



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffald

MUDP-rapport

April 2019

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion: Sidse Zimmermann,
Gamle Mursten ApS

ISBN: 978-87-7038-060-7

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse.

Indhold

1.	Forord	4
2.	Sammenfatning	5
3.	Introduktion til projektet	7
3.1	Baggrund	7
3.2	Om Gamle Mursten	7
3.3	Formål med projektet	8
4.	Projektet	10
5.	Resultater fra projektets arbejdsplaner	11
5.1	Udvikling af grovsorteringsanlæg	11
5.1.1	Forundersøgelse	12
5.1.2	Test af anlæg	13
5.1.3	Valg af anlæg og tilpasninger	14
5.1.4	Opsummering på udvikling af grovsorteringsanlæg	17
5.2	Strategioplæg med kommuner	18
5.2.1	Ressourcekortlægning af murværk	20
5.2.2	Plan for udrulning	21
5.3	Udvikling af app og formidling	23
6.	Opsummering og konklusion	25
6.1	Succeskriterie 1: Udvikling af ressourceoptimerende teknologi	26
6.2	Succeskriterie 2: Samarbejde om lokale strategier for genbrug af tegl og etablering af anlæg.	28
6.3	Succeskriterie 3: Formidlingsmateriale målrettet målgrupper udarbejdet	28
7.	Perspektivering	29
7.1	Vurdering af udbredelsesmuligheder	29
7.2	Nye produkter/løsninger lanceret på markedet	29
7.3	Udfordringer	30

1. Forord

Projektet Ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffaldet er støttet af Miljøstyrelsens Miljøteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (MUDP) under opslaget 'Bedre ressourceeffektivitet.' MUDP har som formål at fremme udvikling og anvendelse af nye effektive miljøløsninger for at understøtte vækst og beskæftigelse bl.a. gennem tilskud til udvikling, test og demonstration af ny miljøteknologi. Projektet blev gennemført i perioden 1. december 2017 til 31. december 2018.

Projektets formål har været at øge ressourceeffektiviteten i håndtering af teglfraktionen og imødekomme barrierer for genbrug af mursten gennem udvikling af mobile anlæg til grovsortering af teglaffald. Da de mindre grovsorteringsanlæg er mobile, kan de opstilles tættere på nedrivningspladserne, og dermed mindske transportafstande af tegl til genbrug betragteligt. For at mindske transportafstande har projektet også arbejdet på at få etableret samarbejdsaftaler med kommuner omkring genbrug af mursten og etablering af anlæg.

Projektdeltager i projektet var Gamle Mursten ApS, som også var projektejer.

2. Sammenfatning

Byggeaffald udgør 1/3 af Danmarks samlede affaldsmængder og samme branche bruger 1/3 af verdens ressourcer.¹ Optimering af genbrug og genanvendelse af byggeaffald er derfor afgørende for at undgå værditab i håndteringen af ressourcer.

Dette projekt har arbejdet med ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffald, hvor den primære praksis er downcycling af materialet gennem nedkrusning og genanvendelse. Downcycling er en uhensigtsmæssig praksis, da der er stor efterspørgsel på bæredygtige byggematerialer, på det patinerede udseende man får i det genbrugte tegl samt på bevarelse af de historier, der ligger i de gamle mursten.

Hovedformålet i projektet har været at imødekomme barrierer for genbrug af mursten ved at håndtere en række af de udfordringer for øget genbrug af mursten, der er påpeget dels i Trafik- og Byggestyrelsens rapport "Barrierer og muligheder for genbrug af mursten" fra december 2015, og dels i Miljøstyrelsens rapport "Samfundsøkonomisk Analyse af Genbrug af Mursten" fra 2016.

Projektet blev bygget op, så det løb i to spor. Dels et spor for teknologisk udvikling og dels et spor, der underbyggede forretningsudvikling og opbygning af partnerskaber, som skulle få teknologien ud og arbejde.

Fokus for den teknologiske udvikling var at udvikle et grovsorteringsanlæg, der kunne optimere udnyttelsen af teglaffald, således at man kun transporterer de mursten, der er egnet til oparbejdning hos Gamle Mursten og lader resten blive på nedrivningspladsen til genanvendelse. Teknologiudviklingen resulterede i et mobilt grovsorteringsanlæg med en kapacitet på 50-100 tons byggeaffald i timen.

Sideløbende med den teknologiske udvikling har projektet arbejdet på at øge kendskabet til genbrug af mursten, og de muligheder det medfører for kommunerne, men også på at etablere samarbejdsaftaler og/eller partnerskaber med kommuner og offentlige virksomheder. Fokus for samarbejdet/partnerskaberne har været at udnytte og minimere det kommunale byggeaffald gennem bedre udnyttelse af teglfraktionen.

I projektets indledende fase ramte vi en tendens, hvor flere kommunale virksomheder og kommuner ønsker at genbruge mursten fra deres egne bygninger i et 'closed loop' i nye offentlige byggeprojekter. Flere kommuner ønskede at fremme den cirkulære dagsorden i deres kommune.

I projektperioden fik vi derved identificeret og indledt samarbejder med kommuner på henholdsvis Sjælland, Fyn og Midtjylland. I Nordjylland havde vi forud for projektet indledt et partnerskab med et affaldsselskab. Derved var projektet bredt funderet regionsmæssigt.

¹ Miljøstyrelsen: Affaldsstatistik 2014, Miljøprojekt 1878, september 2016

Projektet identificerede flere modeller for samarbejde og udarbejdede en ramme for rådgivning tilpasset de enkelte modeller, der beskrives nærmere i afsnit 5.2. I denne ramme indgik en ressourcekortlægning af murværket i de nedrivningsmodne bygninger med fokus på mulighederne for genbrug samt anbefalinger til nedrivningsmetoder. Ressourcekortlægningen er afgørende for, at man får dialogen ind forud for selve projekteringen og udarbejdelse af udbud for nedrivningerne. Gennem ressourcekortlægning af murværket igangsættes en problemafkklaringsfase, der starter med kortlægning af ressourcerne i de konkrete nedrivningsprojekter, og så opstår løsningerne herefter. Derved får man den største værdi ud af de bygninger, der skal nedrives, fordi det er vanskeligt at få værdierne ud af bygningen, når udbuddet først er vundet af en nedrivningsvirksomhed uden klare rammer for nedrivningen.

Vi forventer, at grovsortering på den ene side kan resultere i en øget tilgang til råvarer, da grovsortering kombineret med ressourcekortlægning forenkler prissætningen af materialerne, fordi det bliver nemmere at forudse kvaliteten af de materialer, der kommer ud af de konkrete nedrivninger. På den anden side er vi i løbet af projektet stødt på nye indsigter omkring håndtering af mere finkornede restprodukter, der kan komplicere håndteringen af restprodukterne i henhold til den gældende lovgivning, som betyder, at disse materialer ikke er omfattet af restproduktbekendtgørelsen og derfor skal have en tilladelse for kommunen, hvis de skal nyttiggøres.

3. Introduktion til projektet

Denne rapport beskriver udviklingsforløbet og resultaterne af udviklingsprojektet 'Ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffald'. Hovedformålet i projektet har været at udvikle en teknologi til grovsortering af teglaffaldet samt udvikle partnerskaber for øget genbrug af mursten.

3.1 Baggrund

Byggeaffald er den største enkeltfraktion af affald i Danmark. Målt i vægt udgør dette affald 1/3 af Danmarks samlede affaldsmængder og samme branche bruger 1/3 af verdens ressourcer.²

Med stigende råvarepriser, knaphed på ressourcer og voksende affaldsmængder, er det vigtigt, at den cirkulære økonomi fokuserer på genbrug og ikke kun genanvendelse, således at de iboende værdier i materialerne opretholdes i stedet for at blive downcyclet og værdiforringet.

Et eksempel på værdiforringelse i fraktionen mursten sker, når store mængder kvalitetsmursten bliver downcyclet og knust til vejfyld frem for at blive genbrugt. Det er uhensigtsmæssigt, da der er stor efterspørgsel på bæredygtige byggematerialer, på det patinerede udseende man får i det genbrugte tegl samt på bevarelse af de historier, der ligger i de gamle mursten. En livscyklusanalyse, der er foretaget af DTU på vegne af Miljøstyrelsen³, viser også, at der er betydelige miljømæssige gevinster ved at genbrug af mursten fremfor genanvendelse (knuse materialet), hvilket er den primære praksis i dag.

Samtidig viser en samfundsøkonomisk analyse foretaget på foranledning af Miljøstyrelsen, at potentialet for genbrug af mursten ligger på 47,3 mio mursten om året. Gamle Mursten renser kun 2- 3 mio. mursten om året, så potentialet for genbrug af mursten er stort.

Spørgsmålet er derfor, hvad der skal til for at ændre den nuværende praksis, hvor mursten downcycles. Der eksisterer en teknologi, der kan rense murstenene, markedet for genbrugsmursten er etableret og stigende, men hvad skal der ellers til for at skubbe markedet i en mere cirkulær retning?

Dette projekt vil forsøge at besvare, hvordan vi kan påvirke barriererne for tilvejebringelse af råvarer til genbrug i en positiv retning.

