



Klimatpåverkan -byggskedet

Del 1. Parameteranalyser - utformning

Del 2. Kompletterande underlag - nivåer



Mars 2024

Eje Sandberg
Aton Teknikkonsult

Förord

Detta är en underlagsrapport inom ramen för Vinnova-projektet; Morgondagens miljömärkning för byggnader (2022-01071) med Naturskyddsföreningen som projektansvarig.

Del A. Parameteranalyser, non 2023 (sid 1)

Syftet med denna delutredning är att studera vilka beskrivningsparametrar för en byggnad som har störst inverkan på byggnadens klimatpåverkan inom LCA-analysens A1 – A3. Det kan, t.ex. vara byggnadens utbredning, byggnadens uppvärmda area, antal våningsplan. Resultaten från denna del kan påverka utformningen av klimatkravet, t.ex. beroende på byggnadens area, antal våningsplan eller om krav på byggnadens grund ska ställas separat från byggnaden ovanpå.

Del B. Kompletterande underlag, feb 2024 (sid 21)

Denna del ger underlag för att ansätta kravnivåer. Här ingår även LCA för del A4 och A5. Analysen utgår från underlag till Boverkets gränsvärdesrapport och inkluderar även flera lokaltyper. Det är ett stort språng mellan träbaserade byggnader och betongbaserade. Som underlag för Bra Miljöval utgår kravnivåerna från träbaserade byggnader och med ansatsen om 20% lägre klimatpåverkan än de byggnader som ingår i Boverkets underlag. Detta då även val av isolering, skivmaterial mm också kan klimatoptimeras.

För innehållet och slutsatserna i dessa två underlagsrapporter ansvarar Eje Sandberg, Aton Teknikkonsult.

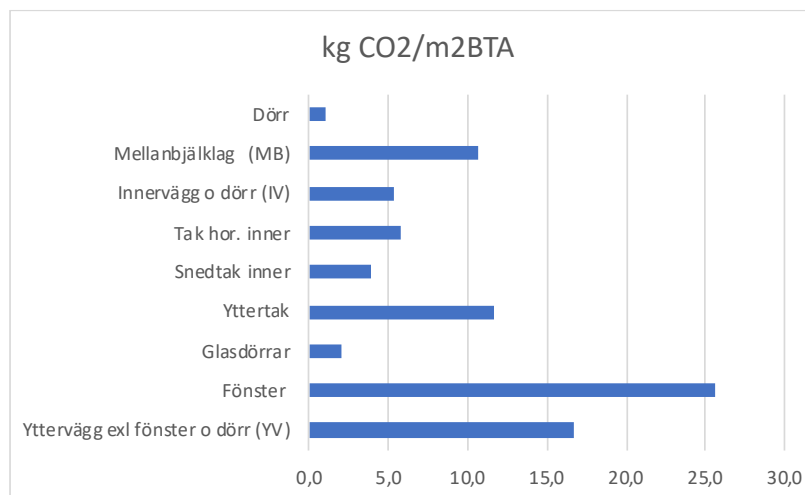
Parameteranalyser nov 2023

Innehållsförteckning

1.	Sammanfattande resultat	3
2.	Orientering.....	7
2.1	Syfte	7
2.2	Metod.....	7
2.3.	Parameteranalys för byggnadsdel.....	7
3.	Materialanalys för byggnaden exkl grund.....	8
4.	Systemdelar	10
4.1	Yttervägg exkl fönster och dörrar (YV).....	10
4.2	Fönster och ytterdörrar	11
4.3	Tak (T)	12
4.4	Innervägg inkl dörr (IV).....	13
4.5	Mellanbjälklag inkl. innertak (MB).....	13
4.5	Övrigt.....	13
5.	Systemdelars andel per BTA för olika byggnader	14
6.	Parameteranalys för trähusbyggnader.....	17
7.	Hur stor andel av GWP baseras på EPD-baserade material i alternativet GWP – EPD?	18
8.	Sutterängbyggnad.....	18
	Bilaga 1. Tabelldata för tre byggnader	19

1. Sammanfattande resultat

Med data för de olika systemdelarna erhöles för en 1,5 plans småhus med 260 mm isolering i ytterväggen en klimatpåverkan på 81 kg CO₂/m² BTA med en fördelning enligt figuren.



För tre olika småhus varav två enplanshus (SMH1_107 och SMH1_167) erhöles följande resultat (kg CO₂/m²BTA) för alternativen -data från Boverkets databas, - huvudsakligen EPD data och - klimatoptimerat materialval.

(260 mm)	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167	Medel	Reduktion
GWP Boverket	81	71	73	75	0%
GWP EPD	68	56	56	60	80%
GWP - Låg	57	45	44	49	65%
(300 mm)					
GWP - Låg	55	44	43	47	63%
GWP - Låg	54	43	41	46	61%

Klimatpåverkan (kg CO₂/m²BTA) för tre byggnader exklusive grundfundament. Data hämtas från Boverkets databas (GWP Boverket), EPD baserade marknadsprodukter (GWP EPD), samt data för ett klimatoptimerat utförande (GWP Låg). Två alternativa isoleringsnivåer har tillämpats, 260 mm respektive 300 mm och det sista i ett lösullutförande kombinerat med I-balkar.

Av tabellen framgår att en reduktion ner till 60 – 65% av Boverkets viktade referensvärden för material är möjligt att uppnå och resultatet hamnar då på nivån 45 – 50 kg CO₂/m²BTA.

Observera att 1,5 planshuset (SMH1,5) genomgående får högre klimatpåverkan än enplanshusen. Men det gäller bara relativt BTA. En fördelning relaterat till A_{temp} ger det motsatta resultatet;

	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
Kg CO ₂ /BTA	77	71	73
Kg CO ₂ /A _{temp}	69	82	85

För de tre byggnaderna varierar BTA/A_{temp} med mellan 0,9 till 1,17. BOA och A_{temp} kan på olika sätt återspegla nyttig area. BTA är en tveksam hybrid, där hänsyn inte tas till att arean för materialet i väggarna inte är en användbar area och som ändå inkluderas. BTA tar däremot hänsyn till area med begränsad takhöjd på plan 2, men då inkluderas inte väggens materialarea på den våningen, se mer utförligt i avsnitt 4.

Parameteranalys

För att analysera hur klimatpåverkan per BTA påverkas av byggnadens utbredning och antal våningsplan har en enkel parameteranalys med en konstant byggnadsbredd. I småhusen varierar antal våningsplan från ett till tre. För flerbostadshusen (F1 – F4) varierar antal våningsplan från ett till fyra plan, här tillkommer också extra skivor och isolering för att klara ljud- och brandklassning mellan våningsplan och mellan brandceller.

Resultatet visar att vi får förvånansvärt likvärdiga resultat oavsett antal våningsplan och byggnadens formfaktor, när analysen avgränsas till byggnadens klimatpåverkan.

