



BYG BRUGT

Studie af ordninger for genbrug og
genanvendelse af byggematerialer

Titel:

Byg Brugt

- Studie af ordninger for genbrug og genanvendelse af byggematerialer

Udarbejdet af:

Roskilde Universitet

Institut for Mennesker og Teknologi

Miljø, Energi, Transport – Regulering, Innovation og Klimapolitik (METRIK)

Universitetsvej 1

DK-4000 Roskilde

Forfattere:

Thomas Budde Christensen, Lektor

Martin Visby Buchard, Ph.D.-stipendiat

Studiet er udarbejdet i forbindelse med
REVUS-projektet Cirkulær Sjælland

August 2019



Kapitel 1	
Potentialer og barrierer for genbrug og genanvendelse af byggematerialer	s. 1
Kapitel 2	
Danske erfaringer med genbrug og genanvendelse af byggeaffald	s. 5
Kapitel 3	
Typer af genbrugs- og genanvendelsesordninger	s. 13
Konklusion	s. 18

Potentialer og barrierer for genbrug og genanvendelse af byggematerialer

Indledning

Byggesektoren står for en meget stor del af Danmarks samlede materiale- og energiforbrug. Byggesektoren producerer samtidig en væsentlig del af det samlede affald i Danmark. Hovedparten af byggeaffaldet opstår ved nedrivning af eksisterende byggeri og en mindre del opstår både ved konstruktion af nye bygninger og renoveringer. Der er et stort fokus på genanvendelse af byggeaffald og i dag genanvendes store dele af byggeaffaldet via kommercielle aktører. Ofte foregår der en downcycling af byggematerialernes værdi ved at de genanvendte byggematerialer nedknuses eller på anden måde genanvendes på måder, hvor værdien af materialerne reduceres - eksempelvis hvor træ nedknuses og bruges til produktion af spånplader. Dette projekt kigger på *direkte genbrug* hvor genbrugte byggematerialer recirkuleres til samme formål som de oprindeligt var udformet til uden at deres brugsværdi reduceres væsentligt.

Rapporten er udarbejdet som en del af projektet Cirkulær Økonomi i Region Sjælland. Projektet er finansieret af Region Sjælland og har to hovedspor om henholdsvis bioøkonomi og byggeaffald. Partnerne i sporet om byggeaffald inkluderer Gate21, Roskilde Universitet, ARGO, Dansk Symbiose Center, Business

Lolland Falster, Ressource City, Nordisk Center for Lokale Fødevarer, Guldborgsund Kommune, Kalundborg Kommune, Næstved Kommune, Odsherred Kommune, Slagelse Kommune, Køge Kommune og Lejre Kommune.

Formålet med denne rapport er at skabe et overblik over muligheder og barrierer for genbrug og genanvendelse af byggeaffald, med særligt fokus på direkte genbrug.

Rapporten er opdelt i to hoveddele. Første del kigger på byggeriet mere generelt gennem internationale forskningspublikationer der fokuserer på potentialer og barrierer for genanvendelse af byggeaffald. Denne del af rapporten trækker primært på internationale erfaringer publiceret i anerkendte videnskabelige tidsskrifter. Anden del af rapporten fokuserer på danske erfaringer med direkte genbrug af byggematerialer. Denne del fokuserer mere eksplicit på at kortlægge forskellige typer af ordninger for direkte genbrug. Empirisk er kortlægningen baseret på telefoninterviews med 11 udvalgte aktører i sektoren foretaget i maj/juni 2019, samt besøg og interviews med 5 udvalgte aktører.

Rapporten er udarbejdet af Roskilde Universitet.

Internationale erfaringer

I nærværende studie udgør de internationale erfaringer forskning publiceret indenfor recirkulering af byggeaffald. Dette omfatter nogle overordnede temaer i forhold til, hvordan der kan sikres en højere grad af cirkularitet i byggesektoren, og særligt hvordan der sikres en højere kvalitet i forhold til anvendelsen af byggeaffald. Her er der ikke udelukkende tale om erfaringer sidst i værdikæden, men også i forhold til, hvordan der skabes forudsætninger for recirkulering på tværs af værdikæden fra planlægning og designfase til nedrivningsfasen.

Selektiv nedrivning

Selektiv nedrivning er et alternativ til konventionel nedrivning, hvor der fokuseres på at gennemføre nedrivningsprocesser på en måde hvor genanvendelse af materialer i en bygning optimeres. Ved systematisk dekonstruktion af en bygning er det muligt at sortere ressourcer og dermed maksimere genbrug og genanvendelse (Galvez-Martosa, et al., 2018). Denne proces øger miljøgevinsten i nedrivningsfasen, men den økonomiske rentabilitet varierer afhængigt af flere faktorer såsom arbejdskraftomkostninger, markedspriser og gebyrer (Silva, et al., 2016).

På grund af de økonomiske udfordringer varierer graden af selektiv nedrivning mellem konventionel og fuld komponent-til-komponent nedrivning. En typisk proces med selektiv nedrivning indebærer følgende: 1) En

miljøscreening som sikrer, at farlige materialer håndteres. 2) Derpå demonteres direkte genanvendelige materialer som glas, sanitet og radiatorer manuelt. 3) Efter direkte anvendelige dele er blevet demonteret, fjernes og adskilles elementer som gulve og lofter. 4) Endelig knuses beton til genanvendelse og stålrammer, træbjælker osv. nedtages med henblik på genbrug, genanvendelse eller forbrænding (Galvez-Martosa, et al., 2018).

Under en selektiv nedrivning er det vigtigt, at der udføres en kvalitetskontrol, som omfatter en stringent kontrolprocedure og sikring af kvalitetsklassifikation, således den samlede kvalitet fastholdes eller forbedres og kommunikeres til de potentielle brugere (Silva, et al., 2016).

Klassifikation

For at sikre kvaliteten af materialer gennem bygge- og nedrivningsprocesser i forbindelse med kommerciel brug skal ressourcerne sorteres på baggrund af deres karakter og egenskaber, således at kvaliteten af materialer matcher anvendelsesgraden. Dermed skal materialer kategoriseres i forskellige klasser med en certificering, der styrer brugen af forskellige materialeklasser. Certificering af recirkulerede materialer kan systematisere og forbedre metoder til sortering og kvalitetskontrol i forbindelse med produktionen af disse, og understøtter endvidere en modning af et marked for recirkulerede byggematerialer

(Silva, et al., 2016). Dette ved at oprette fælles regler og standarder for producenter og ved at øge tilliden og styrke brugernes sikkerhed (Galvez-Martosa, et al., 2018).

