

Notat om klimabelastningen fra genbrugte og genanvendte byggematerialer sammenlignet med jomfruelige materialer

Indledning og formål

Dette notat beskriver klimabelastningen af genanvendte og genbrugte materialer i byggeriet sammenlignet med anvendelse af jomfruelige materialer.

Beregningerne og antagelserne bag er baseret på rapporten

"Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning – Forundersøgelse" udarbejdet af Statens Byggeforskningsinstitut, SBI (Andersen et al., 2019).

Nærværende notat fremstiller rapportens resultater i en simpel oversigt fordelt på materialer, som viser den forventede CO₂-reduktion ved at anvende genanvendte eller genbrugte materialer.

Kommentarer i nærværende notat til rapportens beregninger eller antagelser er lavet af Ea Energianalyse.

Sammendrag

Ifølge rapporten *"Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger med fokus på klimapåvirkning – Forundersøgelse"* udarbejdet af Statens

Byggeforskningsinstitut, SBI (Andersen et al., 2019) er der en klimagevinst for de fleste, genbrugte eller genanvendte byggematerialer omfattet af analysen sammenlignet med jomfruelige materialer.

SBI-rapporten beregner udledningen fra forskellige byggematerialer, sammenlignet med scenarier hvor der anvendes genanvendte eller genbrugte materialer inkl. oprensning, tab mv. i forbindelse med genanvendelses- eller genbrugsprocessen. Se rapporten for de specifikke antagelser i hvert scenarie.

For en række materialer er der en stor (> 50 %) gevinst at hente ifølge Andersen et al. (2019). Det omfatter:

- Murværk af genbrugsmursten
- Genbrugt murværkselement
- Genbrugte betonbjælker
- Genbrugte stålprofiler
- Genbrugte bærende træbjælker og -stolper
- Genbrugt trægulv
- Kassevinduer af genbrugte termoruder
- Genbrugstagsten
- Facadebeklædning af genanvendte ventilationsrør
- Genanvendte aluminiumsplader som beklædning af facade eller tag
- Genbrugt indvendig dør
- Genanvendt tagpap

For andre materialer er der en mindre (10-50 %) gevinst at hente. Det omfatter:

- Spånplade med genanvendt træ
- Gipsplader med genanvendt gips

For enkelte materialetyper, er der ikke nogen klimagevinst (< 10 %) eller ligefrem en højere udledning forbundet med det genanvendte/genbrugte scenarie. Det omfatter:

- Genanvendt beton
- Facadebeklædning af glaskeramik

Det skal understreges, at denne opgørelse alene behandler materialernes klimabelastning og ikke ressourceforbruget ved produktionen af materialerne.

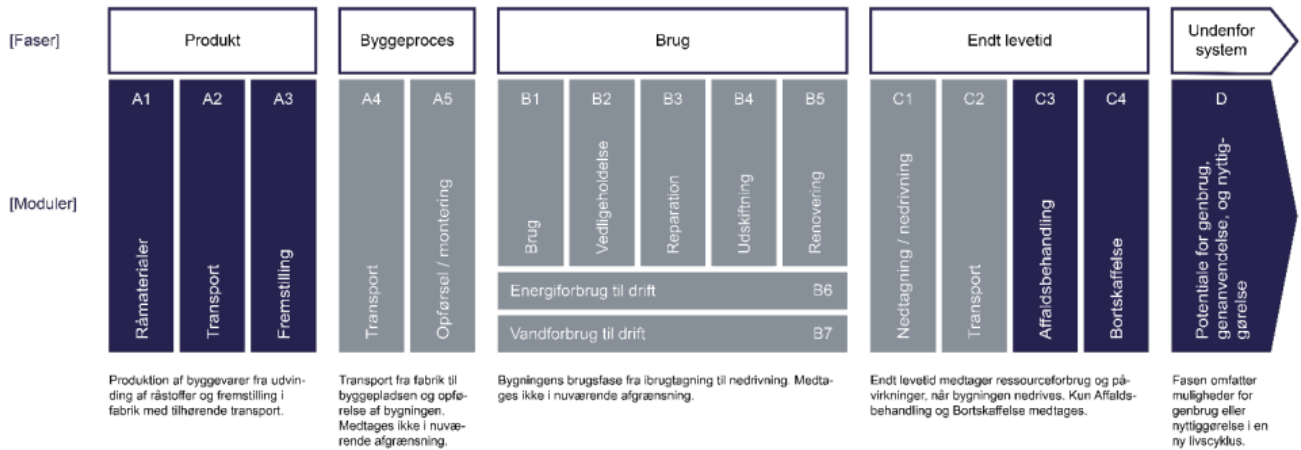
Forudsætningerne for analysen

SBi fremhæver, at rapporten er en forundersøgelse eller en simplificeret screening, hvorfor der er usikkerhed forbundet med resultaterne. Blandt andet antager analysen at genanvendte eller genbrugte materialer har samme levetid som jomfruelige materialer.

Rapporten fokuserer på CO₂-udledning, men indeholder også andre miljøpåvirkninger, som er inkluderet i rapportens bilag. Dog forholder rapporten sig ikke til om en given ressource er begrænset eller ej.

Der medregnes ikke nogen fortrængningseffekt fra forbrænding af materialerne ved endt levetid.

Livscyklusanalysen dækker desuden kun dele af livscyklussen. Figur 1 viser, hvilke dele af livscyklussen analysen dækker.



Figur 1 - Alle faser af et byggematerialers livscyklus. De fremhævede bokse (mørkeblå baggrund) viser, hvilke dele af livscyklussen er inkluderet i analysen (Andersen et al., 2019, s. 13)

I en analyse fra Realdania har man set på erfaringerne med at anvende genbrugte og genanvendte materialer i byggeri (Realdania, 2022). Analysen viser at genbrugs/genanvendte materialer til tre etageejendomme holder lige så godt som nye materialer over de 30 år, som bygningerne har været opført. De tre ejendomme anvender 80-90 procent genbrugs/genanvendte materialer, hvor de genbrugte og genanvendte materialer især er beton, tegl, skifer og træ. Analysen konkluderer også, at der ikke har været øgede vedligeholdelsesomkostninger sammenlignet med et byggeri konstrueret af jomfruelige materialer.

Det er Ea Energianalyses vurdering, at nogle af antagelserne i rapporten af SBI kan diskuteres, hvilket er kommenteret i afsnittene for hvert materiale.

