

Ombruk av vinduer – muligheter og utfordringer



SINTEF Notat

Roberta Moschetti, Birgit Risholt, Hans Boye Skogstad og Berit Time

Ombruk av vinduer – muligheter og utfordringer

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Notat 47

Roberta Moschetti, Birgit Risholt, Hans Boye Skogstad og Berit Time

Ombruk av vinduer – muligheter og utfordringer

Emneord: Vindu, ombruk, livsløpsanalyse, energiberegninger, U-verdi, lufttetthet, regntetthet

Prosjektnummer: 102019980-43

ISSN 1894-2466

ISBN 978-82-536-1782-4 (pdf)

Foto omslag: SINTEF Community



© Forfatterne. Utgitt av SINTEF akademisk forlag 2022

Denne rapporten er publisert med åpen tilgang etter CC BY-lisensen

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Community

Børrestuveien 3

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Tlf.: 40 00 51 00

www.sintef.no/community

www.sintefbok.no

Forord

Byggenæringen kaster i dag mye materialer som kan brukes på nytt. Dette notatet er et resultat av en innledende studie hvor muligheter og utfordringer for ombruk av vinduer ble undersøkt. Vi har også utarbeidet et flytskjema for håndtering og ombruk av vinduer.

Prosjektet er finansiert over SINTEFs grunnbevilgning.

Trondheim, desember 2022

Lars Gullbrekken
Forskningsleder
SINTEF Community

Roberta Moschetti
Prosjektleder
SINTEF Community

Innhold

FORORD	3
1. INTRODUKSJON	5
2. FLYTSKJEMA	6
3. BEREGNINGER	8
3.1 LIVSLØPSANALYSE (LCA)	8
3.2 LIVSSYKLUSKOSTNADSANALYSE (LCC)	11
3.3 ENERGIBEREGNINGER	12
4. BEGRENSNINGER I BEREGNINGENE	15
5. OPPSUMMERING	16
6. REFERANSER	17

1. Introduksjon

Ombruk anses som gunstig for å bevare naturens ressurser. Ombruk av *bygningmaterier* handler om ny utnyttelse av materialer i deres opprinnelige form, uten å endre strukturen før de brukes igjen. Ombruk av et *produkt* gjelder bruk av gamle produkter på nytt, uten å gjøre vesentlige endringer. Endringer som vasking, rensing eller overflatebehandling anses ikke som vesentlige (DiBK).

Nybygging, riving og renovering av bygninger utgjør ca. 25 % av alt avfall i Norge, og kun 46 % av dette avfallet gjenvinnes [1]. Ombruk av materialer i byggenæringen kan derfor gi store miljøgevinster og i betydelig grad bidra til å nå målene til EUs grønne giv (European Green Deal), det vil si å redusere CO₂-utslippene med 50–55 % innen 2030 og med 90–95 % innen 2050 [2]. Dessverre blir bygningsprodukter sjelden ombrukt i dag – dette som følge av ulike barrierer som manglende konsistent regelverk og insentiver, tekniske utfordringer, høye investeringskostnader og mangel på kunnskap og samarbeid i en bærekraftig og sirkulær verdikjede [3].