En undersøgelse udarbejdet af Teknologisk Institut (2018), baseret på en række spørgeskemaer til aktører i byggebranchen, viser at 51% af de adspurgte virksomheder, der anvender værktøjer til at vurdere miljøegenskaber, benytter miljødeklarationer og 24% benytter miljømærkning til at vurdere miljøegenskaber. LCA og energiberegninger benyttes af under 15% af de adspurgte. Dermed er der i høj grad fokus på certificering i forbindelse med klassifikation.

Design for Disassembly

Nogle elementer i bygge- og nedrivningsprocesser er vanskelige at genbruge på grund af den konventionelle byggepraksis. For eksempel gør de konventionelle metoder og teknikker til betonbyggeri det vanskeligt at adskille betonelementer, som eksempelvis er svejset. Design for disassembly (DfD) er en praksis, hvor nøgleprincipper indføres i bygge- og nedrivningsprocesser, som øger muligheden for genbrug af materialer. DfD's hovedprincipper omfatter: 1) dokumentation af materialer og metoder, 2) udformning af tilgængelige sammenføjningsmetoder, 3) adskillelse af ikke-genanvendelige og genanvendelige elementer 4) design af enkle strukturer, der muliggør standardisering og 5) design der understøtter arbejdsmetoder, produktivitet og sikkerhed (Rios, et al., 2015).

DfD's proces søger både at opdele bygninger i hele elementer til montering og demontering, men også at opdele en bygning i lag, således at elementer, der varierer i levetid, kan erstattes uden at skade andre elementer (Salama, 2017).

Som i tilfælde af selektiv nedrivning er en af de største udfordringer i DfD usikkerheden om kvaliteten af elementer til genanvendelse, hvilket medfører lav efterspørgsel efter sådanne materialer. Dette er også forårsaget af manglende overvejelser om nedrivning i design- og planlægningsfasen. Implementeringen af DfD udfordres også af interessentrelationer, der består af manglende erfaring med metoder inden for cirkulær økonomi, et umodent marked, modstand mod forandring, kontraktformer og manglende kommunikation (Rios, et al., 2015); (Salama, 2017); (Sanchez & Haas, 2018).

Potentialer og barrierer

Barrierer for at kunne recirkulere byggematerialer omfatter overordnet set nogle tekniske, lovgivningsmæssige og adfærdsmæssige barrierer.

De tekniske barrierer omfatter komplicerede og tidskrævende arbejdsgange, hvilket gør cirkulær økonomiske praksisser dyrere end konventionelle. Dette mindsker incitamentet for genbrug og genanvendelse af byggematerialer, da tid er en afgørende faktor i en byggeproces. I forhold til de lovgivningsmæssige barrierer vedkommer dette utilstrækkelig policy og rammer for politisk

prioritering og konkretisering i fremme af recirkuleringspraksis i bygge- og nedrivningssektoren. De adfærdsmæssige elementer består hovedsageligt af brugerpræferencer, hvor nye materialer foretrækkes fremfor brugte, da brugte materialer anses for at være af lavere kvalitet (dette kunne imødekommes ved certificering af brugte materialer). Det adfærdsmæssige dækker også over en opretholdelse af konventionel praksis, da konsekvenserne ved en omstilling til cirkulær økonomisk praksis ofte er ukendte (Mahpour, 2018). Eksempelvis er mange aktører i sektoren opmærksomme på udviklingstendenser (f.eks. EU-målet om 70% genanvendelse osv. af bygge- og nedrivningsaffald), men er uvildende om, i hvilken retning man kan udvikle sig uden at miste markedsposition.

Teknologisk Instituts (2018) undersøgelse, viser i en opgørelse over paratheden til cirkulær økonomi, at materialeproducenter, anlægsvirksomheder og arkitekter og rådgivende ingeniører udviser størst parathed. Mellem 63%-82% af de adspurgte inden for disse tre grupper tilkendegiver at de er klar til cirkulær økonomi. Hos byggeentreprenører, installatører og håndværkere såsom murer og tømrer tilkendegiver mellem 39%-49% parathed overfor cirkulær økonomi. Ligeledes forventer 37% af materialeproducenterne og 45% af anlægsvirksomhederne at anvende genanvendte materialer inden for de næste 4-5 år, mens de resterende grupper ligger under 20%.

Kravene til materialer i det cirkulære byggeri udgør ifølge en rapport udarbejdet af

Kuben Management og Lendager Group (2018) fem områder: Størrelse, Mængde, Tilgængelighed, Styrke og Renhed og stand.

I forhold til størrelse udgør det en udfordring at byggematerialer beskæres, da der ofte er krav til bestemte dimensioner. Der er i forbindelse med byggeprojekter også behov for en hvis mængde, hvilket også hænger sammen med et tidsmæssigt aspekt, da tilgængeligheden af et bestemt materiale i større mængder kan være udfordrende at sikre inden for en kort tidsramme. Byggematerialerne skal i mange tilfælde også leve op til bestemte kravspecifikationer (eksempelvis styrkekrav), hvilket sætter krav til kvalitetssikring og klassifikation. Dette hænger også sammen med, at der sikres en høj renhed og stand af byggematerialerne. Barriere kan her være imprægnering af træ, forurening af jord eller manglende renhed i betonfraktioner.

For at imødegå disse barrierer, understreger Gálvez-Martosa et al. (2018) behovet for at udvikle lokale, regionale og/eller nationale planer for ressourcer i byggeri og nedrivning, der involverer hovedaktører på tværs af værdikæden og i forbindelse med specifikke projekter argumenterer Silva et al. (2016) for en tidlig inddragelse af alle nøgleaktører i værdikæden. I forhold til de lovgivningsmæssige faktorer vedrørende økonomiske incitamenter anbefales en stigning i bomafgifter og deponeringsafgifter og/eller afgifter på råvarer ledsaget af specifik regulering eksempelvis i forhold til in situ sortering (Ghisellini, et al., 2018); (Mahpour, 2018); (Gálvez-Martosa, et al., 2018).