3.2 Om Gamle Mursten

Gamle Mursten arbejder med upcycling og genbrug af mursten for at bibeholde værdien i det værdifulde byggemateriale, der bringer både rustik æstetik og historie til nye danske byggerier. En patenteret vibrationsteknologi gør det muligt at levere genbrugsmursten i stor skala til både større og mindre byggeprojekter, og der er stor efterspørgsel på de gamle mursten i nyt byggeri.

² Miljøstyrelsen: Affaldsstatistik 2014, Miljøprojekt 1878, september 2016

³ Miljøstyrelsen, Miljøprojekt nr. 1512, 2013

Gamle Mursten er stort set ordreproducerende og renser og afsætter på nuværende tidspunkt 2-3 mio. mursten om året. Det samlede markedspotentiale ligger på 47,3 millioner mursten i Danmark svarende til en besparelse på 22,500 tons CO₂⁴.

I løbet af de sidste 5 år har gamle mursten opskaleret produktionsprocesserne og leverer nu til store prestigeprojekter med mængder på op til 750.000 mursten.

Samtidig har Gamle Mursten igennem MUDP-projektet 'Genbrug af mursten' opnået det dokumentationsgrundlag, der har været efterspurgt af branchen og er dermed den første producent af en genbrugsbyggevarer, der er i stand til at CE-mærke sine produkter.⁵

Gamle Mursten er også en virksomhed med en social profil, der arbejder med jobskabelse og inklusion af udsatte ledige.

3.3 Formål med projektet

Gamle Mursten oplever, at det potentiale for genbrug af mursten, der er blevet kortlagt i en række rapporter, ikke bliver indfriet. Det er uhensigtsmæssigt, da der er stor efterspørgsel på bæredygtige byggematerialer og på det patinerede tegl-udseende, som ved brug af nye mursten, kun kan opnås gennem en energitung special-behandling. De gamle mursten kan erstatte de nye mursten 1:1, hvorved der spares både råstoffer, fossil energi og affaldsminimeres.

Formålet med projektet er at imødekomme ovenstående problemstillinger ved at håndtere en række af de udfordringer for øget genbrug af mursten, der er påpeget dels i Trafik- og Byggestyrelsens rapport "Barrierer og muligheder for genbrug af mursten" fra december 2015, og dels Miljøstyrelsens rapport "Samfundsøkonomisk Analyse af genbrug af mursten" fra oktober 2016. Hvis vi ser bort fra de politiske tiltag der påpeges i rapporterne, er der en række barrierer af teknisk og formidlingsmæssig karakter, som vi som behandler/oparbejder af genbrugte mursten har mulighed for at imødekomme.

Disse barrierer kan opsummeres i følgende punkter:

- 1) Transportafstande mellem nedrivning og oparbejdning
- 2) Besværligt at nedrive til genbrug - pladsmangel
- 3) Manglende erfaring / viden hos nedriver omkring nedrivningsmetoder og muligheder
- 4) Manglende viden hos byggeherrer / kunder omkring anvendelse, leveringssikkerhed, kvalitetskrav

Nedrivere har påpeget barrierer såsom trange pladsvilkår og store transportafstande mellem nedrivning og oparbejdning som medvirkende til at gøre det besværligt at transportere murbrokkerne til oparbejdningspladser i hhv. Svendborg og Hjørring/Brønderslev.

En konsekvens af dette er, at murstenene bliver brugt som "bunddække" og kørt i stykker, da det så ikke optager plads i nedrivningsperioden – affaldet skal herefter skrubes sammen og affaldsbehandles efterfølgende.

Ved at etablere et mindre og mobilt sorteringsanlæg på selve nedrivningspladsen bliver det muligt at frasortere det "brugbare" materiale i form af hele og halve mursten, som så straks kan køres bort til oparbejdelse og genanvendelse. Det resterende teglaffald kan forblive på pladsen og bruges aktivt til opfyldning af kældre mv. som det ofte er eksisterende praksis i dag. Det teglaffald der ikke kan genbruges, forbliver således på pladsen og kan genanvendes lokalt.

⁴ 'Samfundsøkonomisk Analyse af Genbrug af Mursten', miljøprojekt nr1904, 2016

⁵ Miljøprojekt 2002, Genbrug af mursten

Ved at frasortere det tegl der ikke er egnet til genbrug, nedbringes mængden af tegl i ton, som skal transporteres til oparbejdning – udnyttelsesprocenten af materialet vil øges markant og nedriverne demotiveres ikke af at "flytte rundt på affaldsbunker" – samtidig antager vi, at omkostninger og brændstofforbrug under transport nedbringes.

Den Samfundsøkonomiske analyse af omkostninger ved genbrug af mursten påpeger, at det er mere samfundsøkonomisk fordelagtigt, hvis man i oparbejdningsindsatsen modtager og bearbejder en mere ensartet mængde murstenaffald – ovenstående sorteringsanlæg vil ligeledes imødekomme denne barrierer, da mængden af materiale der skal igennem oparbejdningsprocessen er mindre og udbyttet procentuelt større.

Et andet formål med projektet har været at imødekomme de barrierer, som primært bygherrer har påpeget ved genbrug af mursten. Disse knytter sig til manglende viden i konkrete situationer. Eksempelvis i beslutningsfasen, hvor bygherre står over for valg omkring certificering af bæredygtigt byggeri og materialevalg – her kan være usikkerhed om leverancekapacitet eller murstenenes kvalitet og egenskaber. I nedrivningsfasen kan der være usikkerhed om den anbefalede nedrivningsmetode.

Hvordan projektet har grebet udfordringerne an, vil vi redegøre for i denne rapport. I det følgende afsnit 4. gennemgår vi projektets opbygning. Herefter gennemgås projektets forløb, konklusioner og resultater i afsnit 5. I afsnit 6 perspektiverer vi over hvilke muligheder og udfordringer, der vil være for teknologi og løsninger efter projektets afslutning.

I rapporten anvender vi begreberne grovsortering og forsortering, og begge begreber henviser til det samme. Nemlig at man foretager en sortering af murstensfraktionen fra en nedrivning, inden de sendes videre til oparbejdning.

4. Projektet

Projektet har kørt i to sideløbende spor. Dels et spor for teknologiuudvikling og dels et spor som skal sikre en forretningsudvikling og opbygning af partnerskaber og formidling, der skal få teknologien ud og arbejde.

I dette afsnit beskrives projektets opbygning og arbejdsprogrammets indhold.

Arbejdsplan 1 har været koncentreret omkring udvikling af teknologien. Arbejdsplan 2 og 3 har arbejdet med opbygning af partnerskaber og formidling, hvor arbejdsplan 4 har været koncentreret omkring projektets administrative opgaver. I det følgende gennemgås arbejdsprogrammets indhold.

Arbejdsplan 1: Udvikling af sorteringsanlæg

I arbejdsplan 1 var fokus på den teknologiske udvikling af et sorteringsanlæg, der imødekommer de barrierer, som primært nedrivningsvirksomheder har påpeget omkring genbrug af mursten under nedrivning, eksempelvis omkring pladsmangel, støjniveau og mobilitet. Markedet for eksisterende sorteringsanlæg blev undersøgt og forskellige leverandører blev kontaktet med henblik på indkøb og udvikling af nyt sorteringsanlæg. Fokus for udviklingen var at fremme selektiv nedrivning og ressourceoptimere maksimalt – dvs. barrierer som nedrivne havde påpeget såsom pladsmangel og mobilitet skulle indtænkes i udviklingsarbejdet. Derudover skulle sorteringsanlægget udarbejdes på en måde, som sikrer størst mulig genbrugsprocent.

Arbejdsplan 2: Udvikling og afdækning af strategi og samarbejde

I arbejdsplan 2 var fokus på etablering af samarbejder omkring opsætning af sorteringsanlæg. Kommunerne befinder sig på vidt forskellige stadier, hvad angår genbrug af byggeaffald. Målet i denne arbejdsplan var dog at indgå konkrete samarbejdsaftaler med interesserede kommuner og udarbejde handlingsplaner for opsætning og brug af mobile anlæg. Succeskriterierne i samarbejdet spænder bredt, fra "blot" at etablere en øget bevidsthed omkring genbrug af mursten til helt konkrete aftaler og handlingsplaner for etablering af permanente oparbejdningssteder, da interessenterne som nævnt befinder sig på helt forskellige niveauer.

Arbejdsplan 3: Udvikling af APP og formidling

I arbejdsplan 3 var fokus på udvikling af services, som imødekommer de barrierer, som primært bygherrer har påpeget ved genbrug af mursten. Disse knytter sig til manglende viden i konkrete situationer. Eksempelvis i beslutningsfasen, hvor bygherre står over for valg omkring certificering af bæredygtigt byggeri og materialevalg – her kan være usikkerhed om leverancekapacitet eller murstenenes kvalitet og egenskaber. I nedrivningsfasen kan der være usikkerhed om den anbefalede nedrivningsmetode. Derfor var målet med arbejdsplan 3 at udvikle en APP, der indeholdt en række målgruppeafstemte værktøjer til de vigtigste interessenter. Det viste sig imidlertid, at omkostningerne til en app med de funktionaliteter, det ville kræve for at gøre app'en til et værdifuldt redskab, ville koste fem gange så meget, som der var afsat i budgettet. Derfor blev aktiviteten til udviklingen af en app annulleret.

Arbejdsplan 4: Projektledelse og formidling

Omdrejningspunktet for arbejdsplan 4 har været at sikre fremdrift i projektet og afrapportere fremdriften til tilskudsgiver samt at kommunikere projektets resultater til offentligheden.