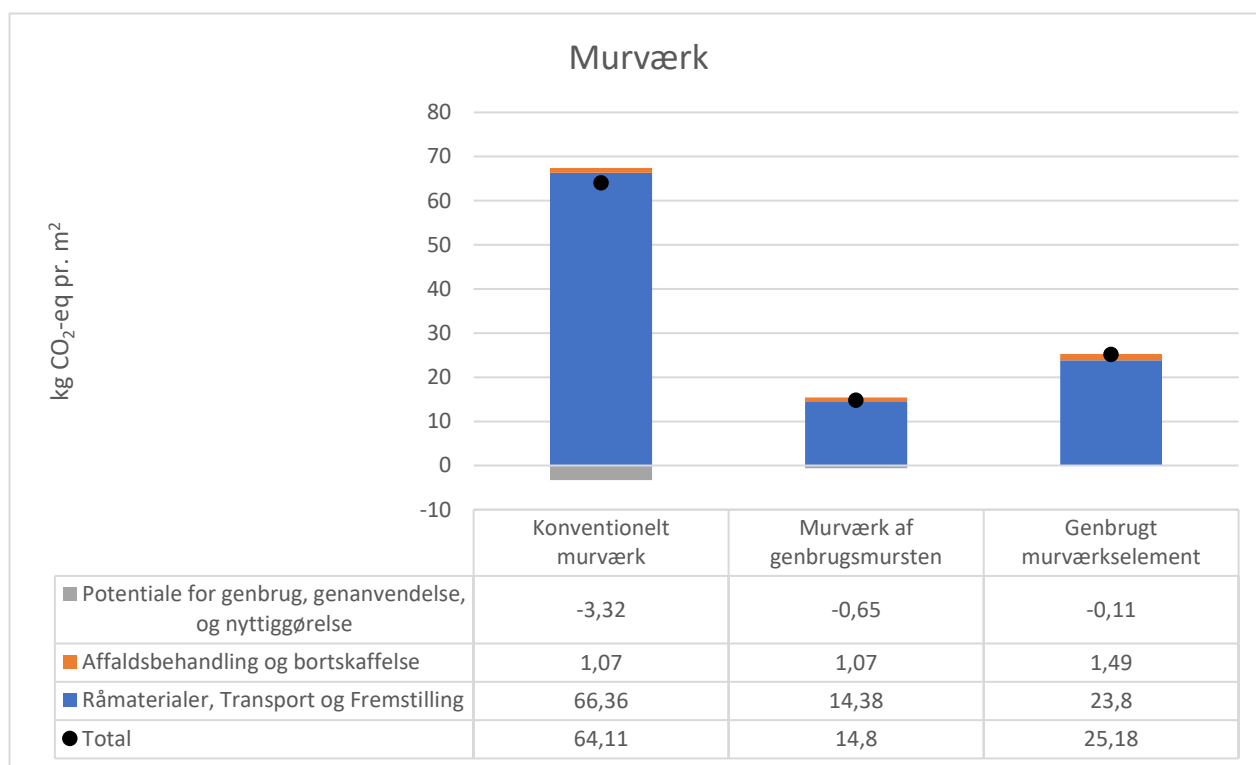
Murværk

SBI-rapporten sammenligner tre scenarier: Konventionelt murværk, murværk af genbrugsmursten og genbrug af murværkselement. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m² murværk. Mursten genbruges allerede i dag, men det er som udgangspunkt kun mursten opført før 1960, som kan genbruges. Det skyldes, at murværk fra før 1960 er opført med kalkmørtel, som kan fjernes uden at beskadige stenen, hvorimod man begyndte at bruge cementmørtel efter 1960, som ofte er stærkere end selve murstenen. Dette besværliggør genbrugsprocessen, da stenen kan knække, når man forsøger at fjerne mørtlen.

Ved genbrug af mursten bør man være opmærksom på, om der kan være sket afsmitning med PCB fra f.eks. vinduesfuger. Det omhandler især byggerier opført eller renoveret i perioden 1950 til 1977. Derfor bør bygninger fra denne periode undersøges for PCB (VHGB, 2018).

Ved murværk af genbrugsmursten antages det, at der anvendes genbrugte mursten, som opføres med jomfruelig mørtel. Ved genbrugte murværkselementer skæres et stykke af en eksisterende murstensvæg ud med mursten og eksisterende mørtel inkl. tilføjelse af genanvendt beton med armering på bagsiden af murværkselementet for lettere håndtering. Ved alle scenarierne antages det, at murstenene ved endt levetid knuses og anvendes til erstatning for stabilgrus og vejfyld. Resultaterne viser, at der er størst gevinst ved genbrug af mursten direkte, mens der også er en gevinst ved

murværkelementer. Den højere udledning for murværkselementer kommer fra genanvendt beton og armering på bagsiden af elementet.



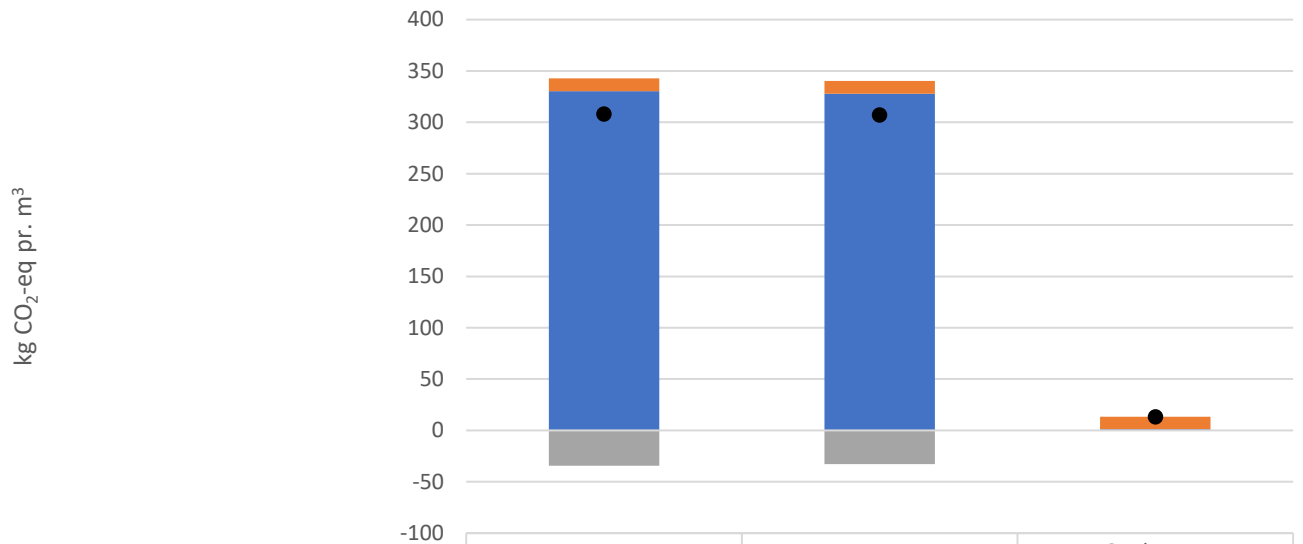
Beton

Rapporten sammenligner tre scenarier: Konventionel beton, genanvendt beton og genbrugte betonelementer og genbrugte søjler/bjælker af beton. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m³ beton. For genanvendt beton antages det, at 20 % af groft tilslag erstattes af knust beton, mens den resterende del af betonen består af jomfruelige materialer ligesom konventionel beton. Groft tilslag er grus, som tilsættes betonen. Derfor mindskes anvendelsen af jomfrueligt grus.

Ved alle scenarierne antages det, at betonen ved endt levetid knuses og anvendes til erstatning for stabilgrus og vejfyld. For konventionel beton kommer størstedelen af udledningen fra produktion af cement. Det samme gør sig gældende for genanvendt beton, da kun en lille andel af materialet udgøres af genanvendt beton. Klimabelastningen for genbrugte betonelementer er meget lav, da de kan genbruges direkte uden nogen form for forarbejdning udover tilskæring, som tilføjer et mindre spild. Dermed er der et stort reduktionspotentiale i direkte genbrug af betonelementer, men ikke i anvendelse af genanvendt beton.

Selvom der ikke er et CO₂-reduktionspotentiale ved at bruge genanvendt beton, så kan det være med til at reducere ressourceforbruget af grus. Man kan også diskutere, hvor stort potentialet er for at genanvende betonbjælker, da bygningen skal være designet med demonterbarhed fra starten af, hvilket kun få eksisterende bygninger er.