Danske erfaringer med genbrug og genanvendelse af byggeaffald

Den danske byggesektor producerede ifølge Miljøstyrelsens affaldsstatistik i 2016 4,3 mio. tons affald (eksklusiv jord) svarende til 37% af den samlede mængde affald i Danmark. Størstedelen af byggeaffaldet udgøres af beton, tegl, asfalt og sten. 87% af byggeaffaldet blev genanvendt, 8% forbrændt og 6% deponeret. Hovedparten af det genanvendte affald genanvendes af kommercielle aktører og en meget stor del af dette anvendes som fyldmateriale.

Rammerne for genbrug af byggematerialer udgøres overordnet set af EU's affaldsrammedirektiv, som er bygget op om et hierarki, der angiver den foretrukne måde at forebygge og håndtere affald på. Dette hierarki er ligeledes grundstenen i den danske affaldsbekendtgørelse. Hierarkiet er opdelt i fem niveauer: 1) forebyggelse, 2) forberedelse med henblik på genbrug, 3) genanvendelse, 4) anden nyttiggørelse, herunder energiudnyttelse 5) bortskaffelse, herunder deponi. For dette studie er det væsentligt at skelne klart mellem niveau 2 og 3. Forberedelse med henblik på genbrug indbefatter aktiviteter såsom kontrol, rengøring og mindre reparationer af byggematerialer der gør disse i stand til at blive genbrugt uden yderligere forarbejdning. Genbrug

defineres i denne sammenhæng som en proces, hvor byggematerialet udnyttes til samme formål som det oprindeligt var skabt til. Niveau 3, "genanvendelse", omfatter processer hvor byggematerialer forarbejdes til nye produkter, materialer eller stoffer, som kan bruges til det formål de oprindeligt var tiltænkt eller andre formål. I nærværende studie vil vi primært fokusere på genbrug. I litteraturen om cirkulær økonomi anvendes somme tider begrebet "upcycling", det vil sige forarbejdning af materialer på en måde så de efterfølgende repræsenterer en højere værdi. I forhold til affaldshierarkiet må dette betragtes som genanvendelse under niveau 3.

Der eksisterer i Danmark omkring 450 genbrugspladser, som er organiseret lidt forskelligt. En del af dem er drevet af kommunalt ejede affaldsselskaber eller forsyningsselskaber og en del af dem er drevet af kommunerne selv. Genbrugspladserne varierer i størrelse og udformning og der er også forskelle på hvilke fraktioner der håndteres samt på hvordan disse håndteres. En mindre del af det affald der indleveres på genbrugspladserne genbruges, hovedparten genanvendes og en del forbrændes. Mange genbrugspladser har indrettet ordninger, hvor borgere kan

indlevere ting til direkte genbrug, det vil sige ordninger hvor borgere kan indlevere eksempelvis gryder, bøger, legetøj mv. som andre kan tage og bruge igen. Som noget relativt nyt eksperimenterer flere genbrugspladser med samme type ordninger for byggematerialer og dette studie har til formål at skitsere disse i forhold til fraktioner, afsætning, organisering og kategorisere forskellige typer.

Tabel 1: Oversigt over adspurgte respondenter

Affaldsselskaber	
Arwos	AVV
AffaldPlus	RenoDjurs
ARC	Sønderborg Forsyning
Kommuner	
Albertslund Kommune	Hedensted Kommune Bornholms Regionskommune
Kommercielle aktører	
Genbyg	Solum

Studiet har kigget på tiltag indenfor genbrug og genanvendelse af byggematerialer, som er igangsat af affaldsselskaber, kommuner og kommercielle aktører. De adspurgte respondenter udgør som illustreret i

Tabel 1 seks affaldsselskaber, tre kommuner og to kommercielle aktører.

Affaldsselskaberne har primært etableret byggemarkeder, hvilket enten er organiseret med henblik på salg eller som bytteordninger, hvor byggematerialer henstilles til gratis afhentning. ARC driver ikke en genbrugsordning til byggematerialer, men har kørt projekter, der undersøger mulighederne for genanvendelse af bl.a. beton og træ i større skala gennem affaldsbehandler.

Albertslund Kommune driver egen genbrugsplads og har i den forbindelse igangsat en bytteordning for byggematerialer. Bornholms Regionskommune arbejder med selektiv nedrivning og forsøger at etablere business to business afsætning, mens Hedensted Kommune har etableret et koncept, hvor byggematerialer afsættes til iværksættere. Her indgår byggematerialer i møbelproduktion og lignende.

Genbyg har etableret salg af byggematerialer fra nedrivningsprojekter og Solum har igangsat et projekt der fokuserer på at etablere en forretningsmodel med Stark, hvor Stark sælger og distribuerer mens Solum behandler affaldet.

Sammenfattede betragtninger

I det følgende vil der blive gennemgået en række overordnede betragtninger fra de adspurgte respondenter i studiet på, hvilke fraktioner der afsættes, samt hvem der leverer og aftager, hvordan genbrugs- og genanvendelsesordninger kan organiseres, og herunder i hvilket omfang der er fokus på miljøfarlige stoffer og kvalitetssikring. Alle respondenteres ordninger er samlet i en oversigt i Tabel 2 og Tabel 3.

Fraktioner

Det byggeaffald der indleveres på genbrugspladserne stammer både fra private og professionelles (eksempelvis håndværkere) byggeprojekter, hvor der genereres mindre end 1 ton affald eller omfatter mindre end 10 m². Genbrugspladserne er organiseret forskelligt, men som hovedregel er det gratis for private mens der betales gebyr, når professionelle indleverer byggematerialer.

De genanvendte byggematerialer kan inddeles i to hovedkategorier: 1) nye materialer som typisk stammer fra spild i byggeprojekter og 2) brugte byggematerialer som typisk stammer fra nedrivning.

Byggematerialer som indleveres på genbrugspladserne skal være sorteret, men det er forskelligt fra genbrugsplads til genbrugsplads, hvilke fraktioner byggematerialerne skal opdeles i. I Københavns kommune skal byggematerialer eksempelvis sorteres i 14 forskellige fraktioner.