5. Resultater fra projektets arbejdsplaner

Hvordan får vi adgang til de råvarer, der udgør Gamle Murstens forretning: nemlig murstensfraktionen i nedrivningsprojekter? En samfundsøkonomisk analyse estimerer, at der kan renses 47, 3 mio. mursten årligt.⁶ Gamle Mursten renser 2-3 mio. om året og det resterende genanvendes som nedknust materiale.

Vi ved, at murstenene findes i rige mængder, men forsvindende få ender til genbrug. Kan en mobil sortering af murstenene hjælpe til at ændre murstenens vej fra opfyld til genbrug? Det var omdrejningspunktet for dette projekt og arbejdet foregik i tre spor:

- Udvikling af teknologi til grovsortering af murstensfraktionen
- Etablering af partnerskaber med kommuner
- Information om tilvejebringelse af råvarer via app

I det følgende vil vi gennemgå aktiviteter og resultater af de tre spor.

5.1 Udvikling af grovsorteringsanlæg

Gamle Mursten har gennem de seneste 15 år oparbejdet en unik erfaring med sammenhængen mellem vibrationsteknik og genbrug mursten. Den erfaring har vi i dette projekt omsat til udviklingen af et nyt grovsorteringsanlæg.

Formålet med et grovsorteringsanlæg er, at man kan forsortere teglfraktionen, således at man kun skal transportere de mursten, der kan oparbejdes til mursten egnet til genbrug i nyt byggeri. Når Gamle Mursten modtager teglfraktionen fra nedrivninger består den, alt afhængigt af kvaliteten af nedrivningen, af hele og halve mursten, store sammenmurede klumper af mursten, beton, gasbeton etc. Samtidig modtager vi mursten fra genbrugsstationer, hvor kvaliteten af råvarer også kan variere.



Figur 1 - Eksempel på murstensfraktion uden forsortering

Når man forsorterer teglfraktioner fra nedrivningsprojekter, får man mere ensartede fraktioner, og man undgår unødigt transport.

⁶ Samfundsøkonomisk Analyse af Genbrug af Mursten', miljøprojekt nr1904, 2016

5.1.1 Forundersøgelse

Fokus for arbejdet med udvikling af et grovsorteringsanlæg har været at opnå følgende:

- den højst mulige udnyttelsesgrad i teglfraktionen som Gamle Mursten modtager til oparbejdning - dvs. flest mulige hele og halve mursten
- den højest mulige kvalitet i teglfraktionen, som Gamle Mursten modtager til oparbejdning - dvs. mindst mulig fejlsortering (større teglklumper, beton og andet), så vi undgår at transportere affald.

Arbejdet med at udvikle et mobilt grovsorteringsanlæg tog udgangspunkt i en analyse af markedet for eksisterende grovsorteringsanlæg. Der findes allerede mobile grovsorteringsanlæg på markedet, som kan frasortere jord og byggeaffald med vibrationsteknologi, men ingen der har de tilpasninger der gør, at de kan sortere murstensfraktionen med genbrug af mursten som hensigt. Derfor arbejdede vi med analyse og test af to løsninger:

- Et "konventionelt" mobilt grovsorteringsanlæg, der allerede findes i markedet, men tilpasset teglfraktionen
- Et nyudviklet modulopbygget grovsorteringsanlæg baseret på teknologien for Gamle Murstens produktionsanlæg og dermed kendt teknologi. Dette anlæg skulle bygges op fra bunden.

Vi gennemførte en analyse af fordele og ulemper ved begge løsninger.

Fordele og ulemper ved tilpasning af konventionelle anlæg til grovsortering

Den ene løsning, som vi arbejdede med, var at bygge videre på et af de konventionelle grovsorteringsanlæg, som allerede findes i markedet. Fordelene ved at arbejde videre med et konventionelt mobilt grovsorteringsanlæg ville være en kortere udviklingsproces, da det ville være afgrænsede dele på anlæggene, der skulle optimeres og udvikles på. Derudover har disse anlæg en stor kapacitet, de er foldbare og med larvefodder, og de kan fjernstyres rundt på nedrivningspladsen.

En anden fordel ved de konventionelle anlæg er, at de er kendt teknologi. Nedrivningsvirksomhederne arbejder muligvis allerede med lignende anlæg tidligere til sortering af jord og beton. Det vil altså kræve minimal vejledning at betjene anlægget på pladsen.

Ulempen er, at der er en vis usikkerhed om, hvorvidt maskinerne ville egne sig til at sortere efter murstenenes beskaffenhed og form, så udnyttelsesprocenten af materialet ville blive høj nok.

Udfordringen ville være, om anlægget overhovedet ville kunne tilpasses fraktionen, så man kunne få en høj nok udnyttelsesgrad af materialet.

En anden ulempe kunne være, at nogle af de anlæg, vi undersøgte, skulle transporteres på specialtransport på blokvoerne, hvilket ville fordyre totaløkonomien for projekterne. Det var også uklart, om deres vibrationer ville være stærke/hurtige nok.

Fordele	Ulemper
Kortere udviklingsproces	Skal transporteres på særtransport
Få tilpasninger	Uvist om de egner sig til at sortere efter murstenenes beskaffenhed
Passende kapacitet	Uklarhed om vibrationer er stærke nok
Foldbare	
Larvefodder, så de kan køre rundt på pladsen	
Kendt teknologi	

TABEL 1. Fordele og ulemper ved konventionelt grovsorteringsanlæg

Fordele og ulemper ved et modulopbygget grovsorteringsanlæg

Den anden løsning som projektet har arbejdet med var at udvikle en mobil grovsortering baseret på den teknologi, som Gamle Mursten anvender til rensning af mursten.

Fordelene ved en udvikling af ny modulopbygget teknologi baseret på grovsorteringsdelen af Gamle Murstens rensningsteknologi er, at det tager udgangspunkt i kendt teknologi, som er specielt udviklet til sortering af mursten. Det modulopbyggede anlæg ville kunne adskilles og sammenpakkes og transporteres på almindelige lastbiler, hvilket forenkler og nedbringer omkostninger til transport.

Ulemperne var, at udviklingsprocessen ville være længere og muligvis mere omkostningstung. En anden ulempe var, at dette anlæg ikke ville have larvefødde og dermed ikke være mobilt på selve pladsen. Samtidig er et modulopbygget anlæg ikke kendt teknologi for nedrivere på pladsen, og det ville kræve vejledning og oplæring i at opsætte og betjene anlægget.

Fordele	Ulemper
Dokumenteret effektivitet af anlæg	Lang udviklingsproces da anlæg skal bygges fra bunden
Dokumenteret egnethed af teknologi til fraktion	Er ikke mobilt på selve pladsen, da larvefødde er for dyrt
Kan sammenpakkes og transporteres på almindelige lastbiler	Vil kræve vejledning og instruktion i betjening på nedrivningspladsen

TABEL 2. Fordele og ulemper ved modulopbygget grovsortering

Med fordele og ulemperne i baghovedet arbejdede vi videre med begge løsninger, for at have et så solidt beslutningsgrundlag som muligt.

5.1.2 Test af anlæg

Indledende fokus i testfasen var at få testet teglfraktionen på begge typer af anlæg.

Vi testede teglfraktioner af forskellig beskaffenhed på et demo-grovsorteringsanlæg baseret på Gamle Murstens teknologi (ikke modulopbygget), der var udviklet inden projektopstart. Sideløbende fik vi udarbejdet tegningsmateriale på vibrationsdelen af et modulopbygget grovsorteringsanlæg, der tager udgangspunkt i vores eksisterende teknologi.

De konventionelle mobile grovsorteringsanlæg, der allerede findes i markedet, er udviklet til at sortere beton og jord. Derfor var det væsentlig at gennemføre indledende test for at afprøve, hvordan murstenene reagerede på vibrationerne, og hvordan anlægget håndterede restfraktionerne (store klumper, mørtelsand og mindre sten). Vi foretog test af fraktioner af både "god" og "mindre god" kvalitet. (De mindre gode fraktioner er typisk fra genbrugsstationerne og er ikke så ensartede som fraktioner fra de større nedrivninger) Resultaterne på var gode på begge anlæg.



Figur 2: Test af materiale på et konventionelt Portafill grovsorteringsanlæg, der ikke er optimeret til teglfraktionen

Derudover fandt vi et anlæg, der kunne transporteres på almindelige lastvogne og ikke krævede særtransport. Samtidig var anlægget bygget op på larvefødder, så det nemt kunne køres af og på lastbiler til transport af anlægget samt flyttes rundt på pladsen.



Figur 3: De konventionelle grovsorteringsanlæg er bygget på larvefødder, hvilket gør det nemmere at transportere dem rundt på pladsen

5.1.3 Valg af anlæg og tilpasninger

På baggrund af de gode testresultater, hvor vi testede, hvordan materialet reagerede på anlæggets vibrationer, men også på grund af en fornuftig totaløkonomi faldt valget derfor på et konventionelt mobilt sorteringsanlæg.

Der blev indkøbt et mobilt grovsorteringsanlæg fra Portafill med kapacitet på 50-100 tons byggeaffald i timen.