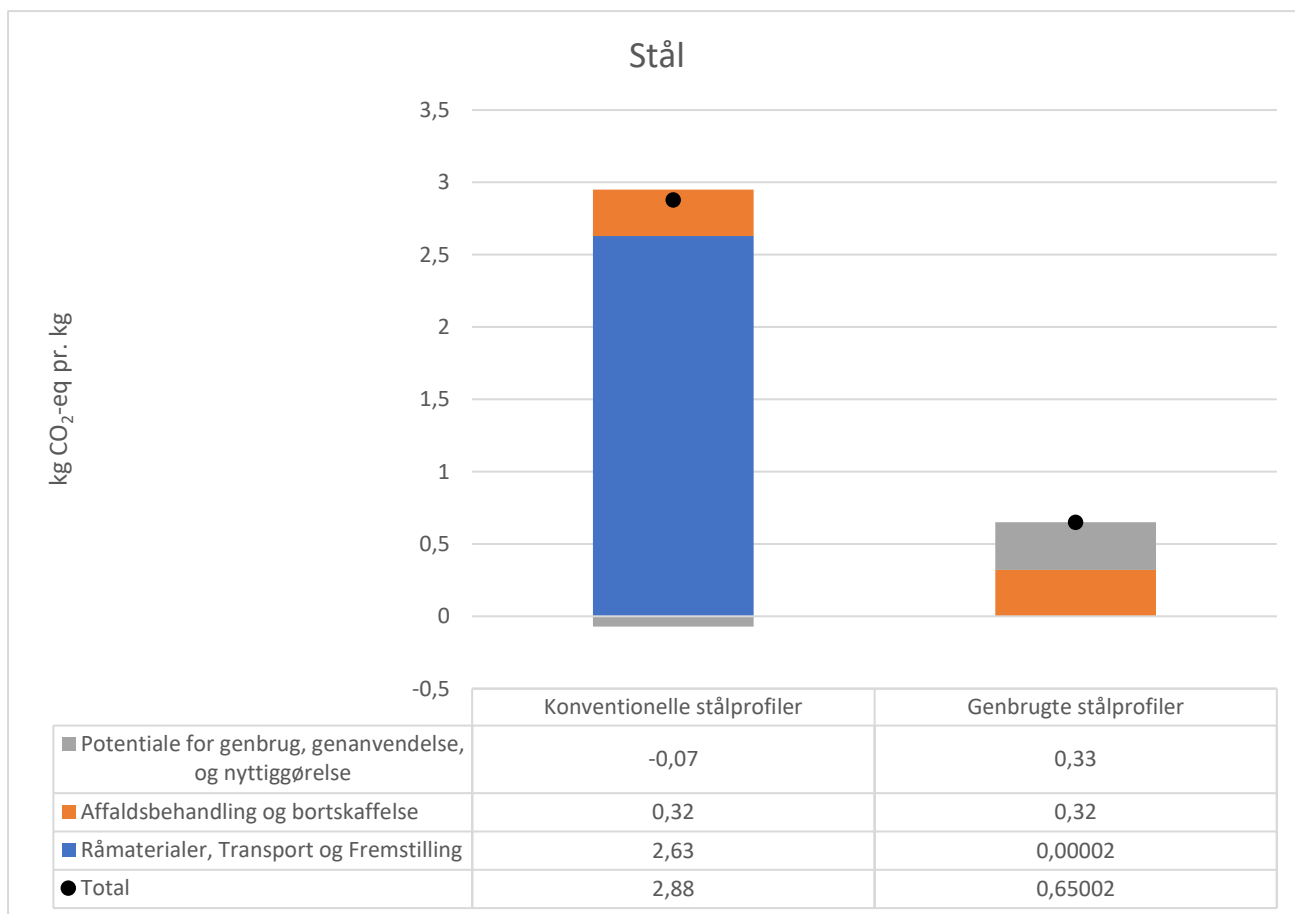
Beton



	Konventionel beton	Genanvendt beton	Genbrugte betonelementer og genbrugte søjler/bjælker af beton
■ Potentiale for genbrug, genanvendelse, og nyttiggørelse	-34,4	-32,8	0
■ Affaldsbehandling og bortskaffelse	12,2	12,2	12,2
■ Råmaterialer, Transport og Fremstilling	330,48	327,97	1,23
● Total	308,28	307,37	13,43

Stål

Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionelle stålprofiler og genbrugte stålprofiler. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. kg stål. Der er et stort potentiale for genbrug af stålprofiler, hvis det allerede i designfasen indtænkes, at profilerne skal være demonterbare. Ved genbrug af stålprofiler tilrettes og genbruges stålprofilerne direkte. Konventionelt stål består af 80 % genanvendt stål og 20 % jomfrueligt stål. Ved begge scenarier antages det, at stålprofilerne omsmeltes og anvendes til nye stålprofiler ved endt levetid. Resultaterne viser, at der er en stor klimagevinst ved genbrug af stålprofiler. Analysen viser samtidig, at størstedelen af udledningen for konventionelt stål kommer fra produktionen af stålbjælken, mens anvendelsen af jomfrueligt stål kun bidrager til udledningen i mindre grad. Derfor kommer størstedelen af CO₂-reduktionen fra, at man sparer omsmeltningen af stålprofilen.