Afsætning

Der afsættes mange forskellige typer materialer fra de undersøgte genbrugs- og genanvendelsesprojekter. I forhold til at etablere en ordning til afsætning af byggematerialer ved direkte genbrug, kan det variere fra fraktion til fraktion, hvad det er for nogle materialer der er afsætning i. Respondenterne i studiet peger hovedsageligt på trævarer som de materialetyper med størst afsætning. Trævarer inkluderer forskellige typer af lægter, brædder, reglar osv., hvilke både udgøres af rester fra byggeprojekter og brugt træ fra nedrivningsprojekter. Ved brugt træ påpeger nogle af respondenterne, at de sørger for at fjerne søm og lign., hvilket derfor kræver en større arbejdsindsats. Baseret på erfaringer fra respondenterne, er der størst afsætning i følgende fraktioner:

- Trævarer (lægter, brædder osv.)
- Isoleringsmateriale
- Nyere vinduer og indvendige døre
- Fliser, belægningssten, tegl, marksten
- Sanitet (mindre omfang hos nogle aktører)

Der er ikke overraskende størst afsætning i nye materialer og lidt mindre afsætning i brugte byggematerialer. Det varierer fra aktør til aktør, hvorvidt brugte byggematerialer er i

fokus. Eksempelvis modtager AffaldPlus både nye og brugte materialer og har i forbindelse med etableringen af byggemarkedet ansat ekstra personale, som flere af respondenterne har gjort. I Albertslund Kommune er der etableret en bytteordning (uden salg), hvor der hovedsageligt er fokus på nye varer. Hos Albertslund Kommune er der ikke ansat yderligere personale til håndtering af ordningen. Der er overvejende god afsætning i brugte materialer, hos de aktører som har valgt at fokusere på disse.

De fleste respondenter får leveret byggematerialer til genbrug af private aktører og mindre håndværkervirksomheder. Tre af respondenterne får leveret materialer i forbindelse med nedrivninger, men to af disse er på projektbasis, hvorfor der ikke er udviklet en vedvarende forretningsmodel på leverancer herfra endnu. Eksempelvis har Solum etableret aftaler med en række nedrivningsfirmaer og lign., som sortere og levere træ til Solum.

Organisering

Respondenterne har primært organiseret tiltag med henblik på direkte genbrug af byggematerialer indenfor to spor; genbrug gennem salg og genbrug gennem byttemarkeder.

Ved genbrug gennem salg etableres et byggemarked enten hos et affaldsselskab eller gennem en kommerciel aktør, hvoraf

sidstnævnte forekommer i mindre grad. Nogle af respondenterne har organiseret byggemarkeder i forbindelse med allerede etableret genbrugsbutik, mens andre har investeret i ny ejendom til formålet. Hos AVV har man eksempelvis tilbygget med en kold hal og har derved 180 kvm byggemarked. AffaldPlus har investeret i og renoveret en gammel erhvervs-ejendom i forbindelse med et EU-finansieret tekstilprojekt. Udover 1.000 kvm byggemarked (inkl. møbelsalg og værksted), benyttes ejendommen også til tøj- og tekstilafdeling, hvor tekstiler sorteres og pakkes. I alt har 8 af 11 respondenter etableret (eller er i gang med at etablere) salg af byggematerialer til direkte genbrug og 2 af 11 involverer affaldsbehandlere som led i en genanvendelsesproces. Amager Ressource Center (ARC) er i gang med en række projekter, der bl.a. omhandler genanvendelse af nedknust beton, hvor betonen miljø- og kvalitetsscreenes og efterfølgende sendes til Unicon. Her bruges den genanvendte beton til fremstilling af ny beton. Byggemarkedet Stark og affaldsbehandleren Solum har indgået et samarbejde omkring recirkulering af interim træ. Her sørger Stark for transport og salg, mens Solum sorterer og pakker materialet, så der kan sikres en ensartet kvalitet i materialet.

Direkte genbrug gennem affaldsselskaber, bliver hos 2 af 11 respondenter organiseret gennem byttemarkeder, hvor der stilles et



bytteområde til rådighed på genbrugspladsen, således afsætningen foregår uden salg. RenoDjurs har eksempelvis opsat 5 skibscontainere på byggepladsen og her indrettet et område til genbrug af byggematerialer, møbler og lign.

I forbindelse med genbrugsordningerne er der ikke etableret et egentlig lager, da varerne leveres direkte til butik eller den indrettede bytteordning, hvilket etableres ved åbne skibscontainere, mindre tilbygninger eller i forbindelse med en tidligere allerede etableret genbrugsbutik med tøj, møbler og lign.

Leverandører & aftagere

Levering af materialer foregår primært sporadisk i forbindelse med besøg af private og mindre erhverv på genbrugspladser. Dette betyder ifølge respondenterne ikke, at de forskellige ordninger ikke kan løbe rundt, da der er et vedvarende flow af materialer i en størrelsesorden, så butikkerne kan hvile i sig selv. Da de fleste ordninger drives af kommunalt ejede selskaber, er dette også hensigten. Dog bevirker det sporadiske flow af materialer, at aftagere af materialerne næsten udelukkende udgør private borgere.

For at kunne skabe eller øge en afsætning til erhverv, er det således nødvendigt at etablere et mere stabilt flow af byggematerialer. Derudover kan et websystem til afsætning skabe overblik over sortiment og skabe en

sikkerhed hos erhvervskunder i henhold til varernes tilgængelighed. Ved at have et stabilt sortiment og oversigt over lagerbeholdning for aftagere, kan der derved opnås højere incitament hos kommercielle aftagere til at benytte ordningerne.

Hos RenoDjurs vurderes det, at der afsættes 1.000-2.000 ton/år til direkte genbrug inklusiv møbler og lign, hvoraf 39%-56% af afsætningen fordelt på affaldspladserne omfatter byggematerialer. AVV vurderer den samlede afsætning gennem deres genbrugsbutik (inklusiv møbler og lign.) til at være 1.000 ton/år. RenoDjurs igangsatte i 2017 et pilotprojekt, hvor det er undersøgt, hvordan levering og aftagning af genbrugsbyggematerialer kan øges hos håndværkere.

Kvalitetssikring

I henhold til kvalitetskrav hos aftagere af genbrugsbyggematerialer, svarer 7 af 11 respondenter, at der ikke udføres nogen særlig kvalitetsvurdering af materialer. Da disse respondenter hovedsageligt har private aftagere, er dette heller noget der efterspørges. Det er således op til aftagerne selv at vurdere kvaliteten og af byggematerialerne ved gennemsyn på pladsen.