Dette anlæg er oprindeligt udviklet af producenten Portafill til at sortere fraktioner som beton og jord, og det var derfor nødvendigt med tilpasninger. Efter bestilling påbegyndte vi derfor samarbejdet med leverandøren og de tilknyttede ingeniører omkring tilpasninger og tests, så anlægges blev optimeret til murstensfraktionen. I arbejdet med tilpasninger er Gamle Murstens erfaringer fra udviklingen af de stationære anlæg til rensning af mursten overført til de muligheder, der er i Portafill-anlægget



Figur 4: Portafill-anlæg optimeret til sortering af teglfraktionen

Portafill-anlægget har tre stakketransportører, hvilket giver mulighed for at sortere teglaffald i tre forskellige fraktioner.

TABEL 3. Grovsorteringen sorteres i tre fraktioner:

Hele og halve mursten	Større teglklumper, der ikke kan adskilles, beton, gasbeton etc.	Mørtelsand i forskellige kornstørrelser
Sendes til oparbejdning hos Gamle Mursten eller anden udby-der	Kan anvendes som køreunderlag eller opfyldning af kælderdek, og/eller sendes til oparbejdning lokalt	Kan anvendes som køreunderlag eller opfyldning af kælderdek, og/eller sendes til oparbejdning lokalt

Det afgørende i udviklingen og tilpasningen af sorteringsanlægget har været at opnå:

- den højeste mulige udnyttelsesgrad, dvs. flest mulige hele og halve mursten
- den højeste mulige kvalitet, dvs. mindst mulig fejlsortering (større teglklumper, beton og andet), så vi undgår at transportere affald til Gamle Mursten, hvis det ikke er egnet til oparbejdning.

Nøglen til at nå frem til både en høj udnyttelsesgrad og en høj kvalitet har ligget i at specialdesigner soldene i anlægget. I designprocessen har vi gjort brug af de erfaringer og udviklingstrin, som sorteringsdelen på Gamle Murstens stationære anlæg har gennemgået de sidste 15 år, men selvfølgelig tilpasset det faktum, at længden på soldet er væsentligt kortere på det mobile anlæg.

Portafill 5000CT 2in1 Conveyor



Figur 5: Processen for grovsortering af teglfraktionen

Det er særligt det øverste sold (oversoldet), der har været fokus på, hvor bredden på soldet og selve udformningen er afgørende for kvaliteten af grovsorteringen, så man opnår højest mulig udnyttelsesgrad, men stadig undgår unødigt transport af affald.

Indledende kørte vi test på grovsorteringsanlæggets eksisterende sold. Ud fra testresultaterne og erfaringerne med vibrationernes indvirkning på sorteringen, har vi arbejdet mod at designe et sold, der kunne sortere både hele og halve mursten. Det er både afstanden mellem "tænderne" på soldet samt hældningen på tænderne, der har været afgørende for udviklingen, og de gode resultater.



Figur 6: Oversoldet i anlægget sørger for at de hele og halve mursten sorteres fra. Det nederste sold på billedet er 0-800 mm

Det nederste sold sørger for at mørtelsandet sorteres fra, og her har vi arbejdet med tre forskellige sold på henholdsvis 0 - 4 mm, 0 - 60 mm og 0 - 800 mm. Disse sold kan skiftes ud alt afhængigt af, hvor fin denne fraktion skal være.

Soldet på 0-800 mm er den størrelse hullerne på soldet kan have, førend de halve mursten fejlsorteres med mørtelsandet.

Hastigheden på maskinen er afgørende for både kvalitet og udnyttelsesgrad, og der er derfor kørt test på den optimale hastighed i betjening af anlægget. På grund af specialsoldene sker der en halvering af maskinens kapacitet i forhold til andre fraktioner, da maskinen må køre langsommere for at opnå en korrekt sortering, da de hele og halve mursten ellers ville fejlsorteres i bunken med større tegklumper.

5.1.4 Opsummering på udvikling af grovsorteringsanlæg

Det var faktorer som anlæggets mobilitet, leveringshastighed, økonomi og transportfordele, der gjorde, at valget faldt på et konventionelt grovsorteringsanlæg, som basis for udvikling af et mobilt grovsorteringsanlæg til teglfraktionen.

Projektet har arbejdet med at tilpasse og optimere anlægget til teglfraktionen. Det er især specialdesignede sold og test af hastigheden, der har været i fokus i dette arbejde.

Vi vurderer, at fordi vi bygger udviklingen på et konventionelt anlæg, så vil det være lettere at opskalere en forretningsmodel for grovsortering af tegl inden oparbejdning, da leveringshastigheden for anlægget vil være hurtigere, end hvis anlægget skulle bygges op fra bunden. Samtidig er anlægget allerede optimeret til transport, da den selv kan køre på lastbilen og alle bånd kan pakkes ind, så anlægget kan transporteres på en almindelig lastvogn.



Figur 7: Grovsorteringsanlægget pakket til transport

Ud over reducere af transportudgifter og CO₂-udledning ved transport, så vil en forsortering af teglfraktionen, hvor mørtelsand og større klumper sorteres fra, have både kvalitetsmæssig og produktivitetmæssige fordele. Produktiviteten på anlægget til rensning af mursten i Svendborg eller Hjørring/Brønderslev afhænger i høj grad af renheden af materialet og kan svinge meget ved uensartede fraktioner.

Hvis Gamle Mursten modtager forsorterede fraktioner på pladsen, vil man kunne producere flere mursten pr dag. Det gælder for alle årstider, men særlig i vinterperioden vil det være en fordel, fordi det fugtige mørtelsand kan medføre nedgang i produktionseffektiviteten, da mørtelsandet bliver fedtet og sætter sig i anlægget og skal skovles væk. Hvis mørtlen effektivt sorteres fra inden rensning i produktionsanlægget, vil det føre til færre produktionsstop og et renere slutprodukt, hvilket var en afledt positiv effekt, som projektet ikke havde forudset før projektstart.

5.2 Strategioplæg med kommuner

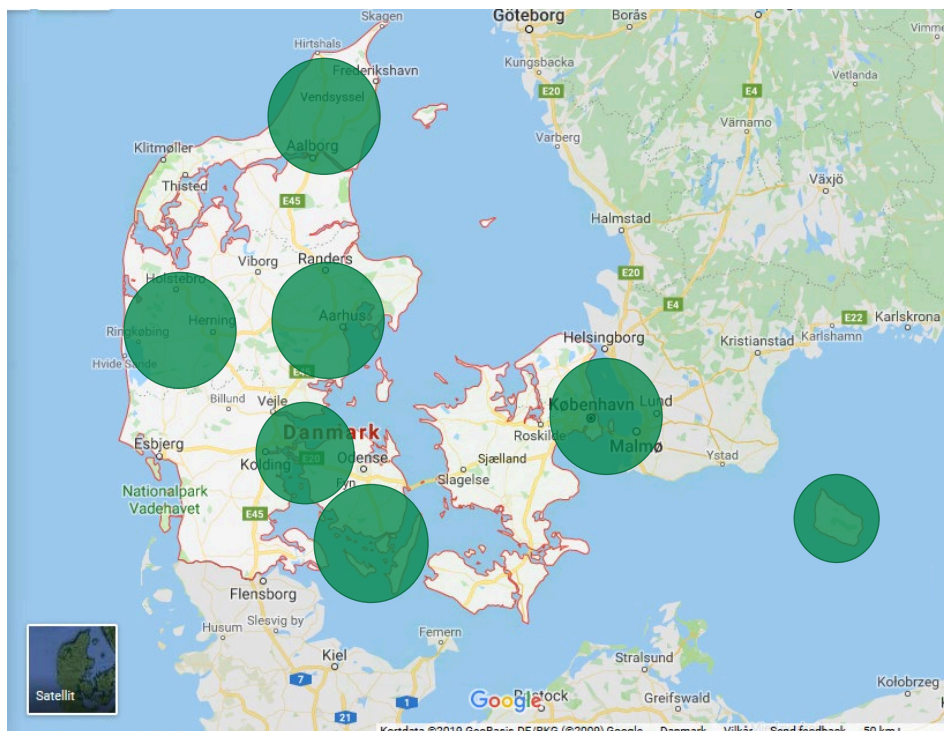
Succeskriterierne for at udarbejde strategioplæg med kommunerne var formuleret bredt i projektoplægget, da kommunerne befinder sig på forskellige parathedsstadier i forhold til cirkulær håndtering af deres byggematerialer. Målet i projektet var dels at opnå en øget bevidsthed omkring genbrug af mursten og dels at få etableret permanente opsamlingssteder. Midlet var partnerskaber, så kommunerne forpligtede sig til at tage ansvar for håndtering af ressourcerne i de kommunale bygningsmasser.

Allerede i projektets indledende fase ramte vi en stigende tendens til at offentlige virksomheder og kommuner ønsker at genbruge mursten fra deres egne bygninger i et 'closed loop' i nye offentlige byggeprojekter. Samtidig var flere kommuner interesserede i mulighederne for at fremme både den cirkulære samt den sociale dagsorden ved at skabe jobs for udsatte ledige gennem etablering af produktionsenheder i deres kommune.

