



Miljø- og
Fødevareministeriet
Miljøstyrelsen

Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten

Miljøprojekt nr. 1904

November 2016

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Jørgen Jordal-Jørgensen (COWI)

Jesper Karup Pedersen (COWI)

ISBN: 978-87-93529-42-7

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling. 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

Forord	5
Konklusion og sammenfatning	6
1. Indledning	10
2. Scenariebeskrivelser	11
2.1 Scenarierne	11
2.2 Scenarie A.....	12
2.3 Scenarierne B og C.....	13
3. Potentialet for genbrug af mursten	14
3.1 Datakilder.....	14
3.2 Metode.....	15
4. Økonomiske data for teknologier	19
4.1 Datakilder for omkostningsvurderinger	20
4.2 Produktion af nye mursten.....	20
4.3 Sortering og rensning af mursten	21
4.4 Nedknusning af byggemateriale.....	22
4.5 Vejfyld/grus.....	22
5. Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten	23
5.1 Generel samfundsøkonomisk metode.....	23
5.1.1 Centrale forudsætninger i den samfundsøkonomiske analyse	24
5.1.2 Usikkerhed	26
5.1.3 Allerede afholdte investeringer	26
5.1.4 Den funktionelle enhed.....	26
5.2 Transport.....	26
5.3 Produktionsomkostninger.....	27
5.3.1 Indtægter ved sparet køb af grus.....	28
5.3.2 Eksterne omkostninger.....	28
5.3.3 Afgiftsprovener.....	29
5.4 Samfundsøkonomisk vurdering	29
5.5 Følsomhedsanalyse.....	34
5.6 Konklusion	37
6. Forretningsmodeller	38
6.1 Indledning.....	38
6.2 Metode.....	38
6.3 Analyse	39
6.4 Værdikæde	39
6.5 Barrierer, muligheder og erfaringer.....	40
6.5.1 Mængder.....	40
6.5.2 Manglende regulering.....	41
6.5.3 Priser.....	41
6.5.4 Kvalitet	42
6.5.5 Erfaringer fra andre lande	43
6.6 Konklusion	43

7. Perspektivering	45
7.1 Perspektivering af det samfundsøkonomiske resultat	45
7.2 Er der efterspørgsel efter de brugte mursten?	45
7.3 Hvad er de største barrierer for øget genbrug?	46
7.4 Kan man arrangere sig anderledes og derved gøre genbrug mere hensigtsmæssig/fordelagtig?	47
7.5 Er der erfaringer fra andre lande?	47
7.6 Manglende regulering.....	47
7.7 Stordriftsfordele.....	48
Referencer	49
Bilag 1: Spørgeguide til interview til hovedundersøgelse	51
Bilag 2: Anvendte afgifter	53
Bilag 3: Beregning af eksterne omkostninger	54
Bilag 4: Dataindsamling og datakilder	55
Bilag 5: Beregning af det samfundsøkonomiske resultat med mere eksklusive mursten	57
Bilag 6: Supplerende interviewundersøgelse	60
Bilag 7: Interviewguide, supplerende undersøgelse	68
Bilag 8: Interviewede personer	74

Forord

Denne rapport præsenterer en samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten. Den er gennemført 2014-2016 af COWI A/S på vegne af Miljøstyrelsen (*data er dog langt overvejende indsamlet i 2014*). Den er begrundet i regeringens mål om at gøre Danmark mere ressourceeffektivt.

Udgangspunktet for den gennemførte samfundsøkonomiske analyse er murstensaffald og dets videre nyttiggørelse. Der er foretaget en sammenligning af forberedelse af mursten til genbrug i nybyggeri med nedknusning af mursten og anvendelse som erstatning for andre materialer til vejfyld eller opfyldning i forbindelse med andet anlægsarbejde.

Miljøstyrelsen har besluttet, at der skal foretages en analyse af de samme tre scenarier, som er anvendt i en tidligere udarbejdet livscyklusbaseret miljøvurdering af genbrug af mursten (Miljøprojekt nr. 1512).

Den samfundsøkonomiske analyse belyser fordele og ulemper for samfundet som helhed og indeholder de samfundsøkonomiske konsekvenser for alle samfundets borgere. Desuden er der udarbejdet en budgetøkonomisk analyse, der opgør forskelle i de monetære indtægter og udgifter for de forskellige aktører herunder staten.

Til projektet har været tilknyttet en styregruppe, som har bestået af følgende medlemmer:

- Anne-Sofie Nielsen (Miljøstyrelsen);
- Robert Heidemann (Miljøstyrelsen);
- Birgitte Lange Smith (Miljø- og Fødevareministeriets departement);
- Jan Graversen (Miljø- og Fødevareministeriets departement);
- Dorte Hvid-Jacobsen (Rambøll-tovholder);
- Jørgen Jordal-Jørgensen (COWI-projektleder);
- Jesper Karup Pedersen (COWI).

Udover styregruppen har der været tilknyttet en følgegruppe der har kommenteret på udkast til rapport. Følgegruppen har bestået af følgende medlemmer:

- Morten Buus (Energistyrelsen)
- Mads Enslev Vestergård (Finansministeriet)
- Anders Christian Schmidt (Force)

Miljøstyrelsen,
Oktober 2016

Konklusion og sammenfatning

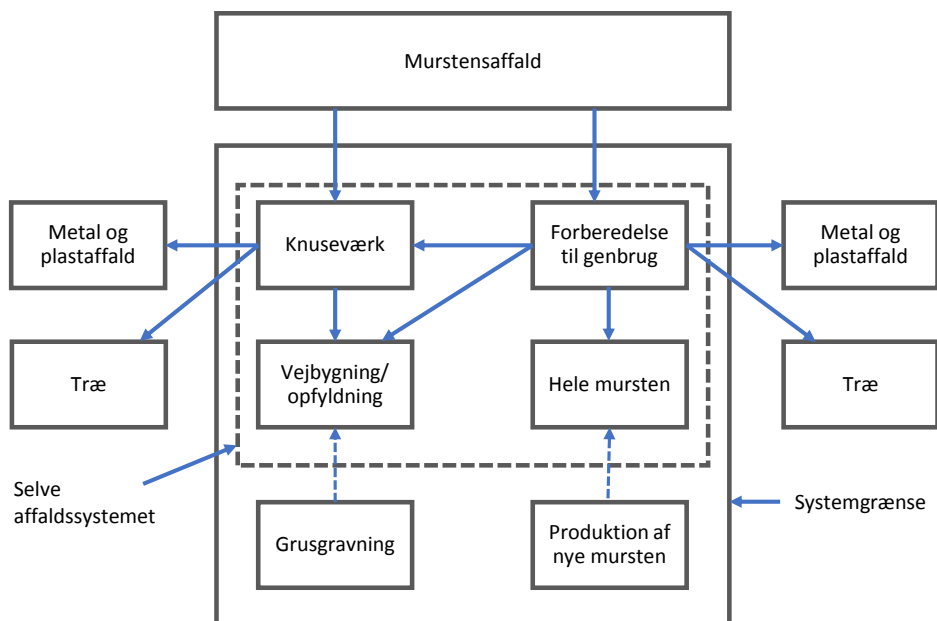
Det er regeringens mål, at Danmark bliver mere ressourceeffektivt. Et af fokusområderne i den forbindelse er bygge- og anlægsaffald. Det er derfor besluttet, at der skal igangsættes en række projekter, der skal behandle og udrede emner inden for bygge- og anlægsaffald. Det er besluttet at undersøge fordele og ulemper ved nye behandlingskrav inden for specifikke områder, hvor der ud over de miljømæssige hensyn fokuseres på samfundsøkonomiske hensyn.

I denne rapport, der er udarbejdet af COWI A/S, præsenteres en samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten, med henblik på at vurdere om der er grundlag for evt. at fastsætte behandlingskrav om genbrug af gamle mursten. Analysen bygger på en i 2013 udarbejdet livscyklusbaseret miljøvurdering af genbrug af mursten (Miljøprojekt nr. 1512).

Metode

Udgangspunktet er murstensaffald, som enten kan sendes til oparbejdning hos et firma eller til knusning på et knuseværk. Murstensaffaldet kommer fra nedrivninger. Hos virksomheden "Gamle Mursten" bliver det sorteret ved en kombination af mekanisk (vibrering) og manuel sortering. Efter sortering vil der være en fraktion, som ikke er anvendelig til genbrug, såsom mørtel, sand og beton. Denne fraktion sendes til et knuseværk, som fremstiller materiale, der kan anvendes til vejfyld, eller fyldmateriale ved andre anlægsarbejder. Ikke-forurenede murstensaffald må ifølge restproduktbekendtgørelsen uden tilladelse og efter forarbejdning anvendes som erstatning for primære råstoffer.

I Figur 0-1 er vist systembeskrivelsen, som tager udgangspunkt i murstensaffaldet. De fuldt optrukne pile mellem processerne indikerer transport. I den samfundsøkonomiske analyse er medtaget de effekter, som er inden for den fuldt optrukne boks. Behandling af fraktioner som metal og plastaffald samt træaffald medtages ikke i analysen, idet genanvendelse af disse fraktioner ikke påvirkes af om murstenene knuses eller genbruges.



FIGUR 0-1-1 SYSTEMBESKRIVELSE

Den samfundsøkonomiske analyse er udført som en cost-benefit analyse, hvor de økonomiske konsekvenser er opgjort i forhold til beslutningen om genbrug af gamle mursten eller nyttiggørelse ved nedknusning af mursten og anvendelse af dette som erstatning for andre materialer til vejfyld eller opfyldning i forbindelse med andet anlægsarbejde.

Der er regnet på tre scenarier:

- Scenarie A: 100 % anden materialenyttiggørelse af mursten (nedknusning);
- Scenarie B: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for facadesten, øvrigt til materialenyttiggørelse som i scenarie A (nedknusning);
- Scenarie C: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for bagsten, øvrigt murstensaffald til materialenyttiggørelse som i scenarie A (nedknusning).

Scenarie A er tæt på den situation, der eksisterer i dag, hvor kun en meget lille andel af mursten bliver genbrugt og kan derfor betragtes som basissituationen. Scenarie B og C kan betragtes som eksempler på scenarier med mere udbredt genbrug af mursten, som følge af et eventuelt behandlingskrav til murstensaffald.

Den samfundsøkonomiske analyse er udarbejdet i overensstemmelse med Miljø- og Fødevarerministeriets vejledning på området (Miljøministeriet, 2010).

Resultater og konklusion

Samfundsøkonomisk analyse

Den samfundsøkonomiske analyse indeholder produktionsomkostninger og transportomkostninger. Produktionsomkostninger vil enten være relateret til knusning af murstensaffald, produktion af nye mursten eller forberedelse til genbrug af gamle mursten. Desuden er energiforbruget, som indgår i de enkelte processer, samt de eksterne effekter medregnet, i det omfang det har været muligt at værdisætte disse. Med eksterne effekter menes klimaeffekt, skadevirkning af luftforurening, støj, uheld, trængsel og infrastruktur. De eksterne effekter opdeles i nationale og internationale effekter.

Beregningerne viser, at når genbrugssten erstatter maskinsten og blødstrøgne standardsten, så er det mere fordelagtigt at nedknuse murstensaffald fremfor at genbruge mursten. Selv om der er en betydelig miljøgevinst ved at erstatte nye mursten med genbrugte mursten, så opvejes denne gevinst af de relativt høje lønomkostninger, der er forbundet med genbrug af mursten.

Følsomhedsanalyserne viser dog, at lønomkostningerne, kvaliteten af murstensaffaldet og kapacitetsudnyttelsen ved forberedelse til genbrug kan have betydning for samfundsøkonomien. I tilfælde af mere ensartet murstensaffald, så alle eller næsten alle sten kan anvendes til facadesten, kan det være mere fordelagtigt at rense stenene til genbrug, fremfor at nedknuse dem til genanvendelse.

Undersøgelsen har imidlertid også vist, at der er et potentiale for at lade genbrugssten erstatte mere eksklusive blødstrøgne sten og håndstrøgne sten. Derfor er der gennemført en supplerende samfundsøkonomisk analyse, hvor genbrugssten erstatter mere eksklusive sten. Denne supplerende analyse præsenteres i Bilag 5, mens den til grund herfor supplerende interviewundersøgelse præsenteres i Bilag 6. Den supplerende analyse viser, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at lade genbrugssten erstatte disse mere eksklusive typer af sten. Grunden til, at det er mere rentabelt, er, at de eksklusive mursten er dyrere og kræver mere energi at fremstille i forhold til standard blødstrøgne mursten. Derfor kan der spares mere, når man erstatter de mere eksklusive mursten med genbrugssten.

Forretningsmodel

Viden om afsætningsmulighed og sikkerhed for afsætningsmulighed til en fordelagtig pris er afgørende for, om nedriverne er interesserede i at udsortere mursten til genbrug. Omkostninger til transport og afhændelse og til ekstra sortering og håndtering kan gøre, at det ikke er økonomisk attraktivt for nedriverne.

Ved interviewene er det nævnt, at øget genbrug af mursten kan opnås, hvis nedriverne kan opnå større reduktion i den pris, de skal betale for at komme af med murstensaffald til genbrug, i forhold til at afhænde murstenene til knusning. Når man analyserer de priser, som nedriverne møder i markedet, er der imidlertid ikke basis for at konkludere, at prisen alene er en barriere, idet det koster stort set det samme at aflevere til "Gamle Mursten", som at aflevere til nedknusning. Når prisen alligevel nævnes som en barriere, kan det hænge sammen med, at nedriverne kræver en større kompensation for at nedrive til genbrug end til nedknusning, fordi det koster mere tid. Det kan også skyldes manglende udbredelse eller kendskab til markedet for genbrug af mursten.

Derudover er den manglende CE-mærkning en barriere for efterspørgslen. CE mærket er ikke en kvalitetsmærkning i forhold til en konkret anvendelse, men en garanti for, at stenene må markedsføres. CE-mærkning er betinget af, at der findes en europæisk harmoniseret standard for stenene eller en Europæisk Teknisk vurdering (ETA). Nogle købere er også tilbageholdende med at købe genbrugte mursten, fordi der ikke eksisterer en kvalitetsmærkning.

Følsomhedsanalyserne har vist, at genbrug af mursten kan være samfundsøkonomisk fordelagtigt, hvis man kan koncentrere sig om rensning af mere ensartet murstensaffald. Det betyder, at man med fordel kan målrette sin forretningsmodel mod nedrivning af større bygninger med mere ensartet murstensaffald.

I England foregår der udbredt genbrug af mursten. Grunden er ifølge et engelsk genbrugsfirma, at der er krav om anvendelse af brugte mursten til reparation og vedligehold af de mange gamle bygninger i London. Det giver en stor efterspørgsel efter brugte mursten. Lignende tiltag i Danmark kunne overvejes for at øge efterspørgslen efter genbrugte mursten.

Vurdering af potentialet for nyttiggørelse af gamle mursten

I den nationale ressourceplan 2013 anslås det fulde potentiale for genbrug af gamle mursten til at være ca. 30 mio. sten pr. år¹. Dette skøn baserer sig på data fra virksomheden "Gamle Mursten". Formålet med denne komponent er at fremkomme med en konkret vurdering af potentialet for nyttiggørelse af gamle mursten, for derved at kunne validere det hidtidige skøn.

Beregningen af potentialet er baseret på oplysninger fra Bygnings- og Boligregisteret (BBR)², der vedrører hele bygningsmassen i Danmark. Heraf fremgår bl.a. bygningernes alder, areal, antal etager og materiale anvendt i ydermurskonstruktionen. Oplysningerne fra BBR er blevet suppleret med data fra Danmarks Statistik vedrørende nedrivninger³ i de seneste år. Derudover bygger beregningerne på ekspertskøn om murtykkelse, byggetradition og murstenenes egnethed til genbrug. På baggrund af disse datakilder er det samlede potentiale for genbrug af mursten beregnet til ca. 47,3 mio. mursten per år. Det svarer til ca. 12 % af den samlede produktion af nye mursten i Danmark i dag.

Forbehold

Analysen baserer sig, som allerede nævnt, på projektet "LCA af genbrug af mursten" (Miljøprojekt nr. 1512, 2013) og dets forudsætninger og deraf følgende begrænsninger. Disse er vigtige at holde sig for øje i forbindelse med en tolkning af analysens resultater, hvorfor de skal fremhæves her:

- Murstensaffaldet, som ankommer til oparbejdning på en oparbejdningsstation, indeholder en vis mængde genbrugelige mursten;
- En oparbejdet mursten erstatter fuldt ud, både teknisk og funktionelt, en ny mursten; det gælder for såvel facadesten som bagsten;
- Der er ikke taget højde for forskelle i kvalitet mellem nye mursten og oparbejdede gamle mursten⁴ med hensyn til blandt andet trykstyrke, frostfasthed og vedhæftningsstyrke;
- Der er ikke taget hensyn til de potentielle energibesparelser ved brug af nye mursten fremfor gamle mursten⁵;
- Levetiden af forskellige typer af mursten er ikke inddraget.

I det omfang gamle mursten ikke fuldt ud kan erstatte en ny mursten, vil det betyde, at de resultater der er beregnet i denne rapport, overvurderer gevinsten ved genbrug af mursten. Det gælder for eksempel i det omfang "gamle" mursten har kortere levetid i forhold til nye mursten eller har ringere isolerende effekt end nye mursten.

Det skal i forlængelse heraf understreges, at analysens resultater, ligesom tilfældet var med analysen foretaget i ovennævnte projekt, følgelig kun er gældende for den del af de oparbejdede mursten, der lovligt kan genbruges og markedsføres.

¹ Miljøministeriet: Ressourceplanen, 2013 - Ressourceplanen for affaldshåndtering. København 2013

² For en beskrivelse af indholdet i BBR, se Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2012.

³ Nedrivninger beregnet på baggrund af BYG33 og BYG22 fra Danmarks Statistik, Statistikbanken

⁴ En oparbejdet mursten er det samme som en genbrugt mursten.

⁵ Nye mursten med isolerende hulrum kan have bedre isolerende effekt end gamle massive mursten. Det betyder, at bygninger bygget med "gamle" mursten, kan have højere energiforbrug, end bygninger bygget med nye mursten, alt andet lige.

1. Indledning

Med afsæt i den nationale ressourcestrategi "Danmark uden affald", der blev lanceret i oktober 2013, igangsatte Miljøstyrelsen i juli 2014 et projekt med det formål at få undersøgt, om det er samfundsøkonomisk rentabelt at genbruge mursten i Danmark.

Nærværende rapport redegør for dette projekt, som COWI A/S har gennemført under ledelse af en styregruppe bestående bl.a. af repræsentanter for Miljø- og Fødevareministeriet, og som blev afsluttet i juni 2016.

- Ressourcestrategien opstiller som mål, at Danmark bliver mere ressourceeffektivt, samtidig med at bygge- og anlægsaffald tegner sig for store mængder opgjort i tons. Ifølge Miljøstyrelsen udgjorde den samlede affaldsmængde fra Bygge- og Anlægssektoren 3,6 mio. ton i 2013⁶. Det er derfor nærliggende at undersøge muligheden for, f.eks. ved et ændret behandlingskrav til murstensaffald, at øge andelen af mursten, der genbruges. I denne rapport undersøges dette samt muligheden for at øge genbrug af mursten gennem organisering af indsamlingen på anden vis, eller en mere hensigtsmæssig håndtering og leveringen af mursten end i dag.
- Projektet har haft et overordnet formål og to yderligere, mere konkrete formål.
- Det overordnede formål med projektet har været at udarbejde en samfundsøkonomisk analyse af genbrug af murstensaffald med udgangspunkt i den tidligere gennemførte livscyklus-analyse af genbrug af mursten (Miljøprojekt nr. 1512, 2013). Derved skal analysen bidrage til at kvalificere beslutningsgrundlaget vedrørende en eventuel indførelse af et behandlingskrav for mursten. Den samfundsøkonomiske analyse skal se på nyttiggørelse af murstensaffald ved forberedelse af mursten til nybyggeri sammenlignet med nedknusning af mursten og anvendelse af dette som erstatning for andre materialer til vejfyld eller opfyldning i forbindelse med andet anlægsarbejde. Den skal bestå af en budget- og samfundsøkonomisk analyse og i øvrigt gøre brug af metoder, der baserer sig på Miljø- og Fødevareministeriets vejledning på området (Miljøstyrelsen, 2010). Den skal foretages på de samme tre scenarier og med de samme antagelser, som livscyklus-analysen gjorde brug af.
- Herudover har projektet haft to yderligere formål, nemlig dels at fremkomme med en konkret vurdering af potentialet for nyttiggørelse af gamle mursten, dels at analysere eksisterende forretningsmodeller på området og komme med forslag til nye, alternative forretningsmodeller.
- Rapporten består af i alt 7 kapitler og 6 bilag. Kapitel 2 redegør for de anvendte scenarier, Kapitel 3 vedrører grundlaget for beregningen af potentialet for genbrug af mursten, og Kapitel 4 præsenterer de anvendte økonomiske data. I Kapitel 5 præsenteres den samfundsøkonomiske analyse med fremhævelse af metode og resultater. Kapitel 6 ser på eksisterende og alternative forretningsmodeller, mens Kapitel 7 indeholder en kort perspektivering af projektets resultater. De seks bilag indeholder en spørgeguide, en oversigt over de i forbindelse med beregningerne anvendte afgifter, en beregning af de eksterne omkostninger, en oversigt over de indhentede produktionsdata, en supplerende samfundsøkonomisk analyse af et scenarie, hvor genbrugssten erstatter mere eksklusive mursten, og endelig en præsentation af den supplerende interviewundersøgelse foretaget for at afdække efterspørgslen efter genbrugssten yderligere. Det bemærkes, at data til nærværende projekt langt overvejende blev indsamlet i 2014 og ikke efterfølgende er blevet opdateret.

⁶ Miljøstyrelsens affaldsstatistik, 2013.

2. Scenariebeskrivelser

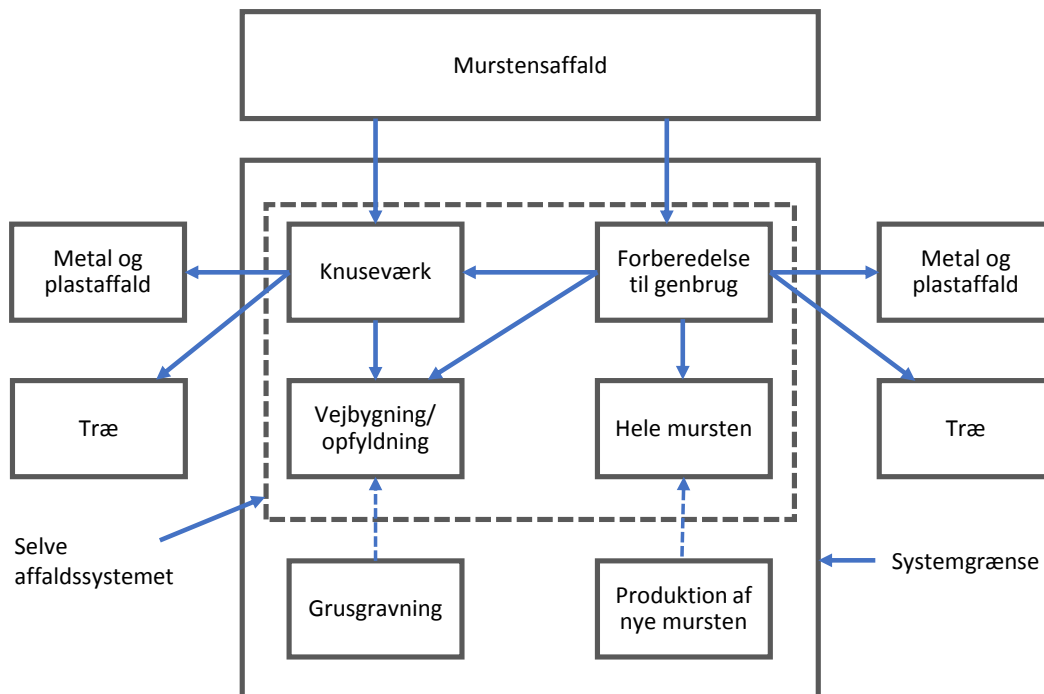
I dette kapitel gives en beskrivelse af de tre forskellige scenarier, der indgår i den samfundsøkonomiske analyse. Der er anvendt samme definition af scenarierne som i den tidligere foretagne livscyklusanalyse af genbrug af mursten⁷. Scenarierne er opbygget på baggrund af to forskellige muligheder for nyttiggørelse af gamle mursten. De gamle mursten kan enten sendes til nedknusning eller blive forberedt til genbrug.