(kg CO ₂ /BTA)	Smh 1-80	Smh 2-160	Smh 3-240	F1	F2	F3	F4
Byggnad	41	38	37	39	50	54	56

För småhusen minskar klimatpåverkan per BTA när taket slås ut på fler våningsplan, men samtidigt tillkommer klimatpåverkan från mellanbjälklaget och gör att det summerade värdet ändå hamnar på en motsvarande nivå. För flerbostadshusen kompenseras den minskade ytterväggsarean av de tillkommande bostadsskiljande väggarna, men ljud- och brandklassningskraven ger ökad klimatpåverkan när antal mellanbjälklag tillkommer.

Klimatpåverkan för grund ligger egentligen utanför denna delanalys och då påverkas resultatet tydligt av antal våningsplan i byggnaden.

(kg CO ₂ /BTA)	Smh 1-80	Smh 2-160	Smh 3-240	F1	F2	F3	F4
Byggnad	41	38	37	39	50	54	56
Grund	54	27	18	52	26	17	13

Resultaten illustrerar vikten av att krav på grundkonstruktion inte formuleras som ett värde utslaget på BTA. Därför föreslås istället att kravet på grundkonstruktionens klimatpåverkan anges separat från kravet på byggnaden och specificeras per kvadratmeter grundkonstruktion. Därmed påverkas inte resultatet av antal våningsplan. Mer detaljerade analysförutsättningar ges i avsnitt 5.

Ska vi ta höjd för att ett tvåplans småhus byggs i sluttning så att halva väggarean på plan ett består av en isolerad stenvägg så behöver vi lägga på ca 11 kg CO₂/m² BTA.

Observera att denna metoanalys syftar till att studera hur LCA påverkas av centrala parametrar som form och antal våningsplan, inte att ange lämplig kravnivå. T.ex. ingår inte A4-A5 i denna analys. Förslag på kravnivå bör även beakta andra mer omfattande studier som t.ex. ligger till grund för Boverkets referensvärden.

Analys av lämplig nivå för grundkonstruktion redovisas i separat utredning.

Bostadsseparerande mellanbjälklag (MB) i flerbostadshus belastar klimatpåverkan då dessa kräver tjockare bjälklag. Utveckling av MB med låg GWP och som minimerar bygghöjd utan att försämra brand och akustik borde vara ett väsentligt utvecklingsområde.

För tak med solceller som yttäckningsmaterial föreslås att solcellerna inte belastar byggnadens klimatpåverkan. Därmed minskar GWP för byggnadens takkonstruktion.

Skivmaterial är delvis utbytbara, men brand och bärförmåga måste också beaktas. Det finns dock gipsskivor med väsentligt lägre klimatpåverkan (GWP) än standardprodukterna.

Isolering är också ett material med väsentliga skillnader i GWP, men även här finns andra aspekter som arbetsmiljö (glasfiber) och ljudabsorbktion. Träfiberbaserad isolering håller lägre GWP liksom

inslagen av materialåtervinning. Lägst nivå håller lösullsisolering, men kräver olika densitet för olika tillämpningar och därmed också skillnader i klimatpåverkan.

För fönster som produkt tillämpas en förenklad EPD metodik baserad på fönstrens vikt i relation till en EPD för storleken på ett standardfönster (1040 x 1480). Detta alltså utan hänsyn till glaspartiets andel av fönstrens totala area eller vikt. För Boverkets glasdörrar är skillnaden mellan en helglasad och en halvglasad dörr marginell. Medan både en separat treglas isolerruta och en ren glasfri dörr båda ligger på nästan halva värdet av en glasdörr. Detta är anmärkningsvärt och saknar logik. Möjligen antyder det att en del av Boverkets data kan vara ganska missvisande. Av Boverkets data för fönster kan vi avläsa att:

- Ett fast träfönster ligger på nivån 60% jämfört med ett vridbart fönster.
- Ett sidohängt träfönster ligger på nivån 93% jämfört med ett vridbart fönster
- Ett fast trä/alu fönster (aluminiumbelagd) ligger på nivån 90% av ett alu-belagt vridfönster.
- Ett EPD-redovisat fönster från tillverkare ligger ca 20% lägre än Boverkets genomsnittstal.

Takpannor av tegel ligger på samma nivå som betongpannor, medan plåttak ger påtagligt högre klimatpåverkan (ca 3 gånger högre).

2. Orientering

2.1 Syfte

Vi har som arbetshypotes att kraven bör sättas uppdelat på byggnadens grund frikopplat från byggnaden ovan grund. Vi tror att andelen små hus som byggs med källarplan är så pass liten att vi bortser från denna grupp så länge. Det betyder att man sannolikt inte kan klassa en sådan byggnad som bra miljöval, alternativt att man kan klassa byggnaden, men inte kombinationen byggnad med grund.

Vi kan senare analysera om eventuella tillägg för en grund med källarplan kan definieras. Kommer sannolikt behövas om större byggnader med både ett och flera källarplan, t.ex. i innerstadsmiljö ska kunna klassas.

Analyserna har två syften, dels att bestämma absoluta kravnivåer och dels för att se vilka parametrar som har stor påverkan och om möjligt utforma en kravspecifikation som tar rimlig hänsyn till dessa.

2.2 Metod

För att bestämma den absoluta nivån vill vi analysera minst två byggnader med lite olika förutsättningar, men som alla klarar energikravet motsvarande FEBY Silver.

a. Referens

Motsvarar typiska lösningar och materialval, samt med medelvärde för materialens klimatpåverkan genom att använda Boverkets data, men utan konservativt påslag. Referensbyggnaden motsvarar en lätt småhusbyggnad.

Analysen delas på delarna byggnad utan grundkonstruktion, samt grundkonstruktion.

b. EPD-referens

Motsvarar samma lösningar och materialval som referens, men baserat på EPDer som uppgår till minst x% av byggnadens klimatpåverkan. Eftersom detta motsvarar våra krav på andelen EPD, så blir denna nivå en intern referens för byggnader som väljer traditionella materialval. I analysen visar vi också hur detta krav kommer fördela sig på byggnadsdel respektive grund

För EPD referens analyseras också en byggnad baserad på mineraliskt material (lättbetong eller liknande).

Samt för en byggnad där en tredjedel av bottenvåningens vägg ersatts med en mineralisk vägg för att efterlikna en byggnad placerad på sluttande mark (sutteräng), där markväggen till 2/3 ligger under mark och gavlarna till 1/3 vardera.

c. EPD-förbättrad

För de mest klimatpåverkande delarna kommer vi leta efter ersättningsmaterial med låg klimatpåverkan, som kan betraktas som rimliga ersättningar på kostnadsmässigt och underhållsmässigt även om de aldrig blir identiskt jämförbara.

