tre strömmar och beskriva a) eventuella förändringar i volymer; b) eventuella förändringar i strömmens egenskaper och c) restvärdet som skulle behöver fångas under avfallshantering (t.ex. energi- eller materialvärde; värde från avgiftning, uppgradering m.m.).

3. Vilka är de viktigaste drivkrafterna, möjliggörarna, hinderna och barriärerna för omställningen mot en cirkulär ekonomi i Sverige?

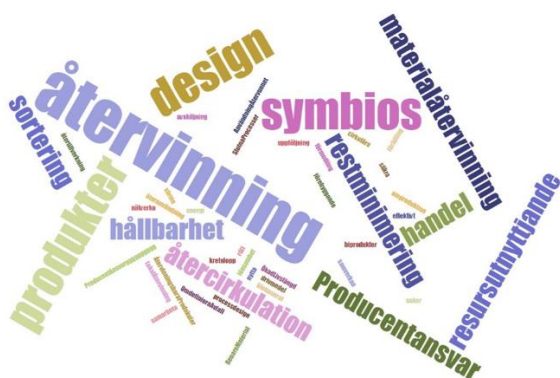
Deltagarna delade de viktigaste faktorerna enligt en STEEP (Society, Technology, Economy, Environment, och Politics) matris.

För alla tre frågorna föreslogs följande guidande antaganden:

- År 2045 är en lyckad omställning mot en cirkulär ekonomi på gång i Sverige – en som är i linje med de förväntningar som syns i den politiska debatten idag
- Exakt hur långt Sverige har kommit 2045 är mindre viktigt
- Vissa brister och undantag är relevanta och ska beskrivas

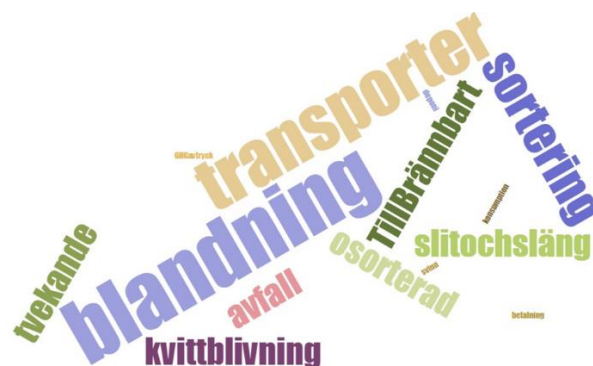


Fråga 2: I den cirkulära ekonomin 2045 kommer tillverkare och processindustrier att göra mer \_\_\_\_\_ och mindre \_\_\_\_\_.



De samlade svaren visade att intressentgruppen ser många möjligheter för att öka cirkulering inom process- och tillverkande industrier, samt ett stort ansvar att minimera/eliminera linjära processer och ”kvittblivning” till avfallssektorn.

Fråga 3: I den cirkulära ekonomin 2045 kommer hushåll att göra mer \_\_\_\_\_ och mindre \_\_\_\_\_ med deras avfall.



De samlade svaren visar en förväntan att avfall från hushåll ska minimeras som en del av en cirkulär ekonomi. Däremot visar de en tvekan på hur mycket agerande kopplade till just avfall som uppstår kan förväntas (till exempel trodde fler att hushåll ska behöver sortera och transportera mindre, och inte mer, själva). Flera svar pekade på att mindset-förändring i hur man konsumerar och använder produkter var viktiga.

Fråga 4: I den cirkulära ekonomin 2045 kommer energibolag att göra mer \_\_\_\_\_ och mindre \_\_\_\_\_ med avfall.



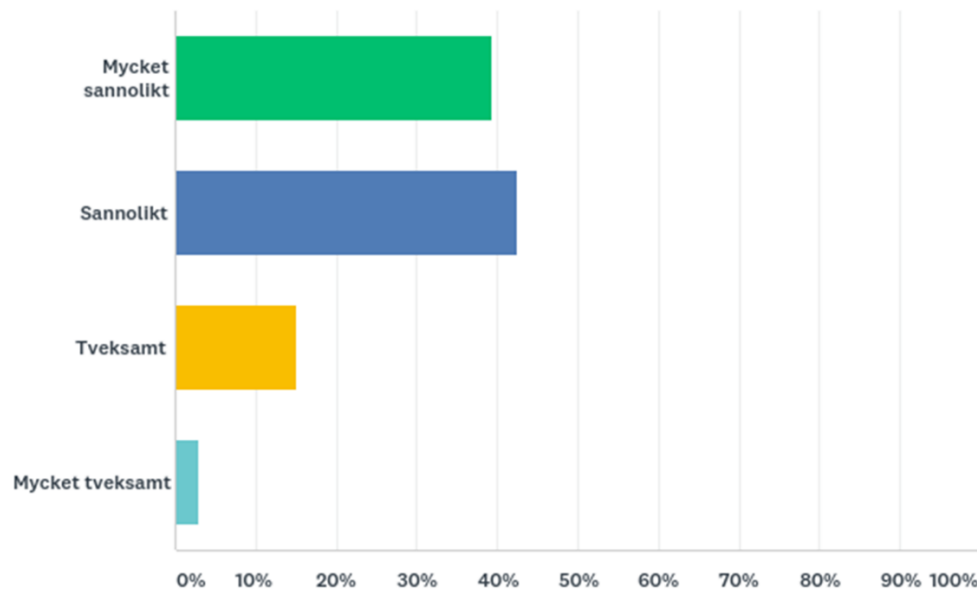
De samlade svaren pekar på en omställd framtid för energibolagens relation till avfall. Mindre volymer, särskild vad gäller blandade fraktioner, ska förbrännas. Däremot ska förväntas bolagen ta an fler värdeskapande aktiviteter och generera flera produkter baserade på de.

Fråga 5: Vilka är de viktigaste egenskaper för den cirkulära ekonomin i Sverige 2045?

	1	2	3	4	5	TOTALT	VIKTAT GENOMSNITT
Låg materialintensitet i ekonomin (råvara/BNP)	40,00% 10	24,00% 6	12,00% 3	8,00% 2	16,00% 4	25	2,36
Kostnadseffektiv hushållning av material i producerande industrier	23,08% 6	23,08% 6	30,77% 8	23,08% 6	0,00% 0	26	2,54
Kostnadseffektiv hushållning av material i återvinnings- och behandlings-sektorer	4,17% 1	16,67% 4	16,67% 4	33,33% 8	29,17% 7	24	3,67
Optimalt tillvaratagning av värde från restflöde (t.e.x genom energiåtervinning, mineralutvinning m.m.)	7,41% 2	18,52% 5	25,93% 7	22,22% 6	25,93% 7	27	3,41
Minimering av risker från farliga och miljöpåverkande strömmar	34,48% 10	17,24% 5	20,69% 6	6,90% 2	20,69% 6	29	2,62