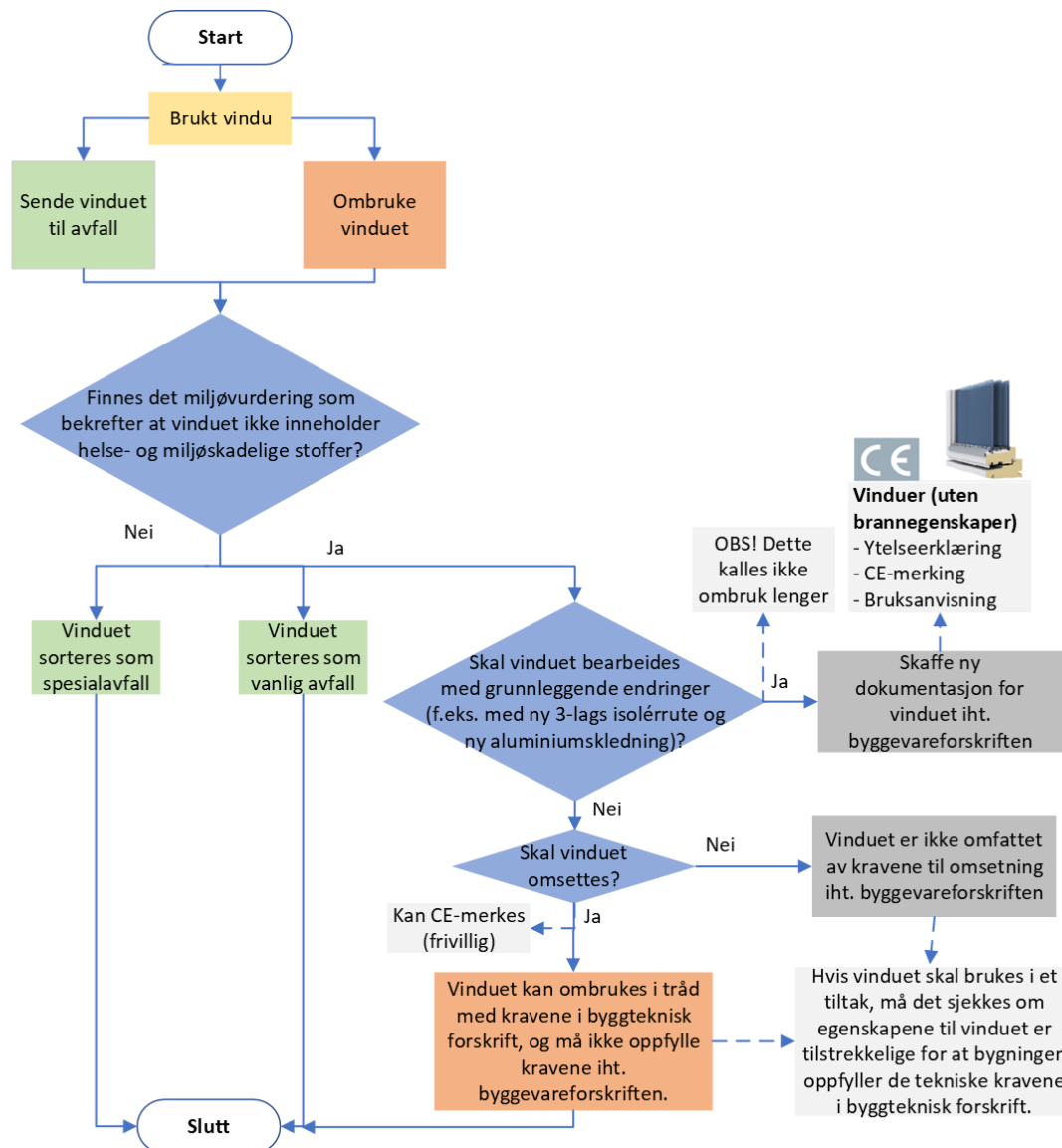
Når det gjelder regelverket, så har Direktoratet for byggkvalitet (DiBK) gjort endringer i byggevareforskriften (DOK). Målet er å redusere hindringene for ombruk som følger av kravene til produktdokumentasjon og slik øke ombruk av byggevarer i byggverk. DiBK har også utviklet en veiviser for salg av gamle byggevarer [5]. Det er angitt spesifikke krav for omsetning av gamle byggevarer, og endringene er gyldig fra 1. juli 2022.

I dette notatet ser vi nærmere på ombruk av et spesifikt produkt: vinduer. Vinduer er energi- og CO₂-krevende å produsere, og derfor kan ombruk av gamle vinduer framfor å benytte nye potensielt bidra med positiv effekt fra et bærekraftsynspunkt. Det er ikke lett å finne eksempler på vinduer som er ombrukt med sin opprinnelige funksjon. De fleste eksemplene på ombruk av vinduer medfører endring til andre bruksformål (dører, innervegger, rekkverk osv.) eller en form for bearbeiding, renovering e.l. En av årsakene til dette er at ombrukte vinduer må oppfylle flere krav, blant annet kravene i byggevareforskriften (DOK) og byggteknisk forskrift (TEK17), i tillegg til andre spesifikke krav stilt i det aktuelle prosjektet der vinduet skal ombrukes [6]. En annen årsak til at ombruk av vinduer ikke er vanlig i dag, er mangel på kunnskap og veiledning i de enkelte stegene ved ombruk av vinduer.

Vi har utarbeidet et flytskjema som illustrerer det som per i dag bør gjøres med et brukt vindu dersom man vil sende det til avfall eller ombruke det. Videre har vi utført noen innledende beregninger med mål om å undersøke mulige gevinster ved å ombruke et brukt vindu framfor å benytte et nytt produkt.

2. Flytskjema

Figur 1 er et flytskjema som viser de ulike stegene man kan følge for å håndtere et brukt vindu.



Figur 1. Flytskjema med stegene for å håndtere et brukt vindu

Et brukt vindu må håndteres i forbindelse med utskifting av eksisterende vinduer i fasader eller ved riving av et gammelt bygg som har nådd slutten av sin levetid.

Det er først og fremst nyttig å vite hvor gammelt vinduet er, om det finnes produkt-dokumentasjon, sertifisering/godkjenning eller annen dokumentasjon fra da vinduet først ble omsatt (FDV-dokumentasjon kan si noe om opprinnelsen til produktet). Vinduer er en viktig del av bygningskroppen og skal både være tette og isolere godt. U-verdi og luft- og regntetthet er derfor blant de vesentlige egenskapene som bør sjekkes ved et brukt vindu [7].

Det er også nyttig å skaffe seg andre opplysninger om behandlingen av byggevaren fra rive-prosessen.

Ved håndtering av et brukt vindu kan man velge å følge hovedstegene beskrevet nedenfor.

1. *Sende vinduet til avfall:* Hvis vinduet skal sendes til avfall, må det sjekkes om det finnes en miljøvurdering som viser at det ikke inneholder helse- og miljøskadelige stoffer. Kravene til behandling av avfall kan man lese mer om på Miljødirektoratets nettsider (miljodirektoratet.no).