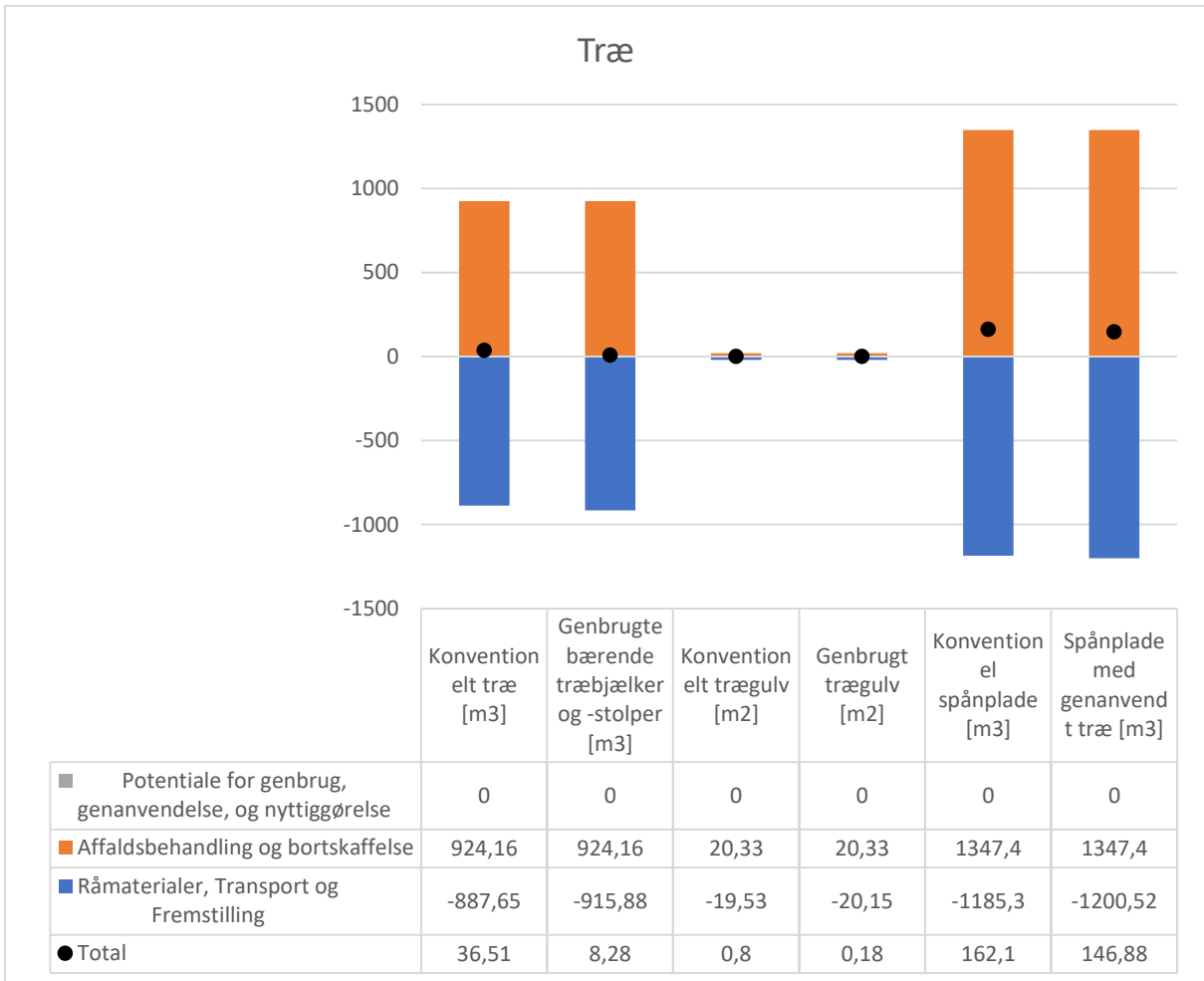
Træ

Rapporten sammenligner seks scenarier: Konventionelt træ sammenlignet med genbrugte bærende træbjælker og -stolper, konventionelt trægulv sammenlignet med genbrugt trægulv og konventionel spånplade sammenlignet med spånplade af genanvendt træ. Bemærk at scenarierne opgøres i forskellige enheder, dog er de scenarier, som sammenlignes, opgjort i samme enhed. Enhederne fremgår af figuren.

Ved endt levetid antages, det at træet går til forbrænding dog uden at indregne energiudnyttelsen fra afbrændingen. For genbrugte træbjælker og -gulve antages det, at bjælkerne genbruges direkte, hvorfor der kun opstår et mindre spild fra opskæring. Det antages endvidere, at spånplader af genanvendt træ består af 70 % genanvendt træ, samt at der opstår et mindre spild ved genanvendelse af træet til pladen. Resultaterne viser, at der er en stor klimagevinst ved at genbruge træbjælker og trægulve, men kun en lille gevinst i at genanvende spånplader.

Hvis det antages, at anvendelsen af genbrugstræ giver en CO₂-besparelse i kraft af, at der fældes mindre træ i skovene, vil CO₂-besparelsen blive væsentligt større.

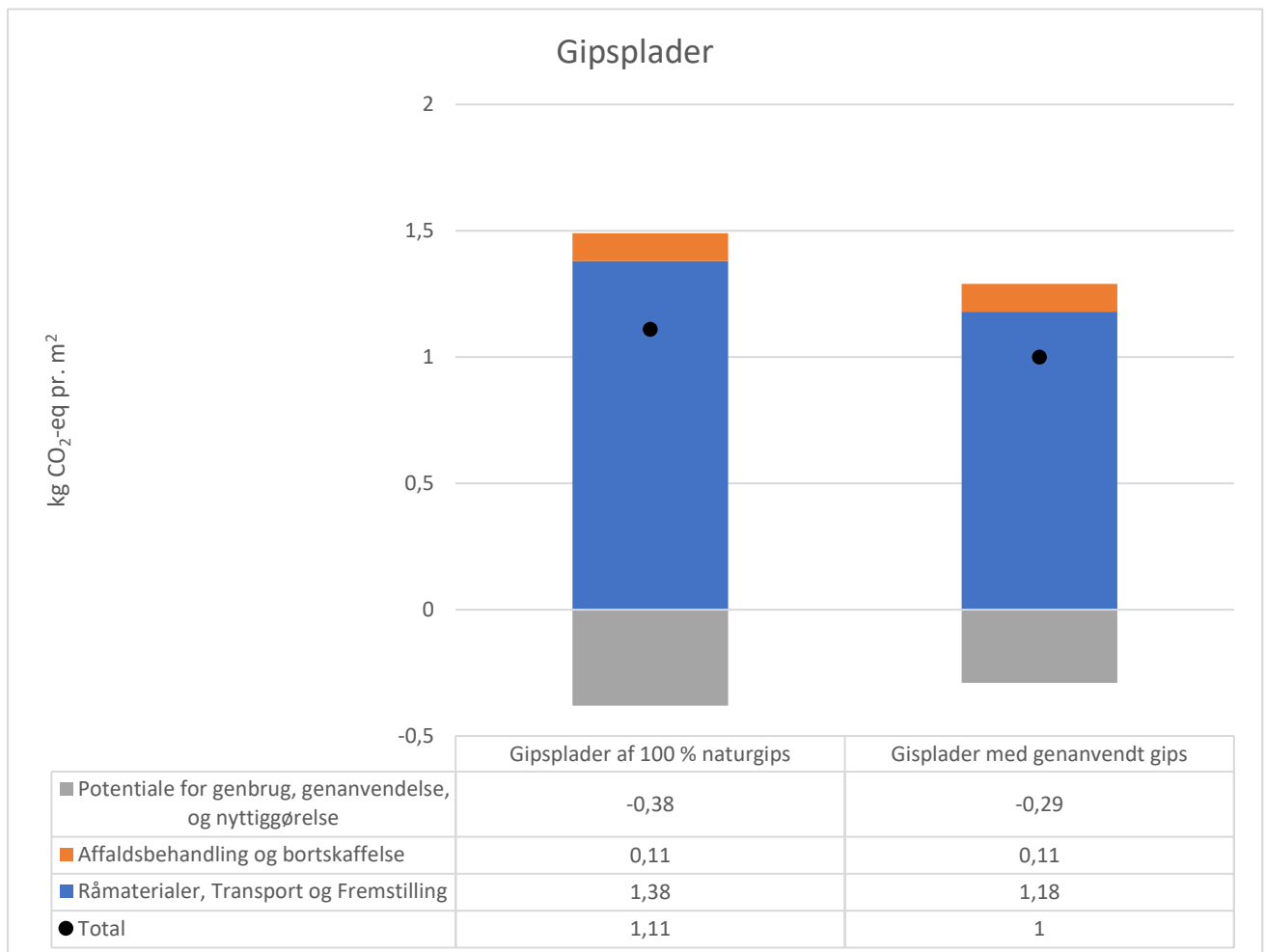
Ea Energianalyse har tidligere vurderet på baggrund af en analyse fra Københavns Universitet (Nielsen et al., 2020) at udledningen fra anvendelse af biomasse til energi er ca. 35 kg CO₂/GJ, hvilket svarer til ca. 350 kg CO₂/m³ træ. Udledningen på 35 kg CO₂/GJ svarer til den mængde CO₂, der er tilbage i atmosfæren efter 30 år. Den resterende udledning fra forbrænding er optaget i ny skovvækst over de 30 år.