2.1 Scenarierne

De tre scenarier tager udgangspunkt i murstensaffald, som består af hele eller knuste mursten. I nærværende analyse benævnes scenarierne A, B og C:

- Scenarie A: 100 % anden materialenyttiggørelse af mursten (nedknusning);
- Scenarie B: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for facadesten, øvrigt til materialenyttiggørelse som i scenarie A (nedknusning);
- Scenarie C: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for bagsten, øvrigt murstensaffald til materialenyttiggørelse som i scenarie A (nedknusning).

Figur 2-1 giver et overblik over nyttiggørelsen af murstensaffaldet⁸.



FIGUR 2-1 SYSTEMBESKRIVELSE

⁷ Miljøprojekt nr. 1512.

⁸ Behandling af fraktioner som metal og plastaffald samt træaffald medtages ikke i analysen, idet genanvendelse af disse fraktioner ikke påvirkes af om murstenene knuses eller genbruges.

Situationen i dag er, at størstedelen af murstensaffaldet bliver nedknust eller anvendt direkte til opfyldning⁹. Det scenarie der er tættest på dagens situation, er således scenarie A, hvor alle mursten nedknuses.

Alle scenarierne tager udgangspunkt i samme mængde murstensaffald, som skal bortskaffes. I hovedtræk er der to måder at bortskaffe murstensaffald på. Den ene mulighed er at nedknuse hele mængden af affaldet og anvende det til vejfyld i eller opfyldning i forbindelse med andet anlægsarbejde. Den anden mulighed er at forberede murstenene til genbrug, enten facade- eller bagsten. Det er ikke muligt at genbruge alt murstensaffaldet, da eksperter vurderer, at der altid vil være et antal mursten, der vil blive ødelagt i nedrivningsfasen og under forberedelsen til genbrug.

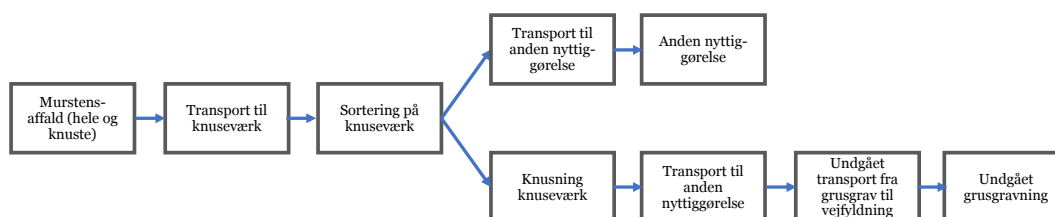
I analysen ses der på substitution mellem forskellige ressourcer. Ved genbrug af mursten substitueres nye mursten af gamle mursten. Ved genbrug af mursten vil omkostningen til produktion af nye mursten således optræde som en besparelse, idet det ikke længere er nødvendigt at producere samme antal nye mursten. Ved nedknusning af murstensaffald kan det nedknuste murstensaffald erstatte grus. Ved nedknusning af mursten vil der således være en gevinst, idet man kan spare køb af grus.

Ved scenarie A vil der være en gevinst ved sparet grus. I scenarie B og C vil der være en mindre gevinst i form af sparet grus. Til gengæld vil disse to scenarier ud over sparet grus også give gevinster i form af sparede nye mursten.

2.2 Scenarie A

I Scenarie A antages, at anden materialenyttiggørelse af murstensaffaldet sker ved nedknusning af hele eller knuste mursten. Efter nedknusning er det muligt at anvende det knuste materiale som erstatning for andre materialer til vejfyld, jf. Figur 2-2. Hvis man ikke anvender nedknust murstensaffald, skal der købes grus til vejopfyldning.

Selve processen starter med, at murstensaffaldet transporteres til knuseværk, hvor der sker en fraktionering. En lille fraktion af metal, plast og træ fraktioneres til anden nyttiggørelse, mens resten af materialet knuses, så det kan benyttes til vejbygning. Nedknusning sker ved hjælp af en transportabel nedknusningsmaskine. Efter nedknusning transporteres affaldet til et eksisterende vejbyggeri, hvor det erstatter grus som vejmateriale. I dette scenarie antages 100 % materialenyttiggørelse af murstensaffaldet.



FIGUR 2-2 SCENARIE A

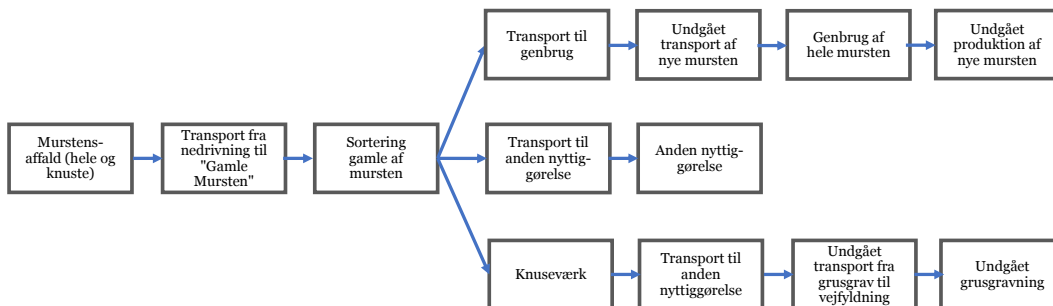
⁹ Gamle Mursten er den eneste virksomhed i Danmark, der oparbejder murstensaffald til genbrug. Produktionen af genbrugssten hos Gamle Mursten udgør ca. 1% af produktionen af nye mursten i Danmark.

2.3 Scenarierne B og C

Scenarierne B og C er stort set ens. Forskellen er, at i Scenarie B erstatter de gamle mursten facadesten (blødstrøgne standardsten), mens de i Scenarie C erstatter bagsten (maskinsten). Figur 2-3 illustrerer scenariebeskrivelsen.

I scenarierne B og C er der regnet med at 64,5 % af murstensaffaldet kan forberedes til genbrug¹⁰. Den resterende fraktion sendes til materialenyttiggørelse som i Scenarie A (nedknusning).

De forskellige grene illustrerer behandlingen af de forskellige fraktioner i murstensaffaldet. Den øverste gren viser den del der kommer til genbrug. Når mursten oparbejdes til genbrug betyder det, at man kan undgå at producere et tilsvarende antal nye mursten. Den midterste gren omfatter plast og metal. Plast og metal udsorteres og sendes til anden nyttiggørelse. Den nederste gren omfatter mørtel og ikke-genbrugelige mursten, som sendes til nedknusning.



FIGUR 2-3 SCENARIE B OG C

Murstensaffaldet transporteres til behandlingsanlægget, "Gamle Mursten", hvor de hele mursten udsorteres fra murstensaffaldet. "Gamle Mursten" er den eneste virksomhed i Danmark, som forbereder gamle mursten til genbrug. Restaffaldet bestående af mørtel og sand, ikke-genbrugelige mursten og andet materiale transporteres til nedknusning på et knuseværk, hvor det gennemgår den samme behandling som beskrevet i Scenarie A. Energiforbruget i oparbejdningsprocessen er medregnet i analysen. Efter frasortering transporteres de genbrugelige mursten til nybyggeri.

Betydningen af alternativ lokalisering og oplandsstørrelse er belyst gennem følsomhedsanalyser med forskellige transportafstande. De 30 km der er anvendt til i hovedanalysen er beregnet på baggrund af en situation hvor den største del af murstensaffaldet transporteres fra københavnsområdet til Hedehusene. Det er den situation som er mest almindelig i dag. Derudover er der regnet på transportafstande på 70 km for at kunne sammenligne med tidligere analyser. Endelig er der beregnet resultater med en transport på 0 km. Den sidste følsomhedsanalyse viser den maksimale effekt af en situation, hvor genbrugsvirksomhederne ligger meget tæt på nedrivningsstederne.

Endelig kan det nævnes, at det ikke har betydning for den samfundsøkonomiske analyse, hvem der betaler for transporten af murstensaffaldet. Det er alene transportafstanden, der har betydning for det samfundsøkonomiske resultat.

¹⁰ Genbrugsandelen er ifølge den foretagne livscyklusanalyse opgjort af "Gamle Mursten" på basis af produktionen i en toårig periode fra 1/11 2010 til 1/11 2012.

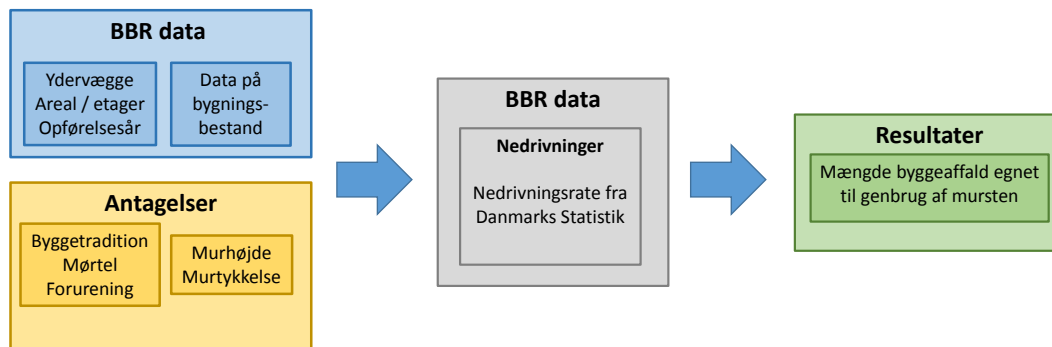
3. Potentialet for genbrug af mursten

I dette kapitel redegøres for beregningen af potentialet for genbrug af mursten samt de anvendte datakilder. I den nationale ressourceplan 2013 anslås det fulde potentiale for genbrug af gamle mursten til at være ca. 30 mio. sten pr. år¹¹. Dette skøn baserer sig på data fra virksomheden "Gamle Mursten". Formålet med dette kapitel er at foretage en mere fuldstændig beregning af det fulde potentiale.

3.1 Datakilder

Beregningen af potentialet baserer sig på oplysninger fra Bygnings- og Boligregisteret (BBR)¹², der vedrører hele bygningsmassen i Danmark. Heraf fremgår bl.a. bygningernes alder, areal, antal etager og materiale anvendt i ydermurskonstruktionen. Oplysningerne fra BBR er blevet suppleret med statistik fra Danmarks Statistik vedrørende nedrivninger¹³ i de seneste år. Derudover bygger beregningerne på ekspertskøn om murtykkelser, byggetradition og murstenenes egnethed til genbrug.

Ud fra BBR-data og den ovennævnte statistik er de forventede årlige mængder af murstensaffald, der potentielt vil kunne anvendes til genbrug af mursten, beregnet. Figur 3-1 viser en principskitse over, hvordan beregningen af det fulde potentiale er foretaget.



FIGUR 3-1 PRINCIPSKITSE OVER POTENTIALEBEREGNING FOR MURSTENSAFFALD¹

Note: 1) Data på bygningsbestand omfatter antal bygninger, materiale, areal, omkreds og antal etager.

¹¹ Miljøministeriet: Ressourceplanen, 2013 - Ressourceplanen for affaldshåndtering. København 2013

¹² For en beskrivelse af indholdet i BBR, se Ministeriet for By, Bolig og landdistrikter, 2012.

¹³ Nedrivninger beregnet på baggrund af BYG33 og BYG22 fra Danmarks Statistik, Statistikbanken

3.2 Metode

Danmarks Statistik fører statistik over bygningsbestanden i Danmark fra år til år. Der registreres antal tilbygninger, nybygninger og samlet bestand år for år. Data fra BBR omkring nedrivninger sammenholdt med data over mængden af murstensmur gør det muligt at beregne den årlige mængde murstensaffald.

Nedrivninger i f.eks. 2012 beregnes ud fra følgende formel:

$$\begin{aligned} \text{Bestand 2012} &= \text{Bestand2011} + \text{ny og tilbygning}^{14} - \text{Nedrivning 2012} \\ \text{Nedrivning 2012} &= \text{Bestand 2011} - \text{Bestand2012} + \text{ny og tilbygning} \end{aligned}$$

Nedrivningsraten antages at være ens uanset alder og type¹⁵. Den byggetekniske ekspert vurderer, at det er kun meget få huse, der rives ned på grund af alder. Derfor antages en éns nedrivningsrate for alle bygninger, baseret på antal nedrivninger fra Danmarks Statistik. Det vurderes, at dette antagelig vil resultere i et konservativt skøn, idet ældre bygninger, selv om de ikke rives ned på grund af alder, alligevel må formodes oftere at passe dårligt ind i nye planer og anvendelser.

3.3 Beregning af potentialet

Det anvendte dataudtræk fra BBR giver et øjebliksbillede af den samlede bygningsmasse i efteråret 2014 kategoriseret på 5-års intervaller for opførelsesåret samt bygningens anvendelse. Ved beregning af potentialet er alene medtaget bygninger, som ifølge BBR har mursten som dominerende ydervægsmateriale.

Udgangspunktet for beregningen af potentialet er mængden af murstensmur i bygninger i hele landet. Mængden af mur kan beregnes ud fra bygningsarealet kombineret med antagelser om bygningens bredde og længde og murhøjder.

Bygningens højde fremgår ikke af BBR, men til gengæld fremgår antallet af etager. Ud fra ekspertskøn over den typiske højde på 2,5 meter og antallet af etager kan bygningens samlede murhøjde beregnes.

Når bygningens ydermursareal er beregnet, skal der ydermere korrigeres for areal, som ikke kan være murstensbeklædt f.eks. vinduer. Dette er en vurdering, som er foretaget af en COWIs bygningsekspert¹⁶. Ud fra denne potentielle murstensoverflade kan nogle mursten være forurenede med miljøskadelige stoffer, f.eks. PCB, typisk i områder tæt på vinduer. Det drejer sig umiddelbart om få procent, som er regnet ud fra murstensindhold i forbindelse med beregning af dør og vindueshuller. Det er almindeligt at fjerne en halv sten hele vejen rundt om døre eller vinduer, hvis der er anvendt giftig fugt¹⁷. Denne sten kan hverken genbruges eller nyttiggøres og vil blive bortskaffet som farligt affald. Forurenede mursten er trukket fra ved beregning af potentiale.

Det er alene mursten fra bygninger fra før 1955, der er anvendelige til genbrug. I bygninger, der er yngre, er der ofte anvendt cementbaseret mørtel, der gør, at det er vanskeligt at rense murstenene.

¹⁴ I princippet burde kun medregnes statistik på nedrivningsrate på murstensbyggeri. Der er imidlertid ikke umiddelbart tilgængelig statistik på dette. Derfor er den generelle statistik anvendt. Der er ikke baggrund for at vurdere om det giver en over- eller undervurdering af potentialet.

¹⁵ Fredede bygninger vil antagelig ikke blive revet ned uanset alder. Men fredede bygninger udgør en meget lille andel af den samlede bygningsmasse. Ifølge Danmarks statistik var der ca. 7.000 fredede bygninger i 2013. Dette skal sammenholdes med at der stod ca. 400.000 murstensbygninger fra før 1915.

¹⁶ Vurderet af COWIs bygningsekspert Jens Brendstrup på baggrund af Jesper Engelmark (1983): Københavnske etageboligbyggeri 1850-1900 SBI-rapport 142 suppleret med egne erfaringer og beregninger.

¹⁷ En halv sten svarer til ca. 10 cm murværk hele vejen rundt om vinduer og døre. I et typisk hus fra før 1955 vil en halv sten rundt om døre og vinduer udgøre ca. 5% af det samlede murareal.

På baggrund af gældende bygningssekspertise er det valgt at opdele bygningsmassen i et mindre antal anvendelser og aldersgrupper.

I Tabel 3-1 er angivet de anvendte data til beregning af potentialet.

TABEL 3-1 MURSTENSMUR GRUPPERET EFTER TYPE, ANVENDELSE OG ALDER. (KVADRATMETER MUR)

	Aldersgruppe			I alt
	Uoplyst alder	Før 1915	1915-1954	
Fritliggende enfamilieshus (parcelhus)	6	15.589	23.569	39.164
Stuehus til landbrugsejendom	2	7.226	3.845	11.074
Række-, kæde-, eller dobbelthus	1	2.291	2.935	5.228
Etageboligbebyggelse	1	11.869	13.306	25.176
Bygning til erhvervmæssig produktion	27	9.827	12.978	22.832
Garage med plads til et eller to køretøjer	8.174	752	1.793	10.720
Udhus	5.050	4.586	5.025	14.661
Øvrige kategorier	173	12.767	14.294	27.234
I alt	13.435	64.909	77.745	156.089

Kilde: Udtræk fra BBR register leveret af Danmarks Statistik.

Murenes tykkelse er forskellig for forskellige typer af bygninger. På baggrund af byggetraditioner for typer af bygninger angiver den følgende tabel mængden af mursten per kvadratmeter mur for forskellige typer af bygninger.

TABEL 3-2 MÆNGDE AF MURSTEN PER KVADRATMETER MUR (TON MURSTEN/KVADRATMETER)¹

	Aldersgruppe		
	Uoplyst	Før 1915	1915-1954
Fritliggende enfamilieshus (parcelhus)	0,35	0,35	0,24
Stuehus til landbrugsejendom	0,35	0,35	0,24
Række-, kæde-, eller dobbelthus	0,22	0,22	0,22
Etageboligbebyggelse	0,4	0,4	0,4
Bygning til erhvervmæssig produktion	0,4	0,4	0,4
Garage med plads til et eller to køretøjer	0,15	0,15	0,15
Udhus	0,15	0,15	0,15
Øvrige kategorier	0,15	0,15	0,15

Note: 1) Mursten eksklusive mørtel. Vindue og dørhuller inklusive forurene mursten er fraregnet.

Kilder: Vurderet af COWIs bygningssekspert Jens Brendstrup på baggrund af Jesper Engelmark (1983): Københavnsk etageboligbyggeri 1850-1900 SBI-rapport 142 suppleret med egne erfaringer og beregninger.

Ved at kombinere arealet af murstensvægge med mængden af mursten per kvadratmeter fås den samlede mængden af mursten, der potentielt kan genbruges når bygningerne rives ned.

TABEL 3-3 SAMLET MÆNGDE AF MURSTENSMUR (1.000 TON MURSTEN, EKSKLUSIVE MØRTEL)

	Aldersgruppe			I alt
	Uoplyst	Før 1915	1915-1954	
Fritliggende enfamilieshus (parcelhus)	2	5.456	5.656	11.115
Stuehus til landbrugsejendom	1	2.529	923	3.453
Række-, kæde-, eller dobbelthus	0	504	646	1.150
Etageboligbebyggelse	0	4.748	5.322	10.070
Bygning til erhvervmæssig produktion	11	3.931	5.191	9.133
Garage med plads til et eller to køretøjer	1.226	113	269	1.608
Udhus	757	688	754	2.199
Øvrige kategorier	26	1.915	2.144	4.085
	2.024	19.884	20.905	42.813

Kilder: Udtræk fra BBR register leveret af Danmarks Statistik og Tabel 3-2.

På baggrund af opgørelserne fra Danmarks Statistik kombineret med skøn over murhøjder og – tykkelser er det opgjort, at der står ca. 42,8 millioner tons murstensmure i bygninger fra før 1955, som kunne være relevante for genbrug af mursten.

Det skal nævnes, at der i de ovennævnte beregninger er taget udgangspunkt i mursten eksklusive mørtel. Mørtel skønnes at udgøre ca. 22% af en typisk murstensvæg. Det svarer til 12,1 millioner tons mørtel. "Gamle Mursten" vurderer at de får ca. 50% af mørtelen med i det murstensaffald som de modtager. Hvis man regner 50% mørtel med til murstensaffaldet vil det samlede potentielle således udgøre 42,8 mio. tons + 50% * 12,1 mio. tons = 48,9 millioner tons murstensaffald.

For at kunne vurdere, hvor mange tons murstensmur der vil kunne anvendes til genbrug, er det nødvendigt at beregne nedrivningsraten. For at få et mere retvisende billede af denne, er der valgt at se på data i Danmarks Statistik for årene 2008-2012.

Beregninger foretaget på grundlag af disse data viser, at der har været en gennemsnitlig nedrivningsrate på 0,3% årligt siden 2008. Det er her ikke muligt, at korrigere for bygningens alder. Hvis man antager, at denne nedrivningsrate også er gældende for bygningsmassen fra før 1955, vil det svare til 0,3% af 48,9 millioner tons samlet set eller 146.700 tons murstensmur, som vil kunne sorteres til gamle mursten og genbruges.

Det beregnede potentielle må betragtes som et konservativt skøn, idet det som tidligere nævnt må antages, at nedrivningsraten er højere for ældre bygninger end for nyere bygninger.

Det er oplyst af "Gamle Mursten", at genbrugsandelen er ca. 64,5%. Under den antagelse, at hver mursten vejer 2 kg vil det beregnede potentielle for genbrug af mursten svare således til ca. 47,3 mio.

"Gamle Mursten A/S" er en virksomhed, der forbereder gamle mursten til genbrug. Virksomheden har to anlæg, ét i Svendborg og ét i Hedehusene. Der er én produktionslinje i Svendborg og én i Hedehusene, men der er planer om at udvide kapaciteten med en linje mere i Hedehusene. Der kan produceres 5.500 til 8.500 sten per dag på en linje afhængig af kvaliteten af materialet. Murstenene renses ved hjælp af vibrationer. Der anvendes ingen kemikalier eller vand til rensning, og dermed er der ingen udledning af farlige stoffer i produktionen. Virksomheden havde en omsætning på ca. 5 mio. kr. i 2013.

mursten per år. Det svarer til ca. 12 % af den samlede produktion af nye mursten i Danmark i dag.

I de senere år er der udbygget med nye anlæg til oparbejdning af genbrugssten flere steder i landet (bl.a. i Nordjylland). Det er dog stadig sådan, at det teoretiske potentiale for genbrug af mursten langt overstiger den nuværende kapacitet.

I denne forbindelse skal nævnes, at den anvendte teknologi er simpel, hvorfor der ikke eksisterer *entry barriers* af betydning. Det må således forventes, at kapaciteten til oparbejdning af mursten relativt let vil kunne øges og på den måde tilpasse sig en eventuel fremtidig stigning i efterspørgslen efter genbrugssten.

I forbindelse med interview af genbrugspladser er det kommet frem, at kvaliteten af de gamle mursten, der afleveres af private og mindre håndværkere på genbrugspladserne, ofte er uensartede. Stort set ingen håndværkere og private og kun et mindre antal nedrivere foretager en sortering af murstenene i rene fraktioner, der muliggør en genbrug af hele mursten. Derudover sker det også, at murstensaffaldet ikke behandles tilstrækkeligt skånsomt, således at muligheden for genbrug reduceres.

Manglende sortering kan også betyde, at gamle facadesten og bagsten blandes sammen. I det omfang denne sammenblanding betyder, at tidligere bagsten bliver anvendt til facadesten, må der påregnes en kortere levetid, idet de gamle bagsten er af dårligere kvalitet end de gamle facadesten.

De ovennævnte problematikker udgør en barriere for genbrug af mursten i dag. I det omfang man ønsker at høste det fulde potentiale af genbrug, som beregnet ovenfor, må der findes metoder til at reducere sådanne barrierer.

Endelig kan der også opstå misforståelser blandt nedrivere. I interview med nedriver er det oplyst, at de gule sten er mere porøse og derfor mindre egnede til genbrug. Det afvises dog af "Gamle mursten". Denne type misforståelser kan være en barriere for genbrug af mursten. Derudover tyder det på, at øget oplysning om mulighederne for genbrug af mursten kan hjælpe til at øge genbrug af mursten i dag.

4. Økonomiske data for teknologier

I dette kapitel beskrives de konkrete forudsætninger for de teknologier, som er anvendt i den samfundsøkonomiske vurdering. Der er præsenteret omkostningsdata for fire typer af teknologier som indgår i de tre scenarier:

- Produktion af nye mursten;
- Sortering/rensning af mursten;
- Nedknusning af murstensaffald;
- Produktion af grus til vejfyld og andre anlægsarbejder.