Vinduer som inneholder slike stoffer må håndteres på en forsvarlig måte, og er i mange tilfeller klassifisert som spesialavfall. Kjente helse- og miljøskadelige stoffer i isolerruter:

- Isolerruter produsert i perioden 1965–75 (Norge) og fram til 1979 (utenlandske produsenter) kan inneholde PCB.
- Isolerruter fra 1970–1990 kan inneholde klorparafiner i lim og tetningslister.

Om et revet vindu ikke inneholder helse- og miljøskadelig stoffer, kan det sendes til vanlig avfall.

2. *Ombruke vinduet:* For å kunne ombruke det demonterte vinduet må det sjekkes om det finnes en miljøvurdering som viser at det ikke inneholder helse- og miljøskadelige stoffer. Vinduer som inneholder slike stoffer, er ikke egnet for ombruk. Om vinduet skal endres vesentlig, for eksempel ved å legge på ny aluminiumskledning eller ny trelags isolerrute, må man skaffe ny dokumentasjon i henhold til byggevareforskriften (DOK). Regelmessig vedlikehold, reparasjon, vasking, rensing eller overflatebehandling regnes ikke som vesentlige endringer. Skifting av vinduets slitte eller skadde komponenter samt smøring av beslag er for eksempel inkludert i regelmessig vedlikehold. Siden vinduer tilhører harmoniserte byggevarer, er det krav om ytelseserklæring og CE-merking.

Omsetning innebærer at vinduet blir solgt eller gitt bort. Hvis vinduet ikke skifter eier, er det ikke omsetning. Kravene til omsetning er rettet mot produsenter, importører og distributører av vinduer. Den som kjøper et vindu for å bruke det i et prosjekt, er ikke omfattet av kravene til omsetning. Det regnes i tillegg ikke som omsetning hvis vinduet tas ut av et rivings- eller renoveringsprosjekt og brukes på nytt i samme prosjekt eller samme eksisterende bygg (lokalt ombruk), eller hvis samme byggherre eller aktør bruker de på nytt i et annet prosjekt (internt ombruk).

Om vinduet omsettes eller ikke, og hvis det skal brukes i et tiltak, må man sjekke om egenskapene er tilstrekkelige for at bygningen oppfyller de tekniske kravene i TEK17. Om vinduet skal omsettes, så er kravene til å dokumentere brukte byggevarers egenskaper for omsetningsleddet fjernet fra 1. juli 2022. Om en produsent, en produsents representant, en importør eller en distributør omsetter eller gir bort et vindu som skal ombrukes, trenger man derfor ikke oppfylle kravene i byggevareforskriften (DOK). Om vinduet skal omsettes, er det også mulig å CE-merke det på frivillig basis, gitt at det finnes en harmonisert produktstandard eller en europeisk teknisk bedømmelse (EAD).

Det finnes foreløpig ingen harmoniserte standarder for ombrukte byggevarer, men det er en mulighet å få utviklet en frivillig EAD for slike produkter.

3. Beregninger

I prosjektet ble det utført en innledende vurdering av klimagassutslippene (gjennom en innledende livsløpsvurdering, LCA), kostnader (gjennom livssyklus-kostnadsanalyse, LCC) og energibruk for et representativt vindu tenkt for ombruk samt for et tilsvarende nytt produkt. For LCA og LCC ble det valgt en referanseperiode på 60 år, og fire scenarioer ble definert og sammenliknet, det vil si:

1. Nytt trevindu med aluminiumskledning
2. Nytt trevindu uten aluminiumskledning
3. Ombrukt vindu med restlevetid på 10 år
4. Ombrukt vindu med restlevetid på 20 år

Merk at ombrukte produkter kan ha usikker forventet restlevetid, men dette er sentralt for ombrukspotensialet. Det finnes lite erfaring med å avgjøre restlevetider.

Tabell 1 angir informasjon om levetiden til de typene nye vinduer som ble analysert i de fire scenarioene, samt restlevetid til ombrukte produkter. Det er også gitt informasjon om utskiftninger i løpet av en referanseperiode på 60 år. En standard vindusstørrelse på 1,23 x 1,48 m² ble valgt i analysene.

Tabell 1. Antatt levetid/restlevetid og utskiftninger for vinduene i de analyserte (teoretiske) scenarioene

	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4
	Nytt trevindu med aluminiumskledning	Nytt trevindu uten aluminiumskledning	Ombrukt vindu	Ombrukt vindu
Levetid	60 år	40 år	10 år (restlevetid)	20 år (restlevetid)
Utskifting	Isolerrute etter 30 år i løpet av 60 år	Hele vinduet etter 30 år i løpet av 60 år	Hele vinduet hvert 10. år i løpet av 60 år	Hele vinduet etter 20 år og 40 år i løpet av 60 år

3.1 Livsløpsanalyse (LCA)

LCA-beregninger ble utført i henhold til NS-EN 15804:2012 [8] og inkluderer følgende livsløpsmoduler: A1–A3 vedrørende komponentproduksjonen, A4 som gjelder transport til byggeplass, B2 vedrørende vindusvedlikehold og B4 vedrørende utskifting. Andre livsløpsmoduler som A5 (installasjon) og B1–B7 (bruksfase) er ikke omtalt i beregningene fordi de antas å være uavhengige av om det er nye eller ombrukte produkter.