Gipsplader

Rapporten sammenligner to scenarier: Gipsplader af 100 % naturgips og gipsplader med genanvendt gips. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m² gipsplader. Det konventionelle scenarie er en gipsplade som består af 100 % naturgips, selvom det er normal praksis at anvende genanvendt gips. Ved endt levetid for begge scenarier nedknyttes gipspladerne og genanvendes til nye gipsplader med en genanvendelsesandel på 40 %. Forbruget af naturgips udgør den største klimabelastning. For gipsplader af genanvendt gips antages det, at de består af 25 % genanvendt gips, som efter endt levetid bliver genanvendt 40 % og de resterende 60 % går til deponi ligesom for de konventionelle gipsplader.

I praksis er genanvendelsen af gips begrænset af adgangen til genbrugt gips på markedet, mens anvendelsen af naturgips især er defineret af adgangen til industrigips fra især de danske kraftværker, som i vid udstrækning ekstraheres fra røggasafsvovlingsanlæg (KNAUF, 2021). I takt med at kulraft udfases fra det danske elsystem formindskes denne mængde.



Vinduer

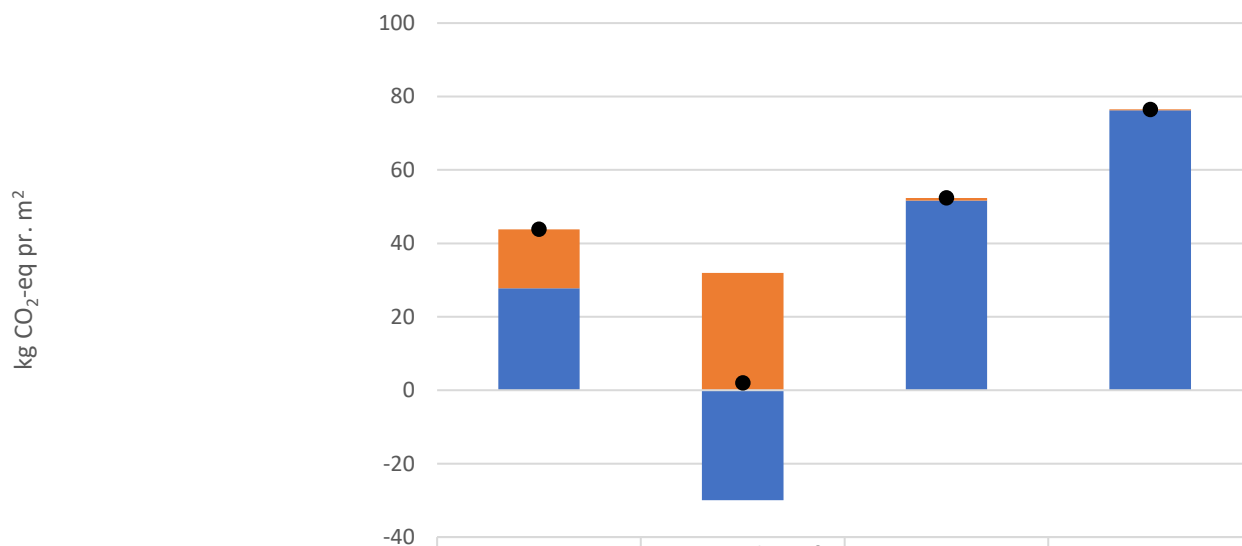
Rapporten sammenligner fire scenarier: Konventionelt vindue sammenlignet med kassevinduer af genbrugte termoruder og konventionel glasfacade sammenlignet med facadebeklædning af glaskeramik. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m².

Vinduer, som nedtages efter endt levetid og er tiltænkt genbrug, vil ofte ikke overholde bygningsreglementets energikrav. Dog kan ruderne genbruges i nye vinduer med mindre strenge komponentkrav, som f.eks. kan anvendes i sommerhuse eller rum som ikke er opvarmede, hvor bygningsreglementet ikke har lige så strenge komponentkrav. De kan også indgå i nye specialfremstillede 2-lagskassevinduer, der overholder komponentkravene. Kassevinduer af genbrugte termoruder består af to genbrugte termoruder omkranset af ramme/karm af træ. Det bemærkes, at der kan være særlige udfordringer forbundet med at genbruge vinduer produceret før 1977, da fugemassen i vinduet kan indeholde PCB.

Der er også usikkerhed om holdbarheden af genbrugte vinduer. Samlet set er der begrænsede muligheder for at genanvende vinduer grundet udfordringerne nævnt. Det er samtidig værd at bemærke, at anvendelse af vinduer af en ringere energimæssig kvalitet i et sommerhus vil have en betydning for energiforbruget i huset, hvilket beregningen ikke tager højde for.

Resultatet viser, at der er en stor klimagevinst i at genbruge termoruder til kassevinduer, dog med de nævnte forbehold. For facadebeklædning af glaskeramik tages der udgangspunkt i en miljødeklaration fra Magna Glaskeramik. Resultatet viser, at der er en højere udledning for facadebeklædning af glaskeramik end konventionelle glasfacader.