Som Gálvez-Martosa, et al. (2018) påpeger er kvalitetssikring og klassifikation af materialer en faktor som kan øge tilliden til brugte



AVV
Genbrugsbutik



RenoDjurs
Bytteordning

byggematerialer hos en aftager. Hvor dette ikke er noget som efterspørges i særlig grad hos private aftagere, er dette en faktor som kan være afgørende for afsætning af brugte byggematerialer til kommercielle aftagere. Dette skaber gennemsigtighed i kvalitet og muligheden for standarder herfor, hvilket skaber incitament hos erhvervet til at benytte genbrugsordninger. Bornholms Regionskommune har etableret kvalitetsscreening af byggematerialer, da deres projekt sigter mod, at etablere en værdikæde baseret på kommercielle aftagere.

Miljøfarlige stoffer

En lang række byggematerialer indeholder miljøfarlige stoffer såsom PCB, asbest, klorparaffiner, bly og andre metaller. For at undgå uhensigtsmæssig spredning af byggematerialer indeholdende miljøfarlige stoffer foretages en frasortering af materialer, som vurderes at udgøre en risiko. Hos hovedparten af respondenterne omfattende affaldsselskaber med genbrugsordninger, er denne vurdering

baseret på en pragmatisk vurdering foretaget af affaldsmedarbejderne.

Miljøscreening af materialer foretages udelukkende i de tilfælde, hvor der er tale om større projekter som indbefatter en udvikling af en forretningsmodel med sigte på afsætning til kommercielle aktører enten i forbindelse med kommercielle byggerier, eller hvor der afsættes til materialeproducent. Eksempelvis forsøger Bornholms Regionskommune gennem et projekt at etablere en værdikæde for recirkulerede byggematerialer gennem en række nedrivningsprojekter, samt ved herigennem at skabe et netværk bestående af aktører fra erhvervet. Under nedrivningsprojekterne tages der prøver for miljøfarlige stoffer, ligesom der ydermere foretages en ressourcekortlægning, for at vurdere mængden og kvaliteten af materialerne.

I forbindelse med miljøvurdering af direkte genbrug er der ikke foretaget særlig efteruddannelse af personale udover den generelle kvalificering, men hos AVV udvikles der eksempelvis principper i forhold til risiko for eksempelvis PCB, kviksølv osv.

Table 2: Oversigt over respondents organisering af genbrugs- og genanvendelsesordninger

Organisation	ARWOS	AffaldPlus	Albertslund Kommune	ARC	AVV	Bornholms Regionkommune
Indsats	Butik med tilbygning til byggematerialer på 1 station	Nyt Byggemarked og møbelbutik på opkøbt ejendom	Byttebræt projekt gennem PARCK. Lager frigivet til bytterum	Tre projekter: træ, lysarmaturer og beton	Byggemarked siden 2016 og etablering af social virksomhed	Nedrivningsprojekt om etablering af værdikæde
Genbrugte Materialer	Fliser, marksten, trævarer, sanitet, indvendige døre, isolering	Trævarer, belægningssten, vinduer, døre, sanitet, isolering, metalarer	Isolering, trævarer (aftager bedst), døre, tegl, dampspærre	Træ renses og varmebehandles, armaturer omdannes til LED og beton knuses og indgår i ny beton	Trævarer, værktøj, fliser, klinker, vinduer, indendørs døre, håndvask, badekar, borde, hylder	En case: træ & mursten (selektiv nedrivning)
Lever andører	Hovedsageligt private	Både privat & erhverv. (Materiel kan tilmeldes gennem Pickup system til afhentning.)	Både privat og erhverv. Efterspørger nye materialer (spild)		Privat og småerhverv. Mursten fra off. Nedrivning og lidt erhverv	Nedrivningsscene: kommerciel Forsøger aftale om kommunale bygninger
Aftagere	Private	Hovedsageligt private.	Hovedsageligt private og lidt erhverv	Intemt brug til demoprojekter	Private. Mursten afsættes til erhverv	Forsøg på erhverv men ellers gennem BOFA.
Organisering	ARWOS driver butikken	AffaldPlus driver med 14 årsværk ansat til butikker.	Kommunen driver uden ekstra bemanning	ARC styrer projekterne	AVV driver butikken. Social virk. etableret, ansatte renser mursten	Lager hos BOFA. Forsøger at etablere netværk med erhverv
Økonomi	Bygninger er betalt gennem kommunen. Drift finansieres gennem salg og besparelse på affaldsbehandling	Driftes gennem salg og overskud går til gebyr understøttelse.	Kommunen har investeret lidt, men driftes gennem gebyret (intet salg)		Salg finansierer personale, bygning osv. Overskud finansierer nye tiltag	
Gebyr	Privat: affaldsgebyr Erhverv: 220,- årligt + gebyr pr. levering fraktionsopdelt	Erhvervskunder betaler ikke gebyr til byggemarked		Case udfoldet i særskilt punkt	Fast abonnement for erhvervskunder i niveauer efter antal årlige besøg	
Kvalitet	Efterspørges ikke	Efterspørges ikke	Efterspørges ikke		CE-mærkning mursten	Screening foretages
Miljø	Pragmatisk vurdering	Pragmatisk vurdering	Pragmatisk vurdering		Pragmatisk vurdering	Screening foretages
Kapacitet	mindre tilbygning	1000 kvm butik (350 kvm møbelbutik)	Mindre lade		180 kvm butik m/ gårdhave	En længe på en gård