Angående ombrukte vinduer, så gjelder beregningene for A1 demontering av elementet fra eksisterende bygg, og dette tilsvarer livsløpsmodul C1 i EPD-ene for nye produkter. Demontering og avhending bør tilknyttes livsløpsmodul C1 (demontering i slutfase), men for bedre sammenliknbarhet har vi valgt å allokere denne prosessen til det ombrukte produktet til livsløpsmodul A1, slik at utslippene fra denne fasen ikke faller utenom beregningene. Livsløpsmodul A2 inkluderer transport til og fra klargjøring/rensing og lagring. Livsløpsmodul A3 inkluderer klargjøring og lagring. Merk at det forutsettes at vinduet kommer miljømessig "gratis" inn i ombruksprosessen: Det innebærer at miljøbelastningen ved å produsere byggevaren første gang ikke tas med. Antakelser og beregningene for ombrukte produkter er også basert på [9].

Klimagassutslippene for det nye vinduet ble hentet fra en representativ EPD [10], der biogent karbon ikke tas med. Klimagassutslippene for det ombrukte vinduet ble delvis basert på EPD-er av sammenliknbare produkter, men det ble også lagt til ny informasjon om transport og

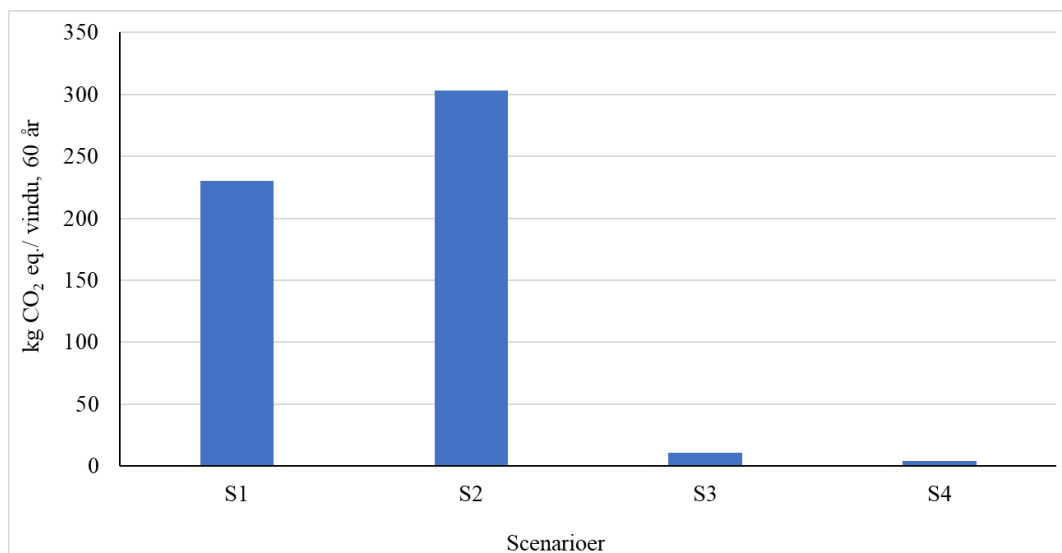
lagring ut fra SimaPro 9.3 [11] med Ecoinvent database 3.8 [12]. Det er beregnet global warming (GWP 100a) gjennom ReciPe Midpoint (H) metode [13].

Merk at energibruk ved demontering av vindu (C1) regnes å være så lite at det neglisjeres i beregningene. Tabell 2 viser resultatene for klimagassutslippene for nye og ombrukte produkter i de ulike livsløpsfasene.

Tabell 2. Klimagassutslippene (kg CO₂eq) for nye og ombrukte produkter

	A1	A2		A3	A4	Kilde
	Råmaterialer	Transport av råmaterialer		Produksjon	Transport av produkt til byggeplass	
Trevindu, trelags glass, uten alukledning		150			1,7	NEPD-2532-1275-NO
Trevindu, trelags glass, med alukledning		167			1,8	NEPD-2532-1275-NO
trelags isolerrute		60,6			1,1	Ecoinvent unit process: "Glazing, triple, U<0.5 W/m ² K {RER} production Cut-off, U". Transport med med lastebil (> 32 t, Euro 5) og avstand på 300 km
Aluminiumskledning (inkl. plastklips)		21,9			0,1	Ecoinvent unit processes: "Aluminium, primary, ingot {IAI Area, EU27 & EFTA} production Cut-off, U" og "Polyvinylchloride, bulk polymerised {RER} polyvinylchloride production, bulk polymerisation Cut-off, U". Transport med lastebil (> 32 t, Euro 5) og avstand på 300 km
	Demontering	Transport til og fra klargjøring og lagring		Klargjøring og lagring	Transport av materialene fra lager til byggeplass eller nytt bygg	
Ombruk av vindu	0	1,02		0,04	1,02	Energibruk ved demontering regnes å være så lite at det neglisjeres i beregningene. Transport med lastebil (> 32 t, Euro 5) og avstand på 300 km. For lagring er det antatt at produktene lagres skjermet fra vær, og at det kun forbrukes 10 % av energiforbruket for lett industri/verksted fra TEK17, dvs. 14 kWh/m ² /år. Norsk elektrisitetsmiksfaktor (18g CO ₂ -ekv/kWh) er brukt. Det er også gjort antakelser for å beregne hvor mye som kan lagres per kvadratmeter lagerlokale, basert på [9].