Arbetshypotesen är det byggnadsdelen främst kommer handla om isolermaterial, takmaterial och skivor (gips, OSB, m.fl) eftersom ytskikt av typen klinkers och kakel inte ingår i Boverkets systemgräns och inte heller ventilationskanaler och eldragningar.

2.3. Parameteranalys för byggnadsdel

Denna analys syftar inte till att hitta referensvärden utan snarare sambanden mellan en given nivå och hur den påverkas av olika parametrar så som;

BTA, formfaktor, antal våningsplan, antal rum per BTA att bygga husmodeller som motsvarar dessa olika parametrar kan bli krävande. Istället väljer vi en modell där vi med data för EPF förbättrad bryter ned dessa data på de övergripande systemdelarna och med sorten m2systemdel/m2BTA:

- Yttervägg exkl fönster och dörrar (YV)
- Fönster och dörrar (FoD)
- Tak (T)
- Innervägg inkl dörr (IV)
- Mellanbjälklag inkl. innertak (MB)

För varje byggnad behöver vi då bara beräkna de olika systemdelarnas area per BTA baserat på ritningsunderlag och lägga dessa i en matris där vi sedan kan laborera med olika materialval, vilket också förenklar rapportredovisningen.

2. Materialanalys för byggnaden exkl grund

De mest klimatpåverkande produkterna exkl grund, är;

Fönster o fönsterdörrar (25%)

Isolering

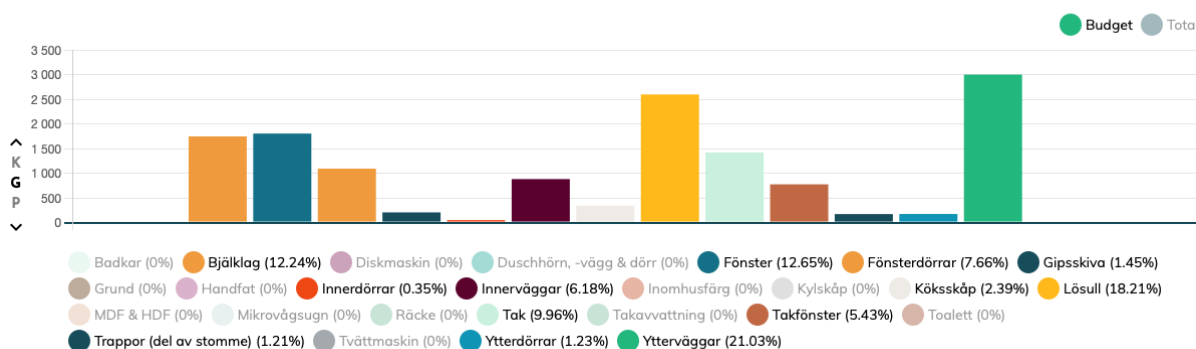
Taktäckning

Skivmaterial

Analys av klimatpåverkan för olika grundsystem sker i separat utredning.

För ett tvåplans småhus ligger referensvärdet med Boverksdata på nivån 81 kg CO₂/BTA, se figur 1.

Klimatpåverkan A1-A3



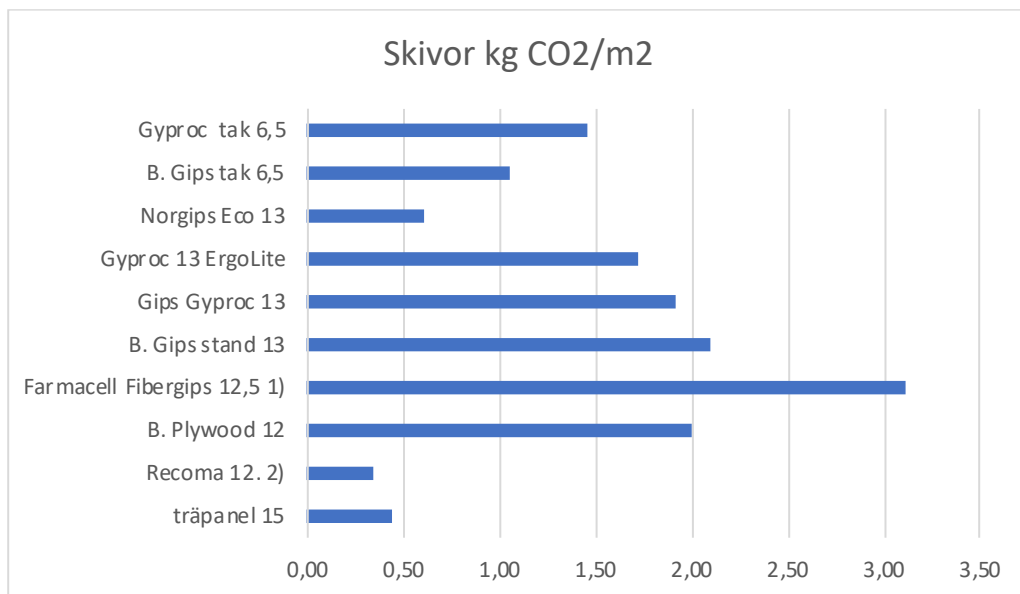
Figur 1. Klimatdata (GWP) för ett 1,5 plans småhus utan grund.

Men alla material som ingår i dessa byggnadsdelar är inte påverkbara i samma utsträckning.

Vi har därför valt att för de byggnadsdelar vi ska arbeta med byta ut produkterna för isolering och skivor i yttervägg, innervägg, innertak, då de ger olika värden och är påverkbara. De delar i dessa byggnader som baseras på trämaterial med relativt låg miljöpåverkan ligger i materialdelen övrigt i våra analyser.

Skivmaterial

För skivor som material är dessa delvis anpassade för olika uppgifter som t.ex gipsskivor som kan användas för att reducera ljud, skapa underlag för målning och tapetsering, de kan vara fuktbeständiga eller försedda med fibrer för att också skapa styrka. I vissa fall är dock klimatpåverkan på samma nivå. Typiska skivmaterial visas i figur 2, men inte alla dessa är utbytbara mot varandra;



Figur 2. Klimatdata (GWP) för skivmaterial per m2 skiva.

Med utgångspunkt för en standardskiva gips ger Boverket (B. Gips standard 13) ett referensvärde (snittvärde) på 2,1 kg CO₂/ m² produkt. För takmontering kan en lättare skiva på 6,5 mm vara ett alternativ och då halveras påverkan. Men en skiva baserad på EPD, t.ex. Gyproc 13, ger ca tio procent lägre värde. Gyprocs Ergo Lite hamnar något lägre 1,7 kg CO₂/ m², men här finns också leverantörer med radikalt lägre värden så som Norgips Eco på 0,6 kg CO₂/ m².