Denne tendens understøtter anbefalingerne i rapporten 'Barrierer og muligheder for genbrug af mursten' udgivet af Trafik og Byggestyrelsen. Her fremhæves det, at *"Flere oparbejdere på markedet, med større geografisk spredning, kan medføre kortere transportafstande og gøre at det oftere vil være økonomisk rentabelt at nedrive med fokus på genbrug"*⁷

I vores dialog med kommunerne blev det hurtigt klart, at grovsortering kunne bruges som driver for flere permanente opsamlingssteder.

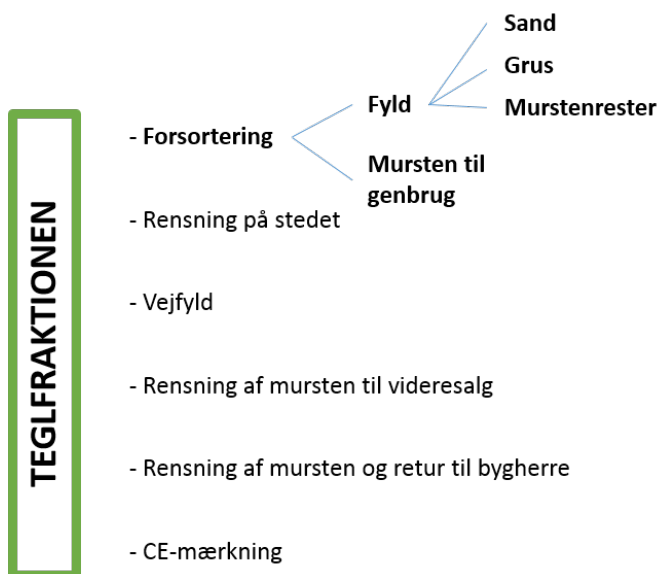
I projektperioden fik vi derved identificeret og indledt samarbejder med 4-5 kommuner på henholdsvis Sjælland, Fyn og Midtjylland. I Nordjylland havde vi forud for projektet indledt et partnerskab med et affaldsselskab. Derved var projektet bredt funderet regionsmæssigt.



Figur 8: Kort over placering af kommuner, hvor der er indledt samarbejder

I vores dialog med kommunerne var målet at anskueliggøre den række af muligheder der opstår, når man vælger at anse murværket i nedrivningsegne bygninger som en ressource frem for affald. Og forsortering er en af mulighederne.

⁷ 'Barrierer og muligheder for genbrug af mursten' udgivet af Trafik og Byggestyrelsen, 2015



Figur 9: Muligheder i teglfraktionen

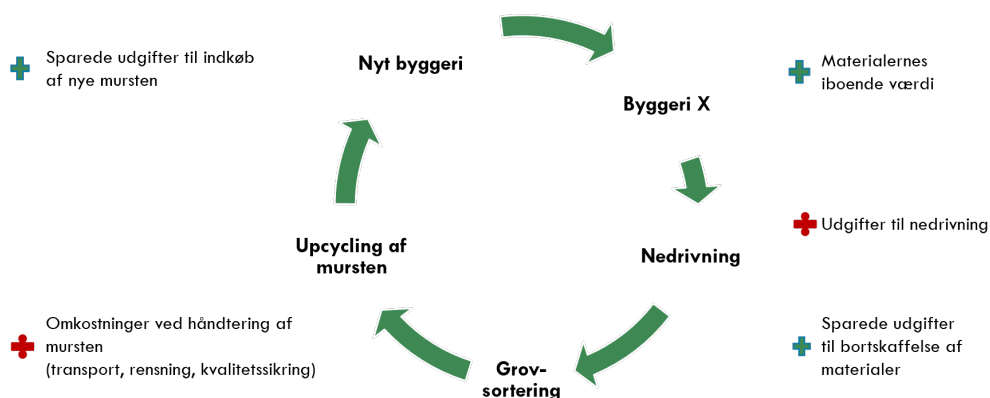
Udgangspunktet for vores dialog og målet for partnerskaberne var at gøre kommunerne bevidste om deres ansvar for, at materialerne i de kommunale bygninger får lov til at leve videre i nye byggerier. Det betyder, at kommunerne ikke blot har ansvar for korrekt og ressourceeffektiv nedrivning, men at de også har et ansvar for at anvende egne mursten i kommunale byggeprojekter fremfor at sende dem videre i systemet. Etablering af opsamlingssteder eller produktionsanlæg gør det ikke alene. Det skal kombineres med en bevidst indkøbsstrategi fra kommunernes side.

Det er væsentligt, at kommunerne også anvender murstenene i deres egne byggerier, fordi det giver et 'closed loop' for murstenene.

Hvis det skal lykkes, er det nødvendigt at visualisere et cirkulært regnskab over ressourcerne i et byggeri. Dette regnskab skal både angive udgifter, men endnu mere vigtigt skal det angive de værdier, som de nedrevne byggematerialer rent faktisk udgør.

Opstilles et tydeligt regnskab, vil murstenene ikke kun ses som en udgift, men deres værdi kan fremhæves i kraft af, at de erstatter nye byggematerialer. Og jo bedre og mere skånsomt man håndterer nedrivningen, jo mere værdi ligger der på jorden, når nedrivningen er færdig.

Murstenene udligner udgiften til nye byggematerialer, dertil sparer man udgiften til bortskaffelse af affald, og man sparer CO2. Derudover mindskes de sociale udgifter, fordi genbrug af mursten skaber sociale arbejdspladser.



Figur 10: Værdier og udgifter i en cirkulær byggeproces

Argumenterne omkring materialeværdi, ansvar for egne materialer og sociale arbejdspladser har projektet arbejdet på at anskueliggøre over for partnere og bygherrer. Det forstærker argumenterne for genbrug af mursten, at vi udvikler en teknologi, der gør transportafstandene mindre, og at man får håndteret murstenene tættere på, hvor de nedrives.

Vores indledende dialog med kommunerne gav os et overblik over de typer af projekter og konkrete agendaer, de enkelte kommuner stod med, og løsningerne til projekterne delte vi ind i tre modeller:

MODEL A	Kommunen har et eller flere konkrete projekter, hvor ressourcer fra deres nedrivninger skal genbruges i et nyt byggeprojekt i kommune
MODEL B.	Kommunen ønsker at etablere eller foranledige opsamlingssteder for genbrug af mursten gennem cirkulære forretningsmodeller. Kommunen har muligvis allerede konkrete nedrivningsprojekter, der foranlediger ønsket.
MODEL C	Samarbejde med offentlige affaldsselskaber omkring forsortering af murstensfraktionen på genbrugspladser. Denne fraktion er ofte blandet med beton, og man ville kunne opnå renhed i materialet og større udnyttelsesgrad af de genbrugsegnete materialer ved en forsortering af fraktionen.
MODEL D	Privat bygherre ønsker at mursten fra en bygning skal genbruges i et nyt projekt i en ny bygning på samme eller en anden matrikel

TABEL 4. Modeller til håndtering af kommunernes projekter

Nogle af projekterne var forholdsvis afgrænsede, hvor eksempelvis en konkret nedrivning skulle føde ind til et nyt byggeprojekt, her svarer model A til de krav.

Andre kommuner havde udsigt til at skulle foretage en del nedrivninger af eksempelvis kondemnerede huse. Her giver det mening at etablere et eller flere opsamlingssteder og på sigt evt. en egentlig fabrik til rensning af mursten, hvilket er udgangspunktet for model B.

I nogle kommuner ønsker affaldsselskaberne at intensivere genbrug af mursten fra deres genbrugspladser. Her giver forsortering mening, da det øger renheden af materialerne, og det kræver mindre sortering fra borgernes side, hvilket kan være en barrierer for etablering af ordninger for genbrug af mursten på genbrugspladserne.

Derudover arbejdede vi også med en Model D der ligner model A på konkret bygningsniveau, men hvor bygherre er privat.

5.2.1 Ressourcekortlægning af murværk

For at anskueliggøre argumenter omkring værdierne i murstenene og transportbesparelser etc. er det væsentligt at få et overblik over, hvilke ressourcer der er tilstedet i bygningen forud for udarbejdning af udbuddet for nedrivning.

Ressourcekortlægning er en voksende disciplin i markedet for genanvendelse af ressourcer fra nedrivninger, fordi det også er væsentligt ift. miljøsanering af bygninger inden nedrivning. Miljøstyrelsens Miljøprojekt nr. 2006, 2018 giver blandt andet uddybende anvisninger til, hvordan en ressourcekortlægning kan gennemføres.

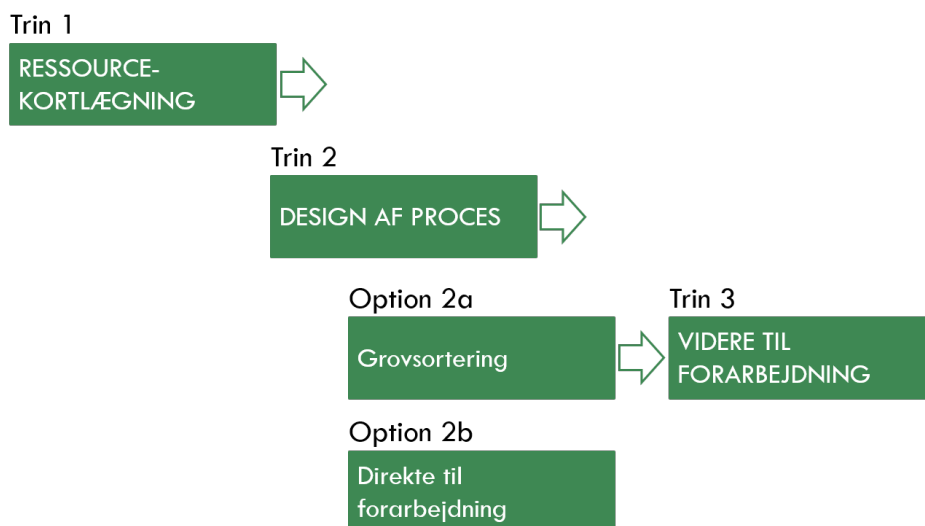
Vi har imidlertid manglet en model, der beskriver *mulighederne* i de materialer, der sidder i bygningen, og hvordan nedrivningen skal håndteres for at få en høj ressourceudnyttelse af materialerne, og hvilke forholdsregler arkitekter og rådgivere skulle have i baghovedet i design af det nye byggeri.