Tabel 3: Oversigt over respondenteres genbrugs- og genanvendelsesordninger

Organisation	Genbyg	Hedensted Kommune (Compas)	Renodjurs	Solum	Sønderborg Forsyning
Indsats	Kommercielt Byggemarked etableret af entreprenør	Iværksætterhus med Materialestation og partnernetværk	Klusterordning: containere i område på 8 stationer	Partnerskab: markedspartner og affaldsbehandler	Byggemarked på 1 station som de resterende leverer til
Genbrugte Materialer	Brugte døre, vinduer, lamper, el, træ, gulve, murenvarer, VVS og køkken	Brugte trævarer fra nedrivning (selektiv nedrivning)	Belægningssten, døre, vinduer, trævarer. Spild og brugt	Brugt interim træ	Trævarer, vinduer, døre, isolering
Leverandører	Erhverv: eks. nedrivere og kommuner (afmonterer og afhenter (før nedrivning))	Nedrivningsfirmaer	Private & erhverv (Undersøger erhvervspotential)	Erhverv: NCC, J. Jensen, Enemærke & Petersen, Adserballe & Knudsen, CG Jensen	Private & erhverv
Aftagere	private og små erhverv	Iværksættere fra Compas	Private (alt afsættes)	Erhverv og private gennem Stark butikker	Private (Trævarer, vinduer, døre, isolering sælger bedst)
Organisering	Butik Amager og Sorø. 12-14 ansatte (it, snekere, flexjob)	Redo: kommunalt ejet materialestation. Der udvikles websystem.	Renodjurs driver pladsen	Stark distribuerer & Solum sortere og pakker. App til data.	Sønderborg forsyning driver og der transporteres internt
Økonomi		500.000,- og 1 ansat finansieret af kommunen. 1 ansat finansieret af iværksætter	Intet salg. Det hele finansieres gennem gebyret	Arbejder på økonomisk fordeling mellem værdikædens parter	Butikkerne har eget regnskab og driftes gennem salget
Gebyr			Erhverv: 620,- om året pr. køretøj		
Kvalitet	ikke endnu - i fremtiden	Ikke endnu - i fremtiden	Efterspørges ikke	Efterspørges ikke	Efterspørges ikke
Miljø	lovpålagt screening gennem nedrivning	lovpålagt screening gennem nedrivning	Pragmatisk vurdering	Visuel screening	Pragmatisk vurdering
Kapacitet	6000 kvm lager hos to butikker	1000 kvm hal (ca. 50% til lager)	5 skibscontainere + paller på området	Stark centrallager	butik hos 1 genbrugsstation

Typer af genbrugs- og genanvendelsesordninger

I foregående afsnit blev der præsenteret en række overordnede betragtninger i henhold til organiseringen af forskellige typer ordninger for genbrug og genanvendelse af byggematerialer – særligt med fokus på direkte genbrug. Heraf fremgår det, at disse ordninger kan organiseres på mange forskellige måder. Eksempelvis kan der skelnes mellem genbrug via byttemarked eller genbrug med fokus på salg.

I nærværende studie er der identificeret fire typer organiseringer, som genbrugs- og genanvendelsesordninger kan karakteriseres indenfor. Typerne er illustreret i Tabel 4.

1. Bytteordning

Genbrug af byggematerialer gennem bytteordninger, hvor der ikke bedrives salg, organiseres på genbrugspladsen. Dette ved at indrette et område på genbrugspladsen målrettet genbrug, således brugere kan afsætte og aftage nye overskydende og brugte byggematerialer.

Denne type ordning finansieres af det kommunale affaldsgebyr og kræver ikke yderligere bemanning. Dermed drives ordningerne også af det allerede fungerende personale, som sørger for at styre, hvad der kommer ind

Tabel 4: Typeopdeling af genbrugs- og genanvendelsesordninger.

1. Bytteordning	
Albertslund Kommune	RenoDjurs
2. Salg via affaldsselskab	
Arwos AffaldPlus	AVV Sønderborg Forsyning
3. Salg via kommerciel aktør	
Genbyg Bornholms Regionskommune	Hedensted Kommune Solum
4. Salg til materialeproducent	
ARC	

samt henviser til genbrugsområderne. Henvisning suppleres ydermere ved skiltning. RenoDjurs har ansat en genbrugsudvikler, som har været med til at udvikle konceptet, hvor der bl.a. har været fokus på at skabe en kultur omkring genbrug på genbrugspladsen.

Bytteordninger er målrettet private brugere og mindre erhverv som afleverer mængder under 1 ton, hvilket dermed udgør bygge- og anlægsaffald, som ikke er anmeldelsespligtigt. De mindre mængder medfører også, at det primært er private brugere af

genbrugspladsen, der aftager byggematerialer (og evt. mindre erhverv såsom håndværkere).

2. Salg via affaldsselskab

Denne type ordning etableres ligeledes i forbindelse med genbrugspladser, men er møntet på etablering af butik til salg af byggematerialer. Dermed kræver salg via affaldsselskaber en højere grad af organisering i forhold til at drive butikken. Hos AffaldPlus byggemarked PlusByg, har man ansat 8 medarbejdere udenfor arbejdsmarkedet, og i alt 14 årsværk fordelt på samtlige genbrugsbutikker. Dette tiltag forekommer ligeledes hos ARWOS og Sønderborg Forsyning. Dermed indgår også et socialt aspekt i etableringen af genbrugsbyggemarked i forhold til beskæftigelse. Ved siden af byggemarkedet kører AVV en socioøkonomisk virksomhed med fokus på genbrug af mursten. Gennem et samarbejde med og inspireret af virksomheden Gamle Mursten, har AVV stiftet fonden Cirkulær Nord Fonden, som arbejder med cirkulær økonomi i Nordjylland. Her har AVV bl.a. ansat medarbejdere udenfor arbejdsmarkedet til at rense mursten fra offentlige nedrivninger, som sælges til entreprenører.

Der benyttes ikke særlige IT-systemer i forbindelse med bytteordninger, men ordningerne kommunikerer typisk gennem sociale medier.

Salg gennem affaldsselskaber finansieres gennem salget i butikkerne, hvorfor affaldsgebyret ikke indgår i driften af butikkerne. Butikkerne er således ikke møntet på at skulle generere overskud, og et evt. overskud benyttes eksempelvis hos AffaldPlus til at stabilisere gebyrtaksterne. AffaldPlus har derudover præsenteret døgnåben for erhvervskunder til aflevering af genbrugsmaterialer til byggemarkedet, hvilket ydermere er gebyrfrit, når der afleveres til genbrug. Der er også andre økonomiske fordele for de involverede parter ved øget afsætning af ressource til genbrug. Eksempelvis har ARWOS sparet 700.000 kr. om året i bortskaffelsesomkostninger. Etableringen af ordningerne er i nogle tilfælde finansieret af kommunen mht. bygninger og deslige.

Da salg af genbrugsbyggematerialer gennem butikker kræver en højere grad af logistik end bytteordninger, har nogle af disse ordninger integreret IT-system. Hos AffaldPlus benyttes pickupsystem, hvor byggematerialer kan tilmeldes til afhentning.



Sønderborgforsyning har ligeledes intern transport af byggematerialer, men har ikke integreret IT-system til dette formål.