Den fiberförstärkta Farmacell-skivan hamnar visserligen högre, 3,1 kg CO₂/ m² skiva men kan ersätta 2 gipsskivor där styrka i väggen är en väsentlig egenskap och sparar därtill in ett arbetsmoment. Ljud och brandkrav är dock den mest påverkande faktorn, speciellt för mellanbjälklag mellan skilda bostäder.

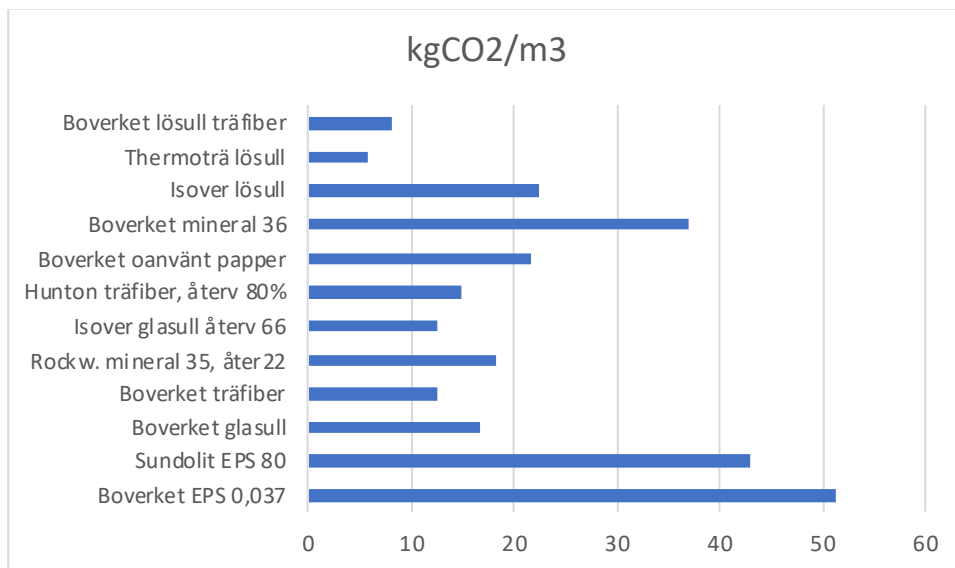
Vill man däremot ersätta en gipsskiva med en plywood på 12 mm där inga ljudkrav så kräver, så blir klimatpåverkan ändå snarare högre än för en standard gipsskiva. Medan man för insidan på ett snedtak kanske kan välja en 15 mm träpanel istället för gips och då sänka klimatpåverkan.

Lägst värde får Recoma-skivan som framställs av utsorterade dryckesförpackningar. Den kompletteras med en gipsskiva där brandskyddsaspekten tillkommer. Emissionsaspekter (lukt) är oklart.

Isolering

Även isoleringsmaterialen har olika egenskaper, t.ex. vad gäller fuktvandring, bullerskydd, brandskydd och vad avser termisk isolering. Eftersom mängden isolering kan påverkas av applikationen ges i figur 3 klimatpåverkan per kubikmeter isolering. I figuren kan vi se att lösullsisoleringen ligger lågt i klimatpåverkan och då främst de biobaserade isoleringsmaterialen. Isolering baserad på glasull (Isover) ger en klimatpåverkan (12 – 24 kg CO₂/m³) beroende på hur hårt packad isoleringen läggs vilket också påverkar de termiska egenskaperna (0,042 – 0,035 W/m,°C), men inte i samma utsträckning. Lösull ska packas hårdare i vägg än på vind.

För isolerskivor ligger mineralull högst i påverkan. Glasull ligger på halva nivån (Boverkets värden) men för vissa marknadsprodukter ligger motsvarande material väsentligt lägre och då hamnar glasull på ungefär samma nivå som träfiber. Glasull produceras med en hög andel återvunnet material (glaskross) där klimatpåverkan redan bokförts på de ursprungliga glasflaskorna.



Figur 3. Klimatdata (GWP) för isolermaterial per m3 material.

Takmaterial

De yttertaksmaterial som sticker ut är pannor (4,9 – 6,6 kg CO₂/ m²) och inte minst takplåt (19 kg CO₂/ m²). Papptak av olika slag ligger väsentligt lägre (1,2-1,4 kg CO₂/ m²) trots att de utgörs av fossilbaserade produkter.

3. Systemdelar

4.1 Yttervägg exkl fönster och dörrar (YV)

Inledningsvis analyserar vi enbart lätta ytterväggar och med två isolernivåer. Därefter avser vi se hur ett inslag av stenvägg, t.ex. i ett sutteränghus påverkar. För lätta ytterväggar byggs väggen med reglar i tre isolerskikt, alternativt med en lättregelbalk typ I-balk. I en sådan kan lösull vara en möjlighet för det bärande regelverket. Isoleringen med en I-balk kommer fylla ut bredare än med en 45 mm regel och därmed ge en mindre klimatpåverkan än med konventionella reglar av massivträ. Vidare kan U-värdet därmed förbättras med ca 7 procent om lösullsisolering på lambda 0,038 ersätter skivisolering med lambda 0,035. Alternativt att isolertjockleken minskas. I det senare fallet skulle det kunna minska plattans storlek med ca 1 %. Skillnaderna i GWP belastning relativt konventionellt regelsystem är för vår lite grövre analys inte tillräcklig för att motivera en detaljstudie, men kan hållas i minne.

Den lätta ytterväggen byggs upp med tre regeldelar, tre isolerskikt, ett skikt 22 mm ytterpanel, 28 mm glespanel, gipsskiva i ytterdelen, spärrskikt i innerdelen, en OSB skiva + 13 mm gipsskiva.

Här finns självklart varianter på detta också vad gäller materialval för spärrskikt, vindskivor och innerskivor, men detta är vår utgångspunkt. Vi delar in väggen i tre delar:

1. Isolering: 260 mm (Uv 0,161) alternativt 300 mm (Uv 0,13) beroende på vilket U-värde för ytterväggen som krävs.
2. Skivmaterial; gips, OSB
3. Övrigt; träläkt, träregelverk, ytterpanel och spärrskikt.

För yttervägg med 300 mm väljer vi istället en I-balk och lösull (300 mm) enligt följande; två regeldelar, ett 300 mm isolerskikt, 22 mm ytterpanel, 28 mm glespanel, vindduk, spärrskikt i innerdelen, en OSB skiva och en 13 mm gipsskiva.

Referensvärde (Boverkets referensvärden) för en sådan yttervägg (YV1.1) hamnar på nivån 17,9 kgCO₂/m² yttervägg, varav övrigt exkl isolering utgör; 8,3 kg (3D-filen ger 0,7 kg högre för regelverket).