Hvordan de fire teknologier indgår i de tre scenarier er beskrevet i kapitel 2.

I analysen er der anvendt en simpel *bottom-up* vurdering. For nye mursten baseres *bottom-up* vurderingen på data fra Kalk- og Teglværksforeningen af 1893, suppleret med interviews med tre teglværker. For sortering/rensning af mursten er anvendt skøn foretaget af en byggeteknisk ekspert, som har besøgt virksomheden Gl. Mursten. Vedkommende har vurderet omkostningerne ud fra antallet af ansatte, størrelsen af de anvendte bygninger og lagerpladser, de benyttede maskiners type og energiforbrug mv. Vurderingerne er foretaget i overensstemmelse med livscyklusanalysen i Miljøprojekt nr. 1512, særligt hvad angår energiforbrug. Hermed sikres, at der anvendes samme metode til beregning af energiforbrug, og at *bottom-up* modelleringen er i tråd med Miljøprojekt nr. 1512.

Et nyt anlæg til oparbejdning af mursten har en levetid på 10 år, mens en ny ovn til produktion af nye mursten har en levetid på 50 år. De to teknologier gøres sammenlignelige ved at regne i årlige omkostninger. De årlige omkostninger til afskrivning beregnes ved at annuisere den samlede anlægsinvestering med levetiden på investeringen og diskonteringsrenten. Denne metode svarer til at sammenligne én investering i en ny ovn med fem på hinanden følgende investeringer i anlæg til oparbejdning af mursten.

Tidshorizonten for analysen er 25 år. Afskrivningsperioden for en ovn til produktion af nye mursten er ganske vist 50 år. Det er imidlertid sådan, at der i praksis eksisterer ovne af forskellig alder i dag. Et gennemsnitligt anlæg, som der regnes på i denne analyse, vil således have en restafskrivning på 25 år.

4.1 Datakilder for omkostningsvurderinger

I Tabel 4-1 er en oversigt over de anvendte kilder til vurdering af en række omkostningselementer, som indgår i den samfundsøkonomiske analyse. Omkostningselementerne modsvares af de pile og kasser, som er vist i systemafgrænsningen i Figur 2-1 ovenfor.

TABEL 4-1 OVERSIGT OVER ANVENDTE KILDER FOR OMKOSTNINGSESTIMATER¹

Omkostning	Datakilde
Nedrivningsomkostninger	Interview med nedriver
Indsamlingsomkostninger	Interview med nedriver
Nye mursten	Kalk-og teglværksforeningen af 1896 suppleret med interviews med teglværker
Transportomkostninger	Transportøkonomiske Enhedspriser (DTU Transport)
Miljøomkostninger	Miljøeffekter fra Miljøprojekt 1512 værdisat med nøgletal efter aftale med Følgegruppen ¹⁸
Genbrug af mursten	Virksomheden Gamle Mursten
Nedknusning af mursten	Interview med nedriver
Salgspriser for materialer	Interview med nedriver, prisliste Mogenstrup Grusgrav og ekspertsøn

Note: 1) For mere detaljerede oplysninger, se Bilag 4.

4.2 Produktion af nye mursten

Produktion af nye mursten inkluderer gravning af ler, transport til teglværk, forbehandling af leret på teglværket ved æltning og iblanding af diverse hjælpestoffer samt tørring og efterfølgende brænding af stenene i en særlig teglovn. Leret graves i en lergrav, som i denne analyse antages at ligge 10 km fra teglværket. Leret kan have forskellige egenskaber, som har betydning for, hvilke mursten der kan produceres. I nærværende analyse ses på både facadesten og bagsten.

Beregning af energiforbrug og emissioner ved produktion af nye mursten følger samme principper, som anvendt i Miljøprojekt nr. 1512. Kalk- og Teglværksforeningen af 1893 har bistået med at fremskaffe data for produktion af mursten på et mellemstort teglværk med to ovne. Den ene ovn anvendes til fremstilling af facadesten, som antages at være ydertegl (blødstrøgne teglsten). Den anden ovn anvendes til fremstilling af bagsten (maskinsten).

Behandlingsomkostningerne for en teglværksovn er præsenteret i Tabel 4-2. I tabellen er angivet behandlings- og investeringsomkostningerne. Det er antaget, at teglværksovnen har en kapacitet på 40 millioner mursten om året. Investeringsomkostningen for anlægget er oplyst til 80 millioner kr. Det antages, at anlæggets levetid er 50 år, før det skal udskiftes. Den årlige kapitalomkostning (afskrivning og forrentning) er beregnet på baggrund af en samfundsøkonomisk diskonteringsrente på 4% de første 35 år og derefter 3% og en levetid på 50 år. Med en investeringsomkostning på 80 millioner kr. svarer det til en kapitalomkostning på 3,7 millioner kr. om året.

¹⁸ Beregningspriser angivet i Tabel 5-3 og Tabel 5-4.

TABEL 4-2 PRODUKTIONSOMKOSTNINGER FOR EN TEGLVÆRKSOVN (FAKTORPRISER, 2014 PRISER)

Kategori	Enhed	Omkostning facadesten	Omkostning bagsten
Samlet investering	Millioner kr.	80	80
Levetid	År	50	50
Vedligehold af produktionsanlæg	Kr./ton mursten	120	120
Emballage	Kr./ton mursten	8	13
Ler	Kr./ton mursten	35	35
Arbejds løn	Kr./ton mursten	167	250
Adm. og salg	Kr./ton mursten	100	150

Kilde: Oplysninger modtaget fra Kalk- og Teglværksforeningen.

4.3 Sortering og rensning af mursten

Det er "Gamle Mursten", som står for oparbejdning af murstensaffaldet, som stammer fra nedrivninger af murstensbebyggelse ved udsortering af hele mursten til genbrug i nybyggerier. Murstensaffaldet opbevares på en lagerplads i umiddelbar tilknytning til produktionslokalerne. Murstensaffaldet håndteres med en dieseldrevet gummiged. Derefter frasorteres mørtel og sand maskinelt fra murstensaffaldet, hvorved hele mursten efterlades på et eldrevet transportbånd. Rensningen af mursten foregår delvist ved maskinel vibrering. Denne teknologi er kun anvendt i Danmark. Andre urenheder i form af træ, pap og metalstykker frasorteres manuelt. Efter denne rensning fører et transportbånd de delvist rensede mursten ind i en overdækket hal, hvor mørtelrester og skadede mursten frasorteres manuelt. I hallen stables murstenene manuelt på paller. Pallerne med mursten stables ved hjælp af en gasdreven gaffeltruck.

På baggrund af interviews med nedriveren skønnes, at der vil være en ekstraomkostning ved nedrivning til genbrug på 7,5 kroner pr. ton. Denne omkostning indgår i lønomkostningen.

Behandlingsomkostningerne for oparbejdning af gamle mursten er angivet i Tabel 4-3. Omkostningerne er baseret på to produktionslinjer med en produktion af mursten på 17.000 sten pr. dag. Antal ansatte er beregnet som gennemsnit på baggrund af data for produktion på anlægget i Svendborg og anlægget i Hedehusene. Ud over de oven for nævnte omkostninger medregnes energiforbrug af samme størrelse som i livscyklusanalysen i Miljøprojekt nr. 1512.

Arbejds lønnen er den løn som virksomheden "Gamle Mursten" har angivet, at de betaler for de beskæftigede medarbejdere: Det er oplyst at virksomheden betaler 125 kr./time plus sociale omkostninger. De sociale omkostninger (ferie, sygdom, arbejdsskadeforsikring, arbejdsgivers ATP og AER-bidrag mv.) er fastsat til 39,1 % på baggrund af oplysninger fra Dansk Arbejdsgiverforening¹⁹. Selv om lønnen er lav er det ikke vurderet at den er urealistisk, idet der er tale om ufaglært arbejde. Der er ikke indregnet nogen form for tilskud i lønnen.

¹⁹ <https://www.danskerhverv.dk/Raadgivning/talagtendenser/loenogpersonale/Sider/Personaleomkostninger.aspx>

TABEL 4-3 BEHANDLINGSOMKOSTNINGER FOR GENBRUG AF MURSTEN (FAKTORPRISER)¹

Investering	Millioner kr.	5
Levetid	År	10
Vedligehold er 5% af investeringen	Kr./år	250000
Ansatte	Antal	12
Arbejds løn	Kr./ton mursten	563,1
Gummiged	Kr./ton mursten	8,24
Gaffeltruck	Kr./ton mursten	8,24
Administration	Kr./ton mursten	39,9
El	Kr./ton mursten	3,3

Note: 1) Data for vedligehold på 5 % af investeringen samt omkostninger anskaffelse og brug af gaffeltruck er skønnet af COWI. Det er antaget, at kapaciteten på en gummiged og gaffeltruck kun udnyttes 50% i dag. I en situation med fuld kapacitetsudnyttelse, opstået som følge af øget genbrug, vil disse maskiner kunne servicere en produktion, der er dobbelt så stor som produktionen i dag. Derfor reduceres omkostningen med 50%. Det er her antaget at arbejdet foregår i almindelig 1-holdsdrift.

Kilde: Informationer indhente fra "Gamle Mursten" samt skøn foretaget af COWI.

4.4 Nedknusning af byggemateriale

Den samfundsøkonomiske omkostning til nedknusningen er beregnet som den pris, nedknuseren tager for at nedknuse, ekskl. moms plus eksterne omkostninger fra afbrænding af den diesel som nedknuseren forbrænder. Prisen som nedknuseren opkræver er baseret på interview med nedriveren. Nedknusning er en simpel teknologi, og idet der er rimelig konkurrence på området, er det rimeligt at antage, at der ikke er mulighed for at tage en større ekstraprofit for denne service. Derfor er det vurderet, at den samfundsøkonomiske omkostning med tilnærmelse kan beregnes som den pris nedriveren skal betale eksklusive afgifter plus de eksterne omkostninger fra nedknuserens forbrænding af diesel²⁰.

I praksis samler miljøvirksomheden (f.eks. RGS90) murstensaffald sammen, indtil der er en given mængde. Herefter sendes bud efter en transportabel nedknuser, der nedknuser det opsamlede murstensaffald. Prisen for nedknusningen er oplyst til 40 kr. pr. ton murstensaffald, ekskl. moms. Desuden vil der være transport af materialet til nedknusning. Både energiforbruget og transportomkostningen og de eksterne omkostninger medregnes i analysen.

4.5 Vejfyld/grus

Det nedknuste murstensaffald erstatter andet fyld. I denne analyse er det antaget, at nedknust murstensaffald erstatter grus fra en grusgrav. Værdien af det grus approksimeres som pris, der betales for at afhente grus i grusgraven. Denne pris er sat til 65 kr. pr. ton eksklusive råstofafgift som den laveste pris ud fra prislister på et antal grusgrave²¹. For at vurdere betydningen af prisen foretages en følsomhedsanalyse med en højere hhv. lavere pris. En højere gruspris vil gøre genbrug af mursten mindre fordelagtig, idet mere genbrug vil øge anvendelse af grus. Ud over prisen vil der være en råstofafgift på 5 kr. pr. ton grus. Afgiften medregnes ved beregning af provenueffekterne af de tre scenarier.

²⁰ De eksterne omkostninger ved forbrænding af diesel er baseret på baggrundsmateriale til Miljø- og Fødevareministeriets Nøgletalskatalog modtaget fra DCE, Mikael Skou Andersen og Jørgen Brandt (2014).

²¹ Prislister fra Mogenstrup grusgrav.

5. Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten

I dette kapitel beskrives metoden og forudsætningerne, som er anvendt i den samfundsøkonomiske analyse. Desuden præsenteres resultaterne af den samfundsøkonomiske analyse. Den samfundsøkonomiske analyse er som tidligere nævnt gennemført i overensstemmelse med retningslinjerne i Miljø- og Fødevarerministeriets vejledning ”Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojektet”.

5.1 Generel samfundsøkonomisk metode

I grundlaget for en politisk beslutning indgår en række aspekter, hvoraf den samfundsøkonomiske analyse er én af dem. Hovedformålet med den samfundsøkonomiske analyse er at klarlægge fordele og ulemper ved en række tiltag, inkl. eksternaliteter. Den supplerer således den budgetøkonomiske analyse, som klargør, hvorledes de enkelte aktører påvirkes.²²

Beregning af det samfundsøkonomiske resultat er vist i nedenstående tabel.

TABEL 5-1 ELEMENTERNE I DET SAMFUNDSØKONOMISKE RESULTAT¹

Element	Beskrivelse
Husholdninger og virksomheder	S1: Gevinst for husholdninger og virksomheder beregnet i køberpriser
Det offentlige budgetkompensation	S2: Omkostning ved forvridding
Øvrige eksternaliteter	S3: Omkostninger ved støj, trængsel, infrastruktur
Eksternaliteter til luft	S4: Omkostninger ved emissioner til luft i Danmark
Samfundsøkonomisk effekt	S5: Samlet resultat: $S1 - S2 - S3 - S4$
Eksternaliteter til luft i udland	S6: Omkostninger ved emissioner til luft i udlandet
Samfundsøkonomisk effekt inkl. luft i udland	Samlet resultat med udenlandske omkostninger indregnet: $S5 - S6$

Note: 1) Hovedelementerne i analysen er fremhævet med fed skrift.

²² I Miljøministeriets vejledning indeholder samfundsøkonomisk analyse en velfærds- budget-og nationaløkonomisk analyse. I Finansministeriets vejledning (1999) anvendes ikke begrebet velfærdsøkonomi, hvorfor det er udeladt i denne rapport.

5.1.1 Centrale forudsætninger i den samfundsøkonomiske analyse

Der indgår en række centrale beregningsmæssige forudsætninger i den samfundsøkonomiske analyse. Disse er summeret i Tabel 5-2.

TABEL 5-2 BEREGNINGSMÆSSIGE FORUDSÆTNINGER¹

Parameter	Værdi
Beregningsår	2014
Diskonteringsrente	4 % frem til år 2035
Gennemsnitligt afgiftsprovenu af privatforbrug	24,5 %
NAF (Nettoafgiftsfaktor)	1,325
Skatteforvridning	20 %

Note: 1) Diskonteringsrente og nettoafgiftsfaktor (NAF) er fastsat af Finansministeriet, mens skatteforvridningen er anbefalet af Miljø- og Fødevareministeriet til brug for denne undersøgelse. Nettoafgiftsfaktoren beregnes som $1/(1-0,245) = 1,325$.

Kilde: Nettoafgiftsfaktor: Der henvises til Finansministeriets anbefaling i Samfundsøkonomisk metodebeskrivelse i forbindelse med klimaplan (14-08-2013), Energistyrelsen, København, 2013. Diskonteringsrente: Faktaark for ny og lavere diskontering (31-05-2013), København, 2013; Miljø- og Fødevareministeriet.

Gennemsnitligt afgiftsprovenu af privatforbrug angiver det provenu, staten går glip af, når privatforbruget falder. NAF (Nettoafgiftsfaktoren) benyttes til at opregne omkostningerne beregnet i faktorpriser til markedspriser (køberpriser).

"Skatteforvridning" angiver den forvridende effekt, der fremkommer ved at staten øger skatterne for at balancere et eventuelt provenu tab²³. Skatteforvridningen beregnes som afgiftsprovenu gange NAF gange forvridningsfaktoren.

Generelt er beregningspriserne for resultaterne i analysen opgjort i faktorpriser og derpå omregnet til markedspriser under brug af NAF. Alle værdier er opgjort i 2014-priser.

Den samfundsøkonomiske analyse medregner de miljøeffekter, som det er aftalt med Miljø- og Fødevareministeriet at medregne i MIRESA, nemlig NO_x, Partikler og SO₂. Emissioner af hydrogenfluorid (syre) og saltsyre, som også er kvantificeret i LCA-analysen, er ikke medregnet. Beregningspriser for NO_x, Partikler og SO₂ er opdelt i danske og udenlandske effekter, mens hele CO₂-effekten er medregnet for Danmark. De danske effekter er vist i Tabel 5-3 og de udenlandske i Tabel 5-4.

Omkostningen ved CO₂-emissioner er beregnet ud fra CO₂-kvoteprisen i Energistyrelsens prognose²⁴. Den gennemsnitlige kvotepris for hele perioden er beregnet til 189 kr./ton i 2014-priser. Omkostningen ved CO₂-udslip fra elproduktion er indregnet i Energistyrelsens prognose for elprisen. For at undgå dobbeltregning er beregningsprisen for CO₂ fra elproduktion sat til 0 her.

²³ I Miljø- og Fødevareministeriets samfundsøkonomiske beregningsmodellen, MIRESA, anvendes en mere kompliceret metode til beregning af forvridningseffekter. For indeværende anbefaler ministeriet dog i stedet, at der anvendes den mere simple metode med 20% forvridning som følge af provenuændringer.

²⁴ Energistyrelsen, Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, København (2014), side 20.

TABEL 5-3 SAMFUNDSØKONOMISKE BEREGNINGSPRISER FOR DANSKE SKADEVIRKNINGER AF EMISSIONER AF LUFT I 2014-PRISER

Emission	Enhed	Naturgas ovn	Elproduktion	Transport
CO ₂	Kr./ton	189	0	194
NO _x	Kr./kg	6,6	6,6	52
Partikler	Kr./kg	21,8	21,8	240
SO ₂	Kr./kg	9,5	9,5	205

Kilde: For elproduktion og ovn er anvendt nøgletalskatalog²⁵, december 2014. For transport er anvendt transportøkonomiske enhedspriser. For de transportøkonomiske enhedspriser er det antaget at 100% af omkostninger sker i Danmark. Se i øvrigt Bilag 3 for yderligere data. CO₂ prisen er beregnet som et vægtet gennemsnit i hele projektets levetid på 50 år.

TABEL 5-4 SAMFUNDSØKONOMISKE BEREGNINGSPRISER FOR UDENLANDSKE SKADEVIRKNINGER AF EMISSIONER AF LUFT I 2014-PRISER

Emission	Enhed	Elproduktion og ovn	Transport
CO ₂	Kr./ton	0	0
NO _x	Kr./kg	59,5	0
Partikler	Kr./kg	123,8	0
SO ₂	Kr./kg	85,5	0

Kilde: For elproduktion og ovn er anvendt et nøgletalskatalog, jf. Miljø- og Fødevareministeriet (2015). For transport er anvendt transportøkonomiske enhedspriser. For de transportøkonomiske enhedspriser er det antaget at 100% af omkostninger sker i Danmark. Se i øvrigt Bilag 3 for yderligere data.

Emissioner fra elproduktion er beregnet på baggrund af Energistyrelsens prognoser for emissioner fra elproduktion. Emissioner fra ovn baseret på Miljøprojekt nr. 1512. Skadevirkningen ved emissionerne er baseret på nøgletalskatalog december 2014. Nøgletalskataloget er baseret på beregninger foretaget af DCE november 2014.²⁶

Det er desuden valgt at medtage en række øvrige eksterne omkostninger. Disse er angivet i Tabel 5-5. Det er antaget, at det vil være en 32-tons lastbil, som vil fragte murstensaffaldet.

TABEL 5-5 PRISER PÅ EKSTERNE OMKOSTNINGER FOR LASTBIL, KØBERPRISER, 2014 PRISER

	Kr./lastbillkm
Støj	0,1
Uheld	1,4
Trængsel	0,6
Infrastruktur	1,1

Kilde: Transportøkonomiske enhedspriser.

²⁵ Miljø- og Fødevareministeriet (2015): Nøgletalskatalog, miljøøkonomiske nøgletal 2015. Excelark fra Miljø- og Fødevareministeriets hjemmeside, foreløbig version december 2014.

²⁶ Mikael Skou Andersen og Jørgen Brandt (2014): Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, Notat, december 2014.

5.1.2 Usikkerhed

En række af de anvendte forudsætninger, kvantificering af effekten og værdisætningen er behæftet med nogen usikkerhed. Denne usikkerhed vurderes med følsomhedsanalyser, hvorved betydningen af usikkerheden afdækkes. Den mest betydelige usikkerhed i analysen vedrører lønudgiften til forberedelse af mursten til genbrug. Lønudgiften er en stor post ved genbrug og alene derfor har den væsentlig betydning for resultatet.

Kvaliteten af mursten er ikke indeholdt i analysen. Det er antaget, at genbrugte mursten fuldt ud kan erstatte nye mursten og dermed har samme værdi som nye mursten. Værdien kan imidlertid både være højere og lavere end nye mursten. I England har reglerne omkring renovering af gamle bygninger skabt et marked for genbrug af gamle mursten, hvor prisen på gamle mursten er højere end prisen på nye mursten. På den anden side kan der også være områder hvor de genbrugte mursten er ringere end nye mursten. For eksempel er der stillet spørgsmål ved om de genbrugte mursten har lige så god isoleringsevne som nye mursten.

5.1.3 Allerede afholdte investeringer

Opgørelsen af de samlede anlægsinvesteringer for en behandlingsform afhænger af, hvordan værdien af kapitalapparatet opgøres. Der er to alternativer:

- "Barmark"-antagelsen, hvor alle dele af produktionsanlægget medregnes til de omkostninger det koster at producere dem;
- "Alternativomkostnings"-antagelsen, hvor beregningen sker på baggrund af de eksisterende forhold (produktionsapparat, kapacitet, investeringer, afskrivninger mv., som det er organiseret i dag).

Det er besluttet, at hovedanalysen skal ske som et barmarksprojekt, hvor der anvendes gennemsnitsomkostninger.

5.1.4 Den funktionelle enhed

Analysen tager udgangspunkt i 1 ton murstensaffald, som indeholder en vis mængde mursten med en vægt på gennemsnitligt 2 kg. De afrensede mursten kan erstatte nye facade- eller bagsten, inkl. transport og oparbejdning. Facadestenen er tungere end bagsten. I denne analyse er der regnet med at nye facadestenen vejer 2.4 kg og nye bagsten vejer 1.6 kg per styk. Ifølge Miljøprojekt nr. 1512 kan 64,5 % af murstensaffaldet genbruges som brugte mursten. Det betyder, at et ton murstensaffald giver $1000 * 64,5\% / 2 = 322,5$ mursten til genbrug. Det er samme funktionelle enhed som er anvendt i Miljøprojekt nr. 1512.

5.2 Transport

I analysen regnes med, at der skal køres 30 km til genbrug hhv. nedknusning, men kun 10 km til transport af ler til produktion af nye mursten. I LCA-analyser er der anvendt 70 km transport af murstensaffald. Siden er der kommet et nyt anlæg til i Hedehusene. Derudover må det antages, at der kommer flere anlæg til, hvis genbrug af mursten bliver mere udbredt. På den baggrund er det valgt at anvende kortere afstande end de der blev anvendt i LCA-analysen.

Ifølge transportøkonomiske enhedspriser koster en lastbil 580 kr./timen²⁷. Det er antaget, at det vil være en lastbil med en lastkapacitet på 32 tons, som vil foretage denne transport, samt at lastbilen må køre 70 km/timen. Dette omregnes til en omkostning på 0,26 kr. per ton per km²⁸.

²⁷ Antaget 70 kmt: $2,96 \text{ kr./km} * 70 + 373 \text{ kr./time} = 580$.

²⁸ Transportomkostning er omregnet til kr. / tonkm idet den funktionelle enhed er ton murstensaffald.

5.3 Produktionsomkostninger

Produktionsomkostningerne for de forskellige produktionsmuligheder er angivet i Tabel 5-6. Disse omkostninger indgår i den samfundsøkonomiske analyse. Af tabellen fremgår omkostningerne ved genbrug af og produktion af nye mursten hhv. facadesten og bagsten. Opgørelsen af de tre produktionsomkostninger er beregnet ud fra de samme forudsætninger som i LCA-analysen. Tabellen er opgjort i kr./mursten for at vise forskellen, idet én af de vigtige effekter ved genbrug af mursten netop er, at nye mursten erstattes af genbrugte mursten.

Når tallene er angivet med to decimaler skal det ikke tolkes som stor præcision. Da der er tale om mellemregninger, er det valgt at bevare decimaler for lettere at kunne følge beregningerne.

Beregningerne er foretaget i faktorpriser og efterfølgende omregnet til køberpriser ved at gange med nettoafgiftsfaktoren.