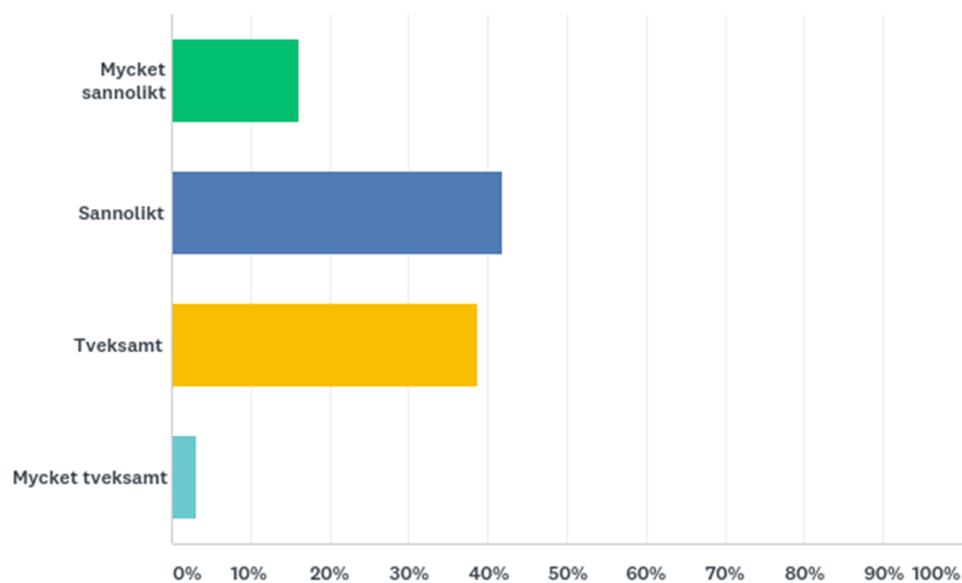
Svaren beskriver en cirkulär ekonomi där lägre konsumtion av färska råvara per ekonomisk aktivitet och mindre utsläpp av farliga eller miljöpåverkande ämnen är hygienfaktorer av ungefär lika stor vikt. Bland de strategier för hur det ska göras var respondenter övertygad om producenternas roll i hushållning av material.

Fråga 6: I den framtida cirkulära ekonomin kommer insamling, sortering, och behandling av många restströmmar vara mer integrerade än idag.



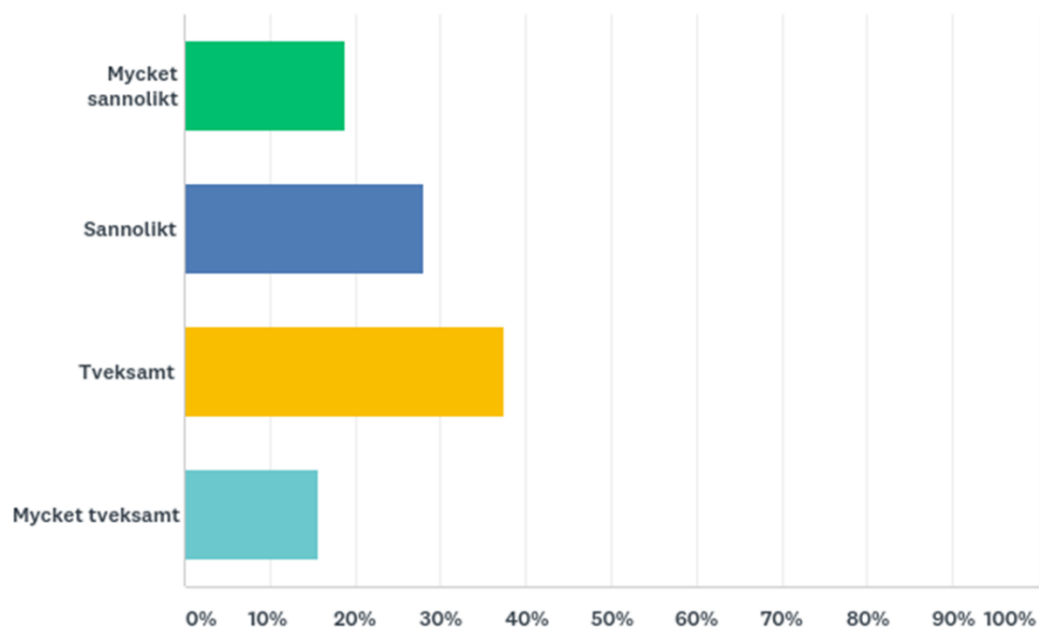
Svaren visar ett starkt stöd för konstaterandet.

Fråga 7: I den framtida cirkulära ekonomin kommer restströmmar att hanteras i mindre volymer och mer distribuerad än idag.



I detta fall fanns mindre enighet i gruppen. Under diskussionstillfälle visade sig att definitionen av "restström" var betydande: många intressenter som trodde på mindre volymer till just avfallssektorn för material- eller energiåtervinning trodde samtidigt på höga volymer som kommer att valoriseras inom tillverkande och processindustrierna.

Fråga 8: I den framtida cirkulära ekonomin kommer miljö- och hälsofarligt avfall stå för en större del av avfallsbehandling.



Återigen styrdes många skilda svar av olika uppfattningar. Enligt uppföljningsdiskussioner trodde de allra flesta respondenterna att sådana verksamheter skulle bli en större del av avfallssektorns värdeskapande än idag; några trodde dessutom att miljö- och hälsofarligt avfall kommer att stå för en större del av den fysiska volymer till avfallssektorn. Få däremot trodde att de absoluta volymerna hälsofarligt avfall kommer att bli större än de är idag.



## 4.2 Appendix 3: Slutsatser från intressentworkshopen

Två grupper diskuterade de viktigaste strategierna i en cirkulär ekonomi 2045, enligt sektor och steg i 'värdecirkeln'.

Resultatet (från både grupper, sammanställt) redovisas i bilderna nedan.