Vi skapar också en **EPD-baserad vägg**, men för regelverk är EPD värdena nästan samma som för Boverkets. Vi byter till Gyproc gipsskivor, OSB skiva (Egger 12), plastfilm (Tecca robust 0,2) och får övrigt exl isolering: 6,7 kg/ m² YV.

För isoleringen har följande nomenklatur införts

YV0 Ej klimatoptimerat
 YV1 Klimatoptimerat
 YV0.1. Isoleringsdjup (260 300)
 YV0.1.1 materialtyp
 YV0.1.1.1 Leverantör av data
 X.1. = 260 mm,
 X.2. = 300 mm vägg med I-balksystem
 X.X.1 = mineralullsskivor
 X.X.2 = glasullsskivor
 X.X.3 = träfiberskivor
 X.X.4 = lösull
 X.X.X.1 Boverkets databas
 X.X.X.2 Rockwool
 X.X.X.3 Isover
 X.X.X.4 Hunton/Thermoträ (ungefär samma nivå)
 X.X.X.2 Rockwool

EPD Vägg (0,16)

Om vi för isolering också övergår till EPD erhålls;

YV0.1.1.2; 13 kg/m² YV (mineralull)
 YV0.1.2.3; 11,5 kg/m² YV (glasull)
 YV0.1.3.4; 12,1 kg/m² YV (träfiberskivor)

Klimatminskad GWP Låg

Vi byter till klimatminskade värden för gipsskiva (Norgips Eco) och byter vindskiva till vindduk, utom där brandskyddskraven hindrar. Med detta får vi exl isolering: 3,7 kg CO₂/ m² YV.

Och inkl isolering

YV1.1.1.2; 8,6 kg/ m² YV (mineralull)
 YV1.1.2.3; 7,0 kg/ m² YV (glasull)
 YV1.1.3.4; 7,6 kg/ m² YV (träfiber isolerskivor)

Bättre isolering U-värderingsmässigt (0,13)

Yttervägg med 300 mm, I-balk och lösull (300 mm) enligt följande;
 22 mm ytterpanel, 28 mm glespanel, gips 9 eller vindpapp (GWP låg), I-balk, spärnskikt i innerdelen, 45 regel utan isolering, OSB skiva och en 13 mm gipsskiva.
 Detta ger med EPD-baserade material exkl isolering: 7,1 alternativt GWP låg; 4,2 kg/ m² YV
 I GWP låg väljs en vindpapp istället för gips och eco-gipsskiva.

EPD Vägg (0,13)

Den EPD-baserade referensväggen förses med lös glasull (YV1.2.4.3) och med lösull från Thermoträ (YV1.2.5.5) för alternativet GWP låg.
 YV1.2.4.3; 14,9 kg/ m² YV
 YV1.2.5.5; 5,9 kg/ m² YV

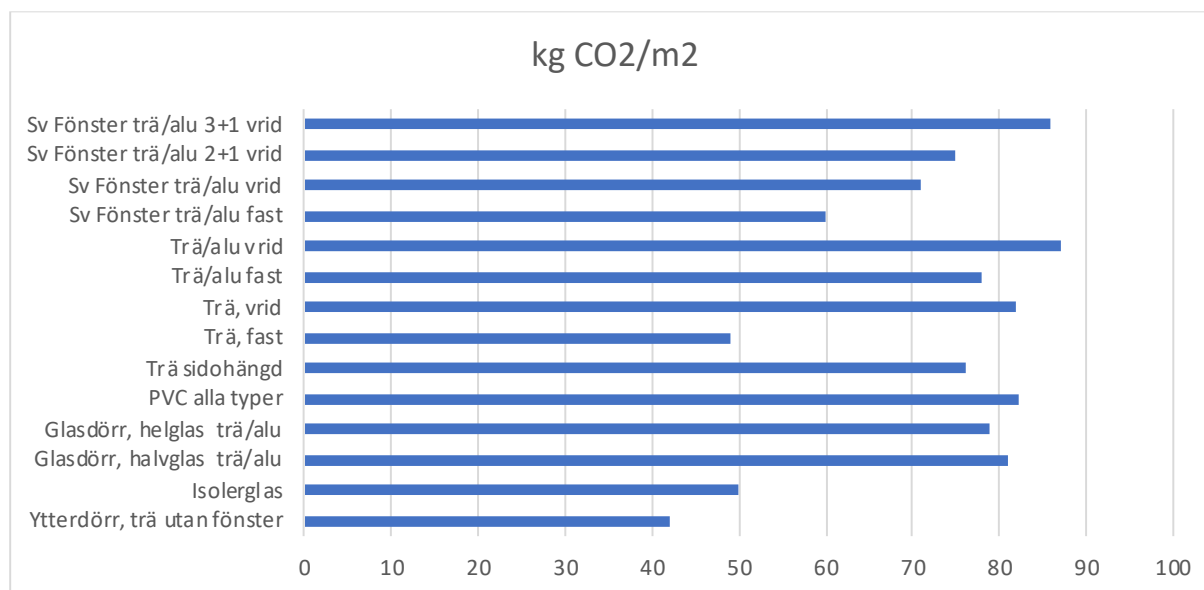
Detta kan sammanfattas med tabell 1 med värden i kg CO₂/ m² yttervägg.

260 mm isolering skivor	Summa vägg	exkl isolering	
YV0.1.1.1	17,9	8,3	Referens med Boverkets data
YV0.1.1.2	11,5	6,7	EPD-baserat mineralull
YV0.1.2.3	9,9	6,7	- glasull
YV0.1.3.4	10,5	6,7	- träfiberisol
GWP låg			
YV1.1.1.2	8,6	3,7	EPD-baserat mineralull
YV1.1.2.3	4	3,7	- glasull
YV1.1.3.4	7,6	3,7	- träfiberisol
300 mm isolering lösull			
YV0.2.4.3	14,9	7,1	EPD-baserat glasull
Klimatminskad			
YV1.2.5.5	5,9	4,2	- träfiberisol

Tabell 1.

4.2 Fönster och ytterdörrar

Denna systemdel redovisas redan produktbaserat, dvs EPD baserad på glas och karm paketerat i en del och redovisas enligt standard som kg CO₂/kg fönster för en standardstorlek. GWP-värdet inkluderar då också stålmaterial i öppningsmekanismer och beslag. Det är synd eftersom ett mycket stort fönster har en vikt nästan helt baserad på glasarean, medan ett litet fönster har en karmarea av trä som nästan uppgår till halva arean. Är klimatpåverkan för en karm på samma nivå som för glasdelen är detta rimligt, men kan verkligen diskuteras. Det blir därmed en ganska trubbig schablon som inte kommer vägleda utvecklingen mot förbättrade produkter. Exempel på GWP (kg CO₂/ m² fönster) för olika fönsterprodukter ges i figur där alla utgörs av 3-glaspaket utom där annat anges.