TABEL 5-6 PRODUKTIONSOMKOSTNINGER, KR. PER MURSTEN, KØBERPRISER (2014-NIVEAU)¹

	Nedknusning	Genbrug af gamle mursten	Produktion af nye bagsten	Produktion af ny facadesten
	Kr./sten	Kr./sten	Kr./sten	Kr./sten
Afskrivning og forrentning af maskiner og ovn	-	0,22	0,09	0,15
Drift og vedligehold²	0,106	0,14	0,25	0,38
Hal og areal	-	0,23	0,03	0,03
Løn	-	1,49	0,53	0,53
Ler	-	-	0,07	0,10
Administration	-	0,11	0,32	0,32
El	-	0,01	0,07	0,09
Naturgas	-	-	0,33	0,55
Transport	0,02	0,03	0,01	0,02
I alt kr./ton eller kr./mursten (køberpriser)	0,18	2,23	1,70	2,17

Note: 1) Denne tabel er beregnet ud fra Tabel 4.2 og Tabel 4.3, som angiver omkostninger per ton mursten. Ved at dividere tallene i Tabel 4.2 med antal mursten per ton og forhøje til køberpriser med nettoafgiftsfaktoren fås omkostningerne her i kr. per mursten i køberpriser. Genbrugte mursten vejer 2 kg, nye bagsten vejer 1,6 kg., og nye facadesten vejer 2,4 kg. per sten. Der er således 500 genbrugssten per ton, 417 nye facadesten per ton og 625 nye bagsten per ton. Eksempelvis er de 1,43 kr. i arbejdsløn per mursten beregnet som: $563,1/500 \cdot 1,325 = 1,49$. 2) For nedknusning er løn, administration og afskrivning mm. indregnet i drift og vedligehold.

Kilde: Se Kapitel 4.

Det ses, at omkostningen ved at producere nye sten er mellem 5 og 51 øre mindre end omkostningen ved at producere genbrugssten. Ved genbrug af mursten er der en stor omkostning i

forbindelse med løn. Dette skyldes, at der sker en tidskrævende manuel sortering af mursten. På nuværende tidspunkt er det ikke muligt at få dette arbejde udført helt maskinelt, og der er ikke noget i undersøgelsen, der tyder på, at det vil være nye teknologier, der kan gøre det på længere sigt. Heller ikke de internationale erfaringer tyder på, at der er nogen ny teknologi, der kan reducere anvendelsen af manuel arbejdskraft til rensning og sortering af murstenene²⁹.

5.3.1 Indtægter ved sparet køb af grus

I beregningerne er anvendt prisen på grus på de 65 kr./ton (eksklusive afgifter) til at værdisætte det nedknuste murstensaffald, som alternativt kan bruges til vejfyld.

Øvrige eksterne omkostninger ved udvinding af grus og ler, f.eks. effekter på landskab eller værdi af udtømmelige ressourcer, er ikke medregnet. Knuste mursten erstatter grus. Hvis man genbruger flere mursten, vil man producere mindre knust mursten og dermed komme til at udvinde mere grus. Men samtidig vil man udvinde mindre ler fordi man kommer til at producere færre mursten. Mængdemæssigt vil de to effekter i en vis grad opveje hinanden, idet det skønnes, at der medgår ca. 1,1 ton opgravet ler³⁰ til at producere ét ton mursten. Da effekten på resultatet således vurderes at være ubetydelig er denne effekt udeladt af analysen.

5.3.2 Eksterne omkostninger

I den samfundsøkonomiske analyse er medtaget de væsentligste eksterne omkostninger ved henholdsvis genbrug af mursten og produktion af nye mursten (hhv. facadesten og bagsten). De eksterne omkostninger i Danmark er angivet i nedenstående tabel.

TABEL 5-7 EKSTERNE OMKOSTNINGER I DANMARK VED HENHOLDSVIS GENBRUG AF MURSTEN OG PRODUKTION AF NYE MURSTEN I KØBERPRISER (BEREGNINGSPRISER) I ØRE/MURSTEN (2014 PRISER)¹

	Nedknusning	Genbrug af gamle mursten	Produktion af nye bagsten	Produktion af ny facadesten
	Kr./ton	Øre/sten	Øre/sten	Øre/sten
CO₂	0,21	0,12	3,53	5,76
PM_{2,5}	0,01	0,004	0,20	0,28
NO_x	0,17	0,08	0,11	0,17
SO₂	0,01	0,003	0,54	0,76
Støj	0,07	0,03	0,01	0,02
Uheld	0,85	0,38	0,14	0,20
Trængsel	0,40	0,18	0,06	0,09
Infrastruktur	0,69	0,31	0,11	0,17
I alt (køberpriser)	2,40	1,10	4,71	7,45

Note: 1) En genbrugt mursten vejer ca. 2 kg. Med den anvendte genbrugsprocent på 64,5% bliver der ca. 322,5 genbrugelige mursten ud af et ton murstensaffald.

²⁹ Udtalelse om internationale erfaringer er baseret på litteraturstudie via internet og interview med engelsk genbrugsfirma.

³⁰ Ifølge LCA-analysen medgår 1 tons tør-ler til et ton mursten. Ifølge hjemmesiden "Tegl.info" er der et vandindhold på 20% til 30% i leret, når det formes til mursten. En del af dette vand tilsættes inden formning for at opnå en passende konsistens ved formning af stenene. På denne baggrund skønnes det, at der er ca. 10% vand i leret når det graves op.

De eksterne omkostninger udgør i størrelsesorden 1 – 7 øre per mursten, svarende til størrelsesorden 3% af produktionsomkostningerne i Tabel 5-6. De eksterne omkostninger ved produktion af nye mursten er en faktor 5 – 7 større end de eksterne omkostninger ved genbrug af mursten.

Ved produktion af nye sten udgør miljøomkostningerne til CO₂ og luftforurening den største andel af de eksterne omkostninger og her er det især CO₂ omkostningen der fylder. Ved genbrug af mursten udgør de eksterne miljøomkostninger en mindre del. Her er det især de eksterne omkostninger ved transport, som uheld, trængsel og infrastruktur, der fylder.

5.3.3 Afgiftsprovener

Den følgende tabel viser afgifterne ved de forskellige teknologier.

TABEL 5-8 AFGIFTVIRKNING VED HENHOLDSVIS NEDKNUSNING, GENBRUG AF MURSTEN OG PRODUKTION AF NYE MURSTEN I KØBERPRISER (2014 PRISER)¹

	Nedknusning	Genbrugte mursten	Nye bagsten	Nye facadesten
	Kr./ton	Øre/sten	Øre/sten	Øre/sten
El	0,00	0,90	2,84	4,26
Naturgas	0,00	-	1,43	2,15
Diesel	0,43	0,35	-	-
Transport	0,68	0,31	0,11	0,16
Råstof	-5,00	-	1,00	1,50
I alt	-3,90	1,56	5,38	8,07

Note: 1) En genbragt mursten vejer ca. 2 kg. Med den anvendte genbrugsprocent på 64,5% bliver der ca. 322,5 genbrugelige mursten ud af et ton murstensaffald.

Afgifterne udgør i størrelsesorden 1,5 – 8 øre per mursten, svarende til størrelsesorden 4% af produktionsomkostningerne Tabel 5-6.

5.4 Samfundsøkonomisk vurdering

Den samfundsøkonomiske vurdering af genbrug af mursten er foretaget ud fra de tre, allerede nævnte scenarier:

- Scenarie A: 100 % anden materialenyttiggørelse af mursten (nedknusning);
- Scenarie B: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for facadesten (blødstrøgne standardsten), øvrigt til materialenyttiggørelse som i Scenarie A (nedknusning);
- Scenarie C: 64,5 % genbrug af mursten til erstatning for bagsten (maskinsten), øvrigt murstensaffald til materialenyttiggørelse som i Scenarie A (nedknusning).

I tabellerne nedenfor er gengivet produktionsomkostningerne til den samfundsøkonomiske analyse for de enkelte scenarier. I Scenarie A materialenytiggøres 100% af det knuste murstensaffald til vejopfyldning og andre anlægsopgaver. Det vil sige 1 ton murstensaffald svarende til 500 mursten³¹.

³¹ En ny facadesten vejer 2,4 kg, mens en ny bagsten vejer 1,6 kg. Med de fremstillingsteknologier, der blev anvendt før 1950, blev der ikke skelnet mellem facadesten og bagsten i fremstillingsprocessen. Dengang sorterede man stenene i forbindelse med opmuringen. Derudover sker der en vis sammenblanding ved nedrivning. Det betyder, at der ikke er en entydig opdeling i

I scenarier B og C materialenytiggøres 35,5 % af murstensaffaldet, mens de resterende 64,5 %, svarende til 322,5 sten, genbruges som gamle mursten. De 322,5 genbrugte sten antages at kunne erstatte et tilsvarende antal nye sten. Da de genbrugte sten er dyrere at producere giver de to scenarier med genbrug af gamle mursten en samfundsøkonomisk omkostning. Tabellen nedenfor viser mængderne i de tre scenarier.

TABEL 5-9 FYSISKE MÆNGDER I DE TRE SCENARIER

	Scenarie A	Scenarie B (genbrug af facadesten)	Scenarie C (genbrug af bagsten)
Nedknusning af murstensaffald	1 ton	0,36 ton	0,36 ton
Salg af grus	- 1 ton	- 0,36 ton	- 0,36 ton
Produktion gamle mursten		322,5 sten	322,5 sten
Fortrængning facadesten		322,5 sten	
Fortrængning bagsten			322,5 sten

De samfundsøkonomiske resultater i de følgende tabeller beregnes ved at kombinere enhedsomkostningerne i Tabel 5-6 og Tabel 5-7 med Tabel 5-9. For eksempel er produktionsomkostningerne for genbrugsmursten beregnet som $322,5 * 2,2343 = 720,6^{32}$.

TABEL 5-10 SAMFUNDSØKONOMISK RESULTAT, PRODUKTIONSOMKOSTNINGER (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

	Scenarie A	Scenarie B (genbrug af facadesten)	Scenarie C (genbrug af bagsten)
Nedknusning af murstensaffald	-59,9	-21,3	-21,3
Salg af grus (sparet omkostning)	86,1	30,6	30,6
Produktion gamle mursten	-	-720,6	-720,6
Fortrængning facadesten	-	698,6	-
Fortrængning bagsten	-	-	549,9
I alt	26,3	-12,6	-161,4

Note: 1) Positiv værdi betyder en gevinst for samfundet.

I Tabel 5-11 er opstillet en lignende opgørelse af de eksterne omkostninger for de enkelte scenarier.

bagsten og facadesten i de genbrugte sten. Vægten er derfor antaget at svare til gennemsnittet mellem en facadesten og en bagsten, nemlig 2 kg. per sten.

³² 2,2343 er hentet fra Tabel 5 6, hvor der er rundet af til 2,23.

TABEL 5-11 SAMFUNDSØKONOMISK RESULTAT, EKSTERNE OMKOSTNINGER I DANMARK OG UDLAND³³
(KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

	Scenarie A	Scenarie B (genbrug af facadesten)	Scenarie C (genbrug af bagsten)
	Kr./ton	Kr./ton	Kr./ton
Nedknusning af murstensaffald	-2,4	-0,9	-0,9
Produktion gamle mursten	-	-3,7	-3,7
Fortrængning facadesten	-	38,9	-
Fortrængning bagsten	-	-	25,2
I alt	-2,4	34,3	20,6

Note: 1) Positiv værdi betyder en gevinst for samfundet.

Effekten på de eksterne omkostninger i Danmark og udlandet spænder fra en gevinst på 34,3 kr. per ton murstensaffald til et tab på 2,4 kroner per ton murstensaffald. Scenarierne med øget genbrug af mursten giver en reduktion af de eksterne omkostninger i Danmark på 20,6 – 34,3 kr. pr. ton murstensaffald, mens nedknusning giver et tab på 2,4 kroner per ton murstensaffald.

En del af den samfundsøkonomiske gevinst ved at reducere de eksterne omkostninger tilfalder udlandet, hvorfor den ikke medtages i en traditionel samfundsøkonomisk analyse omfattende Danmark. Det er især emissioner af NO_x og SO₂, hvor en betydelig del af gevinsten falder i udlandet. Det skyldes, at emissioner af disse stoffer spredes langt omkring uden for Danmarks grænser.

Af Tabel 5-12 nedenfor fremgår effekten på statens afgiftsprovenu.

TABEL 5-12 SAMFUNDSØKONOMISK RESULTAT, PROVENU FRA AFGIFTER (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

	Scenarie A	Scenarie B (genbrug af facadesten)	Scenarie C (genbrug af bagsten)
	kr./ton	Kr./ton	Kr./ton
Nedknusning af murstensaffald	-3,9	-1,4	-1,4
Salg grus	-	-	-
Produktion gamle mursten	-	5,0	5,0
Fortrængning facadesten	-	-26,0	-
Fortrængning bagsten	-	-	-17,4
I alt afgifter	-3,9	-22,4	-13,7

Note: 1) Negativt fortegn betyder et tab i statens provenu. Se også Bilag 2.

³³ En del af de eksterne omkostninger falder i udlandet. For at holde styr på hvornår eksterne effekter i udlandet er regnet med, er dette specificeret i overskriften. Hvis udlandet ikke er nævnt specifikt, betyder det at alle omkostninger medregnes i Danmark.

Øget genbrug af mursten vil give besparelser i energiforbrug, da fremstilling af nye mursten kræver megen energi. Det betyder, at provenuet fra energiafgifter reduceres betydeligt i scenarie B og C. I det scenarie, hvor genbrugssten erstatter facadesten, vil provenutabet fra energiafgifter og råstofafgift udgøre 22,4 kr. per ton. I det scenarie hvor genbrugssten erstatter bagsten, vil provenutabet fra energiafgifter og råstofafgift udgøre 13,7 kr. per ton.

I alle scenarier medfører tabet i provenu, at staten må øge skatterne. Derved skabes en forvridding, som er en omkostning for samfundet. Omkostningen ved forvridding udgør 20% af provenutabet. Den samlede forvridding fremgår af rækken "Forvridding" i Tabel 5-13 nedenfor.

Den følgende tabel viser det budgetøkonomiske resultat opgjort for de tre scenarier.

TABEL 5-13 BUDGETØKONOMISK RESULTAT (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

	Scenarie A (udnyttelse til vejfyld)	Scenarie B (genbrug som facadesten)	Scenarie C (genbrug som bagsten)
Husholdninger og virksomheder			
Produktion (køberpriser)	26,3	-12,6	-161,4
Heraf reducerede afgifter	3,9	22,4	13,7
I alt husholdninger og virksomheder	26,3	-12,6	-161,4
Det offentlige			
- afgiftsprovener	-3,9	-22,4	-13,7
- Forvridding (20% af ændret)	-0,8	-4,5	-2,7

Note: 1) Positiv værdi betyder en gevinst for den enkelte aktør. En positiv værdi for en given komponent betyder en gevinst for samfundet fra denne komponent. Hvis dette medfører en negativ konsekvens et andet sted, vil dette fremgå i form af et minustegn.

I scenarie A, hvor alt knuses, er der en gevinst på 26,3 kroner per ton murstensaffald, fordi værdien af det grus, som det nedknuste murstensaffald erstatter, mere end opvejer omkostningen ved nedknusning³⁴.

For det offentlige vil der i scenarie A som nævnt forekomme en reduktion af provenuet på 3,9 kr. per ton. For at balancere de offentlige udgifter, skal indkomstskatten forøges med et dertil hørende forvriddingstab på 0,8 kroner per ton.

I scenarie B, hvor 64,5 % af murstensaffaldet genbruges og erstatter nye facadesten, er der en omkostning for forbrugerne på 12,6 kr. per ton murstensaffald.

For det offentlige vil der i scenarie B som nævnt forekomme et reduceret provener på 22,4 kroner per ton. Tabet i provener på 22,4 kroner medfører et forvriddingstab på 4,5 kroner per ton.

³⁴ I scenarie A sammenlignes nedknusning med et fiktivt nul-alternativ, hvor bortskafning af murstensaffaldet hverken har omkostninger eller gevinster.

I scenarie C, hvor 64,5 % af murstensaffaldet genbruges og erstatter nye bagsten, er der en omkostning for forbrugerne på 161,4 kr. per ton.

For det offentlige vil der i scenarie C som nævnt forekomme et reduceret provenu på 13,7 kroner per ton, hvilket medfører et forvriddningstab på 2,7 kroner per ton.

Det samfundsøkonomiske resultat fremgår af Tabel 5-14 nedenfor.

TABEL 5-14 SAMFUNDSØKONOMISK RESULTAT (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

	Scenarie A (genbrug til vejfyld)	Scenarie B (genbrug af facadesten)	Scenarie C (genbrug af bagsten)
Husholdninger og virksomheder	26,3	-12,6	-161,4
Det offentlige budgetkompensation	-1,0	-5,9	-3,6
Brugereksternaliteter²	-2,0	-2,2	-2,7
Eksternaliteter til luft i Danmark	-0,4	21,7	13,3
Samfundsøkonomisk effekt	22,8	0,9	-154,4
Eksternaliteter til luft i udland	0,0	14,8	10,0
Samfundsøkonomisk effekt inkl. luft i udland	22,8	15,7	-144,4

Note: 1) Positivt resultat angiver en gevinst for samfundet. Bemærk, i denne tabel er eksternaliteter opdelt op Danmark og Udland. De samlede eksternaliteter i Scenarie B udgør $21,7 + 14,8 - 2,1 = 34,4$ kr. per ton, hvilket også fremgår af den tidligere Tabel 5-11. 2) Med "brugereksternaliteter" menes eksternaliteter forbundet med støj, uheld, trængsel og infrastruktur.

Det fremgår af Tabel 5-14, at det er mest samfundsøkonomisk rentabelt at nedknuse murstensaffaldet og anvende det til vejfyld. Resultatet ved at genbruge mursten i stedet for at producere nye mursten fås ved at trække resultatet fra Scenarie A fra henholdsvis Scenarie B og C. Ifølge beregningerne vil der være et samfundsøkonomisk resultat på $0,9$ minus $22,8 = -21,9$ kroner per ton murstensaffald ved Scenarie B, hvor murstenene bliver genbrugt som facadesten, der erstatter nye mursten. Hvis stenene erstatter bagsten, sådan som tilfældet er i Scenarie C, vil det samfundsøkonomiske resultat være $-154,4$ minus $22,8 = -177,2$ kr. per ton murstensaffald.

En del af gevinsten ved at genbruge mursten hidrører fra reducerede skadesomkostninger i udlandet. Hvis disse medregnes, vil det være ligeså samfundsøkonomisk rentabelt at oparbejde murstensaffald til genbrugssten som facadesten som at nedknuse murstensaffald.

De beregninger, der ligger til grund for resultaterne i Tabel 5-14, er, for så vidt angår Scenarie B, baseret på oplysninger om produktionen af blødstrøgne standardsten. I løbet af undersøgelsen er det imidlertid blevet klart, at genbrugssten også erstatter mere eksklusive sten, som er dyrere at fremstille. I Bilag 5 præsenteres resultaterne af en supplerende samfundsøkonomisk analyse, hvor genbrugssten sammenlignes med de mere eksklusive sten. Denne supplerende analyse viser, at hvis

genbrugsstenene erstatter de mere eksklusive sten, så vil der være god samfundsøkonomi i at genbruge fremfor at nedknuse murstensaffald.

I både Scenarie B og Scenarie C er en stor del af produktionsomkostningerne (2/3) knyttet til arbejdskraft til rensning og sortering af murstenene. Udskiftningen af nye sten med genbrugte sten medfører en betydelig miljøforbedring, som i stort omfang opvejer de høje lønomkostninger til rensning af gamle mursten.

5.5 Følsomhedsanalyse

Følsomhedsanalyser anvendes til at vurdere hvor følsomt et resultat er over for ændringer i de parametre der indgår i beregningerne. Resultaterne fra følsomhedsanalyser skal ses i sammenhæng med hvor store ændringer man vælger at regne på. Det vigtigt at fastsætte de ændringer, der regnes på, i et realistisk niveau, således at man får et billede af, om en realistisk ændring af de indgående parametre har betydning for resultatet.

Med henblik på at vurdere robustheden i analysens resultater er der gennemført følsomhedsanalyser på følgende parametre:

- 10% højere lønomkostninger ved genbrug af mursten;
- 10% lavere lønomkostninger ved genbrug af mursten;
- Blandet murstensaffald;
- Ensartet sorteret murstensaffald;
- CO₂ pris, lavt skøn;
- CO₂ pris, højt skøn;
- Levetid ovn 40 år;
- Levetid ovn 60 år;
- Værdi af grus 30 kr./ton;
- Værdi af grus 100 kr./ton;
- Transport sat til 0 Km;
- Transport som LCA (70 km).

Lønomkostningerne er den største udgift ved oparbejdning af mursten til genbrug. Derfor er det interessant at se på om resultatet er følsomt for ændringer i lønomkostninger til rensning og sortering af mursten.

Ensartet sorteret affald dækker over et scenarie med større mængder af ensartede mursten fra en større bygning. Ved mere ensartet murstensaffald kan rensningen gøres mere effektiv og der kan renses flere sten på samme tid end ved gennemsnitligt murstensaffald³⁵. Dertil kommer, at det ved større projekter med ensartede større bygninger vil være bedre mulighed for at udsortere mursten til facadesten end tilfældet i blandet murstensaffald. F.eks. vil der være bedre mulighed for at holde facadesten og bagsten adskilt i nedrivnings- og rensningsprocessen. Derved er der mulighed for at opnå en højere andel af facadesten, som er hårdere brændt end bagsten.

CO₂ prisen har en vis betydning, fordi brænding af mursten medfører betydelige CO₂ emissioner. Når genbrugssten erstatter nye mursten kan disse CO₂ emissioner undgås. Som højt skøn er prisen forhøjet med 100%. Som lavt skøn er prisen reduceret med 50%.

Levetiden på ovnen er sat til 50 år på baggrund af informationer fra branchen. For at vurdere om denne omkostning har betydning for resultaterne er det valgt at lave følsomhedsanalyser med henholdsvis 40 år og 60 års levetid.

³⁵ Ved "Blandet murstensaffald" murstensaffald renses 21% færre sten end gennemsnitligt, Ved "Ensartet murstensaffald" renses 21% flere sten end gennemsnitligt.

Værdi af grus er sat til 65 kr. per ton i hovedanalysen på baggrund af datablad fra grusgrav. Grus findes i mange kvaliteter og til mange forskellige priser. Derfor er det valgt at beregne en følsomhedsanalyse, hvor prisen på grus sættes til 30 kroner per ton og en hvor den sættes til 100 kr. per ton.

Endelig er der beregnet en følsomhedsanalyse på transportafstanden. Transportafstanden dækker over den afstand murstensaffald transporteres fra nedrivning til det anlæg, der renser og udsorterer til mursten, der kan genbruges.

Tabellen nedenfor viser beregningen af det samfundsøkonomiske resultat i de nævnte følsomhedsanalyser.