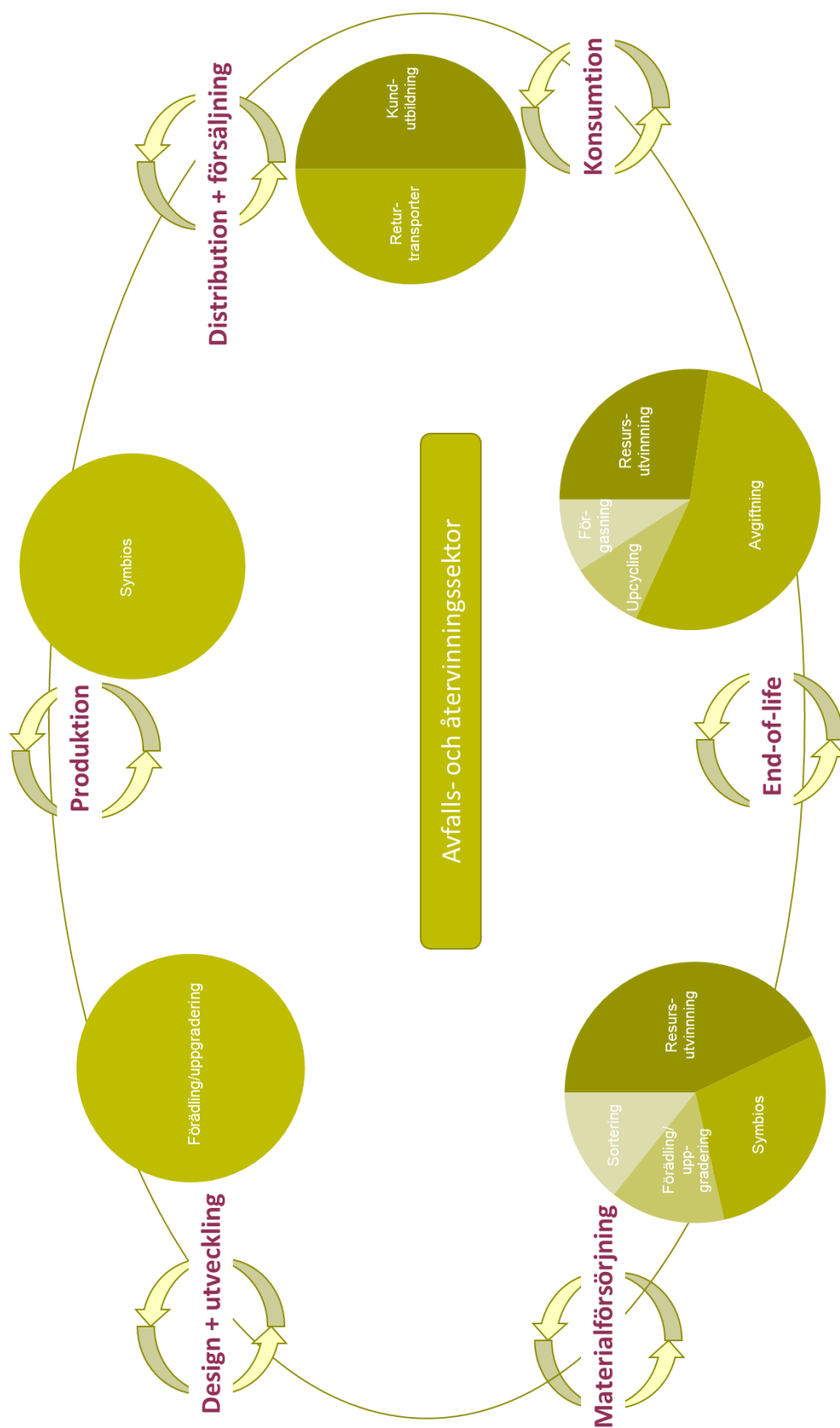
Denna bild visar till vilken del olika sektorer associerades med olika delar av värdekedjan under diskussionerna.