Resultatene i Tabell 2 viser at de totale klimagassutslippene knyttet til ombruksfasene (transport til klargjøring og lagring, klargjøring og lagring, transport til byggeplass) utgjør ca. 1,3 % av klimagassutslippene knyttet til et nytt vindu.



Figur 2. Resultater av klimagassutslipp for de seks analyserte scenarioene

Figur 2 gir en oversikt over klimagassutslippene for de analyserte scenarioene. Resultatene viser at S2, som er scenarioet der det brukes et nytt vindu uten aluminiumskledning, har høyeste klimagassutslipp. Det er fordi det er behov for ett skifte av vindu for en 60 års referanseperiode da denne typen vindu antas å ha 40 års levetid. S4, som er scenarioet der vinduet som ombrukes, har restlevetid på 20 år, har laveste klimagassutslipp – ca. 99 % lavere enn S2. S3 har ganske liknende resultater, men litt høyere enn S4 fordi vinduet i dette tilfellet har en lavere restlevetid og krever flere utskiftninger i løpet av studieperioden. Resultatene fra vår studie er i tråd med de fra [9].

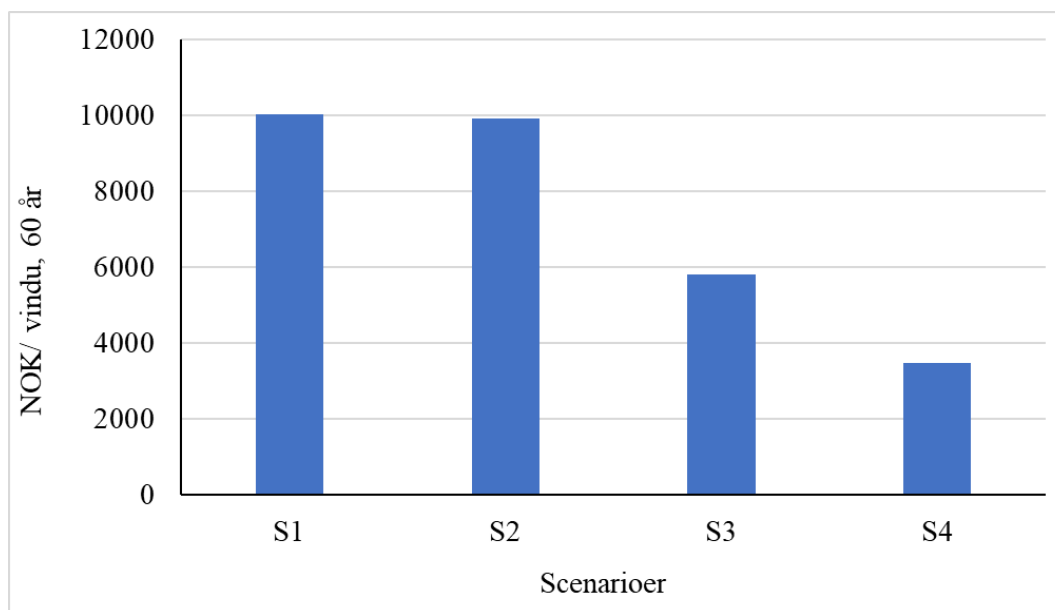
3.2 Livssyklus kostnadsanalyse (LCC)

I LCC-beregninger ble kun investerings- og vedlikeholdskostnader inkludert, både for det nye og det ombrukte vinduet. I investeringskostnader for det ombrukte vinduet ble demontering/remontering av vinduet tatt med. Prisen på brukt vindu som skal ombrukes, er ikke inkludert. Vedlikeholdskostnader inneholder kun utskifting av vinduer eller isolerrute, der dette er nødvendig. Alle framtidige kostnader ble diskontert til nåverdi ved å bruke en reell diskonteringsrente på 4 %, og Norsk Prisbok 01/2022 [14] ble brukt som hovedkilde for prisene. Merk at alle vurderte priser fra Norsk Prisbok inkluderer både materialer og arbeid, og er oppgitt uten merverdiavgift (MVA).

Tabell 3 viser resultatene for kostnadene for de ulike produktene og prosessene som ble tatt med i vår analyse.

Tabell 3. Kostnader for nye og ombrukte produkter

		Kostnad (NOK) eskl. MVA	Kilde
Nye produkter	Trevindu, U-verdi < 1,2 W/m ² /K, uten aluminiumskledning	4 169 per m ²	Norsk Prisbok 02/2021
	Trevindu, U-verdi < 1,2 W/m ² /K, med aluminiumskledning	5 123 per m ²	
	Trelags isolerrute	1 980 per m ²	
Ombrukte produkter	Demontering av vindu	334 per m ²	
	Remontering av vindu	1 477 per stk.	