Gamle Mursten udviklede derfor i projektet en model for ressourcekortlægning af murværk, hvori der indgår vejledninger til nedrivning og til øget udnyttelsesgrad af murstenene i det nye byggeri. Ressourcekortlægningen fokuserer udelukkende på genbrug af mursten og forudsætter, at miljøscreening og evt. miljøsanering af bygningen er på plads.

Vi udarbejdede en ramme for rådgivning afhængigt af, om murstenene skulle genbruges i et konkret byggeri (Tabel 1, Model A), eller om de skulle opsamles og sælges til andre byggeprojekter (Tabel 4, Model B).

Ressourcekortlægningens trin 1 består af en forventningsafstemning med bygherre, hvor det afklares, hvordan bygherre forventer, at murstenene skal anvendes. Herefter gennemgås bygningen, og der udføres en totalopgørelse af mursten i bygningen.

I gennemgangen af bygningen vurderes murstenenes egnethed til ud fra murværkets beskaffenhed. Samtidig vurderes bygningen i forhold til nedrivning, og hvordan man kan få flest muligt mursten ud af en nedrivning. Resultatet af kortlægningen er en mængdemæssig samt økonomisk opgørelse af værdierne i bygningen.



Figur 11: Ressourcekortlægning kommer før design af proces

Ressourcekortlægningens trin 2 omhandler design af proces for nedrivning, sortering og oparbejdning. Her udarbejdes økonomiske scenarier for mængder efter nedrivning baseret på forskellige nedrivningsmuligheder, og der gives anbefalinger til nedrivningsmetoder.

Scenarier for grovsortering angiver besparelser på transport.

I trin 3 beskrives proces for rensning, videre behandling og CE-mærkning af mursten.

Samtidig indeholder ressourcekortlægningen anbefalinger til, hvordan bygningen designes, så man får størst mulig udnyttelsesgrad af murstenene, eksempelvis ved at anvende forbandter, hvor der indgår halve mursten, anvendelse af mursten til gulve etc.

Ressourcekortlægning af murværk medfører, at man får dialogen ind forud for selve projekteringen og udarbejdelse af udbud. Hermed igangsættes en problemafkklaringsfase, der starter med kortlægning og så opstår løsningerne herefter. Derved får man den største værdi ud af de bygninger, der skal nedrives. Det er udfordrende at få værdierne ud af bygningen, når udbudet først er vundet af en nedrivningsvirksomhed.

En forudgående problemafkklaringsfase bidrager til at udrydde myter og udstyrer bygherre med nogle redskaber, når han skal arbejde videre med alle de forskellige interessenter i det konkrete byggeprojekt, hvor der er mange forskellige aktører, der skal forberedes og vejledes.

5.2.2 Plan for udrulning

Udgangspunktet for udrulning af grovsortering og deraf følgende opsamlingssteder var at opnå et bred regional dækning. Det lykkedes os at få indledt samarbejder med en række kommuner på henholdsvis Sjælland, Nordvestfyn og Midtjylland. I Nordjylland havde vi forud for projektet indledt et partnerskab med et offentligt affaldsselskab. Derved var projektet bredt funderet regionsmæssigt, og grovsorteringen kunne bidrage til at øge indsamlingsradius i de givne regioner.

Projektet arbejdede med planer for udrulning for henholdsvis model A og B (Se beskrivelse af modellen i tabel 4).

Udrulningsplan for model A

I model A, hvor kommunerne ønsker at genbruge mursten fra en eller flere konkrete nedrivninger i et nyt byggeri arbejdede vi med en totrinsraket, hvor grovsortering kan være 1. trin til etablering af egentlige produktionsenheder, hvis der er udsigt til flere nedrivninger i den givne kommune eller på regionsbasis.

Et eksempel på et Model A-projekt er byggeprojekter udledt af TRUST-projektet i Københavns Kommune, hvor kommunens projekter omfatter udvidelse, ombygning og renovering af eksisterende skoler, fritidshjem og daginstitutioner, herunder også nedrivning af eksisterende skoler. Helt konkret har Gamle Mursten været involveret i projektet omkring Damhusengens Skole i Vanløse siden projektopstart.

Da der er flere sideløbende projekter, og da kommunen ønsker at genbruge egne mursten i flere af de nye projekter, giver det mening med et grovsorteringsanlæg i kommunen og på sigt et egentlig oparbejdningssted. I denne model kan grovsortering dermed være en driver for et permanent oparbejdningssted i kommunen.

Vi har i projektperioden arbejdet med flere modeller med Københavns Kommune og forventer en egentlig aftale efter projektets afslutning.

Udrulningsplan for model B

For model B, hvor kommuner ønsker at etablere opsamlings- og/eller oparbejdningssteder for genbrug af mursten gennem cirkulære forretningsmodeller, vil grovsorteringsanlæggene forbedre totaløkonomien i de cirkulære byggeprojekter, hvor bygherre ønsker at genbruge mursten fra egne byggerier i det nye byggeri. De mobile grovsorteringsanlæg vil bidrage til at øge indsamlingsradius af mursten for de enkelte produktionsenheder.

Et eksempel på en kommune, der ønsker at etablere en cirkulær forretning inklusive jobskabelse for udsatte ledige er Middelfart Kommune. I kommunen skal 3-4 nedrivningsvirksomheder samles om at håndtere byens nedrivninger, der omfatter flere kondemnerede ejendomme. Grovsortering af materialet inden håndtering i Svendborg vil være første skridt på vejen mod integrering af processer for håndtering af teglfraktionen før en egentlig etablering af fabrik i Kommunen. Vi forventer, at der vil være etableret en fabrik i Middelfart i sommeren 2020.

Tabel 5: Oversigt over kommuner projektet har været i dialog med

Kommune	Indledende møder	Ressourcekortlægning af konkret projekt	Indledt for-handlinger om grovsortering	Ønsker at etablere produktion	Underskrevet aftale om	Påbegyndt indsamling fra genbrugsplads
Middelfart	X	X	X	X	Grovsortering	X
København	X	X	X	X		X*
Hjørring/Brønderslev	X	X	X	Etableret	Produktion	X*
Oslo	X	X	X	X		
Bornholm	X		X	X		
Skanderborg	X			X		
Herning	X					
Næstved	X					
Kolding	X					
Randers	X					
Fredericia	X					X*

*Fredericia, Hjørring/Brønderslev og Københavns Kommune indsamlede allerede mursten til genbrug fra kommunens genbrugsstationer forud for projektopstart.

Vi har erfaret, at processerne omkring etablering af partnerskaber med offentlige partnere er tidskrævende og at kommunerne befinder sig på meget forskellige parathedsstadier. Vi må konstatere, at projektperioden på et år har været for kort til at få etableret egentlige aftaler, da det er politiske beslutninger, der skal tages i kommunerne, og processerne omkring politiske beslutninger er omfattende. Det til trods, har projektet fået en aftale på plads med Middelfart Kommune og fået skabt et fundament for aftaler i flere kommuner, som det fremgår af ovenstående tabel. Udover fabrikken i Middelfart forventer vi at etablere 5-6 fabrikker i en partnerskabsmodel over de næste 5-6 år.

5.3 Udvikling af app og formidling

Formålet med at udvikle en app var at udvikle nogle indhold og services, der imødekommer de barrierer som nedrivere og bygherrer har påpeget omkring genbrug af mursten.

Vi igangsatte en indledende research af, hvilke apps der allerede var i markedet. Vi erfarede, at det primært er indsamlingsapp's, der dominerer markedet både nationalt og internationalt – enten i form af åbne platforme til fordeling af sten, jord og andre overskydende byggematerialer eller app's der er målrettet indsamling af husholdningsaffald. Vi udarbejdede en bruttoliste, over ønsker til app'ens funktionalitet, kontaktede app-firmaer og holdt indledende møder for at få overblik over udviklingsmuligheder inden for eksisterende budget.

I vores analyser og forarbejder med app'ens indhold så vi et stort potentiale i app'ens formidlingspotentiale, men måtte vælge at skrinlægge aktiviteten, da udviklingsomkostningerne var for høje i forhold til det planlagte budget.

Målet med at udvikle en app var at formidle muligheder, fordele og instruktioner i forbindelse med genbrug af mursten. Forarbejdet til denne formidling kunne overføres til arbejdet med etablering af partnerskaber samt i konceptet for ressourcekortlægningen.