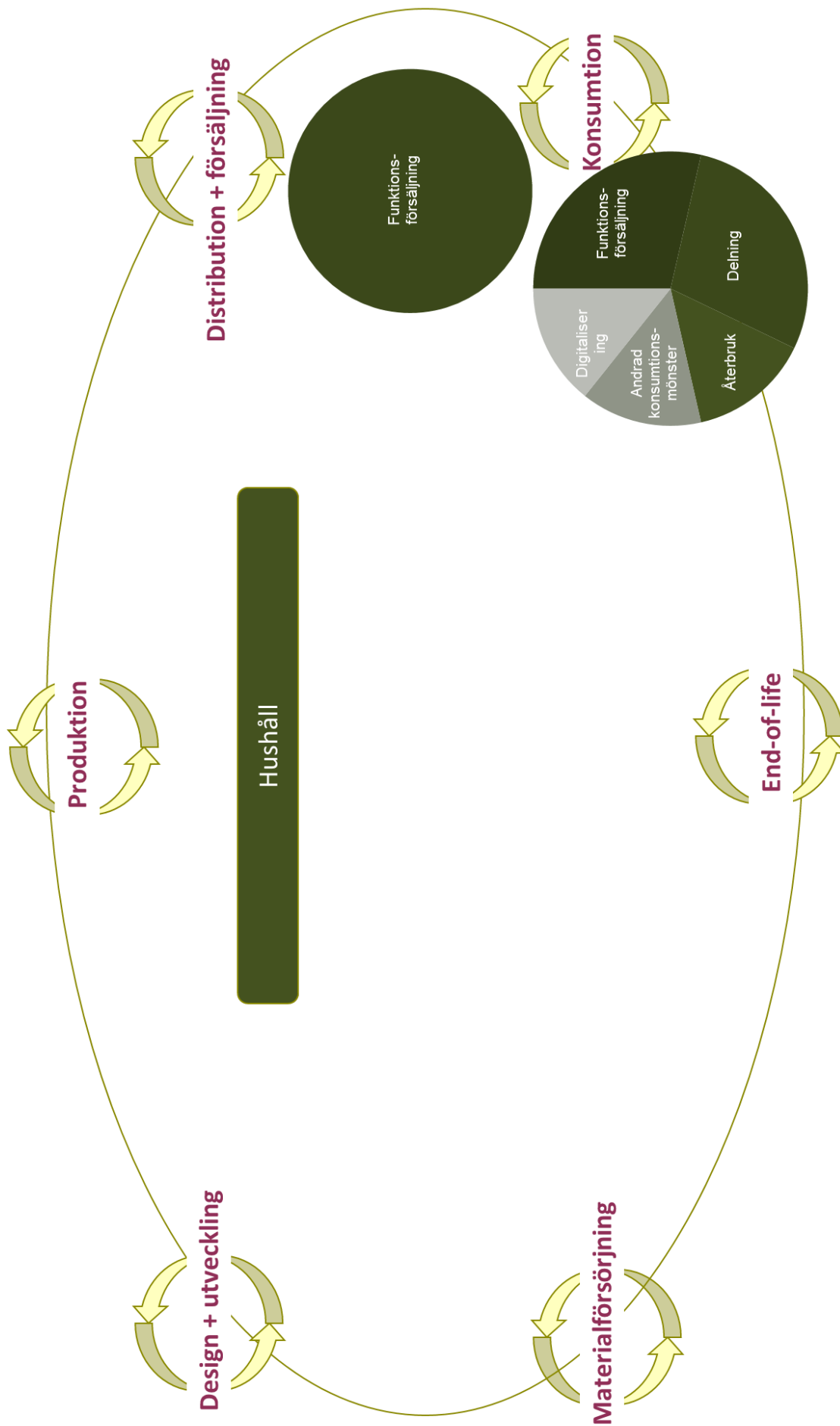


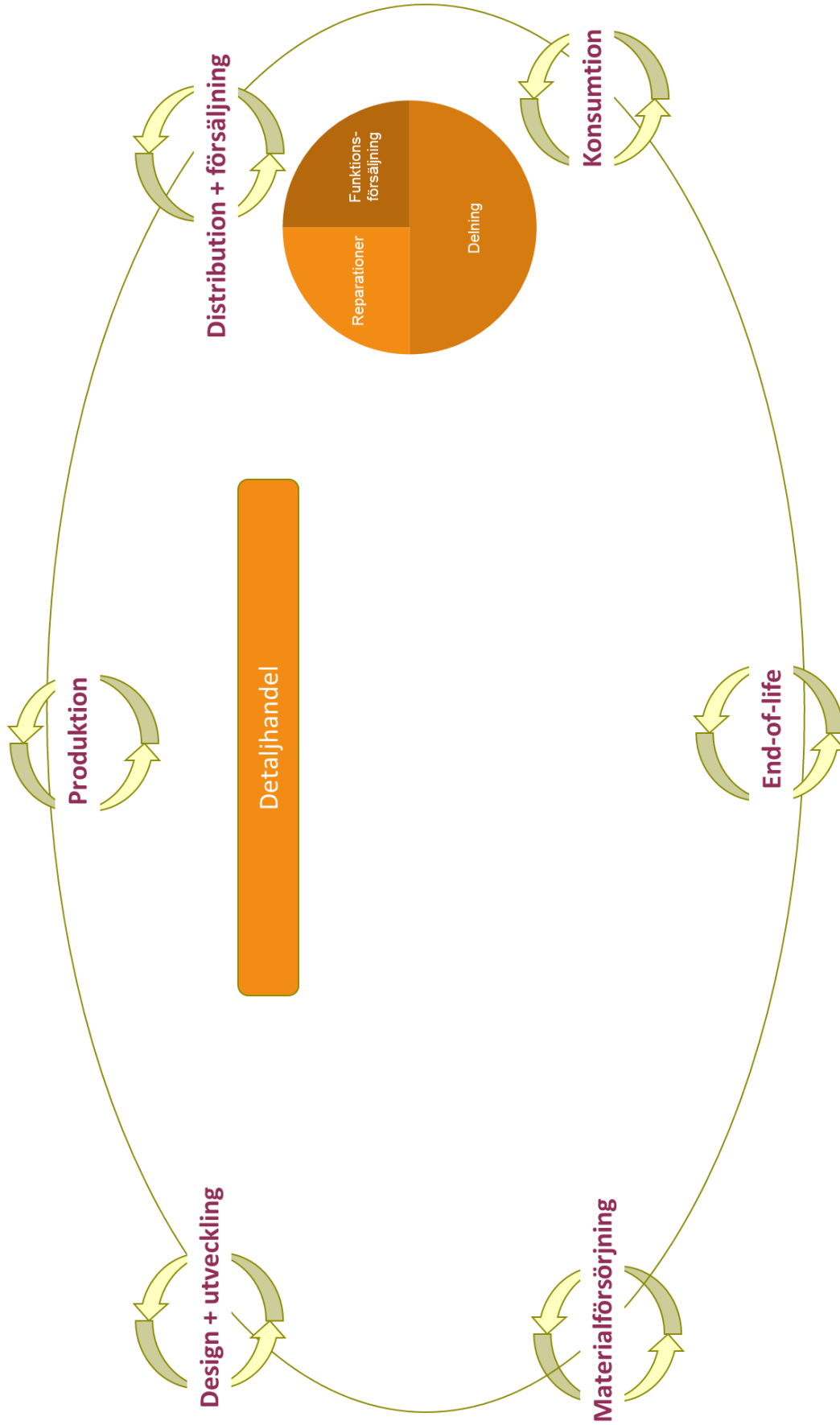


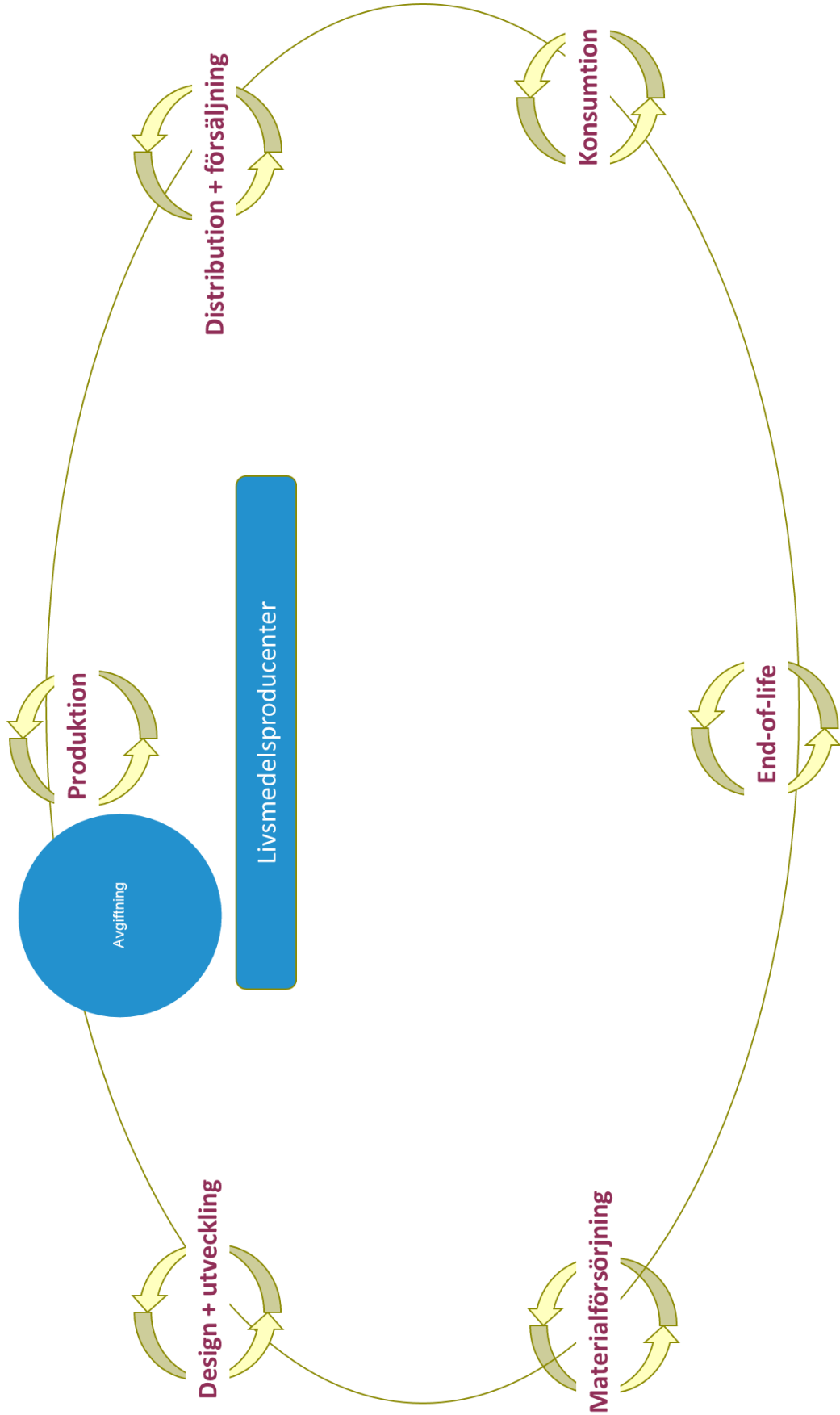
Denna bild visar till vilken del olika sektorer associerades med olika delar av värdekedjan under diskussionerna.