Figur 3. Resultater av kostnadene for de seks analyserte scenarioene

Figur 3 gir en oversikt over kostnadene for de analyserte scenarioene. Resultatene for kostnadene viser at scenario S1 med nytt vindu med aluminiumskledning har de høyeste kostnadene i løpet av referanseperioden på 60 år, mens ombruksscenario S4 har de laveste kostnadene (ca. 70 % lavere enn S1).

3.3 Energiberegninger

Noen innledende energiberegninger ble også utført på to ideelle bygninger plassert i Oslo – en enebolig og et kontorbygg. Se Tabell 4. Målet med beregningene var å undersøke hvordan lekkasjetall for vindu kan påvirke bygningens energibruk og energisparepotensialet. For bygninger i kaldt klima har lufttettheten for bygningskroppen stor betydning for oppvarmingsbehovet [15].

Tabell 4. Hovedparametre for de analyserte typer bygninger

	Enebolig	Kontor
Bruttoareal (BRA), m ²	200,0	1 500,0
Høyde, m	9,0	16,0
Volum, m ³	600,0	6 000,0
Gulv/tak, m ²	66,7	375,0
Areal vinduer, m ²	50,0	375,0
Fasader, m ²	300,6	1 280,0
Antall vinduer, en ramme	26,0	195,3
Antall vinduer, to rammer	17,4	130,2
Omkrets ramme, en rammes vindu, m	85,9	644,5
Omkrets ramme, to rammers vindu, m	100,7	755,2

Det ble først beregnet lekkasjetall for de analyserte bygningene knyttet kun til vinduene, som vist i følgende formel:

$$Lekkasjetall_{bygg,vindu} = (lekkasjetall_{vindu} * \sum \text{lengde på vindusskjøter}) / \text{volum}$$

hvor:

- $Lekkasjetall_{bygg,vindu}$ er resulterende luftlekkasje for bygningen kun knyttet til vinduslekkasjer (h⁻¹)
- $lekkasjetall_{vindu}$ er gjennomsnittlig luftlekkasje for vinduene basert på de lufttetthetsklasser som er definert i NS-EN 12207:2016 [16] på 50 Pa (klasse 1: 7,87 m³/mh; klasse 2: 4,25 m³/mh; klasse 3: 1,42m³/mh; klasse 4: 0,47 m³/mh)
- $\sum \text{lengde på vindusskjøter}$ er summen av fugelengden for alle vinduer i bygningen (m)
- volum er bygningsvolum (m³)

Merk at målt luftlekkasje for et norsk vindu kan være enda lavere enn det som er angitt ovenfor for klasse 4. Risholt [15] har for eksempel beregnet gjennomsnittlig målt luftlekkasje for 30 norske trevinduer til 0,15 m³/hm.

Tabell 5 viser en oversikt over lekkasjetall knyttet til vinduer for begge typene analyserte bygninger i de fire ovennevnte klassene fra NS-EN 12207:2016.

Tabell 5. Luftlekkasje i bygninger knyttet til vinduslekkasjer

	Enebolig	Kontor
Lekkasjetall _{bygg, vinduslekkasje., klasse 1 (h⁻¹)}	2,45	1,84
Lekkasjetall _{bygg, vinduslekkasje., klasse 2 (h⁻¹)}	1,32	0,99
Lekkasjetall _{bygg, vinduslekkasje., klasse 3 (h⁻¹)}	0,44	0,33
Lekkasjetall _{bygg, vinduslekkasje., klasse 4 (h⁻¹)}	0,15	0,11

Luftlekkasjer gjennom vinduene er en del av hele bygningens luftlekkasje og kan føre til økning i bygningens energibehov. Lekkasjetall for hele bygningen er derfor beregnet ut fra luftlekkasjetall kun knyttet til vinduer, som angitt i Tabell 5. Det er antatt at lekkasjetall kun knyttet til vinduer utgjør en visst prosent av lekkasjetall for hele bygningen, det vil si: 25 % med vinduslufttetthetsklasse 4, 20 % med vinduslufttetthetsklasse 3, 15 % med vinduslufttetthetsklasse 2 og 10 % med vinduslufttetthetsklasse 1. De ovennevnte prosentene er i tråd

med verdiene angitt i [17], det vil si 6–22 % for vinduers luftlekkasjesandel i hele bygningens lekkasjetall. Se Tabell 6. Merk at det bare er med Lekkasjetall_{bygg, vinduslekkasje} på klasse 4 at bygningen vil oppfylle kravene til lekkasjetall i TEK17 (det vil si $< 1,5 \text{ h}^{-1}$).