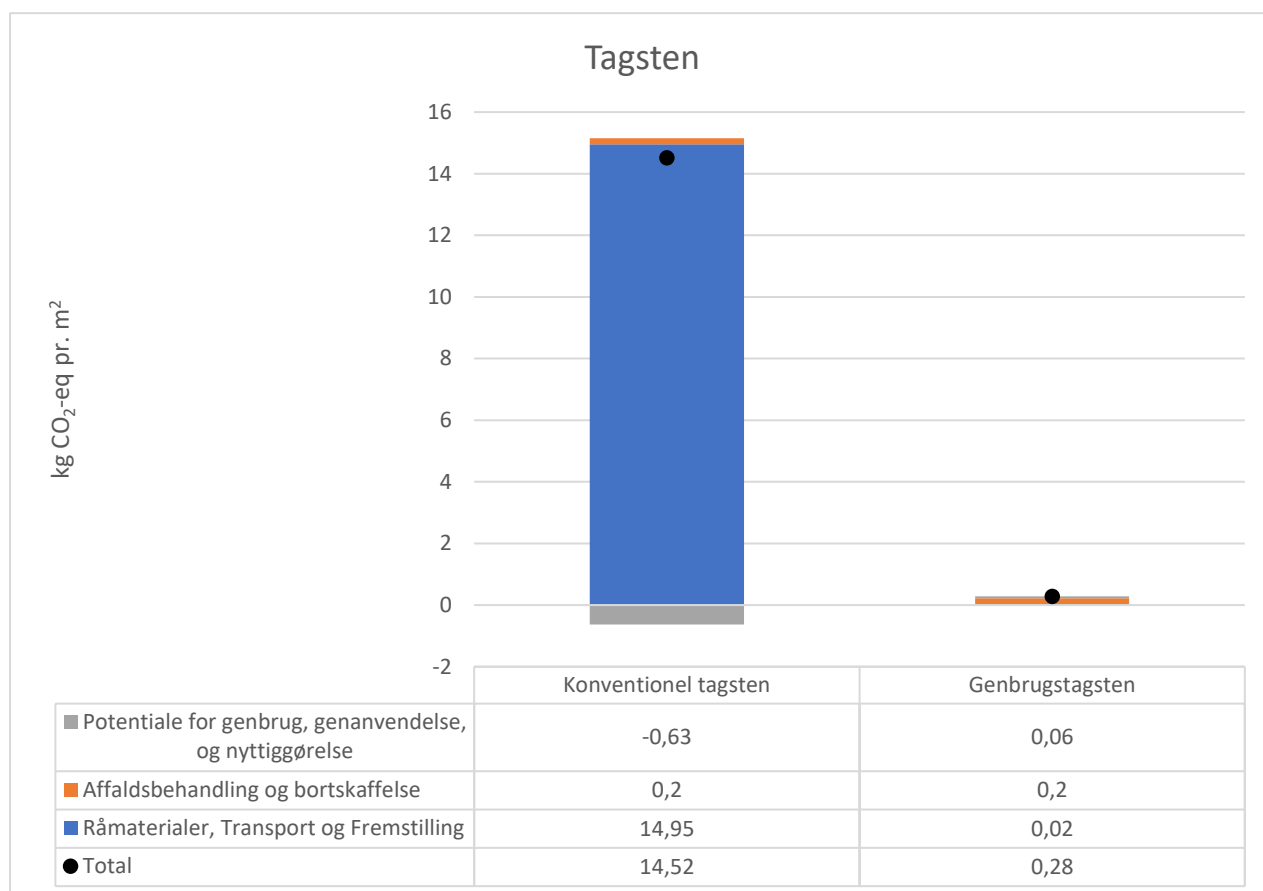
Vinduer



	Konventionelt vindue	Kassevinduer af genbrugte termoruder	Konventionel glasfacade	Facadebeklædning af glaskeramik
■ Potentiale for genbrug, genanvendelse, og nyttiggørelse	0	0	0	-0,05
■ Affaldsbehandling og bortskaffelse	15,97	31,95	0,71	0,21
■ Råmaterialer, Transport og Fremstilling	27,81	-29,97	51,66	76,29
● Total	43,78	1,98	52,37	76,45

Tagsten

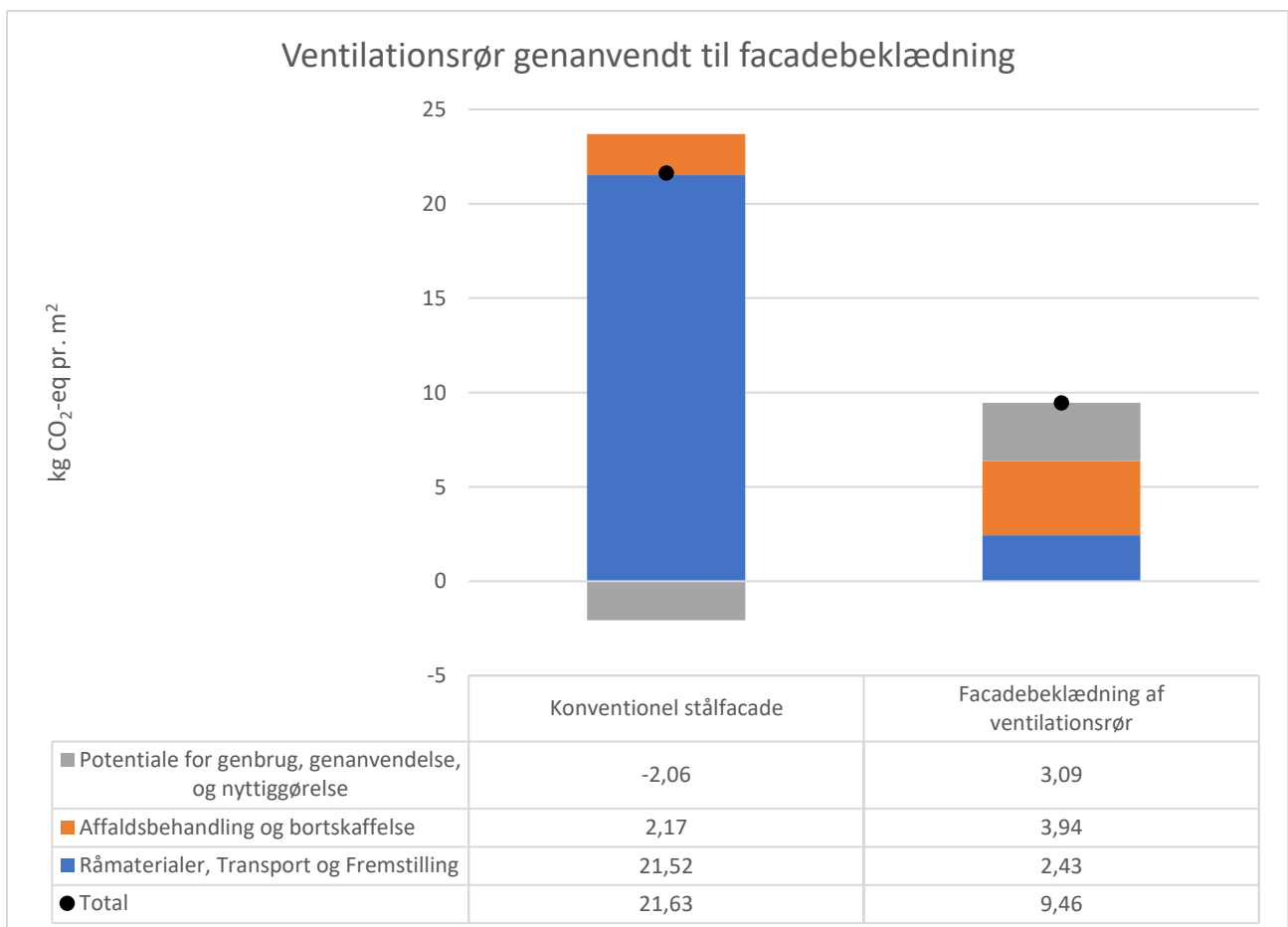
Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionel tagsten af tegl og genbrugstagsten af tegl. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m² tagsten. Tagsten er lette at genbruge og har generelt en meget lang levetid, men der kan opstå problemer i at matche de genbrugte tagsten med de mange forskellige formater og farver af tagsten på markedet i dag. For begge scenarier antages det, at tagstenene efter end levetid knuses og erstatter stabilgrus og vejfyld. Resultaterne viser, at der er et stort reduktionspotentiale for genbrug af tagsten.



Stålfacader

Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionelle stålblader til facadebeklædning og genanvendelse af ventilationsrør til facadebeklædning. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m² facadebeklædning. Ved genanvendelse presses rørene på en fabrik til facadeplader. Konventionelle stålblader består af 80 % genanvendt stål og 20 % jomfrueligt stål. Ved endt levetid omsmeltes de konventionelle stålfacader til nye stålblader. Resultatet viser, at der relativt set er et stort potentiale i genanvendelse af ventilationsrør til facadebeklædning.

Størstedelen af CO₂-udledningen fra den konventionelle stålblade kommer fra produktionen af pladen, mens råmaterialerne kun bidrager til udledningen i mindre grad. Derfor kommer størstedelen af CO₂-besparelsen fra ventilationsrør fra, at man sparer omsmeltingen. Ved genanvendelse af stål til facadebeklædning bør man overveje om stålet reelt erstatter nyt stål, eller om man anvender genanvendt stål til facadebeklædning i stedet for et andet materiale, som muligvis har en lavere udledning.