TABEL 5-15 RESULTATER AF FØLSOMHEDSANALYSER, SAMFUNDSØKONOMISK OVERSKUD (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)¹

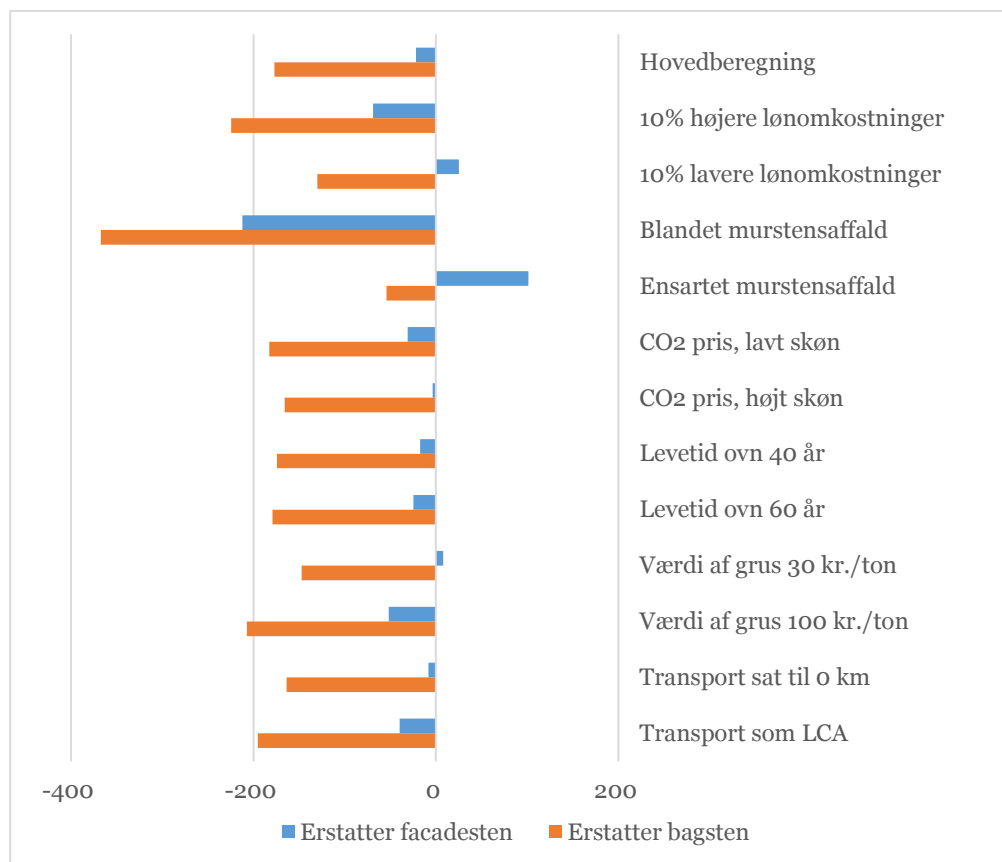
	Scenarie A (100% nedknusning)	Scenarie B (genbrug af facadestenen)	Scenarie C (genbrug af bagsten)	B – A	C – A
Hovedberegning	23	1	-154	-22	-177
10% højere lønomkostninger	23	-46	-201	-69	-224
10% lavere lønomkostninger	23	48	-107	25	-130
Blandet murstensaffald fra genbrugsplads	23	-189	-345	-212	-367
Ensartet sorteret murstensaffald	23	124	-31	101	-54
CO₂ pris, lavt skøn	23	-8	-160	-31	-183
CO₂ pris, højt skøn	23	19	-143	-4	-166
Levetid ovn 40 år	23	6	-151	-17	-174
Levetid ovn 60 år	23	-2	-156	-25	-179
Værdi af grus 30 kr./ton	-24	-16	-171	8	-147
Værdi af grus 100 kr./ton	69	17	-138	-52	-207
Transport sat til 0 km	23	14	-141	-8	-164
Transport som LCA	23	-17	-172	-40	-195

Note: 1) Positiv værdi angiver en gevinst for samfundet.

Resultatet af hovedberegningen (se første række i Tabel 5-15) kan genfindes i Tabel 5-14 (se "Samfundsøkonomisk effekt").

De første tre kolonner viser det samfundsøkonomiske resultat for de tre scenarier. Kolonnerne yderst til højre, "B – A" viser det samfundsøkonomiske resultat af at gå fra en situation med 100% nedknusning til en situation med øget genbrug af facadestenen. "C – A" viser det samfundsøkonomiske resultat af at gå fra en situation med 100% nedknusning til en situation med øget genbrug af bagsten.

I figuren nedenfor er det vist, hvilken effekt der vil være, hvis man går fra som i dag at nedknuse (Scenarie A), til i stedet at genbruge murstenene som facadesten (Scenarie B) eller bagsten (Scenarie C). Figuren er baseret på kolonnerne yderst til højre i Tabel 5-15.



FIGUR 5-1 SAMFUNDSØKONOMISK OVERSKUD VED AT GENBRUGE SOM FACADESTEN I STEDET FOR AT NEDKNUSE (KR/TON MURSTENSAFFALD), KØBERPRISER, 2014-PRISER

I hovedberegningen vil der være et samfundsøkonomisk tab på mellem 15 kroner og 171 kroner per ton murstensaffald³⁶ ved at gå fra nedknusning af murstensaffald til udbredt genbrug af henholdsvis facadesten og bagsten.

Ud fra de foregående tabeller og figurer kan det konkluderes, at generelt øget genbrug af mursten vil give et samfundsøkonomisk tab, hvis de, vel at mærke, erstatter bagsten eller facadesten produceret som blødstrøgne standardsten.

De tre følsomhedsanalyser, der giver et andet resultat, vedrører lønomkostningerne, murstensaffaldets kvalitet og grusprisen. I tilfælde, hvor lønomkostningerne kan reduceres eller hvor der anvendes ensartet sorteret murstensaffald, og hvor alle sten kan anvendes til facadesten, kan det være mere fordelagtigt at rense stenene til genbrug, fremfor at nedknuse dem til genanvendelse. Det samme gælder hvis grus prisen reduceres til 30 kr. per ton. I tilfælde af mere ensartet murstensaffald vil det give en samfundsøkonomisk gevinst på 101 kr. per ton at genbruge mursten til facadesten fremfor at nedknuse.

³⁶ Jf. Tabel 5-15.

5.6 Konklusion

Beregningerne viser, at med de anvendte forudsætninger, er det mere fordelagtigt at nedknuse murstensaffald fremfor at genbruge mursten. Selv om der er en betydelig miljøgevinst ved at erstatte nye mursten med genbrugte mursten, så opvejes denne gevinst af de relativt høje lønomkostninger, der er forbundet med genbrug af mursten.

Følsomhedsanalyserne viser dog, at lønomkostningerne og kvaliteten af murstensaffaldet kan have betydning for samfundsøkonomien. I tilfælde af mere ensartet murstensaffald, og hvor alle sten kan anvendes til facadesten, kan det være mere fordelagtigt at rense stenene til genbrug, fremfor at nedknuse dem til genanvendelse.

Derudover bør nævnes, at beregningerne i dette afsnit er baseret på en sammenligning mellem genbrugssten og bagsten henholdsvis facadesten. Som bagsten er valgt en maskinsten, og som facadesten er valgt en standard blødstrøgen mursten. Grunden er, at disse sten er de mest almindelige typer af mursten. Undersøgelsen har imidlertid vist, at der også er et potentiale for at lade genbrugssten erstatte mere eksklusive mursten, både blødstrøgne og håndstrøgne. Derfor er der gennemført en supplerende samfundsøkonomisk analyse, hvor genbrugssten erstatter mere eksklusive sten. Denne supplerende analyse er præsenteret i Bilag 5. Den viser, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at lade genbrugssten erstatte disse mere eksklusive typer af sten. Grunden til, at det vil være mere rentabelt er, at de eksklusive mursten er dyrere og kræver mere energi at fremstille i forhold til standard blødstrøgne mursten. Derfor kan der spares mere, når man erstatter de mere eksklusive mursten med genbrugssten.

6. Forretningsmodeller

Formålet med dette kapitel er at vurdere, om der er mulighed for at organisere genbrug af mursten på andre måder, end hvad tilfældet er i dag. En reorganisering vil give mulighed for at overvinde eventuelle barrierer, der måtte være i forbindelse med genbrug.

Der er gennemført to interviewundersøgelser, én i hovedundersøgelsen (i 2014) med fokus på forretningsmodeller og efterfølgende en supplerende interviewundersøgelse (i 2016) med det formål at skabe yderligere klarhed over efterspørgsel efter genbrugssten. Interviewundersøgelsen med fokus på forretningsmodeller er beskrevet i dette afsnit. Den supplerende interviewundersøgelse er beskrevet i Bilag 6.

6.1 Indledning

COWI har gennemført en række interviews, hvor der er blevet stillet en række spørgsmål vedrørende barrierer for genbrug af gamle mursten i Danmark samt erfaringer fra andre lande. Der er blevet holdt interviews med følgende personer:

- Driftsleder Martin Søndergaard fra genbrugsstationen i Lyngby-Taarbæk Kommune;
- Projektudviklingsdirektør Mikkel Melamies fra entreprenørvirksomheden NCC;
- Salgsdirektør Peter Arevad fra affaldshåndteringsselskab Norrecco;
- Direktør Lasse Kabell fra nedrivervirksomheden Dansk Genknus;
- Administrerende direktør Bent Bøllingtoft og teknisk chef Kim Falcken fra Fyns Almennyttige Boligselskab (FAB);
- Indehaver Claus Juul Nielsen fra virksomheden "Gamle Mursten".

Udvalgskriterierne har været, at interviewpersonerne alle skulle have indsigt i og erfaringer med genbrug af mursten. Både FAB og NCC har byggerier, hvor de har anvendt mursten fra virksomheden Gamle Mursten. Denne indsigt og erfaring vurderer COWI er vigtig for at afdække de væsentligste barrierer og muligheder for at øge mængden af genbrugte mursten i Danmark.

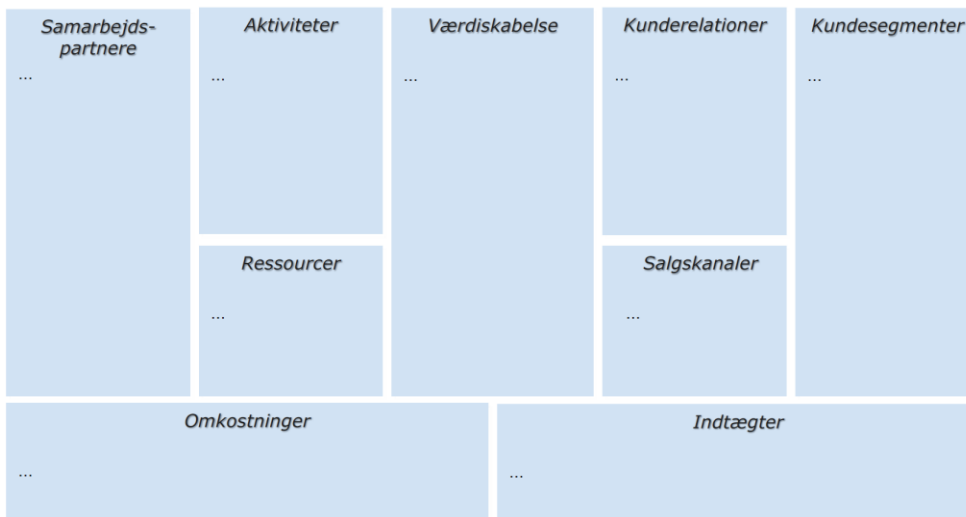
Analysens datagrundlag er dermed interviewpersonernes udsagn. Denne analyse er derfor kvalitativ, og den kan med fordel læses i forlængelse af den samfundsøkonomiske analyse, som indeholder kvantitative vurderinger af genbrug af gamle mursten.

6.2 Metode

COWI har gennemført interviews med afsæt i en spørgeguide (se Bilag 1), som COWI har fremsendt til interviewpersonerne forud for interviews.

Spørgeguiden er delt i tre temaer: køb, værdiskabelse og salg, hvortil der er formuleret spørgsmål, som er inspireret af *the business model canvas*, der er udviklet af Alexander Osterwelder³⁷, og som er vist i figuren nedenfor.

³⁷ Jf. Osterwelder, A. og Pigneur, Y., 2013.



FIGUR 6-1 THE BUSINESS MODEL CANVAS.

Dette *business model canvas* skaber en struktur for de aktiviteter, som gør genbrugte mursten salgbare. Aktiviteterne vedrører indsamling og indkøb af gamle mursten samt den proces og de samarbejdspartnere, der muliggør en rentabel genbrug af mursten. Det vedrører ligeledes de salgsprocesser og de kunder, som bruger de gamle mursten til renoveringer eller nybyggeri.

Interviewene danner grundlag for en kvalitativ dataanalyse, hvor COWI analyserer og videreformidler de input og betragtninger, som interviewpersonerne fremhæver.

6.3 Analyse

COWI besvarer i det følgende analysens tre hovedspørgsmål, dvs.:

- Er der barrierer, der gør, at der genbruges for få mursten?
- Er det muligt at arrangere sig lidt anderledes og derved gøre genbrug mere hensigtsmæssig/fordelagtig?
- Hvad er erfaringerne fra andre lande?

Da de identificerede barrierer også rummer muligheder for at gøre genbrug mere hensigtsmæssig og fordelagtig, er den følgende analyse struktureret herefter. Stort set ingen af interviewpersonerne har direkte adspurgte kendskab til erfaringer fra udlandet. Ud over spørgsmål til interviewpersonerne er der søgt information om internationale erfaringer via internettet og ved interview med engelsk genbrugsfirma.

Indledningsvist har COWI skitseret værdikæden for genbrug af mursten og fremhæver, hvilken rolle og aktiviteter interviewpersonerne har i denne værdikæde.

6.4 Værdikæde

Mursten til genbrug stammer fra bygninger, som bliver revet ned. Det kan være store nedrivninger, som bliver håndteret af professionelle nedrivningsvirksomheder, som f.eks. Dansk Genkhus eller Tscherning. Og det kan være mindre nedrivninger, som ofte bliver håndteret af håndværkere eller privatpersoner, som oftest afleverer murstenene og andet nedrevet materiale på de kommunale genbrugsstationer, som f.eks. genbrugsstationen i Lyngby-Taarbæk Kommune.

Nedrivningsvirksomheder betaler affaldshåndteringselskaber som f.eks. Norrecco for at håndtere de nedrevne mursten. Affaldshåndteringselskaberne knuser murstenene, hvoraf 90-95 % bliver anvendt til ubundne bærelag til fundering af især veje og pladser. Resten bliver blandt andet brugt

til nye produkter som eksempelvis tilslag til overfladebelægninger til parkanlæg og taghaver til at holde vandet på taget til planterne. Mursten bliver ikke kørt eller knust til deponi, da deponiafgiften er høj.

Nogle nedrivningsselskaber sorterer murstenene ved nedrivning med henblik på genbrug af hele sten. Det sker til tider via rådgivning, og ved at Miljøkontrollen har formidlet kontakten til Gamle Mursten. Det foregår mest i København, men forekommer ifølge "Gamle Mursten" også andre steder. Det er særligt de røde mursten, som er velegnet til at genbrug (svarer til cirka 10-20 % af de ton mursten, som bliver revet ned i Danmark). Ifølge nedriverne er de gule mursten i mindre grad velegnet til genbrug, da de er mere porøse end røde sten. Det kan imidlertid ikke bekræftes af virksomheden "Gamle Mursten", som renser murstenene til genbrug.

"Gamle Mursten" sorterer, renser, pakker og leverer mursten, så de murere, der er tilknyttet byggeprojekterne, kan anvende de gamle mursten efter samme byggeprocesser, som hvis de arbejdede med nye mursten.

Køberne af gamle mursten er særligt privatpersoner, boligforeninger og entreprenører, som køber de gamle mursten på grund af f.eks. patina, miljøårsager, eller hvis de ønsker byggeriet certificeret efter f.eks. standarderne DGNB, LEED eller BREAM, som giver point, hvis der bruges genbrugte byggematerialer. "Gamle Mursten" har desuden eksempler på, at ejere af ejendomme gerne genkøber de mursten, som bliver revet ned, så de kan blive oprenset og direkte genbrugt i nyt byggeri.

6.5 Barrierer, muligheder og erfaringer

COWI har via interviews identificeret en række barrierer for at kunne øge genbrug af mursten. Barriererne vedrører særligt:

- Mængder;
- Manglende regulering;
- Priser;
- Kvalitet.

Barriererne er nært sammenhørende, hvilket er uddybet i de følgende afsnit.

6.5.1 Mængder

I dag er kvaliteten af gamle mursten ofte uensartet. Stort set ingen håndværkere og private og kun et mindre antal nedrivere foretager en sortering af murstenene i rene fraktioner, der muliggør genbrug af hele mursten.

På genbrugsstationerne kommer mange små private og håndværkere med mursten, hvor der ikke er opsyn. Og selv når sorteringen fungerer på genbrugsstationerne, er kvaliteten meget forskelligartet. Claus Juul Nielsen fra "Gamle Mursten" fremhæver, at "der er en hel del hele sten, når mure bliver håndnedbrudt. Men der er også sten med mørtel, som gør, at det ikke kan genbruges". Samtidig er murstenenes oprindelse oftest ukendt, når stenene kommer fra genbrugsstationer, hvor de ligger blandet med tegl i containerne. Flere interviewpersoner vurderer, at det vil kræve et anseligt tilsynsarbejde for at sikre, at stenene reelt er egnet til genbrug.

Sortering og behandling med henblik på direkte genbrug af mursten tager tid og planlægning, og det kræver, at man foretager sorteringen i forbindelse med nedrivningen og er opmærksom på ikke at beskadige stenene. Incitamentet for at foretage denne sortering eksisterer kun i begrænset grad i dag, hvilket særligt skyldes den nuværende prisstruktur, som er beskrevet i det følgende afsnit.

6.5.2 Manglende regulering³⁸

En anden barriere er manglende regulering. De danske myndigheder stiller i dag ikke krav om udsortering til genbrug, eller dokumentation af murstenenes kilde og oprindelse. Det betyder, at det kan være meget vanskeligt at vurdere murstenenes kvalitet og f.eks. vurdere om murstenene er egnede til facadesten.

Som udgangspunkt er der en mangel på konkret viden og erfaring vedr. murværk opført med genbrugte mursten, idet hele norm komplekset er baseret på en meget stor mængde forsøg med nye mursten.

Et godt udgangspunkt for dokumentation af sten fra nedrivning vil være at besigtige bygningerne før nedrivning. Hvis denne viden skal udnyttes i det videre forløb, kræver det samtidig en dokumenteret sporbarhed af materialerne, så den indhentede viden så at sige følger materialerne. At etablere denne sporbarhed kræver selvsagt et tæt samarbejde med de parter, som står for nedrivning, transport og den videre behandling af det nedrevne murværk. I denne proces skal prøveudtagningen da planlægges, så stikprøverne bliver repræsentative.

Nogle standardiserede prøvningsmetoder, f.eks. til fastlæggelse af format og trykstyrke samt stenenes sugsevne og vedhæftning til mørtel, kan anvendes direkte på såvel nye som brugte sten. Men når det gælder bedømmelsen af stenenes holdbarhed over for frost og salte, og restlevetid, må man i høj grad supplere med en vurdering af såvel den hidtidige belastning og fremstillingsmetoderne for de ældre sten, herunder vedr. lertyper, strykningsmetode, brænding og generelt ensartethed af stenene. Dette kræver en vis historisk indsigt i materialer og teglfremstilling i Danmark.

Et behandlingskrav, der imødekommer disse behov vil øge kvaliteten og skabe større klarhed om kvaliteten i udbuddet. Det vil gøre markedet for køb og salg af gamle mursten større og derved mere økonomisk attraktivt for flere virksomheder, der ønsker at konkurrere med "Gamle Mursten".

6.5.3 Priser

Nedrивerne indsamler priser for at komme mest rentabelt af med murstensaffald, og de forhandler således også med "Gamle Mursten" om pris, mængde og kvalitet. Nedriverne vurderer de konkrete nedrivningsprojekter i forhold til, om det kan betale sig at aflevere de mursten, som er egnet til genbrug, til "Gamle Mursten". Det kan bedst betale sig i forbindelse med en stor nedrivning, hvor mange sten er egnet til genbrug, og hvor transporten til "Gamle Mursten"'s anlæg i Hedehusene eller Svendborg er forholdsvis kort.

"Gamle Mursten" modtager større og større mængder – og typisk fra store projekter, hvor nedriverne leverer op til en million sten pr. projekt. Det hænder, at virksomheden betaler for transporten fra nedrivningen for at skaffe mursten nok, forudsat kvaliteten af de nedrevne mursten er tilstrækkelig høj.

Typisk betaler nedriverne "Gamle Mursten" mellem 0-40 kr. pr. tons eksklusive transport. Prisen afhænger af krav til projekter, og "Gamle Mursten" er derfor i tæt dialog med nedriverne, som de indgår aftaler med. Claus Juul Nielsen fra "Gamle Mursten" fremhæver, at der kommer mange sten for 0 kr. Ellers skal nedriverne normalt betale mellem 40 og 80 kroner pr. ton for at afsætte murstenene til knusning. Prisen, som nedriverne skal betale, afhænger af de priser affaldspladserne³⁹ tager for at modtage affald, som især er høje i København. Ifølge RGS90 er den væsentligste grund til den geografiske variation, at priserne bruges til at regulere tilgangen af affald. I mindre grad er der tale om varierende omkostninger til drift af anlæggene.

³⁸ Dette afsnit bygger delvis på et interview og tekstbidrag fra Teknologisk Institut ved Abelone Køster

³⁹ Med affaldspladser menes de steder, hvor nedriverne kan aflevere deres byggeaffald, for eksempel RGS90.

Køberne af gamle mursten er særligt privatpersoner, boligforeninger og entreprenører. Det sker typisk til mellem 5-8 kr. pr. mursten. En dansk standardmursten er som hovedregel billigere end en genbrugt mursten på grund af ekstraomkostninger til sortering og rensning af de brugbare mursten.

Køberne af gamle mursten har oftest en særlig interesse eller et særligt behov for den patina, historie eller kvalitet, der knytter sig til genbrugte mursten, som gør, at de ønsker, at betale mere end prisen på en standardmursten, som har et andet udseende og en anden historie end genbrugte mursten.

"Gamle Mursten" har haft negative årsresultater i 2012 og 2013 (på ca. -1/2 million kr.), men de har fra 2012 til 2013 haft en stigende bruttofortjeneste, og Claus Juul Nielsen fra "Gamle Mursten" fortæller, at de oplever en stigende efterspørgsel. NCC har eksempelvis to større boligprojekter (et i Danmark og et i Sverige), hvor de anvender gamle mursten. Men især udbuddet er ikke stort nok til, at andre virksomheder indtil nu har investeret i etablering af nye behandlingsanlæg.

En væsentlig barriere for at øge genbrug af mursten ifølge nedriverne er, at den reducerede omkostning for at komme af med murstensaffald, som nedriverne kan opnå ved til at sortere til genbrug, oftest ikke er attraktiv nok til at opveje den pris, som de ellers skal betale affaldshåndteringsselskaberne for at håndtere murstensaffaldet, herunder murstenene. Det mindsker udbuddet af gamle mursten til genbrug som hele sten, da priserne ikke er attraktive nok og besværet værd, ligesom den eksisterende kildesortering ikke stiller krav om adskillelse af mursten i rene fraktioner.

Barrieren omkring prisen for at aflevere affald er nævnt af nedriver ved interview. Når man analyserer de priser, som nedriverne møder i markedet, er der ikke basis for at konkludere at prisen alene er en barriere, idet det koster stort set det samme at aflevere til "Gamle Mursten" inkl. ekstraomkostninger i forbindelse med skånsom nedrivning, som at aflevere til nedknusning. Når prisen alligevel nævnes som en barriere, kan det hænge sammen med, at nedriverne føler, at de bør have en større kompensation for at nedrive til genbrug end til nedknusning, fordi det giver mere besvær. Det kan også skyldes manglende udbredelse eller kendskab til markedet for genbrug af mursten. De gennemførte interviews viser, at nedriverne ofte overtager affaldet og dermed også risikoen for at få afhændet affaldet til en fordelagtig pris. I det omfang der kan være usikkerhed om affaldet kan afsættes til en fordelagtig pris kan denne usikkerhed også udgøre en barriere for genbrug af mursten⁴⁰.

6.5.4 Kvalitet

I dag er det ikke muligt at certificere gamle mursten i forhold til deklARATIONEN for byggevarer. Det er således ikke en alment accepteret kvalitetsdokumentation og garanti omkring gamle mursten, da den eksisterende CE-mærkning ikke kan rumme genbrugte mursten, fordi sælger (i dag kun Gamle Mursten) ikke har fremstillet murstenene, og fordi mursten fra før 1955 er forskellige fra nye mursten (brænding og konsistens). Og da det reelt kun er Gamle Mursten, der i dag genbruger gamle mursten, er markedet lille og incitamenterne for små til at CE-ordningen er blevet udvidet.

Den manglende CE-mærkning mindsker efterspørgslen. CE mærket er ikke en kvalitetsmærkning i forhold til en konkret anvendelse, men en garanti for, at stenene må markedsføres. CE-mærkning er betinget af, at der findes en europæisk harmoniseret standard for stenene eller en Europæisk Teknisk vurdering (ETA). Nogle købere er også tilbageholdende med at købe genbrugte mursten, fordi der ikke eksisterer en kvalitetsmærkning. Flere bæredygtigheds certificerede bygninger vil ligeledes øge efterspørgslen efter genbrugte mursten.