Figur 3. GWP för fönster och fönsterdörrar. Samtliga värden från Boverkets databas (viktade) utom de för Svenska Fönster.

Av den kan vi avläsa att:

- Ett fast träfönster ligger på nivån 60% jämfört med ett vridbart fönster.
- Ett sidohängt träfönster ligger på nivån 93% jämfört med ett vridbart fönster
- Ett fast trä/alu fönster (aluminiumbelagd) ligger på nivån 90% av ett motsvarande vridfönster.
- Ett EPD-redovisat fönster från en tillverkare ligger ca 20% lägre än Boverkets genomsnittstal, vilket motsvarar ca 17 kg CO₂/ m².

- Ett 2+1 - fönster som väljs för att man vill ha en mellanliggande persienn eller bättre akustisk dämpning ökar GWP med några kg och om man lägger på ett extra fönsterglas (3 + 1) ökar GWP med drygt 10 kg/ m².

Skillnaden mellan två lika fönster som bara skiljer sig vad gäller fast – vridbart i absoluta värden skiljer sig med 33 kg CO₂/ m² för fönstret med ren träkarm, medan motsvarande för ett fönster med trä/aul – karm bara är 9 kg CO₂/ m². Påslaget för GWP för att få ett öppningsbart fönster borde vara identiskt oavsett karmen har ett aluminiumskydd. Dessa data avser Boverkets genomsnittsfönster men baseras ju på EPD från marknaden. Jämförelsen visar att fönstrens standard för redovisning av EPD har en del kvar att utveckla eller att Boverkets data för medelvärdesbildning ger en del konstiga värden.

Mer relevant är kanske att se på skillnaden för fönster från samma fönstertillverkare. Då skiljer sig det fasta fönstret med 11 kg CO₂/ m² jämfört med ett vridbart fönster.

För Boverkets data för glasdörrar är skillnaden mellan en helglasad och en halvglasad dörr marginell. Medan både en ren treglas isolerruta och en ren glasfri dörr båda ligger på nästan halva värdet av en glasdörr, vilket är anmärkningsvärt och saknar logik. Möjligen antyder detta att en del av Boverkets data kan vara ganska missvisande.

I vår analys väljer vi ett vridbart trä/alu – fönster med 3 glasruta, samt halvglas glasdörr.

4.3 Tak (T)

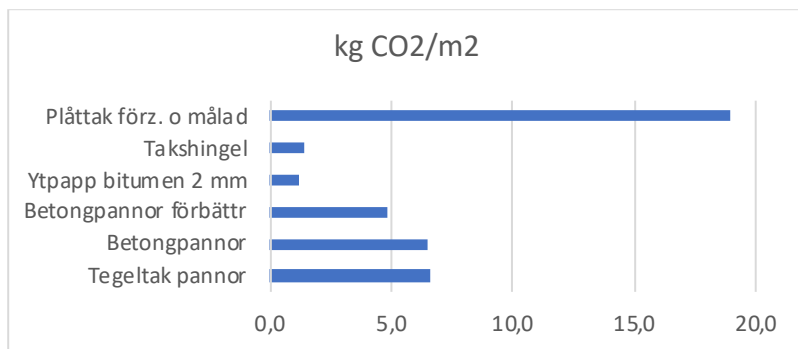
Både takets ytskikt och val av isolering har betydelse för GWP. Vi delar därför in taket på utanpåliggande tak inkl takstolar och innertak där vi kontoför isoleringen och de inre taksikket. Utanpåliggande takarea blir då större än innertaksarean som definieras utifrån isoleringens utbredning.

Takisoleringen har olika förutsättningar för isolering kopplat till snedtak (från insidan sett) och horisontellt tak med mellanliggande vind. För tak väljer vi 300 mm isolering för snedtak och 500 mm för vindsisolering.

Materialmässigt gör vi analysen för yttertaksval, skivmaterial och val av isolertyp som vi ser som påverkbara utifrån ett GWP perspektiv. Övrigt material så som; takstolar, underlagspapp, spik, råspont, läkt, spikläkt, bult, takplåt vid takfot, mm ges ett fast värde på 5,3 kg/m² yttertak.

Exempel på klimatpåverkan för olika val av ytskiktsmaterial ges i figur 4. Oavsett val tillkommer underlagspapp och ofta träreglar. Takpannor av tegel ligger på samma nivå som betongpannor, varför vi begränsar analysen till betongpannor och ytpapp. För plåttak har vi en stor variation beroende på plåttjocklek. Om den ska vara bärande eller en ytbeläggning kan påverka GWP från 8,1 – 30,7 kg CO₂/ m² för t.ex färgad varmförzinkad plåt från Planja. I vår analys utgår vi från standard betongpannor med GWP 6,5 kg (Boverket). Val av plåt eller takpapp får betydande avvikelser. Eftersom de dessutom har olika livslängd skulle vi också behöva beakta utbytesperioderna, men ingår inte i vår lite grövre analys.

Som test, så väger Benders takpannor 36 kg/m² och innehåller 25% cement. Med en uppdaterad EPD från Cementa där även flygaska blandats in erhålls en GWP på 5,8 kg/m² Panntak.



Figur 4. GWP för yttertaksbeläggning i Boverkets databas (viktad)

Även isolering för tak skiljer sig från isolering i väggarna. Vi har i analysen genomgående valt lösullsisolering för vind oavsett om det är en horisontell isolering eller en insprutning i snedtak. Boverkets värde ligger här ganska högt för mineralull (36 kg CO₂/m³) jämfört med Rockwools värde som ligger extremt lågt och istället har vi för alternativ EPD valt ett värde för Isover glasull med ett medelvärde för hur isoleringen ska packas eftersom det också påverkas U-värdet). För alternativet lågt GWP väljs Termoträ (högre värde för snedtaksalternativet). Snedtak ges 300 mm isolering och horisontell isolering 500 mm.

4.4 Innervägg inkl dörr (IV)

En standardinnervägg med 70 mm cellulosisolering, 70 mm reglar och två standard gipsskivor ger GWP; 5,2 kg. Byte till gipsskivor med Norgips Eco, ger 2,2 kg/m².

Innerväggar mellan olika bostäder har både ljud och brandcells krav och kan då kräva 4 lager gips, varav 2 är brandanpassade om R60 krav gäller (källa Gyproc). En sådan lägenhetsskiljande vägg ger 2 – 3 ggr högre GWP än innevägg inom bostaden.

4.5 Mellanbjälklag inkl. innertak (MB)

Uppgifterna avser ett mellanbjälklag inom en bostad. För byggnader med högre krav på isolering mellan olika lägenheter krävs ytterligare åtgärder för ljudisoleringen.

Detta mellanbjälklag består av: 22 mm spånskiva, limträ 220 mm, isolering 95 mm 28 mm läkt, 13 mm gipsskiva.