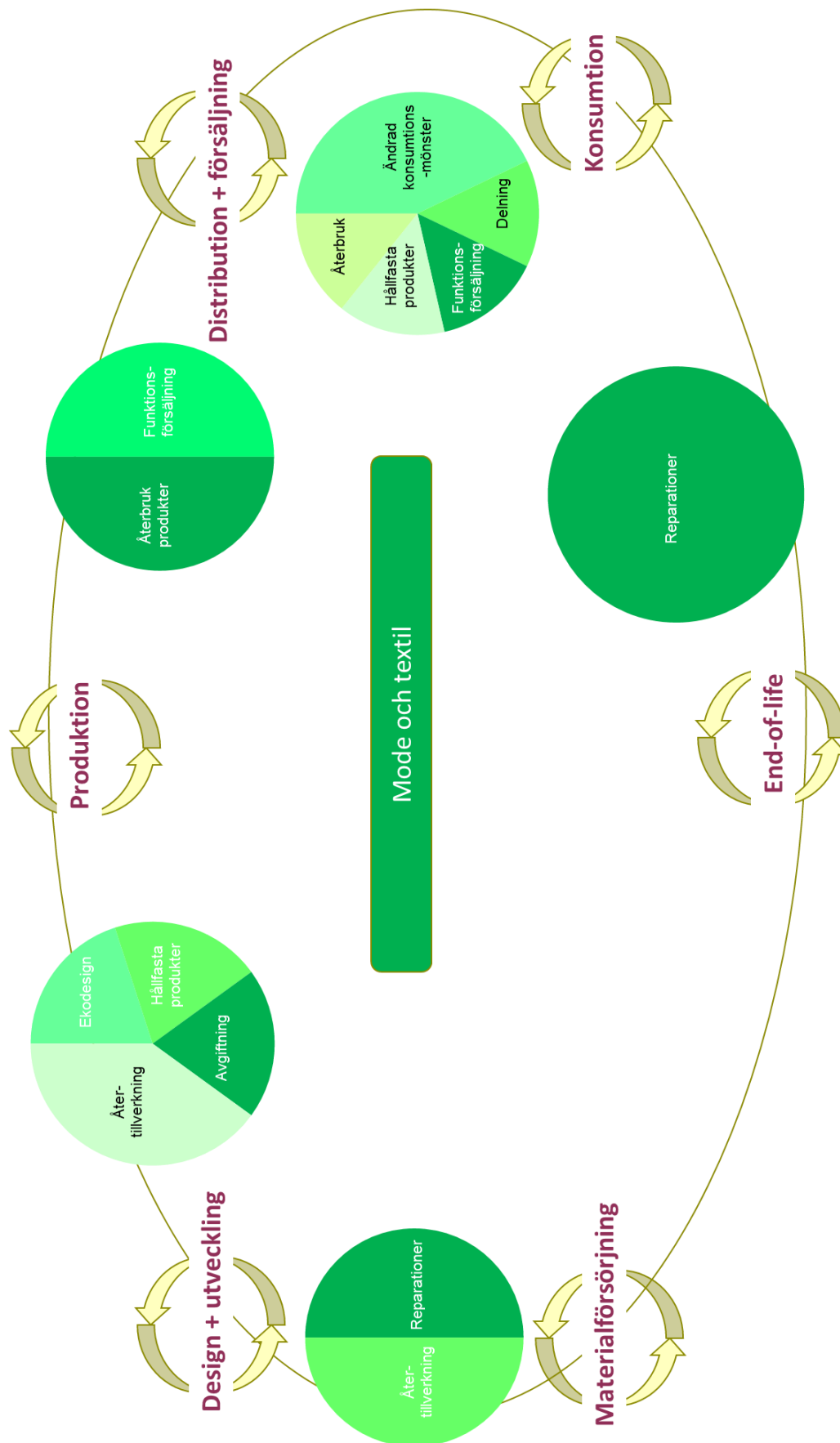
Följande bilderna visar strategier per sektor. Andel av cirkeldiagrammen visar andelen av intressenter som trodde att strategin var viktig inom den delen av värdecirkeln.