Vi valgte i stedet en mere målrettet indsats i formidlingen af projektet. Først og fremmest gennem udviklingen af konceptet for ressourcekortlægning, hvor vi så igennem nøgleprojekter som Damhusengens Skole og i vores opsøgende arbejde hos kommunerne har præsenteret muligheder, fordele og instruktioner til ressourceeffektivitet i genanvendelse af teglfraktionen.

Derudover har vi præsenteret udviklingsarbejdet på KTC's konference for Natur & Miljø i Herning, i Netværk for Bæredygtig Erhvervsudvikling NordDanmark samt deltaget i paneldebat for DAKOFA på Building Green.

Dette kapitel har gennemgået aktiviteter og resultater fra projektets tre spor: Udvikling af grovsorteringsanlæg, strategioplæg med kommuner, information om tilvejebringelse af råvarer via app. I det næste kapitel vil vi vurdere projektets resultater ud fra de succeskriterier for projektet, der blev opstillet i projektbeskrivelsen.

6. Opsummering og konklusion

Dette projekt har haft til formål at knække koden i forhold til at få øget adgang til de store mængder af mursten, der hvert år knuses samt imødekomme en række af de barrierer for genbrug af mursten, der er listet op i Trafik- og Byggestyrelsens rapport 'Barrierer og muligheder for genbrug af mursten'

Barriererne fra Trafik- og Byggestyrelsens rapport kan opsummeres i følgende punkter:

1. Transportafstande mellem nedrivning og oparbejdningssted
2. Besværligt at nedrive til genbrug på grund af pladsmangel
3. Manglende erfaring / viden hos nedriver omkring nedrivningsmetoder og muligheder- resourcekortlægning gør, at vi kan komme med præcise vejledning
4. Manglende viden hos byggeherrer / kunder omkring anvendelse, leveringssikkerhed, kvalitetskrav

For at minimere disse barrierer opsatte vi i projektbeskrivelsen en række succeskriterier, der skulle være styrende for projektets fremdrift. Disse succeskriterier fremgår af nedenstående tabel 6.

Midlet til at nå målene har været dels at udvikle en teknologi, der kunne imødekomme barrierer omkring transport, pladsmangel og dels etablering af partnerskaber, der kunne foranledige øget viden omkring mulighederne for genbrug af mursten, herunder også nedrivningsmetoder etc. I det følgende vil vi gennemgå, i hvilken grad projektet har opfyldt succeskriterierne og imødekommet de oplistede barrierer.

TABEL 6: Succeskriterier

Projektets mål og konkrete bidrag	Succeskriterier	Projektets mål for resultater og leverancer	Realiseret i projektet
Udvikling af grovsorteringsanlæg	Ressourceoptimerende teknologi til mobilt teglsorteringsanlæg er udviklet og patenteret	Mængden af tegl til genbrug er øget Transportafstande til nedrivning er mindsket	Anlæg er udviklet med i funktion. Det er ikke muligt at patentere, da udviklingen bygger videre på kendt teknologi. Transport af affald vil blive minimeret, da primært materiale egnet til oparbejdning bliver transporteret. Transportafstande til nedrivning vil blive minimeret i takt med, at de lokale aftaler træder i kraft post-projekt

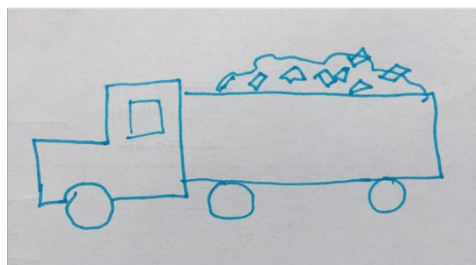
Projektets mål og konkrete bidrag	Succeskriterier	Projektets mål for resultater og leverancer	Realiseret i projektet
Strategi og samarbejdsaftaler	Samarbejde om lokale strategier for genbrug af tegl og etablering af anlæg	Der er etableret aftaler i alle regioner omkring strategi for genbrug af tegl mhp. opsætning af anlæg	Der er etableret aftaler på Nordvestfyn og i Nordjylland og der pågår forhandlinger om de øvrige regioner
APP og Formidling	Formidlingsmateriale målrettede målgrupper er udarbejdet	APP udviklet Materialer til alle aktører i regionerne	Aktivitet om APP blev annulleret – godkendt af MST Der er udviklet et koncept for ressourcekortlægning, der formidler potentialer og ruster bygherre bedre til udformning af ressourceeffektive udbud

6.1 Succeskriterie 1: Udvikling af ressourceoptimerende teknologi

Udviklingen af anlæg til grovsortering af teglfraktionen imødekommer barriere 1 og 2, der omhandler transportafstande og pladsmangel. Et argument mod genbrug af mursten er, at store transportafstande kan gøre det urentabelt og besværligt at transportere murbrokkerne mellem nedrivning og oparbejdning. Da brænding af mursten er CO₂-intensivt kan man imidlertid transportere murbrokkerne forholdsvis langt, før CO₂-regnskabet går i 0, men transportomkostningerne er en barriere for både bygherre, nedrivere og oparbejdere.

UPCYCLING AF MURSTEN

BEREGNINGER AF MILJØKOSTNINGER VED TRANSPORT



CO₂-forbrug for lastbil med last over 20 ton: 882 g CO₂/km
(Kilde: transportweb.dk)

Regnskab for usorteret materiale:

Lastbil med usorteret materiale = 3.000 mursten
3.000 mursten = 1.500 kg sparet CO₂

Ergo skal man køre 1.700 km for at CO₂-regnskabet går i 0

Regnskab for grovsorteret materiale:

Lastbil med grovsorteret materiale = 10.000 mursten
10.000 mursten = 5000 kg sparet CO₂

Ergo skal man køre 5.669 km for at CO₂-regnskabet går i 0

Figur 12 scenarier for transportomkostninger

En bred geografisk dækning er ét middel til at imødekomme barrierer omkring transport. Et andet middel er at effektivisere transporten, således at man transporterer mest muligt værdi pr læs. Projektet har arbejdet med at etablere grundlaget for at skabe både en bredere geografisk dækning af oparbejdere samt at effektivisere transporten gennem grovsortering af materialerne.

Grovsortering har flere fordele. Transportomkostningerne mindskes væsentligt, hvis man på baggrund af en grovsortering kun transporterer de mursten, der rent faktisk skal genbruges. Samtidig letter det prissætningen af materialet, da det gør det lettere at estimere værdien af råvarer, når man bedre kan vurdere kvaliteten af råvarer. Det har indtil nu været en udfordring at prissætte råvarer forud for nedrivning, da materialet kan blive beskadiget under nedrivningsprocessen. Ved grovsortering garanteres, at det hovedsageligt er kvalitet, der transporteres til oparbejdning.

Barrieren omkring pladsmangler på nedrivningspladsen resulterer i, at mursten i nedrivningsprocessen bliver anvendt som bunddække og kørt i stykker, da det så ikke optager plads i nedrivningsperioden. Affaldet skal skrubes sammen og affaldsbehandles efterfølgende. Ved grovsortering på selve nedrivningspladsen bliver det muligt at frasortere det brugbare materiale, som hurtigt kan køres bort. Det resterende kan forblive på pladsen og bruges aktivt til opfyldning af kældre mv., som det er praksis i dag. Det ikke-genbrugsegne teglaffald kan derved blive på pladsen og nyttiggøres lokalt. Det betyder, at håndteringen på nedrivningspladsen ressourceoptimeres. Her har projektet udviklet en model for ressourcekortlægning af teglfraktionen, der tydeliggør de iboende værdier i de nedrivningsmodne bygninger.

Vi havde flere projekter i spil i løbet af projektperiodens sidste del, hvor vi skulle afprøve anlægget på konkrete nedrivninger, men det lykkedes ikke at få en konkret aftale i stand. I stedet måtte vi fokusere på at køre grundige test med forskellige kvaliteter af teglfraktioner på pladsen og på at forberede nye aftaler, da vi mangler at køre test med de helt dårlige kvaliteter, hvor den selektive nedrivning er lykkedes knap så godt.



Figur 13: Eksempel på nedrivning, hvor fraktionerne er blandet

Vi kan konkludere, at vi har udviklet en teknologi, der kan optimere udnyttelsen af teglfraktionen ved nedrivninger og minimere transportomkostninger og CO₂-udledning ved transport. Anlægget kan ikke patenteres, da udviklingen bygger på kendt teknologi. Fordelen ved at optimere en kendt teknologi til teglfraktionen er, at det vil være mere enkelt at opskalere markedet for grovsortering, fordi anlægget allerede er i produktion.

Udviklingen af anlægget giver afledte positive effekter i rensningen af mursten, da kvaliteten af de materialer, der skal køres igennem rensprocessen er højere qua forsorteringen. Når materialerne er forsorteret, produceres der 25% mere i produktionen af færdige mursten.

6.2 Succeskriterie 2: Samarbejde om lokale strategier for genbrug af tegl og etablering af anlæg.

Etablering af lokale strategier for genbrug af tegl og etablering af anlæg imødekommer barrierer 1 og 4, der omhandler transportafstande og manglende viden hos bygherre.

I projektet har vi indledt dialog med offentlige partnere og har tilstræbt en bred geografisk dækning. Vi har i projektperioden indledt samarbejder med 4-5 kommuner på henholdsvis Sjælland, Fyn og Midtjylland. Aftalerne er på forskellige stadier, fordi kommunerne befandt sig på forskellige parathedsstadier.