Aluminiumsplader

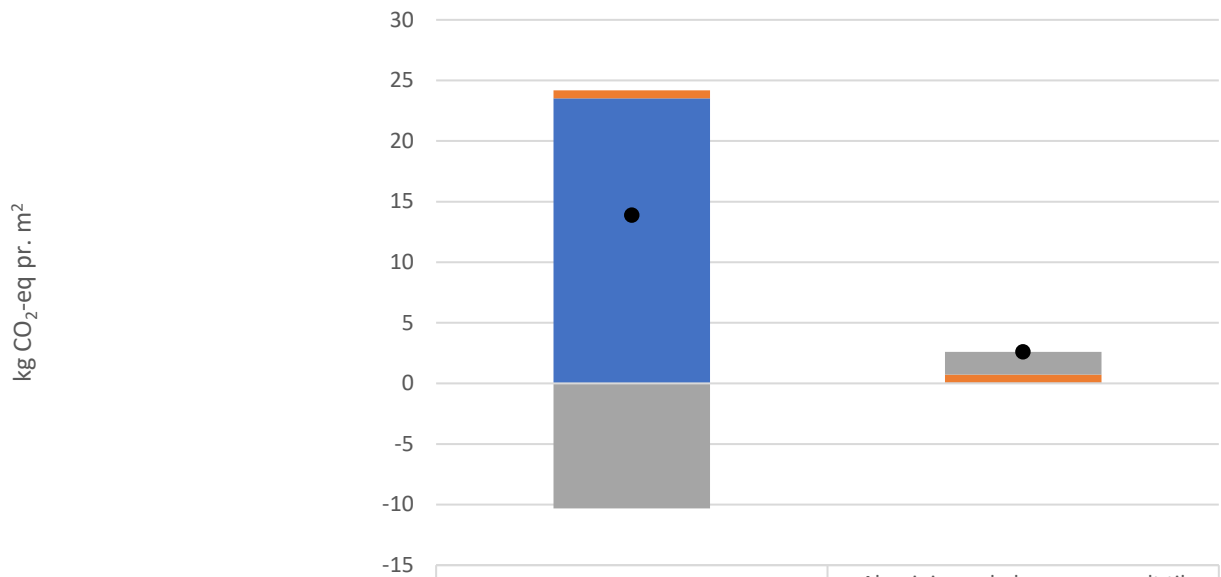
Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionelle aluminiumsplader sammenlignet med aluminiumsplader genanvendt til beklædning af facade eller tag. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m². Konventionelle aluminiumsplader består af 54 % jomfrueligt aluminium og 46 % genanvendt aluminium. Det antages, at aluminiumspladerne genanvendes direkte og på samme lokation, så der ikke er nogen transport, men et mindre spild, da enkelte plader vil være for dårlig kvalitet til direkte genanvendelse. Ved endt levetid antages det at pladerne genanvendes til nye plader. Resultaterne viser et stort reduktionspotentiale i at genanvende aluminiumsplader til beklædning af facade eller tag.

Alternativet til at genbruge aluminiumsplader direkte er, at de genanvendes, hvor de smeltes om til nye plader. Derved undgås produktionen af nyt jomfrueligt aluminium. På den baggrund er forskellen mellem SBI's to scenarier, at man undgår omsmeltingen af pladen, når man genbruger den direkte. Beskrivelsen herunder beskriver tallene fra de forskellige kategorier.

Størstedelen af CO₂-udledningen fra den konventionelle aluminiumsplade kommer fra produktionsfasen. Produktionsfasen udgør en udledning på ca. 23,5 kg CO₂-eq pr. m³ aluminiumsplade, hvoraf anvendelsen af jomfrueligt aluminium udleder ca. 12 kg CO₂ og produktionen af pladen udgør ca. 11 kg CO₂. Udledningen fra genanvendt aluminium står kun for 0,33 kg CO₂ i produktionsfasen. Ved endt levetid genanvendes pladen, hvilket i analysen giver en negativ udledning fra undgået jomfrueligt aluminium på ca. 10 kg.

Ved genanvendelse af aluminium til facadebeklædning bør man overveje om aluminiumspladen reelt erstatter nyt aluminium eller om man anvender genanvendt aluminium til facadebeklædning i stedet for et andet materiale, som muligvis har en lavere udledning.

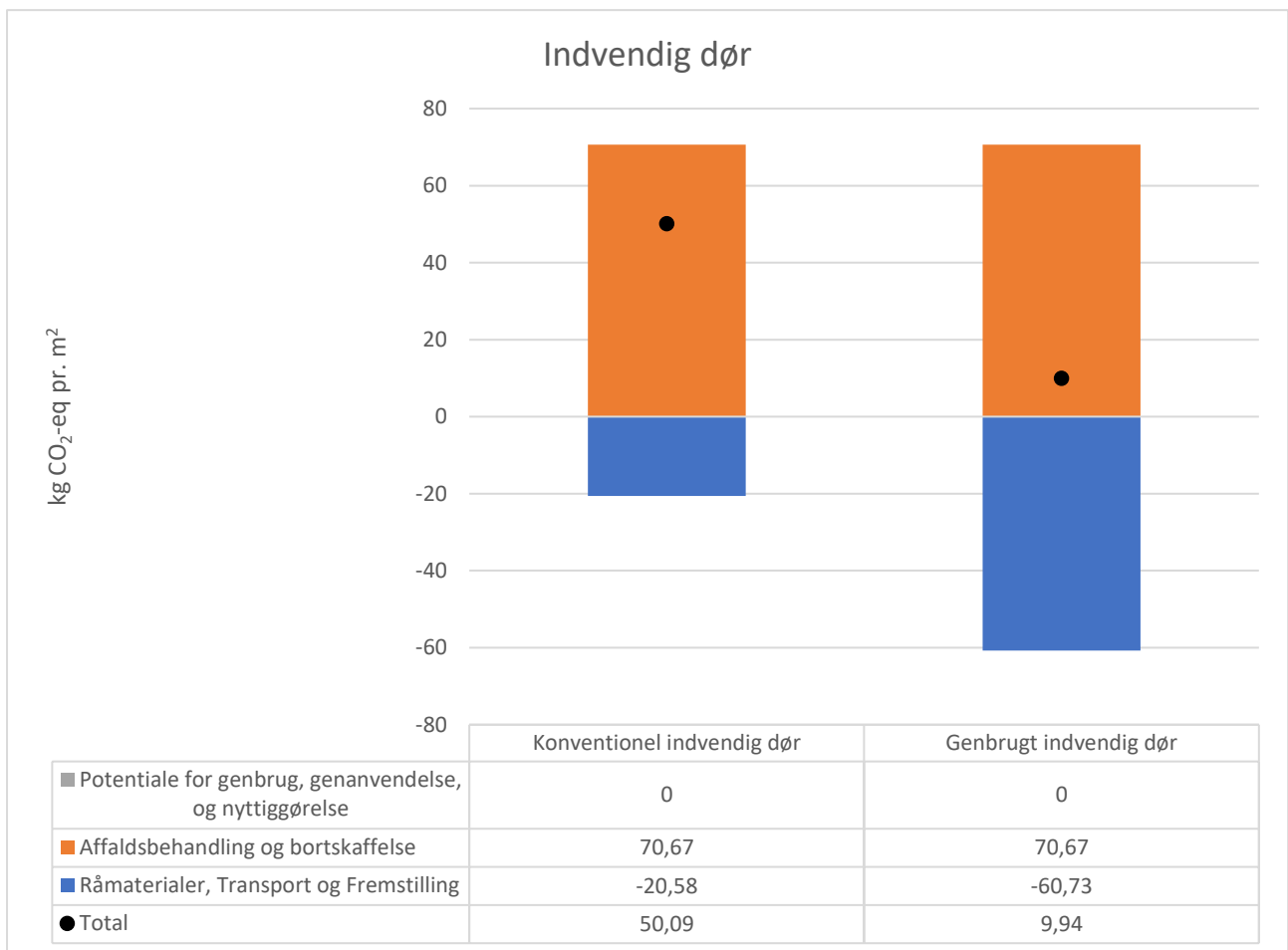
Aluminiumsplader



	Konventionelle aluminiumsplader	Aluminiumsplader genanvendt til beklædning af facade eller tag
■ Potentiale for genbrug, genanvendelse, og nyttiggørelse	-10,31	1,88
■ Affaldsbehandling og bortskaffelse	0,67	0,67
■ Råmaterialer, Transport og Fremstilling	23,52	0,06
● Total	13,88	2,61