Med Boverkets referensvärden blir GWP 11,2 kg /m² MB och ungefär samma nivå med EPD-material

För klimatreducerade åtgärder har gips standardskivan bytts till klimatoptimerad gipsskiva och ger GWP 9 kg.

För lägenhetsskiljande mellanbjälklag med fyra gipsskivor varav en brandgipsskiva, hamnar klimatpåverkan på den dubbla nivån relativt standard bjälklaget.

Vi kan antagligen förvänta oss en produktutveckling av nya materialkonstruktioner för mellanbjälklag. T.ex har hybridkonstruktioner för KL-trä kombinerat med tunn betong testats¹.

4.5 Övrigt

Det inre golvsiktets GWP ingår inte, inte heller ytskikt i form av kakel och klinker i badrum, el och VVS.

¹ Hybridkonstruktioner i detaljplanelagt område. J.Östberg, LTH 2020

4. Systemdelars andel per BTA för olika byggnader

Vi har analyserat tre byggnader från en husleverantör och med lite olika förutsättningar. **SMH1_107**, ett mindre enplanshus, **SMH1,5_164** som är ett större 1,5 planshus och **SMH1_167** som är en mer energioptimerad enplansbyggnad vad gäller systemutformning och isolerval, dock inte vad gäller byggnadens formfaktor och andel fönster relativt uppvärmd area.

	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
BTA	164	107	167
A_{temp}	183	93	143
Formfaktor	2,0	3,0	2,9
Fönsterarea/ A_{temp}	27%	24%	26%

Tabell 3. Nyckeltal för tre referenshus

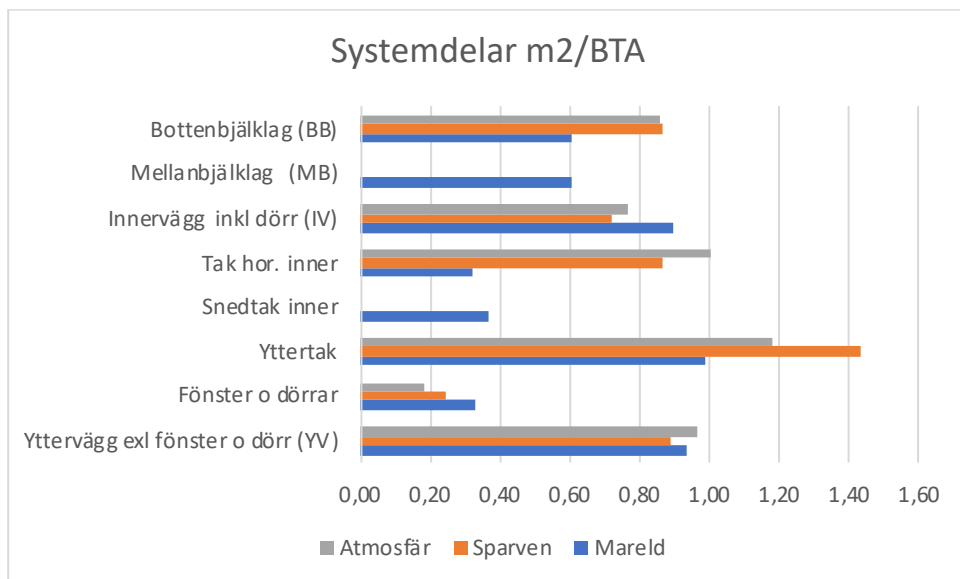
BTA är arean byggnadskonstruktionens utsida för golv och med reducerad area för låg takhöjd. BTA för ett enplans småhus blir alltså större än för den uppvärmda arean A_{temp} som utgör byggnadens insides areor. För 1,5 planshus (se figur 5), får även här plan 1 ett högre värde för BTA, men för övervåningen avgörs BTA av arean som ligger inom takhöjden 1,9 meter + 0,6 m ut mot långväggen, vilket ger en reducerad BTA-area jämfört med A_{temp} som sträcker sig ända ut till ytterväggens insida oavsett takhöjd vid anslutningen.



Figur 5. 3D modell för byggnad med 1,5 plans lösning.

För de tre byggnaderna varierar BTA/A_{temp} med mellan 0,9 till 1,17. BOA och A_{temp} kan på olika sätt återspegla nyttig area. BTA är en tveksam hybrid, där hänsyn inte tas till att arean för materialet i väggarna inte är en användbar area, men att hänsyn tas till area med begränsad takhöjd på plan 2 och som då inte kommer inkludera väggens materialdel.

Hur de olika systemdelarna fördelar sig uttryckt som m^2/BTA ges i figur 6. Bara Mareld har mellanbjälklag och sticker också ut vad gäller takkonstruktionen med insidans snedtak. Sparven sticker ut med ett större yttertak, beroende på att ett entrétak utanför husets skal också har del i takkonstruktionen. Den delen har dock ingen isolering eftersom isoleringen kontoförs på innetaken. Fönsterdelarna skiljer sig ganska mycket åt men kommer märkas först när vi beräknar GWP.



Figur 6. Area för olika systemdelar i byggnaden relativt BTA.

Ytterväggsarean mängdas i Prodikt som den utanpåliggande fasadarean. Det innebär att för byggnader med kalla gavlar så kommer både area för ytterväggens isolering och innanpåliggande skivor att ge för hög GWP. Troligen kan en sådan avvikelse normalt hanteras genom korrigering när jämförelser görs mot leveranslistorna. I vårt fall hanterar vi det i resultatdiskussionen.

Areor för de tre byggnaderna baseras på importerade 3D ritningar och har hämtats från Prodikt, men korrigerats för några tydliga fel, så som att BTA för enplanshusen anges lika med A_{temp} , takarea för 1,5-planshuset var bara 44% relativt ritningar och att takisolering saknades för en av byggnaderna. Detta indikerar att någon form av kontrollinsats krävs vid import av IFC-modell från husleverantör. Möjligen enbart när IFC fil importeras första gången. Vid import av IFC för ett av husen kom även kakel med i innerväggsdata, men rimligt att användaren själv kan rensa material som inte ska ingå och komplettera med det som saknas.