Tabell 6. Lekkasjetall for hele eneboliger og kontorbygg

	Enebolig	Kontor
Lekkasjetall _{bygg, med vinduer klasse 1 (h⁻¹)}	9,80	7,35
Lekkasjetall _{bygg, med vinduer klasse 2 (h⁻¹)}	6,61	4,96
Lekkasjetall _{bygg, med vinduer klasse 3 (h⁻¹)}	2,94	2,20
Lekkasjetall _{bygg, med vinduer klasse 4 (h⁻¹)}	1,47	1,10

Energiberegningene ble utført med SIMIEN [18], og romoppvarming (kWh/m²) ble beregnet for eneboligen og kontoret ved bruk av bygningslekkasjetall for de fire ovennevnte vinduslufttetthetsklasser. Merk at for alle de simulerte tilfellene ble kun bygningslekkasjetallet endret i SIMIEN-modellen. U-verdiene til de enkelte bygningsdelene ble satt til minstekrav i TEK17, og samme normalisert kuldebroverdi, minste tillatte luftmengder og interne laster ble brukt, basert på NS 3031:2014 [19]. Resultater fra energiberegningene er vist i Tabell 7.

Tabell 7. Resultater fra energiberegninger

	Romoppvarming (kWh/m ²)
Enebolig, med vinduer klasse 1	121
Enebolig, med vinduer klasse 2	95
Enebolig, med vinduer klasse 3	67
Enebolig, med vinduer klasse 4	56
Kontor, med vinduer klasse 1	80
Kontor, med vinduer klasse 2	57
Kontor, med vinduer klasse 3	33
Kontor, med vinduer klasse 4	24

Resultater fra energiberegningene viser at vinduers lufttetthetsklasse kan påvirke energibruken til romoppvarming betydelig. Ved å sette inn vinduer med lufttetthetsklasse 3 istedenfor klasse 4 kan dette gi en økning i romoppvarming på ca. 20 % for eneboligen og 35 % for kontoret.

Merk at en annen vesentlig vindusegenskap er U-verdien, som er en del av TEKs minstekrav, og som må oppfylles ved ombruk av vinduer i et prosjekt. Men dette er en egenskap som kan dokumenteres ved beregning, mens vinduers luft- eller regntetthet ikke er direkte inkludert i TEKs minstekrav og kan være vanskelig å dokumentere uten (om)prøving.

Bruk av vindu med U-verdi på for eksempel 2,4 W/m²K, som er en verdi gitt i Byggforskserien og som er nevnt i TEK for 1980-tallets vinduer, kan føre til en betydelig økning i romoppvarming sammenliknet med bruk av U-verdi på 1,2 W/m²K (minstekrav i TEK). I vår studie kan en U-verdi for et vindu på 2,4 W/m²K føre til en økning i romoppvarming på ca. 60 % i eneboligen med vinduer i klasse 4 og på over 100 % i kontorbygget med vinduer i klasse 4.

Bruk av U-verdi for vindu på for eksempel 0,8 W/m²K, som er et krav i passivhusstandard, kan tvert imot føre til en reduksjon i romoppvarming sammenliknet med bruken av U-verdi på 1,2 W/m²K (minstekrav i TEK). I vår studie kan U-verdi for et vindu på 0,8 W/m²K føre til en reduksjon i romoppvarming på ca. 20 % i eneboligen med vinduer i klasse 4 og på ca. 30 % i kontorbygget med vinduer i klasse 4.

4. Begrensninger i beregningene

I denne studien er det en del begrensninger knyttet til antakelser som påvirker resultatene i beregningene. Dette bør vurderes i framtidige studier som tar utgangspunkt i arbeidet.

Bare et begrenset antall scenarioer er analysert i vår studie. Målet var å få en oversikt over noen relevante størrelser ved ombruk av vinduer sammenliknet med nye produkter. Parametre som inngår, er heftet med stor usikkerhet.

Når det gjelder LCA-analysene, er det flere parametervalg som kan føre til usikkerheter i beregninger og resultater. De viktigste faktorene som hadde stor innvirkning på resultatene for klimagassutslipp i vår studie, er levetid til nye vinduer og restlevetid til brukte vinduer som skal ombrukes, samt mulig behandling av produktene.

I LCC-analysene ble følgende ikke inkludert: prøving og eventuell dokumentasjon av ombrukte produkter samt eventuell kostnad for å kjøpe et gammelt vindu som skal ombrukes. Referanseperioden som ble valgt i vår studie, er også en faktor som påvirket både LCA- og LCC-beregninger.

Når det gjelder energiberegninger, er det stor usikkerhet knyttet til resultatene av prosentene som ble brukt for å beregne lekkasjetall for hele bygningen ut fra lekkasjetall kun knyttet til vinduer. I tillegg er U-verdi til gamle vinduer en usikker faktor som kan påvirke resultatene.

5. Oppsummering

I dette notatet har vi presentert et flytskjema som viser stegene man bør følge hvis man skal sende et brukt vindu til avfall eller ombruke det. Flytskjemaet er ment å være til støtte i en beslutningsprosess og kan forhåpentligvis bidra til en økning i ombruk av vinduer.