Strategierne med kommunerne indeholder en række trin alt afhængigt af kommunens parathedsstadie, fx indsamling af mursten fra genbrugsstationer, konkrete nedrivningsprojekter der skal indgå i et closed loop,

Ved projektets afslutning var der etableret en aftale om grovsortering af materialer i Middelfart Kommune, der var etableret en fabrik i Nordjylland, der var forhandlinger med Københavns Kommuner om grovsortering af materialer fra skoleprojekter i Kommunen, hvor det var besluttet, at mursten fra nedrivninger skulle indgå i et closed loop i skoleprojekterne.

I vores dialog med kommunerne var målet at anskueliggøre den række af muligheder der opstår, når man vælger at anse murværket i nedrivningsegnete bygninger som en ressource frem for affald. Og forsortering er en af mulighederne. Derfor imødekommer samarbejdet omkring lokale strategier for genbrug af tegl og etablering af anlæg også barriere 4 – manglende viden hos bygherre/kunder omkring anvendelse, sikkerhed og kvalitetskrav. Det gør det fordi, kommunerne i deres rolle som bygherrer bliver bevidste om hvilke forholdsregler der skal tages for at kunne genbruge mursten i det givne byggeri. Det faktum, at Gamle Mursten inddrages tidligt i processen med vejledning, og at bygherre stiller krav i udbudsmaterialet øger succesraten markant.

Når bygherre begynder at kunne se værdi i murstenene øges incitamentet for at stille krav til nedrivningen, og nedrivningsprocessen kan optimeres, så der kommer flest mulige ressourcer ud.

6.3 Succeskriterie 3: Formidlingsmateriale målrettet målgrupper udarbejdet

Målet i projektet var at udvikle en app, der kunne formidle muligheder, fordele og instruktioner i forbindelse med genbrug af mursten. I vores analyser og forarbejder med app'ens indhold så vi et stort potentiale i app'ens formidlingspotentiale, men desværre skrinlægge aktiviteten, da udviklingsomkostningerne var for høje i forhold til det planlagte budget.

Det betød, at vi ikke kunne nå så bredt ud med formidling omkring muligheder og behov for kortlægning af nedrivninger, håndtering af nedrivninger og ressourcer, som vi havde forventet forud for projektet.

Fokus blev i stedet på en målrettet indsats i formidlingen af projektet gennem udviklingen af konceptet for ressourcekortlægning af murværk, hvor vi igennem nøgleprojekter som Damhusengens Skole og i vores opsøgende arbejde hos kommunerne har præsenteret muligheder, fordele og instruktioner til ressourceeffektivitet i genanvendelse af teglfraktionen.

Vi har arbejdet intensivt med udviklingen af konceptet for ressourcekortlægning af murværk med tilhørende anbefalinger til nedrivningsmetoder og design af murværk, som vi kan anvende i formidlingsarbejdet fremadrettet.

Derudover har vi præsenteret udviklingsarbejdet på KTC's konference for Natur & Miljø i Herning, i Netværk for Bæredygtig Erhvervsudvikling NordDanmark samt deltaget i paneldebat for DAKOFA på Building Green.

7. Perspektivering

Projektet ressourceoptimering i genanvendelse af affald har øget incitamentet hos kommunerne for at tænke i cirkulære løsninger.

7.1 Vurdering af udbredelsesmuligheder

I forlængelse af regeringens strategi for cirkulær økonomi er indgået en aftale om en række tiltag, der har til hensigt at skubbe til Danmarks omstilling til den cirkulære økonomi.⁸ Som en del af aftalen skal der oprettes et antal cirkulære kommuner, der skal fungere som forsøgs-kommuner, der skal afprøve cirkulære løsninger i praksis.

Det er tiltag som disse samt en generel bevægelse i kommunerne i retning af at have en mere cirkulær tilgang til egne ressourcer, som Gamle Mursten skal gribe i den kommende tid.

Vi forventer, at grovsortering på den ene side kan resultere i en øget tilgang til råvarer, da grovsortering kombineret med ressourcekortlægning forenkler prissætningen af råvarerne, fordi det bliver nemmere at forudse kvaliteten af de råvarer, der kommer ud af de konkrete nedrivninger.

Grovsorteringsteknologien vil være en driver for etablering af mere permanente opsamlingssteder, og den vil bidrage til at udvide indsamlingsradius for de enkelte opsamlingssteder.

Grovsortering kan resultere i en optimering i transporten af råvarer. Sortering af teglfraktionen gør, at man kun transporterer det teglaffald, der kan oparbejdes til genbrug. Derudover effektiviseres transporten også, da grovsortering muliggør at man kan koordinere flere nedrivninger og samle dem til transport, så lastbiler ikke kører halvt fyldte.

Vi forventer at etablere 5-6 fabrikker over de næste 5-6 år. I sommeren 2020 vil der være etableret endnu en fabrik på Fyn. Hver fabrik vil resultere i ca. 10 nye arbejdspladser, hvor de fleste vil være jobs for udsatte ledige i tråd med Gamle Murstens nuværende forretningsstrategi.

Grovsortering kan dog også komplicere strukturerne på markedet. I løbet af projektet er vi stødt på nye indsigter omkring håndtering af restprodukterne, der gør det svært at vurdere løsningsens kommercielle muligheder, hvilket vil blive redegjort for i de følgende to afsnit.

I løbet af projektperioden har Gamle Mursten oplevet et stigende antal henvendelse fra kommuner og offentlige bygherrer, der ønsker at anvende egne mursten i nye byggeprojekter, enten på matriklen eller til andre projekter i kommunen, og det gør os optimistiske i forhold til teknologiens potentiale i markedet på sigt.

7.2 Nye produkter/løsninger lanceret på markedet

Grovsorteringsløsningen kan medføre en disruption af markedet for genanvendelse af tegl.

Når man forsorterer teglfraktionen på nedrivningspladsen, fås en højere kvalitet af den fraserede teglfraktion til genbrug, imens de mængder der ikke er egnet til genbrug kan gå til andre former for genanvendelse og ikke skal transporteres unødigt.

⁸ https://mfvm.dk/fileadmin/user_upload/MFVM/Miljoe/Cirkulaer_oekonomi/Politisk_aftale_om_udmoentning_af_pulje_til_Strategi_for_cirkulaer_oekonomi.pdf

Det kræver imidlertid, at der skal udvikles løsninger for de materialer, der er tilbage, dvs. restfraktionen af mørtelsand, store teglklumper etc.

Da der er tale om tilpasninger af et anlæg, der allerede findes på markedet, vil det ikke være muligt at søge patent på anlægget, hvilket var et af succeskriterierne i projektoplægget.

7.3 Udfordringer

Markedet for genanvendelse af restfraktioner fra grovsortering er stadig under udvikling, hvilket gør det svært at vurdere, om der vil opstå nye barrierer for genanvendelse af teglaffald. Når teglfraktionen forsorteres, resulterer det i nogle mere ensartede fraktioner af henholdsvis hele og halve mursten, større murværksklumper, mindre murstensstykker, mindre betonklumper og mørtelsand med en kornstørrelse på 0-80 mm.

I vores dialog med kommunerne har vi imidlertid erfaret, at mørtelsandet i kornstørrelse 0-80 i nogle kommuner deklarerer som deponeringseget affald, da disse materialer ikke er omfattet af restproduktbekendtgørelsen og derfor skal have en tilladelse for kommunen, hvis de skal nyttiggøres.

Hvis mørtlen ikke udsorteres, men knuses med teglen deklarerer det ikke som deponeringsegnet, og denne skelnen kan medføre, at restmaterialet bliver dyrere at komme af med. Som reglerne er nu, skal der søges om tilladelse til nyttiggørelse af denne fraktion, hvis det ikke er direkte egnet.

Det kan i sidste ende betyde, at virksomheder der nyttiggør mursten kommer til at betale en høj pris for murstenene, fordi det bliver dyrt for nedriverne at komme af med restfraktionen, hvis den ikke blandes op med tegl. Dette dilemma vil kunne komplicere samarbejdet med nedrivningsfirmaerne, hvilket er stik mod hensigten med projektet.

Hvis mursten anvendes som den rene del af materialet til fortynding af de mindre rene, vil adskillelse af materialerne (mursten/mørtel og beton) muligvis have den effekt, at fortynding ikke længere er muligt. En bedre sortering af teglfraktionen kan så betyde, at der skal fokus på bedre nedrivning og adskillelse.

Der kan dermed opstå en del barrierer, som er svære at forudse. Hvis der ikke er et lovmæssigt krav om at mursten skal udsorteres, kan restfraktioner blive dyrere at komme af med. Uden en lovregulering, er grovsorteringsløsningen muligvis kommet før markedet er klar, hvilket gør det svært at vurdere, om grovsortering af teglfraktionen vil være en succes i markedet, hvis der ikke udvikles løsninger til de resterende fraktioner.

Ressourceoptimering i genanvendelse af teglaffald

Projektet har arbejdet med ressourceoptimering i forhold til nyttiggørelse af teglaffald. Projektet har haft to spor. Dels et spor for teknologisk udvikling og dels et spor, der underbygger forretningsudvikling og opbygning af partnerskaber i forhold til udbredelse af teknologien.



Miljøstyrelsen
Haraldsgade 53
2100 København Ø

www.mst.dk