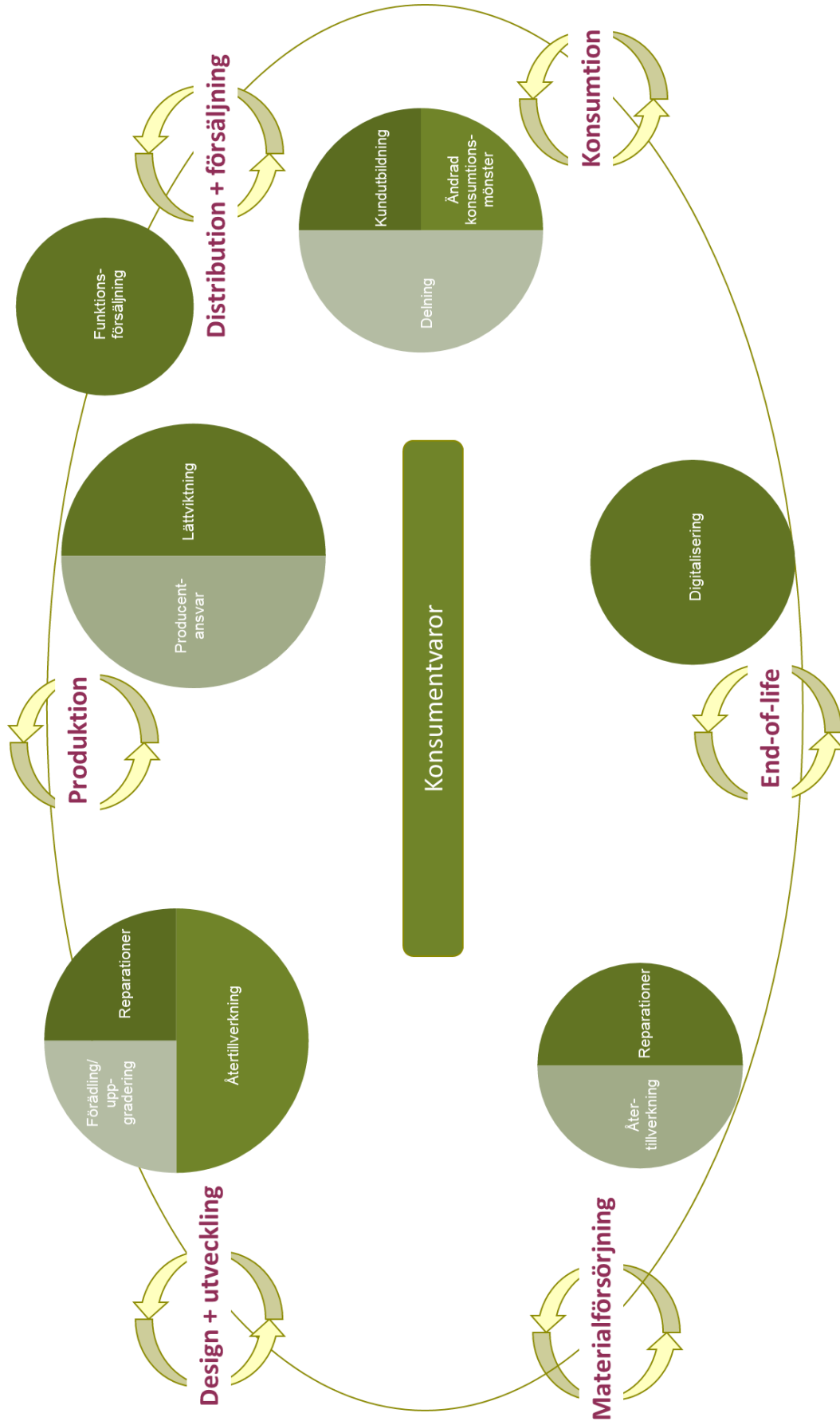


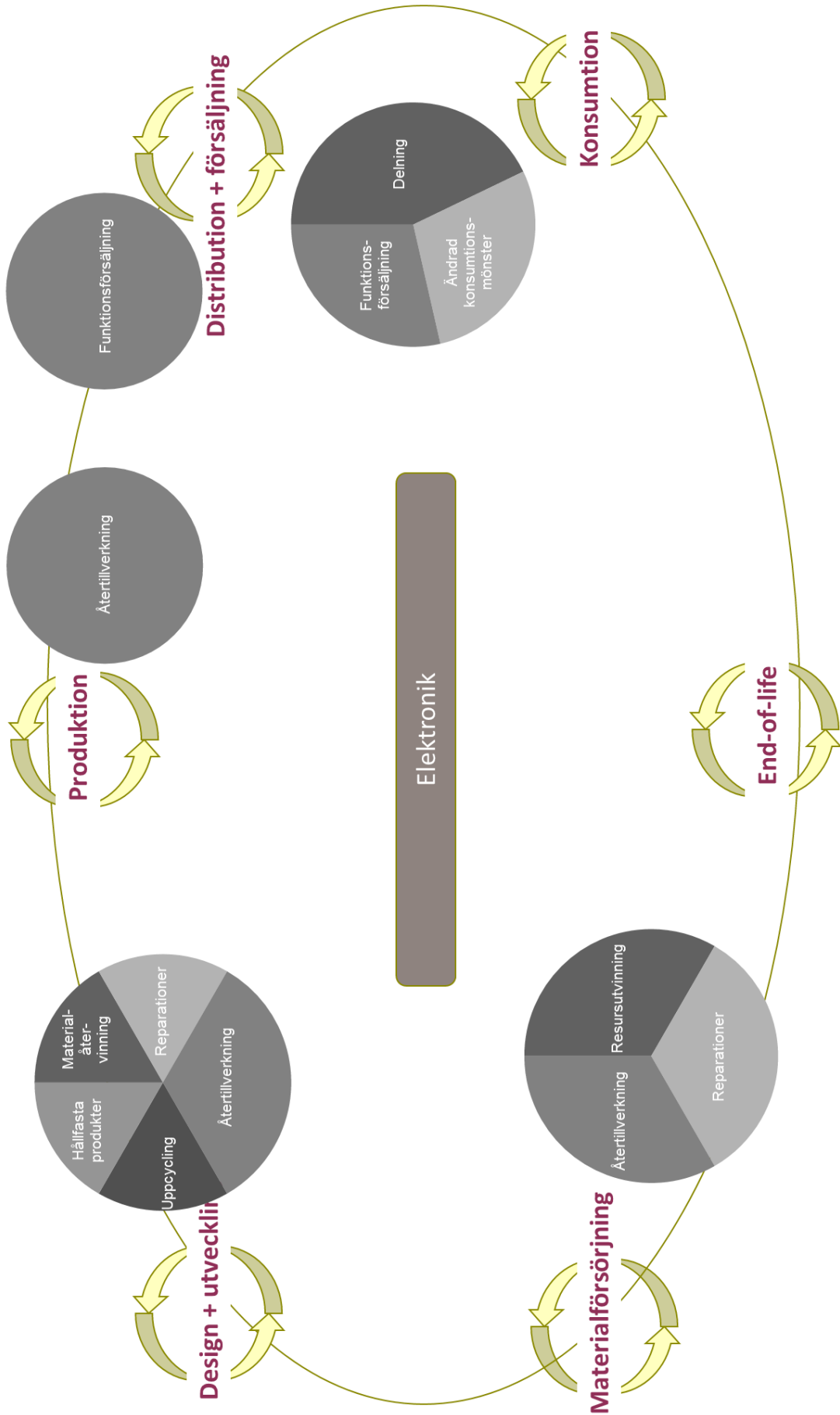




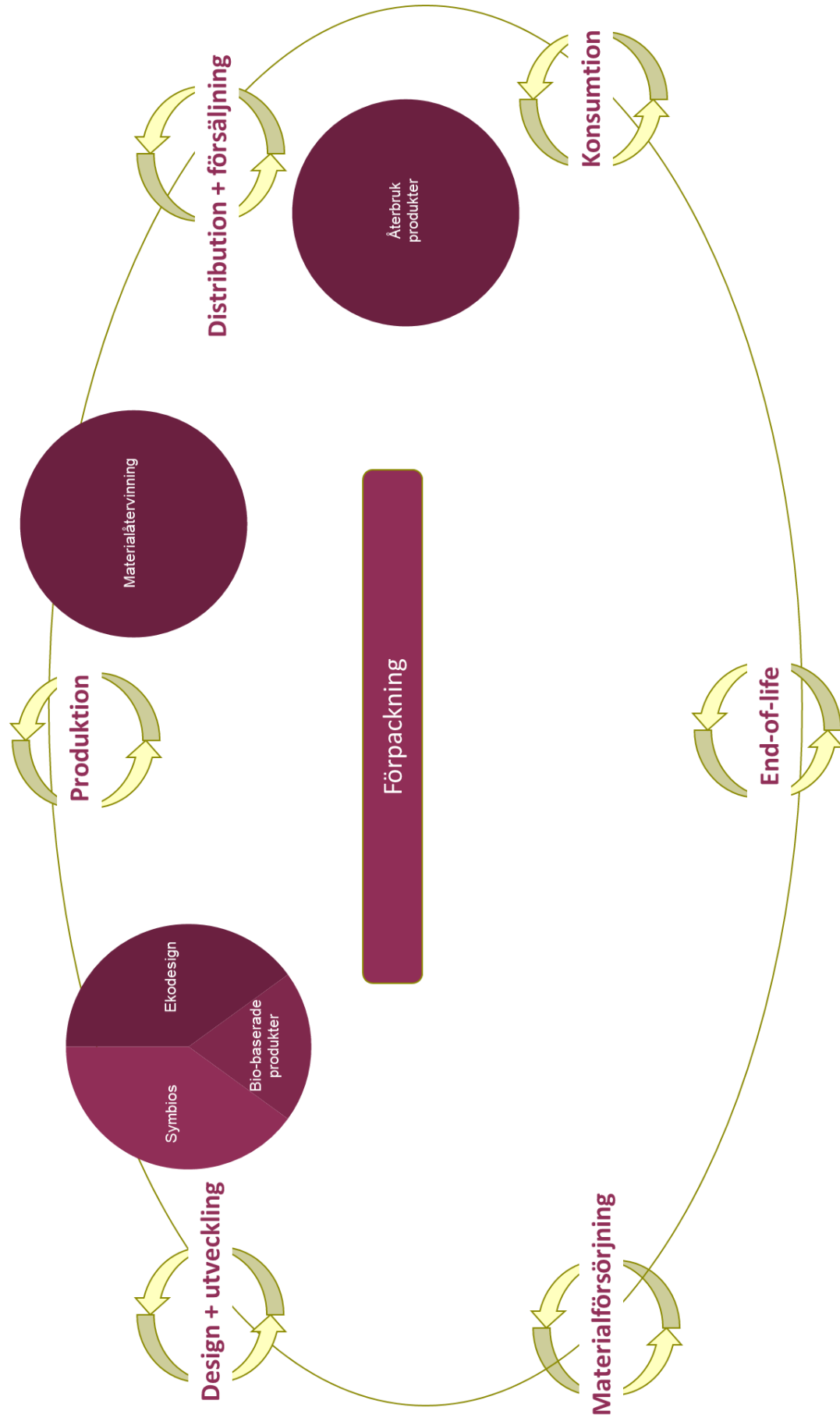


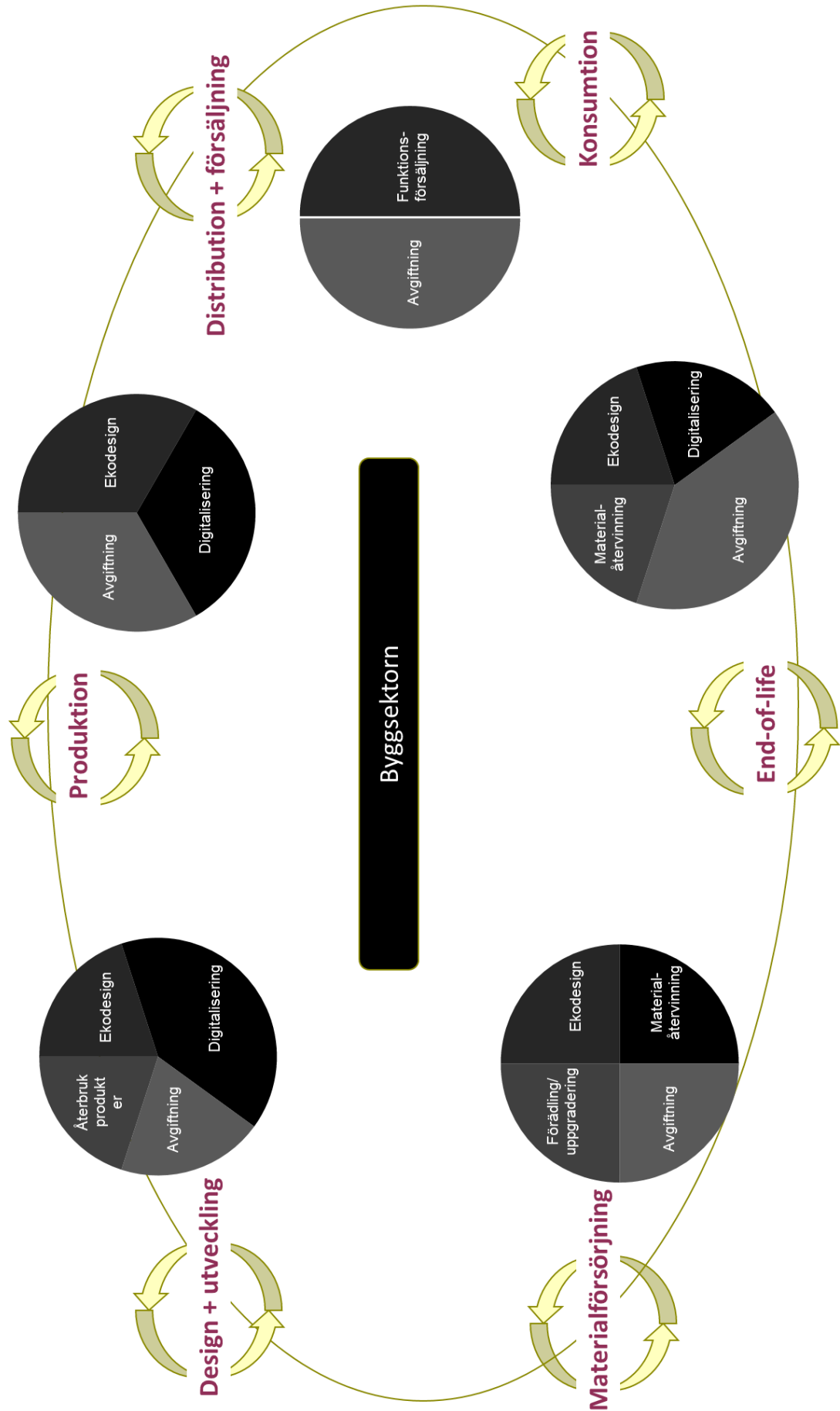


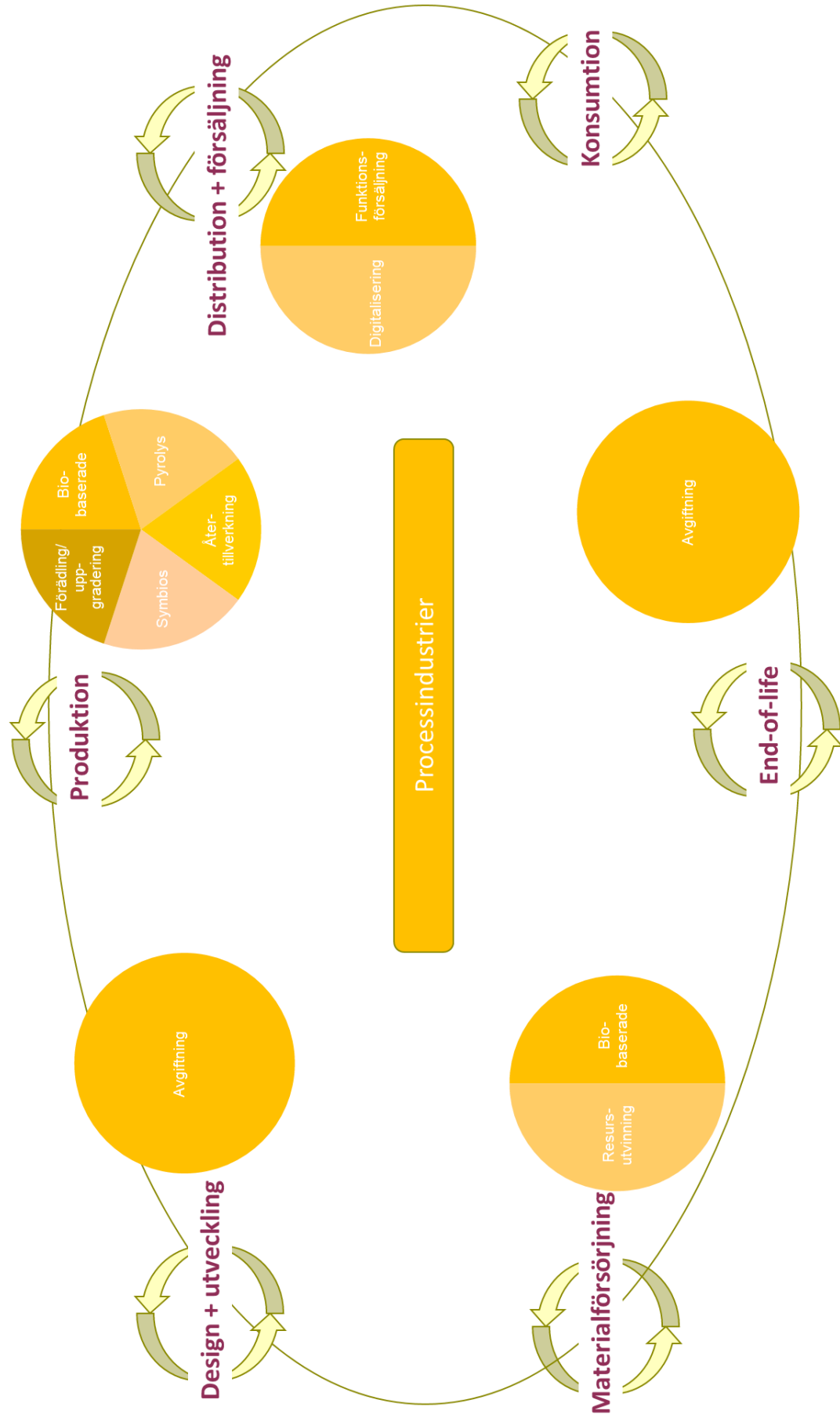












Grupperna diskuterade vi implikationer av en cirkulär ekonomi för olika strömmar. Följande bilden redovisar en sammanställd bedömning.

Resultat: Implikationer för avfallsströmmar	Volym till avfallssektorn +/-	Konsensusnivå	Förväntade förändringar (fler än ett svar)
Matavfall	-	Hög	<ul style="list-style-type: none"> <li>Betalning per vikt minskar svinn</li> <li>Mindre kött, mer alternativa proteiner</li> <li>Lättare att hantera (uppstå på 'rätt' plats; renare strömmar)</li> </ul>
Plastavfall	0	Låg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mer biobaserade</li> <li>Mindre blandade material</li> </ul>
Pappers- och trä avfall	+	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mindre papper, mer/nya trä- och cellulosa produkter</li> <li>Mindre kontaminering</li> </ul>
WEEE	0	Låg	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mer modulkonstruktion minskar restavfall genom återtillverkning</li> <li>Komplex restavfall för material/energi återvinning)</li> </ul>
Komposit	+	Hög	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ökad komplexitet</li> </ul>
Textil	-	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mer skogsbaserade råvaror</li> <li>Ökad teknisk, hög hållfasthet <i>kontra</i> enklare och renare strömmar (motsatta åsikter)</li> </ul>
Livsmedelsavfall	-	Hög	<ul style="list-style-type: none"> <li>(Oeniga åsikter om strömmarnas egenskaper)</li> </ul>