I tillegg har vi utført innledende LCA- og LCC-beregninger som innebærer en vurdering av klimagassutslippene og kostnadene basert på gjennomsnittsverdier og antakelser. Det er gjort beregninger knyttet til vinduer som skal ombrukes, og for nye produkter som sammenlikningsgrunnlag. Analysene viser at ombruk av vinduer har et potensial for å redusere både utslipp og kostnader. Merk at dette forutsetter at vinduene kommer miljømessig og økonomisk "gratis" inn i ombruksprosessen slik at miljøbelastningen av å produsere byggevaren første gang samt kostnaden til et brukt vindu ikke tas hensyn til. Når et brukt vindu ombrukes, bør man sjekke noen vesentlige egenskaper, for eksempel lufttetthet, fordi disse kan føre til en økning i en bygnings energibruk som vist i energiberegningene utført i dette notatet. Gjennomgangen og innsamlingen av bakgrunnsdata for beregningene viser at det er flere parametervalg som kan føre til usikkerheter i resultatene, og som det bør arbeides videre med.

6. Referanser

- [1] Statistics Norway, “Waste from building and construction,” 2021. [Online]. Available: <https://www.ssb.no/en/natur-og-miljo/statistikker/avbyggnl/aar/2021-02-25>
- [2] Norsk klimastiftelse, *EUs grønne giv. En introduksjon til EUs green deal – den grønne giv*, vol. Notat nr. 04. 2020.
- [3] J. Hart, K. Adams, J. Giesekam, D. D. Tingley, and F. Pomponi, “Barriers and drivers in a circular economy: the case of the built environment,” *Procedia CIRP*, vol. 80, pp. 619–624, 2019, doi: 10.1016/j.procir.2018.12.015.
- [4] Direktorat for Byggkvalitet, “Ombruk av byggevarer. Høringsnotat: Forslag om endring av forskrift om omsetning og dokumentasjon av produkter til byggverk (DOK),” Sep. 2021.
- [5] Direktoratet for Byggkvalitet, “Veiviser: Skal du selge gamle byggevarer?,” 2022. doi: <https://dibk.no/byggevarer/veileder-for-ombruk-av-byggevarer/>.
- [6] L. Kilvær, O. W. Sunde, M. S. Eid, O. Rydningen, and H. Fjeldheim, “Forsvarlig ombruk av byggevarer,” FoU-prosjekt, for Direktoratet for byggkvalitet (DiBK), 2019.
- [7] M. Kron, T. Plessner, B. Risholt, K. Stråby, and K. Thunshelle, *Ombruk av byggematerialer. Veileder for dokumentasjon av ytelse*. Oslo, Norway: SINTEF akademisk forlag, 2022.
- [8] Standard Norge, *NS-EN 15804: Bærekraftige byggverk — Miljødeklarasjoner — Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer og prosedyrer*. Lysaker, Norway: Standard Norge, 2019.
- [9] C. Skaar *et al.*, “Sirkulære byggevarer på Fornebu. ZEN-case om ombruk av byggevarer på Flytårnområdet, Fornebu,” ZEN MEMO 38, 2021.
- [10] Asplan Viak AS, “NEPD-2532-1275-NO Lian Systemvindu,” EPD Norge, 2020.
- [11] PRé Consultants, “SimaPro, version 9.3.” 2021.
- [12] G. Wernet, C. Bauer, B. Steubing, J. Reinhard, E. Moreno-Ruiz, and B. Weidema, “The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology,” *Int. J. Life Cycle Assess.*, vol. 21, no. 9, pp. 1218–1230, Sep. 2016, doi: 10.1007/s11367-016-1087-8.
- [13] M. A. J. Huijbregts *et al.*, “ReCiPe 2016 v1.1 A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level Report I: Characterization,” National Institute for Public Health and the Environment, Bilthoven, The Netherlands, 2017.
- [14] Norconsult Informasjonssystemer AS and Bygganalyse AS, *Norsk Prisbok*. 2022.
- [15] B. Risholt, “Fenestration solutions for zero emission renovation of dwellings,” in *Proceedings from Passive House Norden*, Helsinki, Finland, Oct. 2011.
- [16] Standard Norge, *NS-EN 12207: Vinduer og dører - Luftgjennomtrengelighet - Klassifisering*. Lysaker, Norway: Standard Norge, 2016.
- [17] ASHRAE, *Fundamentals Handbook, Chapter 23 “Infiltration and Ventilation.”* Atlanta, US: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers Inc., 1993.
- [18] ProgramByggerne AS, “SIMIEN 6.” 2020.
- [19] Standard Norge, “NS 3031:2014. Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data,” Lysaker, Norway, 2014.

OMBRUK AV VINDUER – MULIGHETER OG UTFORDRINGER

Nybygging, riving og renovering av bygninger utgjør 25 % av alt avfall i Norge. Kun 46 % av dette avfallet gjenvinnes. Ombruk av materialer i byggenæringen kan derfor gi store miljøgevinster.

Dette notatet viser resultatene fra en innledende studie av muligheter og utfordringer for ombruk av vinduer. Vi har utarbeidet et flytskjema som illustrerer det som per i dag bør gjøres med et brukt vindu dersom man vil sende det til avfall eller ombruke det. Videre har vi utført noen innledende beregninger med mål om å undersøke mulige gevinster ved å ombruke et brukt vindu framfor å benytte et nytt produkt.