⁴⁰ Genbrugspladserne har faste prislister på modtagelse af murstensaffald og affald til nedknusning. Der er ikke et lignende etableret marked med faste priser på mursten til genbrug. Det afhænger af efterspørgsel og kvaliteten af murstensaffaldet i den konkrete situation og hvad man kan forhandle sig frem til.

6.5.5 Erfaringer fra andre lande

De udenlandske erfaringer er søgt afdækket ved at spørge til udenlandske erfaringer ved de interviews, der er foretaget i branchen. Disse spørgsmål ledte ikke til brugbar viden om hvilke erfaringer der er med genbrug af mursten i udlandet. For at supplere disse interviews er der foretaget en screening på Internettet og et interview med virksomheden ReclaimedBricks.

Helt generelt er der ikke fundet udenlandske erfaringer med mere avancerede teknologier end "Gamle Mursten". I England er der en del genbrug af mursten. Flere virksomheder i England handler med genbrugte mursten såvel som andre byggematerialer. Disse indgår typisk i virksomhedens sortiment af nye og genbrugte materialer.

Et eksempel er firmaet <http://www.reclaimedbricks.uk.com> som er specialiseret i genbrugsmursten. Virksomheden indhenter deres mursten igennem tæt samarbejde med nedrivningsentreprenører, hvormed de inspicerer hver byggeplads inden nedrivning. Efter afhentningen af murstenen rengøres disse i hånden. Der benyttes ingen maskineri til at rense de genbrugte mursten. ReclaimedBricks er den største genbrugsvirksomhed i England.

På baggrund af interview med ReclaimedBricks kan der gives oplysninger om situationen i England. Oplysningerne repræsenterer ReclaimedBricks opfattelse, men det vurderes, at disse punkter også gælder mere generelt i England:

- Ifølge ReclaimedBricks koster det ca. det dobbelte at fremstille genbrugsmursten fremfor at producere nye mursten.
- ReclaimedBricks bruger alene håndkraft til rensning og sortering af mursten og kender ikke til billigere teknologier, hvor der kan anvendes mindre håndkraft.
- Der er ingen certificering og ingen testprocedure til dokumentation af kvaliteten af mursten i England.
- Der er ingen krav fra myndighedernes side til genbrug af mursten fra nedrivninger.
- Men krav til at der bruges gamle mursten til mange bevaringsværdige bygninger. Og det giver stor efterspørgsel efter gamle mursten. Især i London hvor der er mange gamle bygninger.
- Produktion af gamle mursten i England er i høj grad efterspørgselsdrevet.

6.6 Konklusion

Viden om afsætningsmulighed og sikkerhed for afsætningsmulighed til en fordelagtig pris er afgørende for, om nedriverne er interesserede i at udsortere mursten til genbrug. Omkostninger til transport og afhændelse og til ekstra sortering og håndtering kan gøre, at det ikke er økonomisk attraktivt for nedriverne. Prisen for at afhænde mursten til knusning (ofte som del af blandet mængde murstensaffald) varierer fra landsdel til landsdel, hvilket gør, at nedriverne vurderer rentabiliteten ved at udsortere til genbrug fra gang til gang.

Det er særligt i forbindelse med store nedrivninger i hovedstadsområdet, hvor afhændelsesprisen er relativ høj, og hvor "Gamle Mursten"s modtageanlæg i Hedehusene ligger tæt på, at det er økonomisk attraktivt for nedriverne at udsortere mursten til genbrug. Det har tilsvarende gjort, at "Gamle Mursten" ofte dækker omkostninger til transport for at øge mængden af mursten til genbrug. Muligheden for at "Gamle Mursten" i visse tilfælde dækker omkostning til transport kan ses som en del af deres forretningsmodel. Forretningsmodellen kunne antagelig styrkes ved at udvikle denne service til et mere generelt tilbud, som en del af deres forretningsmodel.

Ved interviews er det nævnt, at øget genbrug af mursten kan opnås, hvis nedriverne opnår bedre priser for at udsortere mursten, der er egnet til genbrug, i forhold til at afhænde murstenene til knusning. Når man analyserer de priser, som nedriverne møder i markedet, er der ikke basis for at konkludere at prisen alene er en barriere, idet det koster stort set det samme at aflevere til "Gamle Mursten", som at aflevere til nedknusning. Når prisen alligevel nævnes som en barriere, kan det

hænge sammen med, at det er mere besværligt at nedrive til genbrug end til nedknusning, hvorved de bør kompenseres for disse ekstraomkostninger. Det kan også skyldes manglende udbredelse eller kendskab til markedet for genbrug af mursten.

Højere priser på mursten vil bygherren for nybyggeriet i første omgang selv skulle afholde, og selvom der ser ud til at være en stigende tendens til, at bygningsejeren (eller lejereren) af nybyggeriet er villig til at betale denne merudgift i forbindelse med mellem- eller højkvalitetsbyggeri, synes tendensen ikke at være markant nok til at kunne øge mængden af genbrugte mursten. Det er markedet og efterspørgslen (stadig) for lille til.

Hertil kommer, at manglen på CE-mærkning af genbrugte mursten sandsynligvis mindsker efterspørgslen, da en mangel på kvalitetsdokumentation skaber usikkerhed om de genbrugte murstens kvalitet.

I sidste ende må man formode, at eventuelle ekstra omkostninger i forbindelse med et behandlingskrav vil overvælttes til slutbrugerne af nybyggeriet. Det vil således ikke være byggebranchens selv, der vil komme til at betale eventuelle omkostninger ved et evt. behandlingskrav.

Analysen baserer sig, som allerede nævnt, på projektet "LCA af genbrug af mursten" (Miljøprojekt nr. 1512, 2013) og dets forudsætninger og deraf følgende begrænsninger. Disse er vigtige at holde sig for øje i forbindelse med en tolkning af analysens resultater, hvorfor de skal fremhæves her:

- Murstensaffaldet, som ankommer til oparbejdning på en oparbejdningsstation, indeholder en vis mængde genbrugelige mursten.
- En oparbejdet mursten erstatter fuldt ud, både teknisk og funktionelt, en ny mursten; det gælder for såvel facadesten som bagsten.
- Der er ikke taget højde for forskelle i kvalitet mellem nye mursten og oparbejdede gamle mursten med hensyn til blandt andet trykstyrke, frostfasthed og vedhæftningsstyrke.
- Der er ikke taget hensyn til de potentielle energibesparelser ved brug af nye mursten fremfor gamle mursten⁴¹.
- Levetiden af forskellige typer af mursten er ikke inddraget.

I det omfang gamle mursten ikke fuldt ud kan erstatte en ny mursten, vil det betyde, at de resultater der er beregnet i denne rapport, overvurderer gevinsten ved genbrug af mursten. Det gælder for eksempel i det omfang "gamle" mursten har kortere levetid i forhold til nye mursten eller har ringere isolerende effekt end nye mursten.

⁴¹ Nye mursten med isolerende hulrum kan have bedre isolerende effekt end gamle massive mursten. Det betyder, at bygninger bygget med "gamle" mursten, kan have højere energiforbrug, end bygninger bygget med nye mursten, alt andet lige.

7. Perspektivering

Dette kapitel indeholder en kort perspektivering af undersøgelsens resultater.

7.1 Perspektivering af det samfundsøkonomiske resultat

Resultaterne fra undersøgelsen i Tabel 5-14 viser, at der vil være en samfundsøkonomisk omkostning på ca. 21,9 kr. pr. ton, svarende til $21,9/322 = 7$ øre pr. sten, hvis murstensaffaldet genbruges som blødstrøgne standardsten fremfor at blive nedknust. Hvis genbrugsstenene derimod kan erstatte mere eksklusive blødstrøgne mursten, vil der være et samfundsøkonomisk overskud på 7,6 kr. per ton, svarende til 2 øre per sten (jfr. Bilag 5, Tabel 5B-2).

For den del af murstensaffaldet, der genanvendes til bagsten (maskinsten), vil der være en samfundsøkonomisk omkostning på 177,2 kr. pr. ton, svarende til $177,2/322 = 55$ øre pr. sten.

7.2 Er der efterspørgsel efter de brugte mursten?

Køberne af gamle mursten er særligt privatpersoner, boligforeninger og entreprenører, som køber de gamle mursten på grund af f.eks. patina, miljøårsager, eller hvis de ønsker byggeriet certificeret efter f.eks. standarderne DGNB, LEED eller BREAM, som giver point ved at anvende genbrugte byggematerialer. "Gamle Mursten" har desuden eksempler på, at ejere af ejendomme gerne genkøber de mursten, som bliver revet ned, så de kan blive oprenset og direkte genbrugt i nyt byggeri.

Repræsentanter for "Gamle Mursten" fortæller, at de oplever en stigende efterspørgsel. NCC har eksempelvis to større boligprojekter (ét i Danmark og ét i Sverige), hvor de anvender gamle mursten.

Med den supplerende interviewundersøgelse er der foretaget en mere detaljeret undersøgelse af efterspørgslen efter genbrugssten. Konklusionen er, at der er en betydelig potentiel efterspørgsel efter genbrugssten i byggebranchen. Når der kun genbruges en begrænset mængde af mursten i dag, skyldes det ifølge respondenterne:

- Utilstrækkelig forsyning;
- Mangler katalog og fysiske prøver;
- Kvalitet for ringe/varierende;
- For høj pris.

Alle respondenterne kender til genbrugssten, men en del af dem har ikke et tilstrækkeligt detaljeret kendskab til dem, hvorfor de ikke indgår som et reelt alternativ til nye mursten. Derudover nævnes, at genbrugsstenene ikke er tilstrækkeligt godt markedsført, og at de ikke forefindes i tilstrækkelige mængder.

En hovedkonklusion er således, at genbrug af mursten især har et stort potentiale i de mere eksklusive byggerier og i andre typer af byggerier, hvor prisen er af mindre betydning for valget af mursten. Det kan for eksempel være i byggerier, hvor der lægges vægt på æstetiske virkemidler,

hvor der lægges vægt på eller stilles krav til bæredygtighed, eller ved reovering, hvor der er mere fokus på at finde en sten, der passer ind i helheden, end hvor meget murstenen koster.

En anden hovedkonklusion er, at forsyningsikkerheden tilsyneladende spiller en væsentlig rolle for efterspørgslen. Her er tale om, at udbuddet af genbrugssten ikke er tilstrækkeligt til, at genbrugssten kan indgå som et reelt alternativ til nye mursten.

Efter gennemførelsen af hovedundersøgelsen i 2014 er der gennemført en interviewundersøgelse til afdækning af efterspørgslen efter genbrugssten. Denne undersøgelse er præsenteret i Bilag 6. Ifølge denne vil der være en efterspørgsel på 20-80 mio. sten per år ved en pris på 5-8 kroner per sten.

7.3 Hvad er de største barrierer for øget genbrug?

Den manglende CE-mærkning er dog stadig en barriere for efterspørgslen. CE mærket er ikke en kvalitetsmærkning i forhold til en konkret anvendelse, men en garanti for, at stenene må markedsføres. CE-mærkning er betinget af, at der findes en europæisk harmoniseret standard for stenene eller en såkaldt European Technical Assessment (ETA). Nogle købere er også tilbageholdende med at købe genbrugte mursten, fordi der ikke eksisterer en kvalitetsmærkning. Flere bæredygtighedscertificerede bygninger vil ligeledes kunne øge efterspørgslen efter genbrugte mursten.

Nedriverne vurderer fra gang til gang, hvad der er mest fordelagtigt for dem i en given situation. Her indgår overvejelser som pris for at komme af med mursten, besvær og evt. ekstraomkostninger ved nedrivning, omkostninger til transport, planlægning af arbejdet med videre. Det er tydeligt, at prisen som nedriverne skal betale for at slippe af med murstenene er en afgørende faktor for om de vælger at rive ned til genbrug eller nedknusning. Det betyder, at tiltag der kan reducere den pris som nedriverne skal betale for at komme af med murstenene, har stor betydning for, hvor meget der bliver revet ned til genbrug.

På den anden side står virksomheden "Gamle mursten", som bruger prisen for at modtage murstensaffald som en regulator for, hvor mange sten de modtager fra nedrivningerne. Hvis de i en periode oplever stor efterspørgsel efter brugte mursten, vil de sætte modtageprisen ned og der vil strømme mere murstensaffald ind til genbrug. Der er således i denne sammenhæng to typer tiltag som politikerne kan skrue på, hvis man ønsker større genbrug af mursten.

1. Udbudsrettede initiativer. Det kunne f.eks. ske ved at lægge en afgift på murstensaffald, der ikke genbruges.
2. Sætte initiativer i gang der kan øge efterspørgslen efter brugte mursten. Det kunne f.eks. være certificering af brugte mursten og nedrivningsprocedurer, der øger kvaliteten af de brugte mursten.

På lang sigt vil det antagelig være mest fordelagtigt at styrke efterspørgselssiden, idet det automatisk vil øge andelen af mursten til genbrug. Hvis man forsøger at øge andelen af mursten til genbrug uden at fremme efterspørgselssiden, kan der komme overudbud af brugte mursten. Det vil få producenter af genbrugssten til at forhøje prisen for at modtage mursten og derved gøre det mindre fordelagtigt for nedriverne at rive ned til genbrug.

7.4 Kan man arrangere sig anderledes og derved gøre genbrug mere hensigtsmæssig/fordelagtig?

Der er ikke fundet potentiale for at ændre produktionsprocessen således at genbrug kunne gøres betydeligt mere fordelagtig, end den er i dag. Der er i dag et oparbejdningsanlæg i Svendborg og et i Hedehusene. Det har reduceret transporten af genbrugsmateriale og mursten betydeligt. I den tidligere LCA-analyse blev det antaget, at murstensaffaldet skulle transporteres i gennemsnit 70 km. Efter der er kommet et anlæg til i Hedehusene vurderes det at denne afstand er reduceret til 30 km.

De omkostninger der er opstillet i analysen gælder en situation med generelt behandlingskrav og genanvendelse af alt genanvendeligt murstensaffald. Følsomhedsanalyserne viser, at hvis man målretter sig mod nedrivning af større bygninger med mere ensartede mursten kan man spare arbejdskraft. Hvis man alene fokuserer på dette delsegment vil det være samfundsøkonomisk fordelagtigt at genbruge mursten fremfor at nedknuse murstenene.

7.5 Er der erfaringer fra andre lande?

Der ikke fundet udenlandske erfaringer med mere avancerede teknologier, end det vi ser på "Gamle Mursten".

De udenlandske erfaringer har således ikke kunnet bidrage med til at gøre genbrug mere fordelagtig i Danmark. Dog kan det nævnes, at den gennemsnitlige lønomkostning per time er ca. 45% lavere i England i forhold til Danmark⁴². Hvis man kunne spare 45% på lønomkostningerne i Danmark ville genbrug, der kræver megen manuel arbejdskraft, kunne blive betydeligt mere fordelagtig.

I England foregår der udbredt genbrug af mursten. Grunden er ifølge et engelsk genbrugsfirma, at der er krav om anvendelse af brugte mursten til reparation og vedligehold af de mange gamle bygninger i London. Det giver en stor efterspørgsel efter brugte mursten. Lignende tiltag i Danmark kunne derfor overvejes for at øge efterspørgslen efter genbrugte mursten.

7.6 Manglende regulering

Genbrug af mursten til bærende konstruktioner kræver, at murstenenes holdbarhed og styrke kan dokumenteres efter gældende regler. Reglerne for murværk findes bl.a. i DS/EN 771 Forskrifter til byggesten for murværk og DS/EN 1996 Eurocode 6 - Murværkskonstruktioner⁴³.

Der er ikke på nuværende tidspunkt opstillet alternative retningslinjer for, hvordan holdbarhed og styrke af genbrugsmursten kan dokumenteres, men i både Danmark og EU arbejdes på forskellig vis med problematikken. I Danmark forberedes indførelsen af en CE-mærkning for genbrugssten, så genbrugssten kan CE-mærkes og deklarerer med trykstyrke på samme måde som nye mursten. Anden version af udkast til en sådan CE-mærkning er sendt til kommentering i European Organisation for Technical Assessment (EOTA), den europæiske organisation til godkendelse af byggematerialer.

Der er antagelig ikke noget til hinder for, at genbrugsmursten i praksis kan anvendes til ikke-bærende facadekonstruktioner, hvilket betyder, at der fortsat må forventes at være et marked for afsætning af genbrugte mursten.

⁴² EUROSTAT, 2013.

⁴³ Jf. . Økonomi og Erhvervsministeriet, Besvarelse af spørgsmål S886, 25. november 2003, København, 2003.

7.7 Stordriftsfordele

Den største omkostning ved genbrug af mursten skyldes rensningsprocessen, hvor alle murstenene bliver håndteret manuelt én for én dels for at sortere, kontrollere og rense eventuelle mørtelrester af murstenene. Mængden af arbejdskraft er derfor stort set ligefrem proportional med mængden af mursten. Derfor kan der ikke forventes betydelige stordriftsfordele ud over de der allerede er høstet i Hedehusene.

Der er ikke beregnet nogen optimal størrelse for en genbrugsvirksomhed som "Gamle Mursten". Lønomkostningerne som udgør ca. 2/3 af omkostningerne, er omtrent ligefrem proportionale med mængden af mursten. Men der vil kunne være en vis besparelse på anlæg og lokaler hvis der for eksempel kunne arbejdes i to-holdsdrift. Effekten af at indføre to-holdsdrift er belyst i Bilag 5.

Referencer

Andersen, Mikael Skou og Jørgen Brandt: Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, Notat. Århus, 2014.

Energistyrelsen: Samfundsøkonomisk metodebeskrivelse i forbindelse med klimaplan (14-08-2013). København, 2013(c).

Energistyrelsen: Forudsætninger for samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. København, 2014.

Finansministeriet: Faktaark for ny og lavere diskontering (31-05-2013). København, 2013.

Jesper Engelmark: Københavnsk etageboligbyggeri 1850-1900 SBI-rapport 142. København, 1983.

Miljøministeriet: Samfundsøkonomiske vurderinger af miljøprojekter. København, 2010.

Miljøstyrelsen: Miljøprojekt nr. 1512, LCA af genbrug af mursten. København 2013(a).

Miljøministeriet: Ressourceplanen, 2013 - Ressourceplanen for affaldshåndtering. København, 2013(b).

Miljø- og Fødevareministeriet: Miljøøkonomisk Beregningsmodel, foreløbig version 5. december 2014. København, 2014.

Miljø- og Fødevareministeriet: Nøgletalskatalog, miljøøkonomiske nøgletal 2015. Excelark fra Miljø- og Fødevareministeriets hjemmeside. København, 2015.

Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter: *Bekendtgørelse om ajourføring af Bygnings- og Boligregistret (BBR) (BEK nr 1010 af 24/10/2012)*. København, 2012 (se: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=143662>).

Osterwelder, A. og Pigneur, Y.: Business model generation - en håndbog for nytænkere, banebrydere og rebeller. København, 2013.

Regeringen: Danmark uden affald. Genanvend mere – forbrænd mindre. København, 2013.

Skats hjemmeside: <http://www.skat.dk> (om afgiftsatser tidligere år).

Transportministeriet: Transportøkonomiske enhedspriser 1.4. Excelark. København, 2014.

Links til udenlandske hjemmesider omkring genbrug af mursten:

- ReclaimedBricks: <http://www.reclaimedbricks.com/>
- Gardiners: engelsk firma som sælger brugte mursten (samt andre byggematerialer): <http://www.gardinersreclaims.co.uk/products/Bricks/Reclaimed-Bricks/41>
- EU-projekt, ReBrick: <http://www.zerowasteurope.eu/2014/01/rebrick-reuse-bricks-to-give-them-a-new-life/>
- London reclaimed brick merchants: <http://www.lrbm.com/contact.php>

- Guide to procurement of reclaimed building materials:
http://www.bioregional.com/files/publications/WRAPReclaimedBuildingProducts_Mayo8.pdf
- Nationalist Specialist Contractors Council (publication):
<http://www.nsc.org.uk/docs/general/002fGuidanceonwaste.pdf>

Bilag 1: Spørgeguide til interview til hovedundersøgelse

Indledning

Miljøstyrelsen har bedt COWI om at udarbejde forslag til alternative forretningsmodeller for nyttiggørelse af gamle mursten.

COWI udarbejder forslag ved at gennemføre interview med en nedriver, en genbrugsstation, et ejendomsselskab, to entreprenører samt virksomheden Gamle Mursten. Det skaber datagrundlaget for at vurdere:

- Om der er erfaringer fra andre lande;
- Om der er barrierer, der gør, at der genanvendes for få mursten;
- Om man kunne arrangere sig lidt anderledes og derved gøre genbrug mere hensigtsmæssigt/fordelagtigt.

Spørgeguide

COWI har nedenfor udarbejdet spørgeguide, som bliver fremsendt til interviewpersonerne forud for interviewet. Interviewene er planlagt til gennemførelse i uge 40 og især uge 41.

Spørgeguiden fokuserer på gamle mursten og genbrug heraf, og den er struktureret efter følgende temaer⁴⁴ for hver af de interviewede virksomheder: input (køb), værdiskabelse og output (salg).

Input (køb)

'Input' vedrører køb eller indsamling af gamle mursten samt de samarbejdspartnere, aktiviteter og ressourcer, der knytter sig hertil.

Spørgsmål:

1. Hvordan køber/indsamler I gamle mursten i dag?
2. Hvem sælger/leverer de gamle mursten til jer?
3. Beskriv venligst processen for jeres køb/indsamling (aktiviteterne)
4. Beskriv venligst hvad I gør ved de mursten, som I har købt/indsamlet.
5. Beskriv venligst hvilke omkostninger der er forbundet med jeres 1) køb/indsamling og 2) håndtering af gamle mursten?
6. Erfaringer fra andre lande?
7. Hvad skal der ske/ændres for at I kan (vil være interesseret i at) købe/indsamle flere gamle mursten end I gør i dag? F.eks. vedr.:
 1. Pris,
 2. Kvalitet,
 3. Lovmæssige krav,
 4. Udbud
 5. Teknologi
 6. Logistik
 7. Andet?

⁴⁴ Som er inspireret af *Alexander Osterwelders* business model canvas,

Værdiskabelse

'Værdiskabelse' vedrører, hvorfor gamle mursten er salgbare.

Spørgsmål:

8. Beskriv venligst hvorfor de gamle mursten, som I har købt/indsamlet er salgbare (evt. til forskel fra nye mursten).
9. Er der særlige forhold vedrørende kvaliteten af gamle mursten som man skal være opmærksom, hvis man ønsker at udskifte nye mursten med gamle mursten?

Output (salg)

'Output' vedrører salg og viderelevering af gamle mursten samt de kunderelationer, salgskanaler og kundesegmenter, der knytter sig hertil.

Spørgsmål:

10. Beskriv venligst hvordan I sælger/videreleverer gamle mursten (f.eks. som selvstændigt produkt eller som en del af f.eks. en bygge- eller renoveringsopgave, eller i forskellige kvaliteter).
11. Hvilke kunder køber/modtager gamle mursten af jer?
12. Hvorfor er gamle mursten attraktive for jeres kunder?
13. Beskriv venligst hvilke indtægter der er forbundet med jeres salg af gamle mursten?
14. Erfaringer fra andre lande?
15. Hvad skal der ske/ændres for at I vil kunne sælge/videreleverer flere gamle mursten end I gør i dag? F.eks. vedr.:
16. Pris
17. Kvalitet
18. Lovmæssige krav
19. Standardisering
20. Efterspørgsel
21. Teknologi
22. Logistik
23. Andet?
- 24.

Tak for jeres tid og hjælp!

Bilag 2: Anvendte afgifter

Afgifter	Procesenergi	Ikke procesenergi	Enhed
El	0,40	0,898	Kr. pr. kWh
Naturgas	0,18	2,795	Kr. pr. M ³

Note: Afgifterne er opgjort for 2014. Procesenergi er f.eks. den el der bliver brugt i ovnen til brænding af nye sten. Ikke proces energi er f.eks. den el der bliver brugt på et transportbånd.

Kilde: Skats hjemmeside.

Afgifter	Kroner	Enhed
Dieselmotorer		
CO ₂ -afgift	0,41	Kr./liter
Energiafgift	2,66	Kr./liter
Råstofafgift	5,00	Kr./ton
Lastbiltransport (ifølge transportøkonomiske enhedspriser)		
Kørsel	0,98	Kr./km
Tid	8	Kr./time

Note: Afgifterne er opgjort for 2014.