Salg af byggematerialer i brugt byggemarkeder afsættes lig bytteordninger i mindre mængder til private og i mindre omfang til små virksomheder (typisk håndværkssvirksomheder).

3. Salg via kommerciel aktør

For at skabe en øget afsætning og derved etablere en værdikæde for recirkulerede byggematerialer som ikke har fokus på private og mindre erhverv, forsøger nogle af respondenterne at etablere salg via kommercielle aktører. Dermed fokuserer afsætningen af byggematerialer ikke på mængder under 1 ton gennem affaldsselskaber, men på afsætning af byggematerialer fra nedrivere og større byggeprojekter.

Da efterspørgslen af brugte byggematerialer hos større kommercielle aktører i bygge- og anlægssektoren ikke er stor, kan der fokuseres på forskellige strategier for at sikre en afsætning. Disse strategier kan hos respondenterne inddeles i to spor. Enten fokuseres der på elementer som kan demonteres fra byggerier inden den egentlige nedrivning såsom døre, vinduer, el artikler og VVS. Elementer som Gálvez-Martosa, et al. (2018) i henhold til selektiv nedrivning fase 2 betegner

I forhold til at etablere en mere organiseret ordning for afsætning af genbrugsmaterialer, er der hos ARWOS og AffaldPlus fokus på tunge løft, hvilket kan udgøre en yderligere udfordring i forbindelse med driften af genbrugsbyggemarkeder.

som de direkte genanvendelige materialer – materialer som også vurderes som værende let afsættelige hos affaldsselskaberne. Der kan også fokuseres på en specialisering inden for en bestemt fraktion. Eksempelvis fokuserer Hedensted Kommune i Compas projektet på træ som genbruges af iværksættere til at lave møbler og Solum arbejder på en afsætning af interim træ fra byggerier i samarbejde med Stark og en række nedrivere. Endvidere behjælper samarbejdet på behovet for lagerkapacitet som Stark bidrager med. Genbyg har for at opnå en tilstrækkelig lagerkapacitet investeret i 6.000 kvm lager.

Bornholms Regionskommune forsøger gennem en række nedrivninger i samarbejde med en nedrivningsvirksomhed at undersøge hvor store mængder der faktisk kan genbruges og genanvendes fra byggerier. Projektet søger at arbejde ud fra principper for selektiv nedrivning samt i processen at analysere



Solum
Salg via Stark

potentialer og barriere herfor og derudover at sammenligne faktiske mængder med teoretisk screenet potentialer. En udfordring for at kunne afsætte større mængder af brugte byggematerialer er bl.a. at udvikle en praksis for selektiv nedrivning, da dette stadig forekommer at være en relativt uafprøvet praksis for nedriverne. Derfor samarbejder flere af respondenterne med nedrivere om at udvikle modeller for selektiv nedrivning. Derudover arbejder Bornholms Regionskommune også med at etablere et netværk i byggebranchen for at kunne skabe en værdikæde omkring materialer fra nedrivninger, da der på nuværende tidspunkt i større skala ikke er tilstrækkelige aftagere. Der er således skabt en volumen bl.a. gennem det lokale affaldsselskab BOFA som også har sat opbevaringskapacitet til rådighed, men der mangler efterspørgsel. For at kunne etablere en værdikæde omkring brugte byggematerialer, er samarbejde med aktører på tværs af branchen en forudsætning, og herigennem helt konkret at diskutere forventninger til kvalitet, dimensioner, kundegrundlag osv.

I forhold til certificering af byggematerialer har Gamle Mursten som AVV samarbejder med arbejdet på CE-certificering af genbrugsmursten. Ved at opbygge et kvalitetskontrollsystem (FPC) for produktionen af genbrugsmursten er det muligt at udarbejde en ETA (European Technical Assessment) og en

EAD (European Assessment Document) som beskriver de samlede tekniske specifikationer (eksempelvis for dokumentation af produkters ydeevne) der muliggør en CE-certificering. Ved at fokusere på én fraktion har dette været muligt for Gamle Mursten. En ETA ansøges hos ETA-Danmark. I forbindelse med udviklingen af kvalitetskontrol har Gamle Mursten (gennem et MUDP-projekt) investeret 2 mio. DKK i kvalitetssikring, laboratorie mm., hvor der sørges for prøvetagning af mursten.

Størstedelen af de respondenter som afsætter via kommerciel aktør screener ikke selv for miljøfarlige stoffer men benytter data fra den lovpligtige screening i forbindelse med nedrivning. Solum har fokus på genbrug af interim træ, hvorfor der ikke er krav til yderligere test.

Det er i forhold til kvaliteten af byggematerialerne vigtigt at undersøge den konkrete forretningsmodel, da ønsket til kvalitet afhænger af den givende brugssituation. Eksempelvis har Genbyg en stor diversitet i materialer, hvor salget ofte foregår i mindre partier til private kunder, og dermed ikke til større byggeprojekter, hvor materialerne indgår i bærende dele af konstruktionen, eller hvor der er krav til en særlig holdbarhed som eksempelvis ved beton. Derfor foregår salget hos Gensalg også gennem en hjemmeside, og en stor del af virksomhedens ressourcer går til at drifte hjemmesiden samt at registrere produkter. Da



Solum har valgt at fokusere på interim træ med kort brugstid, er der ligeledes ikke nogen særlige kvalitetsmæssige krav, men her er der fokus på, at der efterspørges i bestemte dimensioner, da trævarerne eksempelvis indgår

i faldsikring på byggepladser, hvilket sættes op ud fra en standardiseret og effektiviseret proces i bestemte mål. Solum arbejder også på certificering af trævarer.

4. Salg til materialeproducent

De foregående typer af genbrugs- og genanvendelsesordninger har i høj grad haft fokus på genbrug af byggematerialer. For at kunne arbejde med recirkulering af byggematerialer i større skala, med ressourcer fra byggeriet som udgør en større andel (eksempelvis beton), arbejder denne type ordning med genanvendelse af materialer fra nedrivninger i samarbejde med materialeproducent. Her har ARC gennem en række projekter eksempelvis arbejdet på at udvikle en ny type beton, hvor den sten som indgår i betonproduktionen erstattes med knust beton. ARC har også arbejdet med en proces for genbrug af udenørs træ, hvor træet sorteres, renses og varmebehandles i stedet for imprægnering.