Slam	+	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mindre kontaminerad</li> <li>Mer utvinning av näringsämnen, metaller</li> </ul>
Aska/slagg	-	Medium	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renare, specifika och även tillverkade strömmar från batchförbränning möjliggör återvinning i t.ex. bygg/konstruktion</li> </ul>

I plenum diskuterades omvärldsfaktorer – drivkrafter och hinder – för utveckling av en cirkulär ekonomi enligt STEEP (Societal, Technological, Economic, Environmental, and Political) kategorier. Följande bilden redovisar resultatet från denna del av diskussionen.

	S	T	E	E	P
<b>Drivkrafter och möjliggörare</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Upplevda effekter/Framgångsrika exempel som skapar möjliggörande miljö</li> <li>• Utbildning i cirkulär ekonomi</li> <li>• Delad kunskap mellan sektorer. Gemensam förståelse för systemkaskad</li> <li>• Generation Z och nya värderingar</li> <li>• Utbildning från förskola skapar medvetenhet om konsumtionsbaksidor</li> <li>• Information och kunskapsspridning som ändrar allas beteende</li> <li>• Förändrade värderingar i samhället</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalisering</li> <li>• Effektiv återvinningsteknik</li> <li>• IoT</li> <li>• Biobaserade teknik - plast, cellulosa, livsmedelsproduktion</li> <li>• Sorteringsanläggningar för alla plasttyper</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lågkonjunktur</li> <li>• Nya affärsmodeller</li> <li>• Prosumenter, sammankopplade mikrosystem</li> <li>• Affärsmodeller, företagens drivkrafter</li> <li>• Affärsmodell - Äga materialflödet - tjänstefiering</li> <li>• Affärsmodell - Äga materialflödet - fungerande producentansvar</li> <li>• Kanokurvan -- wowfaktorer blir snabbt hygienfaktorer</li> <li>• Sammanbyggnad av de samhällstekniska systemen</li> <li>• Delningstjänster</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planetärgränser</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Styrmiddel för en Cirkulär Ekonomi</li> <li>• Framsynta och kunskapsbaserade beslut som verkligen styr mot omställning</li> <li>• Tydliga, långsiktiga spelregler</li> <li>• Starka miljöpolitiska styrmiddel</li> </ul>
<b>Hinder och barriärer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Människors värderingar</li> <li>• Egoism, ovilliga att ge upp saker och livsstil</li> <li>• Girighet, avundsjuka</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Användning av plaster i produktion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producenter vill inte se sig själva som en del i kedjan</li> <li>• Billig olja</li> <li>• Fast i gamla ekonomiska värderingssystem</li> <li>• Samhälls- och företagsekonomiska resonemang som inte sätter pris på fria nyttigheter eller följs upp enligt modern tank</li> <li>• Felprissättning på råvaror</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rigida regelverk</li> <li>• Lagstiftning som inte hänger med förändringar</li> </ul>	

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,200 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 200 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.



RISE Research Institutes of Sweden AB  
Box 857, 501 15 BORÅS  
Telefon: 010-516 50 00  
E-post: [info@ri.se](mailto:info@ri.se), Internet: [www.ri.se](http://www.ri.se)

Energi och cirkulär  
ekonomi  
RISE Rapport 2019:74  
ISBN: 978-91-89049-02-4