Kilde: Oliebranchens fællesråd og Transportøkonomiske enhedspriser.

Bilag 3: Beregning af eksterne omkostninger

TABEL B3-1 OMKOSTNINGER VED EMISSIONER

	Elproduktion og teglovn		Dieselmotorer		Transport	
	Kr./Kg	Andel DK	Kr./Kg	Andel DK	Kr./Kg	Andel DK
NO _x	66,1	10,0%	70,4	6,0%	52	100%
Partikler	145,6	15,0%	255,5	47,0%	240	100%
SO ₂	95	10,0%	97,6	31,0%	205	100%
CO ₂	0,189	100%	0,189	100%	0,189	100%

Kilder: Elproduktion, teglovn og dieselmotorer: Nøgletalskataloget, 2014. Dieselmotorer: Miljøøkonomiske beregningspriser for emissioner, Mikael Skou Andersen og Jørgen Brandt, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet, december 2014. Transport: Transportøkonomiske enhedspriser.

Bilag 4: Dataindsamling og datakilder

TABEL B4-1 ANVENDTE DATA OG DATAKILDER

Omkostning	Værdi	Kilde
Nedrivningsomkostning	7,5 kr. / ton	Interview med nedriver
Prod af nye mursten		Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Investering	80 mio. kr.	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Levetid	50 år	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Vedligehold	120 kr. / ton	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Emballage	10 kr. / ton	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Ler	35 kr. / ton	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Arbejds løn	200 kr. / ton	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Administration og salg	120 kr. / ton	Kalk-og teglværksforeningen af 1896
- Energiforbrug	El: 44,4 kWh / ton	Miljøprojekt 1512
- Facadesten	Naturgas: 50,4 Nm ³ /ton	
- Energiforbrug	El: 49,2 kWh / ton	Miljøprojekt 1512
- Bagsten	Naturgas: 46 Nm ³ /ton	
Transportomkostning	0,26 kr./tonkm	Transportøkonomiske Enhedspriser
Miljøomkostninger		Se bilag med enhedsomkostninger
Genbrug af mursten		Virksomheden Gamle Mursten
- Investering	10 mio. kr.	Virksomheden Gamle Mursten
- Levetid	10 år	Virksomheden Gamle Mursten
- Ansatte	12	Virksomheden Gamle Mursten
- Arbejds løn	125 kr./t + sociale udg.	Virksomheden Gamle Mursten
- Sociale udgifter	39,1 %	Dansk Arbejdsgiverforening
- Gummiged	60.000 Kr./år	Virksomheden Gamle Mursten, suppleret med COWIs beregninger

- Administration	290.500 Kr. / år	Virksomheden Gamle Mursten
- El	36.400 kWh / år	LCA-analysen
- Gaffeltruck	60.000 Kr./år	COWI egne beregninger
- Vedligehold anlæg	5%	COWI egne beregninger
Nedknusning	40 Kr. / ton	Interview med nedriver
Salgspriser for grus	65 Kr. / ton	Prisliste Mogenstrup Grusgrav

Bilag 5: Beregning af det samfundsøkonomiske resultat med mere eksklusive mursten

I dette bilag beregnes det samfundsøkonomiske resultat for et scenarie, hvor genbrugssten erstatter mere eksklusive⁴⁵ mursten. Der skelnes mellem to typer af eksklusive sten:

- Eksklusive blødstrøgne sten;
- Håndstrøgne sten.

Eksklusive blødstrøgne mursten er kendetegnet ved, at murstenene er behandlet på særlig vis for at give dem et mere rustikt eller varieret indtryk. Behandlingen kan ske på mange måder: For det første kan der tilsættes forskellige slags ler. For det andet kan der påføres særlige tilsætningsstoffer, som giver stenene bestemte farver ved brændingen. For det tredje kan stenene brændes ekstra for at give dem mere farve. Ekstra brænding kan i øvrigt variere fra lidt ekstra varme til højere varme og længere ophold i ovnen. Der er også typer af sten, der brændes én gang ekstra for at give mere gennemfarvede sten. De forskellige typer af behandling kan kombineres.

På baggrund af interviews med teglværker skønnes det, at ekstraomkostningen til rå- og tilsætningsstoffer i forbindelse med fremstillingen af eksklusive blødstrøgne mursten medfører et tillæg på 10% af de omkostninger, der er til materialer til standard blødstrøgne mursten⁴⁶. Derudover skønnes det, at der medgår 10% mere energi ved ekstra brænding.

Håndstrøgne sten formes på en lidt anden måde end eksklusive blødstrøgne sten. Formningsprocessen imiterer den oprindelige formningsproces, der tidligere foregik med håndkraft, men i dag sker maskinelt. Ud over formningen kan disse sten også efterbehandles på samme måde som de eksklusive blødstrøgne sten.

Ud over de ekstra omkostninger, der er nævnt for de eksklusive blødstrøgne sten, medfører formningsprocessen øgede udgifter til vedligehold. På baggrund af interviews med teglværker skønnes det, at det ekstra vedligehold for håndstrøgne mursten udgør 10% – 15% ekstra i forhold til fremstilling af blødstrøgne.

I de foretagne beregninger er det antaget, at de eksklusive mursten er sammensat af 75% blødstrøgne og 25% håndstrøgne. Det passer med de informationer, der er indsamlet i forbindelse med den supplerende interviewundersøgelse. Denne fordeling resulterer i de i Tabel B5-1 angivne ekstraomkostninger ved de mere eksklusive mursten i forhold til standard blødstrøgne mursten.

⁴⁵ Eksklusive dækker over en lang række af forskellige typer, som alle har det til fælles, at de er efterbehandlet for at give dem et mere varieret udtryk.

⁴⁶ Se Bilag 6 for yderligere information om de foretagne interviews.

TABEL B5-1 EKSTRAOMKOSTNINGER VED FREMSTILLING AF EKSKLUSIVE MURSTEN¹

Komponent	Ekstra omkostning
Vedligehold	3%
Materialer	10%
Energi	10%

Note: 1) Omkostninger er beregnet som vægtet gennemsnit mellem eksklusive blødstrøgne og håndstrøgne mursten.

Tabel B5-2 viser det samfundsøkonomiske resultat for Scenarie D, der betegner en situation, hvor genbrugssten erstatter de mere eksklusive mursten. Til sammenligning er også vist resultaterne for Scenarie A og Scenarie B fra hovedrapporten. Det skal bemærkes, at potentialet for genbrug vil være mindre, hvis man alene betragter eksklusive sten, idet de eksklusive sten kun udgør ca. 1/3 af det samlede marked.

TABEL B5-2 DET SAMFUNDSØKONOMISKE RESULTAT MED MERE EKSKLUSIVE MURSTEN (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)

	Scenarie A (genbrug til vejfyld)	Scenarie B (genbrug erstatte standard blødstrøgne)	Scenarie D (genbrug erstatte eksklusive blødstrøgne)
Husholdninger og virksomheder	26,3	-12,6	15,2
Det offentlige budgetkompensation (Forvridning)	-1,0	-5,9	-6,5
Brugereksternaliteter¹	-2,0	-2,2	-2,2
Eksternaliteter til luft i DK	-0,4	21,7	23,9
Samfundsøkonomisk effekt i Danmark	22,8	0,9	30,4
Eksternaliteter til luft i udland	0,0	14,8	16,3
Samfundsøkonomisk effekt inkl. luft i udland	22,8	15,7	46,7

Note: 1) Med "brugereksternaliteter" menes eksternaliteter forbundet med støj, uheld, trængsel og infrastruktur.

Det fremgår, at det er mere samfundsøkonomisk rentabelt at oparbejde murstensaffald til genbrugssten frem for at nedknuse dem, hvis genbrugsstenene, som tilfældet er i Scenarie D, kan erstatte mere eksklusive mursten. Ifølge beregningerne vil der være en samfundsøkonomisk gevinst på $30,4 - 22,8 = 7,6$ kroner per ton murstensaffald, hvis murstenene bliver genbrugt som eksklusive mursten og dermed, alt andet lige, reducerer produktionen af nye eksklusive.

Følsomhedsanalyse

Den supplerende interviewundersøgelse i 2016 har afdækket, at "Gamle Mursten" overvejer at overgå til to-holdsdrift på anlægget i Hedehusene. To-holdsdrift vil medføre en mere effektiv udnyttelse af anlæg og arealer. Samtidig vil lønudgifterne forøges, idet der skal betales tillæg for arbejde om aftenen, og fordi medarbejdere på to-holdsdrift opsparer 1½ timer ekstra betalt ferie per uge. Til sammenligning kan nævnes, at teglværkerne anvender en stor del af deres anlæg i døgndrift.

Table B5-3 viser det samfundsøkonomiske resultat i en situation med to-holdsdrift.

TABEL B5-3 DET SAMFUNDSØKONOMISKE RESULTAT MED TO-HOLDSDRIFT (KR./TON MURSTENSAFFALD, KØBERPRISER, 2014-PRISER)

	Scenarie A (genbrug til vejfyld)	Scenarie B (Genbrug erstatte standard blødstrøgne)	Scenarie D (Genbrug erstatte eksklusive blødstrøgne)
Husholdninger og virksomheder	26,3	16,0	43,8
Det offentlige budgetkompensation (Forvridning)	-1,0	-5,9	-6,5
Brugereksternaliteter¹	-2,0	-2,2	-2,2
Eksternaliteter til luft i DK	-0,4	21,7	23,9
Samfundsøkonomisk effekt i Danmark	22,8	29,5	59,0
Eksternaliteter til luft i udland	0,0	14,8	16,3
Samfundsøkonomisk effekt inkl. luft i udland	22,8	44,3	75,3

Note: 1) Med "brugereksternaliteter" menes eksternaliteter forbundet med støj, uheld, trængsel og infrastruktur.

Det fremgår, at en overgang til to-holdsdrift vil gøre det mere samfundsøkonomisk rentabelt at oparbejde murstensaffald til genbrug (Scenarie B og Scenarie D) frem for at nedknuse det, så det kan anvendes som vejfyld (Scenarie A). I en situation med to-holdsdrift vil det være rentabelt at erstatte både standard blødstrøgne mursten og eksklusive mursten med genbrugssten. To-holdsdrift er en af de stordriftsfordele, der kan komme på tale i en situation med mere udbredt genbrug af mursten.

Bilag 6: Supplerende interviewundersøgelse

B6.1 Introduktion

I forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse af genbrug af mursten, en analyse, som COWI A/S gennemfører på vegne af Miljøstyrelsen, er der et ønske om at få foretaget en vurdering af, hvilke og hvor mange sten, genbrugssten forventes at kunne erstatte, hvis efterspørgslen efter genbrugssten øges som resultat af et generelt behandlingskrav, og udbuddet tilpasser sig den øgede efterspørgsel.

Nærværende notat informerer om den foretagne vurdering.

Som grundlag for vurderingen er der gennemført en særskilt interviewrunde, hvor udvalgte respondenter er blevet bedt om at komme med et bud på, hvor stor en andel af de nye mursten, de anvender i dag, der vil kunne erstattes af genbrugssten. Herudover er de blevet bedt om at begrunde, hvad der efter deres mening taler for at anvende eller ikke anvende genbrugssten, og tillige om at gøre rede for, hvor stor betydning prisen på mursten efter deres bedste overbevisning har for valget af den type mursten, der anvendes og dermed efterspørges.

Til brug for de nævnte interviews, er der udviklet en interviewguide med de spørgsmål, som ønskes belyst. Den blev udarbejdet af COWI og efterfølgende godkendt af Miljøstyrelsen. Den er vedlagt i afsnit B6.11 nedenfor.

Alle interviews blev gennemført som telefoninterviews i perioden fra 20. maj til 16. juni 2016. I de fleste tilfælde blev de gennemført i to trin, hvor første trin blot inkluderede en screening for at afdække, hvorvidt respondenterne anvendte genbrugssten eller ikke, samt en aftale om, hvornår det egentlige interview kunne finde sted. Forud for det andet trin (anden samtale) fik respondenterne tilsendt spørgeguiden til venlig orientering. Denne metode har vist sig at give en høj responsrate. Alle de respondenter, vi har været i kontakt med, har accepteret at deltage. Dog har receptionen i to store virksomheder afslået at videregive telefonsamtalen med den begrundelse, at det er virksomhedens politik ikke at deltage i interviewundersøgelser.

Metoden med to trin fungerede godt. Mange af respondenterne oplyste i første samtale ligeud, at de gerne ville deltage, men ikke havde tid lige nu. Så ville de hellere aftale et senere tidspunkt. Når man så ringede dem op på et senere, i forvejen aftalt tidspunkt, var de klar til at deltage, og nogle havde ovenikøbet også forberedt sig på spørgsmålene, som de havde fået tilsendt

Der er gennemført i alt 20 interviews:

- 6 interviews med respondenter, der anvender genbrugssten (bygherrer og arkitekter);
- 7 interviews med respondenter, der ikke anvender genbrugssten (bygherrer og arkitekter);
- 2 interviews med personer fra 2 nedrivningsfirmaer;
- 5 interviews med personer fra 3 teglværker;
- 1 interview med "Gamle Mursten".
- 1 interview med Kalk- og Teglværksforeningen

Den samlede oversigt over interviewede personer er indeholdt i afsnit B6.12 nedenfor.

B6.2 Hovedtyper af mursten

På baggrund af de gennemførte interviews kan der skelnes mellem fire hovedtyper af sten:

- Maskinsten;
- Blødstrøgne standardsten;
- Eksklusive blødstrøgne sten;
- Håndstrøgne sten;

Maskinsten anvendes som betegnelse for den type af mursten, der anvendes til indendørs brug, og hvor der efter opmuring behandles med vandskuring eller pudsnings. Denne sten er forsynet med luftkanaler og vejer mindre end de øvrige sten.

Blødstrøgen standardsten er en ensfarvet blødstrøgen sten. Den er ikke farvet eller på anden måde efterbehandlet for at give et særligt udtryk. Denne sten er den billigste blødstrøgne sten og anvendes typisk til byggerier, hvor der lægges stor vægt på at reducere omkostningerne så meget som muligt, sådan som tilfældet i dag er inden for det almennyttige byggeri.

Eksklusive blødstrøgne mursten er kendetegnet ved at murstenene er behandlet for at give dem et mere rustikt eller varieret indtryk. Behandlingen kan ske på mange måder. Dels kan der tilsættes forskellige slags ler, dels kan der påføres særlige tilsætningsstoffer, som giver stenene farve ved brændingen. Stenene kan også blive brændt ekstra for at give mere farve. Ekstra brænding kan variere fra lidt ekstra varme i ovnen til højere varme og længere ophold i ovnen. Der er også typer af sten, der brændes én gang ekstra for at give mere gennemfarvede sten.

Håndstrøgne sten formes på en lidt anden måde end blødstrøgne sten. Formningsprocessen imiterer den oprindelige formningsproces, der tidligere foregik med håndkraft, men i dag sker maskinelt. Ud over formningen kan disse sten også efterbehandles på samme måde som de blødstrøgne eksklusive sten.

B6.3 Generelle observationer fra gennemførelsen af interviews

De fleste respondenter kan ikke oplyse, hvor mange sten de anvender om året. En enkelt har dog fundet tal frem og oplyser et konkret skøn over, hvor mange sten denne virksomhed bruger om året.

Derimod kan de fleste give et kvalificeret skøn over fordelingen af de sten, de anvender, på de ovennævnte fire hovedtyper af mursten⁴⁷.

Med hensyn til anvendelsen af genbrugssten er det indtrykket, at respondenterne giver udtryk for deres oprigtige mening, uden skelen til hvad andre måtte synes er rigtigt eller forkert.

B6.4 Hvorfor genbruges der ikke flere mursten i dag?

Generelt er der en positiv tilgang til genbrug af mursten hos de fleste respondenter, om end de ikke i dag efterspørger genbrugssten i større omfang. Der er flere grunde til, at de ikke gør det. De fremhæver selv følgende grunde som værende de vigtigste:

- Utilstrækkelig forsyning;
- Mangler katalog og fysiske prøver;
- Kvalitet for ringe/varierende;
- Pris for høj.

⁴⁷ Kvalificeret, idet respondenternes skøn ofte begrundes med, hvorfor de anvender den ene eller den anden type af mursten.

Når der er utilstrækkelig forsyning, betyder det, at de ikke kan være sikre på stabile leverancer til deres byggerier. Utilstrækkelig forsyning omfatter både mængde, kvalitet og type. Bygherrerne anvender forskellige typer af mursten, og der er behov for, at der er tilstrækkelige mængder af den rette type af mursten. Derudover skal murstenene naturligvis også have en tilstrækkelig kvalitet, især hvad minutsug⁴⁸ og trykstyrke angår.

Manglende katalog og fysiske prøver betyder, at bygherrer og arkitekter ikke i tilstrækkeligt omfang har viden om, hvilke genbrugssten mursten der findes, og hvad de kan bruges til. Dette er især relevant for de aktører, der arbejder inden for renovering og ombygning. Ved renovering og ombygning vil der ofte være rådgivning fra en murstensekspert, som ved, hvilke sten der er på markedet, og hvilken sten der kommer tættest på de sten, der blev anvendt i det oprindelige byggeri. Når genbrugssten ikke anvendes i større grad til disse formål, tyder det på manglende kendskab til genbrugssten fra murstenskonsulenternes side. Det kan dog også være, at der er mangel på markedsføringsmateriale svarende til, hvad der findes for nye mursten. For nye mursten findes der tykke bøger med illustrationer og beskrivelser af de nye mursten.

For ringe kvalitet er kun nævnt af en enkelt respondent. I det konkrete tilfælde var det besluttet at anvende genbrugssten til et større byggeri. Kvaliteten af de genbrugssten, der blev leveret var imidlertid så varierende, at det gav ekstra problemer for det pågældende byggeri. Med kvalitet menes her, hvor tørre stenene er, og hvor stor trykstyrke de har. I det pågældende byggeri er der eksempler på, at der er blevet leveret mursten, der var for våde. Det betyder, at det tager længere tid for murstenene at opsuge det vand, der er i mørtelen. Når det sker, kan der kun mures få skift af mursten oven på hinanden ad gangen. Herefter må der ventes på, at de nederste tørrer tilstrækkeligt til, at man kan mure ovenpå.

Derudover blev det nævnt, at de mursten, der blev leveret, var af mere varierende kvalitet end aftalt. Når murstenene er af mere varieret kvalitet, skal der tages flere prøver af murstenene for at sikre, at de har tilstrækkelig trykstyrke til at kunne overholde sikkerhedsforskrifter og bære muren ovenover. Ganske vist anvendes genbrugssten - og mursten i det hele taget - ikke til bærende elementer, men de skal stadig have tilstrækkeligt trykstyrke til at kunne bære vægten af den mur, der står ovenpå. Selv om den pågældende respondent har haft dårlige erfaringer med genbrugssten, så udtaler han alligevel, at han godt kunne finde på at anvende genbrugssten en anden gang, hvis de nævnte problemer blev løst.

Endelig er det blevet nævnt, at prisen også kan være en barriere. Dette gælder især for byggeri af almennyttige boliger, hvor den stramme ramme for byggeriet medfører, at der ikke er råd til at betale for de dyrere genbrugssten.

B6.5 Prisens betydning

Prisens betydning for valget af mursten afhænger af, hvilket segment af byggeriet, der er tale om. I nybyggeri af almennyttige boliger er prisen altafgørende, fordi budgettet er begrænset. I andre typer af byggeri er prisen af mindre betydning. Flere respondenter har nævnt, at prisen på mursten til parcelhuse er af mindre betydning, fordi murstenene alligevel kun udgør en relativt lille del af den samlede byggesum. Nogle har endvidere peget på, at der er tilfælde, hvor det vigtigste er at finde det rigtige udtryk, og hvor prisen, ret beset, er underordnet. Det gælder især ved renovering og tilbygning og i visse mere eksklusive boligbyggerier, virksomhedsdomiciler og lignende.

En respondent oplyser, at i 50% af deres byggesager er det snarere arkitektens vurdering af udtryk, der bestemmer, hvilken sten der bliver anvendt, end det er prisen. Dog stadig med sten, der ligger i et niveau omkring 7 – 9 kr. ekskl. moms per sten. I de resterende tilfælde er det en forhandling, hvor det overvejes mere nøje, hvilke sten man kan få til hvilken pris.

⁴⁸ Minutsug er en betegnelse for, hvor meget vand en mursten kan suge på 1 minut. Minutsug har betydning for, hvordan opmuringen af murstenene kan foregå, idet minutsuget bestemmer, hvor hurtigt mørtelen mellem murstenene størkner.

Ved renovering og tilbygning er prisen ofte underordnet. Her er der mest fokus på at finde den sten, der kommer tættest på de eksisterende. Så har det mindre betydning, hvad de koster.

Når det nævnes, at prisen er underordnet, så er det naturligvis ikke sådan at man kan forlange en hvilken som helst pris for stenene. Hvis der er en anden sten, der opfylder samme krav passer ligeså godt og tilmed er billigere, så vil man naturligvis med stor sandsynlighed vælge den billigste.

Ved almennyttigt boligbyggeri giver budgettet ofte begrænset plads til udgifter til mursten. Her har prisen stor betydning. I enkelte tilfælde kan der være plads til at anvende dyrere sten, men ofte fravælges dyrere sten og dermed også genbrugssten, fordi der ikke er råd til dem.

For det mere eksklusive boligbyggeri og erhvervsdomiciler med mere, vil det stadig kun være en andel af stenene, der kan erstattes, idet de ikke altid vil kunne give det indtryk, som arkitekten vil opnå. Én respondenter nævner, at 50% af de nye mursten, som de anvender i dag, ville kunne erstattes af genbrugssten, hvis de var til rådighed i en tilstrækkelig mængde og i en kvalitet og pris svarende til de nye mursten, de anvender i dag.

B6.6 Den potentielle anvendelse

Den potentielle anvendelse af mursten er belyst ud fra svarene på spørgsmålet: "Hvor stor en del af de mursten I anvender i dag kunne samlet set erstattes af genbrugssten (inklusive de sten som allerede genbruges i dag), hvis genbrugssten var til stede i rigelige mængder og til en pris, der ligger på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender?"

Tabel 16 viser potentialet for genbrug af genbrugssten opdelt efter segment af byggeriet.

TABEL 16 DEN POTENTIELLE ANVENDELSE ER DELT OP I SEGMENTER AF BYGGERI.

Byggerisegment	Andel af nye mursten der kan erstattes af genbrugssten
Nybyggeri, eksklusivt boligbyggeri, virksomhedsdomiciler mm.	30%
Nybyggeri, almennyttige boliger og billigt segment af øvrigt lejlighedsbyggeri mm.	38%
Renovering og tilbygning	79%

For nybyggeri er det vurderet, at 30% - 38% af de nye mursten vil kunne erstattes af genbrugssten. I det eksklusive byggeri er det mere udbredt, at arkitekterne går efter et særligt udtryk som ikke altid kan opfyldes af genbrugssten. Derfor er der lavere potentiale for genbrug i det eksklusive byggeri.

For renovering og ombygning er det vurderet, at 79 % af de nye sten vil kunne erstattes af genbrugssten.

Respondenterne har ikke været i stand til at give en detaljeret vurdering af genbrugspotentialet fordelt på de forskellige typer af sten som de anvender. De har kun kunnet give et samlet skøn, som dækker alle de typer af sten, de anvender.

Den pris, som almennyttige boliger betaler for mursten ligger typisk på 3-5 kr. ekskl. moms per sten⁴⁹. Det betyder, at den andel på 38% af nye mursten, der kan erstattes af genbrugssten i dette segment, forudsætter, at genbrugsstenene kan leveres til en pris på 3-5 kr. ekskl. moms per mursten, hvilket er under den pris på 5 til 10 kr. ekskl. moms, som respondenterne har oplyst, at de betaler for genbrugssten i dag.

Der er et stort potentiale for genbrug af mursten til renovering. Her har prisen på genbrugssten i øvrigt, som tidligere nævnt, mindre betydning for valg af mursten.

B6.7 Begrundelser for at anvende genbrugssten

De begrundelser, der nævnes for at anvende genbrugssten, er følgende:

- Æstetik;
 - Variation i udseende;
 - Rustik udseende med farvespil;
- Bæredygtighed;
- CO₂-reduktion;
- Genbrug som en i sig selv positiv ting;
- Den gode historie om, hvor stenene kommer fra.