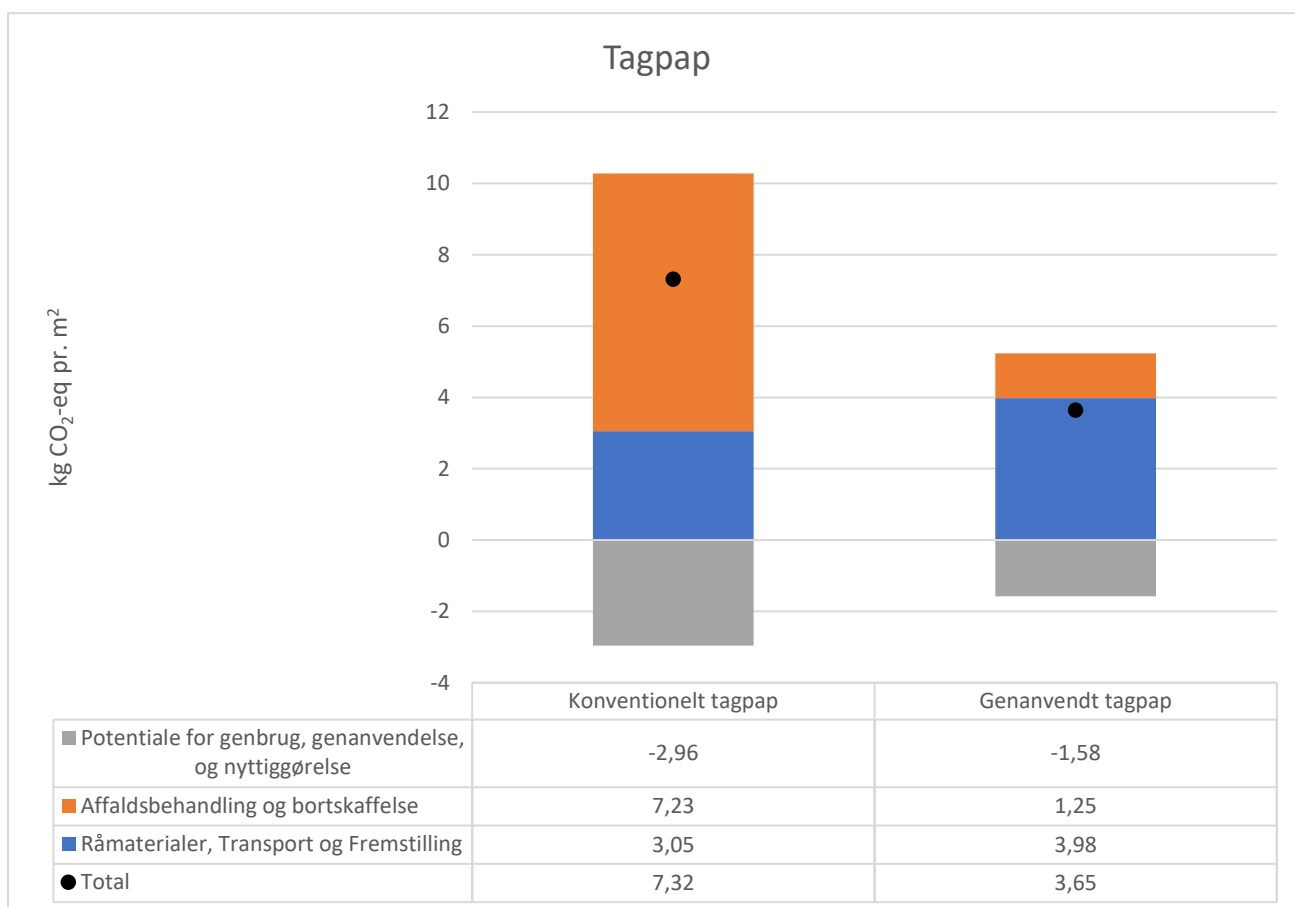
Indvendig dør

Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionel indvendig dør og genbrugt indvendig dør. Dørene er lavet af træ. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m². Ved genbrug af døre antages det, at dørene genbruges direkte, dog inkl. at de skal males og et mindre spild, da nogle døre ikke vil kunne genbruges. Det antages, at dørene genbruges på samme lokation, så der ikke er noget transport. Resultatet viser, at der er en stor klimagevinst ved at genbruge døre.



Tagpap

Rapporten sammenligner to scenarier: Konventionelt tagpap sammenlignet med genanvendt tagpap. Udledningen er opgjort i kg CO₂-eq pr. m² tagpap. Ved produktion af ny tagpap kan bitumen, som er et stof der kommer fra raffinering af råolie, og som anvendes i produktionen af tagpap, genanvendes. Der tages udgangspunkt i en miljødeklaration fra European Waterproofing Association. Det antages, at genanvendelsesprocenten for genanvendt tagpap er 10 % og at der kun sker et meget lille spild på 0,2 %. Resultaterne viser, at der er en klimagevinst ved at anvende genanvendt tagpap.



Referenceliste

Andersen, C. E. Rasmussen, F. N. Zimmermann, R. K. Kanafani, K. & Birgisdottir, H. 2019. *Livscyklusvurdering for cirkulære løsninger for fokus på klimapåvirkning – Forundersøgelse*. Hentet 04/10/2022 på URL: <https://build.dk/Assets/Livscyklusvurdering-for-cirkulaere-loesninger-med-fokus-paa-klimapaavirkning/SBI-2019-08.pdf>

Knauf. 2021. *Knauf – En ansvarlig del af løsningen – Corporate Social Responsibility 2021*. Hentet 26/10/2022 på URL: https://www.knauf.dk/media/3avls0kj/knauf-csr-rapport-2021_2.pdf

Nielsen, A. T. Bentsen, N. S. & Nord-Larsen, T. 2020. *CO₂ emission mitigation through fuel transition on Danish CHP and district heat plants – Carbon debt and payback time of CHP and district heating plant's transition from fossil to biofuel*. Hentet 27/10/2022 på URL: https://static-curis.ku.dk/portal/files/251578680/IGN_Report_CO2_emission_mitigation_Nov2020.pdf

Realdania. 2022. *De genanvendte huse 30 år efter – Sammenfatningsrapport*. Hentet 04/10/2022 på URL: <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/de-genanvendte-huse-30-aar-efter-sammenfatningsrapport>

VHGB. 2018. *Best practice mursten*. Hentet 26/10/2022 på URL: <https://vcob.dk/media/1619/best-practise-mursten-30-oktober-2018.pdf>