En af forudsætningerne for genanvendelse af beton, er at der sikres en høj kvalitet gennem selektiv nedrivning, således der opnås en ren fraktion. Indledningsvis tages der prøver af konstruktionen in situ, for at identificere kvaliteten af materialet. Det er også vigtigt at have fokus på, at der udvikles kompetencer i forbindelse med nedrivning og arbejdsgange

på byggepladsen, således materialet nedrives/demonteres og sorteres i så ren en kvalitet som muligt. I forbindelse med produktionen af beton har ARC indgået samarbejde med Unicon som knuser og blander betonen, hvilket ikke foregår in situ men hos Unicon. Dette øger transportudgiften og udledningen herfra, men til gengæld kan der opnås en højere kvalitet beton. Generelt set påpeger Silva et al. (2016) at stationære genanvendelsesstationer sikrer den højeste kvalitet. Der er dog den udfordring ved stationær nedknusning, at det kan være sværere at kontrollere renheden af betonen i forbindelse med transport. For at kunne efterleve kravene til materialet uanset anvendelsesformål har ARC gået efter en klasse A beton med en styrkeklasse C35. For at sikre denne kvalitet er det afgørende at der etableres en fast praksis med veldefinerede arbejdsgange ved selektiv nedrivning, hvilket kan styrkes gennem certificering. I en rapport fra Miljøstyrelsen, påpeger Dansk Byggeris Nedbrydningssektion, at en ISO 9001 certificering kan understøtte



AffaldPlus
Genbrugsbutik

kvalitetsstyring i relation til selektiv nedrivning (Golder Associates A/S, Teknologisk Institut, Lauritzen Adivsing, 2017). Da der ikke altid

kan sikres en høj kvalitet i genanvendelsesprocesser, kan materialet vurderes og differentieres efter anvendelsesformålet.

Konklusion

Nærværende studie har skildret potentialer og barrierer i forhold til genbrug og genanvendelse af byggematerialer. Gennem undersøgelsen er der identificeret mange forskellige ordninger med stor diversitet. Ved først at udfolde international forskning om emnet og efterfølgende empirisk at undersøge danske erfaringer med genbrugs- og genanvendelsesordninger, er der identificeret fire overordnede typer af tilgange til recirkulering af byggematerialer; 1) Bytteordning, 2) Salg via affaldsselskab, 3) Salg via kommerciel aktør og 4) Salg til materialeproducent.

Da området for mange kommuner og affaldsselskaber er relativt nyt er det positivt at der pt. gøres mange frugtbare erfaringer med afprøvning af forskellige systemer og modeller. Eksempelvis har nogle af affaldsselskaberne implementeret gebyrfritagelse for erhvervskunder der indleverer byggematerialer til genbrug. Dette kræver imidlertid en udvidelse af personale til at håndtere de

materialer som kommer ind. RenoDjurs som driver en bytteordning, påpeger her, at der er en fare for, at en gebyrfritagelse vil blive udnyttet til materialer, der ikke egner sig til genbrug, hvilket derfor forringer kvaliteten af udvalget. Dermed egner gebyrfritagelse som incitament sig bedst til ordninger der involverer salg, da disse ordninger i nærværende undersøgelse har investeret i ekstra personale.

Ordninger gennem kommuner og affaldsselskaber har typisk høj diversitet i fraktioner, men afsætter mængdemæssigt en mindre andel af den samlede akkumulation af brugte byggematerialer, da denne type ordninger håndterer byggeaffald fra byggeprojekter som ikke er anmeldelsespligtigt og dermed mængder under 1 ton eller mindre end 10 m².

En forudsætning for at kunne skalere genbrug- og genanvendelsesordninger for byggematerialer op til at håndtere større byggeprojekter, er at der involveres kommercielle aktører. I dette henseende er der behov for en



udvikling og etablering af fast praksis for selektiv nedrivning, da denne fase er afgørende for at sikre en kvalitet og renhed i materialerne i forbindelse med sortering og håndtering af eksempelvis nedknust beton. Fem af respondenterne i nærværende undersøgelse, er i dialog med nedrivere, og samarbejde på tværs af værdikæden er en forudsætning for recirkulering af byggematerialer i forhold til at udvikle praksisser for genbrug og genanvendelse samt at skabe en efterspørgsel for denne type materialer.

I henhold til at skabe efterspørgsel på markedet og udvikle metoder og processer til genbrug og genanvendelse, er der behov for forbedret kvalitetssikring, samt at der eventuelt arbejdes henimod certificering af brugte byggematerialer, såfremt kommercielle aktører skal involveres. I dette henseende kan det være nødvendigt at fokusere på bestemte fraktioner, da certificerings- og kvalitetssikringsprocesser er økonomisk og tidsmæssigt ressourcekrævende.

Referencer

Gálvez-Martosa, J., Styles, D., Schoenbergerd, H. & Zeschmar-Lahle, B., 2018. Construction and demolition waste best management practice in Europe. *Resources, Conservation & Recycling*, Issue 136, p. 166–178.

Ghisellini, P., Ripa, M. & Ulgiati, S., 2018. Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *Journal of Cleaner Production*, Issue 178.

Golder Associates A/S, Teknologisk Institut, Lauritzen Adivsing, 2017. *Projekt om selektiv nedrivning*, København: Miljøstyrelsen.

Mahpour, A., 2018. Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management. *Resources, Conservation & Recycling*, pp. 216-227.

Rios, F. C., Chonga, W. K. & Graua, D., 2015. Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. *Procedia Engineering*, Issue 118, p. 1296 – 1304.

Salama, W., 2017. Design of concrete buildings for disassembly: An explorative review. *International Journal of Sustainable Built Environment*, Issue 6, p. 617–635.

Sanchez, B. & Haas, C., 2018. A novel selective disassembly sequence planning method for adaptive reuse of buildings. *Journal of Cleaner Production*, Issue 183, pp. 998-1010.

Sørensen, S. Y. & Smith, K. H., 2018. *Cirkulær økonomi sætter dagsorden i fremtidens byggeri*, Taastrup: Teknologisk Institut.

Silva, R. V., de Brito, J. & Dhir, R. K., 2016. Availability and processing of recycled aggregates within the construction and demolition supply chain: A review. *Journal of Cleaner Production*, pp. 598-614.

Østerby, A. B. et al., 2018. *Opbygning af Danmark - gennem nedrivning af tomme bygninger*, s.l.: Lenager Group, Kuben Management.