Æstetikken er en vigtig parameter for mange respondenter. Det er det der giver det æstetiske element er for eksempel variation i udseende og et rustikt udseende med farvespil. Flere respondenter nævner også, at det er vigtigt at der anvendes forskellige materialer. Hvis alt blev bygget i genbrugssten mener nogle respondenter, at det så ville blive kedeligt at se på.

Mange af respondenterne nævner bæredygtighed som en vigtig parameter. Man begrundet/diskuteret ikke bæredygtighed yderligere, blot at det er vigtigt at genbrugssten kan give byggeriet dette stempel.

Produktion af nye mursten medfører et betydeligt energiforbrug og dermed også betydelige CO₂-emissioner. Der er stigende opmærksomhed på at reducere CO₂- emissionerne i samfundet. Byggeriet er ingen undtagelse. Når bygherrer eller arkitekterne ønsker at bygge CO₂- neutralt, er genbrug af mursten én af de måder, hvorved CO₂- emissionerne fra byggeriet kan reduceres.

I denne sammenhæng kan nævnes, at nogle af respondenterne har nævnt at genbrug i sig selv er en positiv egenskab, som kan være med til at brande byggeriet, netop fordi der er så stor konsensus og ønske om øget bæredygtighed i byggeriet.

Endelig er det også nævnt, at genbrug kan indeholde en god historie, bidrage til *story Telling*. Det bliver for eksempel af nogle tillagt en særlig værdi, at man véd, hvor murstenene kommer fra. Det kan være, at de kommer fra en bygning, som har en særlig historie. Eller det kan være, at man i den nye bygning genbruger mursten fra den bygning, der rives ned for at give plads til den nye.

B6.8 Hvad skal der til for at skabe mere udsortering til genbrug af mursten?

For at få mere information om dette emne, er der stillet spørgsmål til nedriverne om, hvad de mener, der skal til for at skabe mere genbrug.

Hertil svarer nedriverne, at mere murstensaffald vil blive sendt til udsortering, hvorved udbuddet af genbrugssten øges, hvis et eller flere af nedenstående forhold gør sig gældende:

- Højere betaling for at aflevere murstensaffald til udsortering;
- murstensaffald afhentes gratis;
- særlige krav fra bygherre.

⁴⁹ Det er ikke oplyst hvorvidt det er inklusive transport til byggepladsen. Men da transporten per mursten kun udgør få øre, har transporten kun begrænset betydning for prisen.

Hvad det sidste forhold angår, så tænkes der her på, at det er et krav i udbuddet, at murstensaffaldet skal sendes til udsortering. Krav i udbuddet kan ses som et middel til at fjerne prisfølsomheden fra bortskafning af murstensaffaldet.

B6.9 Efterspørgsel efter genbrugssten

Efterspørgsel efter genbrugssten er beregnet på baggrund af respondenternes svar på følgende spørgsmål: Hvor stor en del af de sten I anvender kunne samlet set erstattes af genbrugssten (inklusive de sten som allerede genbruges i dag), hvis genbrugssten var til stede i rigelige mængder og til en pris, der ligger på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender?

Ved at kombinere denne viden med informationen om pris og fordeling på de nye sten der anvendes i dag, er det muligt at beregne en efterspørgselskurve, der fortæller hvor mange gamle sten, der kan forventes afsat ved forskellige priser.

TABEL 17 PRIS OG FORDELING PÅ ANVENDELSE AF NYE STEN

	Kr. per sten, ekskl. moms	Andel af samlet anvendelse i Danmark
Maskinsten	2,5	25%
Blødstrøgne sten	4	37,5%
Eksklusive blødstrøgne sten	6	27,5%
Håndstrøgne sten	8	10%

Note: Egne beregninger baseret på foretagne interview kombineret med statistik på boligbyggeri fordelt på type af byggeri fra Danmarks statistik, BYGV11 og BYGV22.

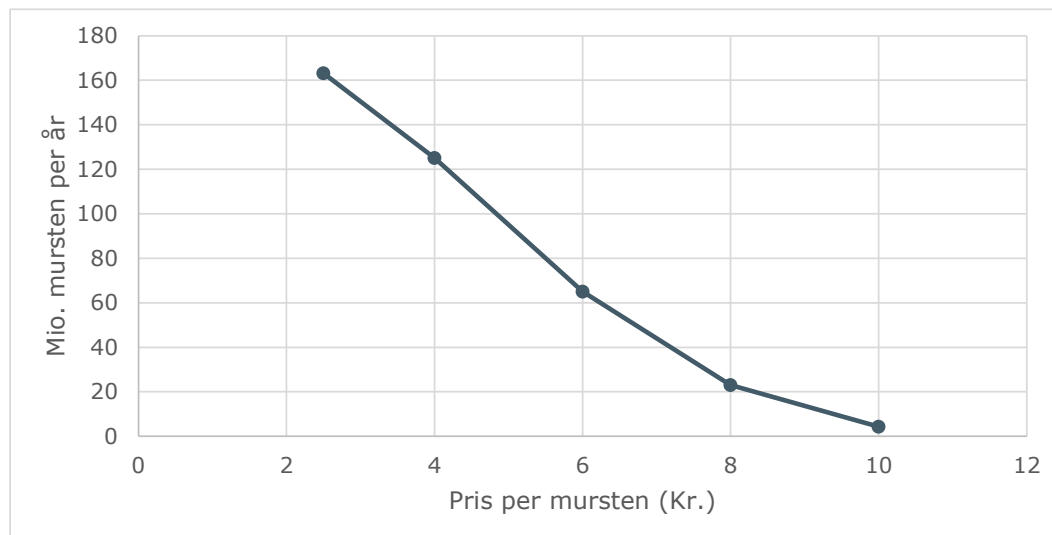
Ved den høje pris er det alene det segment der indeholder de dyre håndstrøgne sten, hvor genbrugsstenene kan sælges. Når genbrugsstenene bliver lidt billigere vil de også kunne sælges i det lidt billigere segment med blødstrøgne sten og så videre. Når man lægger efterspørgslen ved forskellige priser for genbrugssten sammen, så vil man få den mængde af genbrugssten som producenter af genbrugssten kan afsætte ved forskellige priser. Man kan se dette som en efterspørgselskurve for gamle mursten, men man skal være opmærksom på at den er sammensat af 4 segmenter af markeder for mursten.

I interviewundersøgelsen er der blevet spurgt ind til efterspørgslen, hvis stenene var 25% billigere end de sten de anvender i dag. Ifølge respondenterne ville dette have en forøgende effekt på efterspørgslen, ud over den efterspørgsel der er ved samme pris. Derudover er der også spurgt til hvad efterspørgslen ville være, hvis genbrugsstenene var 25% dyrere. For de fleste respondenter ville dette medføre en kraftig reduktion i efterspørgslen. Begge effekter er medregnet i efterspørgselskurven nedenfor.

Efterspørgselskurven er konstrueret i tre trin på baggrund af de oplysninger, respondenterne har givet: Første trin bestod i at beregne, hvor mange genbrugssten respondenterne ville efterspørge, hvis genbrugsstenene kostede det samme som de sten, de bruger i dag. Andet trin bestod i at beregne den ekstra efterspørgsel, hvis genbrugsstenene var 25% billigere end de sten, de bruger i dag. Tredje trin bestod i at beregne den samlede efterspørgsel på baggrund af resultaterne fra første og andet trin.

Den forventede efterspørgsel efter genbrugssten er vist i figuren nedenfor. Det understreges, at efterspørgslen forudsætter, at de genbrugssten er tilstede i tilstrækkelige mængder af de typer, der efterspørges og i en god kvalitet⁵⁰.

FIGUR 2 EFTERSPØRGSELSKURVE FOR GENBRUGSSTEN



Ud fra efterspørgselskurven skønnes der eksempelvis at være en efterspørgsel på cirka 23 mio. sten per år ved en pris på 8 kr. ekskl. moms per sten. På baggrund af de indhentede data skønnes det, at genbrugssten kan produceres til en produktionsomkostning på ca. 1,8 kroner per sten eksklusive moms. Derudover er det oplyst, at aftagerne af genbrugssten betaler mellem 5 og 8 kroner per sten.

I hovedrapporten for undersøgelsen er det beregnet, at den samlede potentielle genbrug af mursten udgør 47 mio. mursten per år.

B6.10 Konklusion

Interviewundersøgelsen viser, at der er en betydelig potentiel efterspørgsel efter genbrugssten i byggebranchen. Når der kun genbruges en begrænset mængde af mursten i dag, skyldes det ifølge respondenterne:

- Utilstrækkelig forsyning;
- Mangler katalog og fysiske prøver;
- Kvalitet for ringe/varierende;
- For høj pris.

Alle respondenterne kender til genbrugssten, men en del af dem har ikke et tilstrækkeligt detaljeret kendskab til dem, hvorfor de ikke indgår som et reelt alternativ til nye mursten. Derudover nævnes, at genbrugsstenene ikke er tilstrækkeligt godt markedsført, og at de ikke forefindes i tilstrækkelige mængder.

En hovedkonklusion er således, at genbrug af mursten har især et stort potentiale i de mere eksklusive byggerier og i andre typer af byggerier, hvor prisen er af mindre betydning for valget af mursten. Det kan for eksempel være i byggerier, hvor der lægges vægt på æstetiske virkemidler, hvor der lægges vægt på eller stilles krav til bæredygtighed, eller ved renovering, hvor der er mere fokus på at finde en sten, der passer ind i helheden, end hvor meget murstenen koster.

⁵⁰ Tilstrækkelig kvalitet omfatter acceptabel og ensartet minutsug, sporbarhed og ensartethed af sten og tilstrækkelig trykstyrke.

En anden hovedkonklusion er, at forsyningssikkerheden tilsyneladende spiller en væsentlig rolle for efterspørgslen. Her er tale om, at udbuddet af genbrugssten ikke er tilstrækkeligt til, at genbrugssten kan indgå som et reelt alternativ til nye mursten.

Bilag 7: Interviewguide, supplerende undersøgelse

Nedenstående spørgeguide vil blive fremsendt til interviewpersonerne forud for interviewet, så de har mulighed for at forberede sig bedst muligt. Dog vil kun de relevante dele af spørgeguiden blive fremsendt til de forskellige deltagere (for eksempel afsnittene 3.1 og 3.2.1 til arkitekter og bygherrer, der ikke bruger genbrugssten).

Spørgeguiden fokuserer på efterspørgsel efter gamle mursten belyst ud fra markedsdeltagernes efterspørgsel og den potentielle substitution af nye sten. I den forbindelse vil interviewpersonernes vurdering af det mængdemæssig forbrug af de forskellige hovedtyper af nye sten, som genbrugssten kan erstatte, blive søgt afdækket.

Jørgen Jordal-Jørgensen, COWI vil stå som afsender på spørgeguiden.

1.1 Introduktion

Miljøstyrelsen har bedt COWI om at udarbejde en samfundsøkonomisk analyse, der sammenligner genbrug af gamle mursten med brug af håndstrøgne og blødstrøgne mursten som supplement til en allerede gennemført analyse, hvor gamle mursten sammenlignes med fabriksfremstillede mursten.

I forbindelse med den samfundsøkonomiske analyse er der behov for at få vurderet den potentielle efterspørgsel med hensyn til hvilke og hvor mange sten, de gamle mursten kan erstatte, hvis der kommer et større udbud på markedet som resultat af et generelt behandlingskrav.

For at belyse dette emne vil vi gerne gennemføre et interview, hvor vi vil komme ind på nedenstående spørgsmål. Har De inden interviewet spørgsmål til COWI herom, er De velkommen til at rette henvendelse til undertegnede.

1.2 Spørgsmål til arkitekter og bygherrer

1.2.1 Spørgeguide til dem, der bruger genbrugssten

Hvilken type byggeri er jeres hovedområde? [Åbent spm.] [Enfamiliehuse, etagebyggeri, industri, offentlige bygninger, sygehuse skoler etc.]

Uddyb hvorfor I anvender genbrugssten i jeres byggerier? [Ja/Nej og Uddyb hvorfor]

Til hvilket formål? [Åbent spm. [Med formål menes fx. renovering, nybyg, facade]]

Hvem sælger/leverer de gamle mursten til jer? [Åbent spm.]

Hvilke typer af mursten anvender I i jeres byggerier - ud over genbrugssten?

[Type (maskinsten, blødstrøgne, håndstrøgne), farvning, brænding, mv., angiv henvisning til lignende sten fra Randers tegl katalog i parentes. fx.

- › Standard gule maskinsten, (som "Basic indoor light")
- › Standard blødstrøgne røde sten, (Som "Basic 4 outdoor rød")
- › Håndstrøgne standard røde sten (Som "Rustica rød")
- › Håndstrøgne blådæmpede sten (Som "Rustica Rokokko blådæmpede")
- › Gule standard maskinsten (Som "RT 730 BASIC INDOOR LIGHT ")

Hvor store mængder af disse mursten anvender Deres virksomhed i de byggerier, som I er involveret i? [Antal mursten]

- › Type 1 [antal sten / år]
- › Type 2 [antal sten / år]
- › Type 3 [antal sten / år]
- › Type 4 [antal sten / år]
- › ...

Hvilke typer af mursten kan de gamle mursten erstatte i jeres byggerier?

[Antal mursten]

- › Type 1 [antal sten / år]
- › Type 2 [antal sten / år]
- › Type 3 [antal sten / år]
- › Type 4 [antal sten / år]
- › ...

Hvor stor en del af disse typer sten kunne samlet set erstattes af genbrugssten (inklusive de sten som allerede genbruges i dag), hvis genbrugssten vare til stede i rigelige mængder og til en pris, der ligger på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender? [angiv % af de nye sten.]

- › Type 1 [antal sten / år]
- › Type 2 [antal sten / år]
- › Type 3 [antal sten / år]
- › Type 4 [antal sten / år]
- › ...

Hvor stor en del af disse typer sten kunne samlet set erstattes af genbrugssten (inklusive de sten som allerede genbruges i dag), hvis genbrugssten var til stede i rigelige mængder og til en pris, der ligger på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender, og hvis stenene tillige var CE-mærkede? [Angiv %]

- › Type 1 [antal sten / år]
- › Type 2 [antal sten / år]
- › Type 3 [antal sten / år]
- › Type 4 [antal sten / år]
- › ...

Hvorfor anvender I genbrugssten? [Åbent spm.] [fx. Pris, CO₂ neutralitet, udseende, andet (uddyb andet)]

Hvilken pris betaler I for gamle mursten? [Kr./sten]

Er der andre omkostninger/forhold, som gør, at det er anderledes at anvende genbrugssten i stedet for nye sten? [Åbent spm.]

Er der særlige forhold vedrørende kvaliteten af gamle mursten, som man skal være opmærksom, hvis man ønsker at udskifte nye mursten med gamle mursten – på baggrund af jeres erfaring? [Åbent spm.]

Hvilken indflydelse har prisen på, om I vælger genbrugssten eller ej? [Åbent spm.]

Ville I bruge flere genbrugssten, hvis de var billigere? [Ja, Nej, Ved ikke]

Hvor mange flere sten kunne I bruge, hvis de var 25% billigere?

Hvorfor? [Begrund svar.]

Hvor mange flere sten kunne I bruge, hvis de var 50% billigere?

Hvorfor? Begrund svar.

Hvad skal der ske/ændres for, at I vil kunne anvende flere gamle mursten, end I gør i dag? [Åbent spørgsmål evt. inspireret af følgende]

- › Pris
- › Kvalitet
- › Lovmæssige krav
- › Standardisering
- › Efterspørgsel
- › Teknologi (fx. udvendig isolering skaller)
- › Logistik
- › Andet?

1.2.2 Spørgeguide til dem, der ikke bruger genbrugssten.

Hvilken type byggeri er jeres hovedområde? [Åbent spm.] [Enfamiliehuse, etagebyggeri, industri, offentlige bygninger, sygehuse skoler etc.]

Hvilke typer af mursten anvender I typisk i jeres byggerier? [Type (maskinsten, blødstrøgne, håndstrøgne), farvning, brænding, mv., angiv henvisning til lignende sten fra Randers tegl katalog i parentes. fx.

- › Standard gule maskinsten, (som "Basic indoor light")
- › Standard blødstrøgne røde sten, (Som "Basic 4 outdoor rød")
- › Håndstrøgne standard røde sten (Som "Rustica rød")
- › Håndstrøgne blådæmpede sten (Som "Rustica Rokokko blådæmpede")

Hvor store mængder af disse mursten anvender Deres virksomhed i de byggerier, som I er involveret i? [Antal mursten]

- > Type 1 [antal sten / år]
- > Type 2 [antal sten / år]
- > Type 3 [antal sten / år]
- > Type 4 [antal sten / år]
- > ...

Hvad er grunden til, at I ikke anvender genbrugssten? [Åbent spørgsmål]

Hvor stor en del af disse typer sten kunne erstattes af genbrugssten, forudsat genbrugssten var til stede i rigelige mængder og til en pris, der er på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender? [Angiv %]

- > Type 1 [antal sten / år]
- > Type 2 [antal sten / år]
- > Type 3 [antal sten / år]
- > Type 4 [antal sten / år]
- > ...

Hvor stor en del af disse typer sten kunne erstattes af genbrugssten, forudsat genbrugssten var til stede i rigelige mængder og til en pris, der er på niveau med det, I betaler for de sten, I p.t. anvender, og tillige var CE-mærkede? [Angiv %]

- > Type 1 [antal sten / år]
- > Type 2 [antal sten / år]
- > Type 3 [antal sten / år]
- > Type 4 [antal sten / år]
- > ...

Forventer I, at der er særlige forhold vedrørende kvaliteten af gamle mursten, som man skal være opmærksom på, hvis man ønsker at udskifte nye mursten med gamle mursten? Hvis ja, hvilke?

Hvilken indflydelse har prisen på, om I vælger genbrugssten eller ej? [Åbent spm.]

Genbrugssten koster ca. xx – yy kroner per mursten.

Ville I anvende genbrugssten, hvis de var billigere? [Ja, Nej, Ved ikke]

Hvor mange genbrugssten kunne I bruge, hvis de var 25% billigere? [Antal sten]

- > **Hvorfor?** Begrund svar.

Hvor mange genbrugssten kunne I bruge, hvis de var 50% billigere? [Antal sten]

- > **Hvorfor?** Begrund svar.

1.3 Spørgsmål til producenter af nye sten og teglværksforeningen

Hvor stor er efter Deres mening den samlede anvendelse af mursten i Danmark, alt i alt? [Antal mursten/år]

- > Fabriksfremstillede sten? [Antal sten / år]
- > Blødstrøgne sten? [Antal sten / år]
- > Håndstrøgne sten? [Antal sten / år]

Hvor stor er jeres omtrentlige markedsandel?

- > Fabriksfremstillede sten? [%]
- > Blødstrøgne sten? [%]
- > Håndstrøgne sten? [%]

Hvor stor er efter Deres mening den samlede anvendelse af følgende typer af mursten i Danmark, alt i alt? [Der spørges både til hovedtyper og til de typer der er angivet af efterspørgselssiden. Det tænkes på den totale mængde sten i Danmark]

- > Type 1 [antal sten / år]
- > Type 2 [antal sten / år]
- > Type 3 [antal sten / år]
- > Type 4 [antal sten / år]
- > Type 5 [antal sten / år]
- > Type 6 [antal sten / år]
- > ...

Hvor stor er jeres omtrentlige markedsandel for hver af disse?

- > Type 1 [%]
- > Type 2 [%]
- > Type 3 [%]
- > Type 4 [%]
- > Type 5 [%]
- > Type 6 [%]

...

På hvilken måde adskiller produktionen af de forskellige typer af mursten sig fra hinanden med hensyn til nedenstående forhold? [Åbent spørgsmål]

- > Formning
- > Tørring
- > Brænding
- > Forbrug af materialer

Hvilken betydning har forskelle i fremstillingsprocessen for produktionsomkostningerne? [Åbent spørgsmål hvor forskelle i omkostninger på de forskellige områder fastlægges og forklares]

1.4 Spørgsmål til producenter af genbrugssten

Hvor stor er efter Deres mening den samlede anvendelse af genbrugssten i Danmark, alt i alt? *[Antal mursten/år]*

Hvor stor er jeres omtrentlige markedsandel? *[%]*

Hvad er de vigtigste barrierer, I ser for en øget udsortering af mursten til genbrug? *[Åbent spm.]*

Er der forskel på potentialet for udsortering til genbrug fra forskellige typer af nedrivninger? *[Åbent spm.]*

Kender I til nye teknologier, som evt. er på vej, og som kan påvirke efterspørgslen i fremtiden? *[Åbent spm.]*

1.5 Spørgsmål til nedrivere

Udsorterer I mursten til genbrug? Hvis ja, hvor stor andel udsorterer I, når I nedriver (%)?

Hvad er de vigtigste barrierer, I ser for en øget udsortering af mursten til genbrug? *[Åbent spm.]*

Er der forskel på potentialet for udsortering til genbrug fra forskellige typer af nedrivninger? *[Åbent spm.]*

Hvad skal der til for at øge udsorteringen af mursten til genbrug i jeres nedrivninger? *[Åbent spm.]*

Hvor stor andel af murstenene fra jeres nedrivninger kunne I maksimalt udsortere til genbrug (%)?

Bilag 8: Interviewede personer

Følgende personer er blevet interviewet i forbindelse med undersøgelsen

Arkitekter og bygherrer

Mangård og Nagel: Lotte Foght- Sørensen

Henning Larsen Architects: Martha Lewis

Aarhus arkitekterne: Martin Maribo

KPC: Karsten Thorup

NCC: Svend Heidam

Skanska: Jesper Brandt

Sjælsø Management: Michael Clasen

NCC BOVANA: Per Thomas Dahl

AAB: Gorm Evers

Frost Arkitektfirma: Karsten Frost

Danakon: Peter Halgren

Arkitektgruppen Hornbæk: Kim Præstkjær Jørgensen

Danica Pension: Anders Hald

Nedrivere

J.Jensen: Kaj Volstedlund

TSJERNING: Peter Hansen

Producenter af nye mursten

Petersen tegl: Eivind Hansen

Randers tegl: Claus Christensen

Randers tegl: Andreas Pieber

Hammershøj Teglværk⁵¹, Kresten Ejlskov Hansen,

Vesterled Teglværk, Andreas Christensen

Gamle mursten

Claus Juul Nielsen

Kalk- og Teglværksforeningen

Gitte Krusholm Nielsen

⁵¹ Del af Randers Tegl. Undersøgelsen omfatter således 3 teglværker.

Samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten

Denne rapport præsenterer en samfundsøkonomisk analyse af genbrug af mursten, som er gennemført på vegne af Miljøstyrelsen. Den er begrundet i regeringens mål om at gøre Danmark mere ressourceeffektivt.

Udgangspunktet for den gennemførte samfundsøkonomiske analyse er murstensaffald og dets videre nyttiggørelse. Der er foretaget en sammenligning af forberedelse af mursten til genbrug i nybyggeri med nedknusning af mursten og anvendelse som erstatning for andre materialer til vejfyld eller opfyldning i forbindelse med andet anlægsarbejde.

Beregningerne viser, at når genbrugssten erstatter maskinsten og blødstrøgne standardsten, er det mere fordelagtigt at nedknuse murstensaffald frem for at genbruge murstenene. Selv om der er en betydelig miljøgevinst ved at erstatte nye mursten med genbrugte mursten, opvejes denne ikke af de relativt høje lønomkostninger, der er ved genbrug af mursten. Følsomhedsanalyseme viser dog, at kvaliteten af murstensaffaldet kan have betydning for samfundsøkonomien. Der kan være tilfælde med større mængder af relativt rent og ensartet murstensaffald, hvor det kan være mere fordelagtigt at rense maskinsten og blødstrøgne standardsten til genbrug, frem for at nedknuse dem til genanvendelse.

En supplerende analyse viser, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at lade genbrugssten erstatte de mere eksklusive typer af sten. Grunden til, at det er mere rentabelt, er, at de eksklusive mursten er dyrere og kræver mere energi at fremstille i forhold til standard blødstrøgne mursten. Derfor kan der spares mere, når man erstatte de mere eksklusive mursten med genbrugssten.



Miljøstyrelsen
Strandgade 29
1401 København K

www.mst.dk