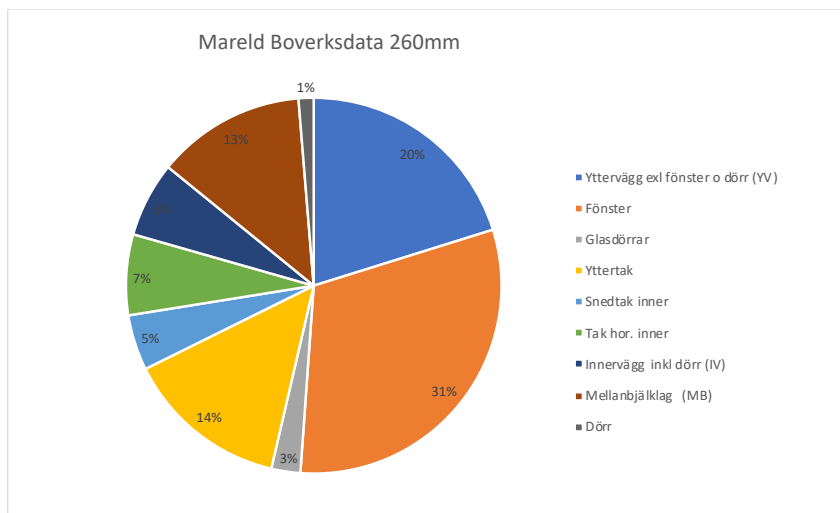
Fönster har fördelats på undergrupper så som takfönster, normalfönster, fönsterdörrar och glaspartier.

När väl byggnadernas andel av olika systemdelar är kartlagd kan vi sedan tillämpa olika materialval enligt systemdelsbeskrivningen för samtliga byggnader för att se konsekvenserna vad avser materialvalet för de tre stegen; Boverksdata, EPD-data och klimatoptimerat utförande.

För en byggnad med en isolertjocklek på 260 mm får vi med Boverkets viktade värden följande resultat:

(Kg CO ₂ /m ² BTA)	Mareld Boverksdata
Yttervägg exl fönster o dörr	16,7
Fönster	25,6
Yttertak	11,6
Snedtak inner	4,0
Tak hor. inner	5,7
Innervägg inkl dörr (IV)	5,3
Mellanbjälklag (MB)	10,6
Dörr	1,1

Tabell 4. Klimatpåverkan för olika systemdelar för en av referensbyggnaderna (SMH1,5_164)



I denna byggnad är det fönstrens GWP som sticker ut, men också ytterväggar och de två innertaksdelarna där isoleringen bokförts. För denna byggnad finns också ett mellanbjälkslag och denna har en isolering och tunga skivmaterial för att ljudisolera. För mellanbjälkslaget har dock materiallistan justerats relativt data i Produkt i de följande sammanställningarna. Hur fördelningen ser ut för övriga två småhus redovisas i bilaga 1.

Resultaten (kg CO₂/BTA) redovisas för de tre byggnaderna för alternativerna GWP data från Boverkets databas, med huvudsakligen EPD – data och i klimatoptimerat materialval, se tabell 5.

(260 mm)	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167	Medel	Reduktion
GWP Boverket	77	71	73	74	0%
GWP EPD	66	56	56	59	81%
GWP - Låg	54	45	44	48	65%
lösull 300 mm					
GWP - Låg	53	44	43	46	63%
GWP - Låg	51	43	41	45	61%

Tabell 5. Klimatpåverkan (kg CO₂/BTA) för tre byggnader exklusive grundfundament. Data hämtas från Boverkets databas (GWP Boverket), EPD baserade marknadsprodukter (GWP EPD), samt data för ett klimatoptimerat utförande (GWP Låg). Två alternativa isoleringsnivåer har tillämpats, 260 mm respektive 300 mm och det sista i ett lösullutförande kombinerat med I-balkar.

Av tabellen framgår att GWP reduceras till nivån 80% jfr med Boverksdata när EPD märkta produkter väljs, men påverkas också av valet på isolertyp.

Eftersom ytterväggarna inkluderar areor i gavlarna som inte är isolerade och innanpåliggande skivor, så uppskattas värdet ligga ca 1 kg/BTA för högt. Men eftersom denna analys av klimatpåverkan inte inkluderar allt för små delar, som skruv och spik och andra detaljer bör ett visst påslag läggas innan en absolut kravnivå sätts, kanske med 10%.

En bättre isolerad yttervägg behöver inte betyda högre klimatpåverkan. Tillkommande isolering kan kompenseras av mindre köldbryggor i väggen och av att välja lösull. Skillnaderna blir dock ganska små och som mest minskar klimatpåverkan ner till 61% av referensalternativet med Boverksdata.

Det kan förefalla märkligt att byggnaden med den bästa formfaktorn, 1,5 planshuset får sämst värden i denna jämförelse. 1,5 planshuset har en något högre fönsterandel per uppvärmd area än övriga, men alla tre ligger på en hög nivå. Om vi istället räknar om klimatpåverkan för byggnaden och slår ut den på uppvärmd area istället för BTA får vi det motsatta resultatet, se tabell 6 där 1,5 planshuset också får

det lägsta värdet. Detta kan vi inte göra så mycket mer åt än att beklaga att den byggnadsform som är mest gynnsam för att få låga värmeförluster per uppvärmd area är högst klimatpåverkan per BTA när samma material används för alla tre byggnader.

	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
Kg CO2/BTA	77	71	73
Kg CO2/Atemp	69	82	85

Tabell 6. Samma klimatpåverkan uttryckt med olika areadefinitioner kastar om ordningsföljden

En del åtgärdsvarianter som inte redan ingår ovan kan diskuteras. Den viktigaste är om plåttak väljs istället för klimatreducerade betongpannor så ökar klimatpåverkan med mellan 12 – 17 kg/BTA. Om däremot takpapp väljs, så minskar klimatpåverkan med 5 – 7 kg/BTA. Då måste dock dess begränsade livslängd beaktas genom att lägga på värdet för ny papp med en faktor 2 – 3 beroende på vilken utbytesfrekvens betongpannor i praktiken har. Då blir inte skillnaden längre så stor om ens någon skillnad alls.

5. Parameteranalys för trähusbyggnader

För att analysera hur klimatpåverkan per BTA påverkas av byggnadens utbredning och antal våningsplan genomförs en enkel parameteranalys utifrån en matris bestående av konstant byggnadsbredd (7,7m innermått) samtliga hus. Enfamiljshus i 1 till 3 plan och ett flerbostadshus från ett våningsplan för 5 bostäder till 4 plan för 20 bostäder. Det typiska radhuset har då två våningsplan. Trapp och hissplan ligger utanför klimatskalet (loftgång) och i denna analys utanför systemgränsen (för enkelhets skull).

Enfamiljshuset har mellanbjälklag med ett lägre krav på brand och ljud. För flerbostadshuset antas mellanbjälklagen vara bostadsskiljande med högre brand- och ljuddämpningskrav som med fler gipsskivor ger en fördubblad klimatpåverkan.

Vi antar också, tills vidare, att bostadsskiljande väggar (ljud- och brandkrav) ger ett väggutförande också motsvarande mellanbjälklagets och med ett påslag för GWP på 100%.

Vi använder samma innerväggsdata (m^2/BTA för innervägg med dörr) för alla bostäder oavsett antal våningsplan.

(kg CO2/BTA)	Smh 1-80	Smh 2-160	Smh 3-240	F1	F2	F3	F4
Byggnad	41	38	37	39	39	40	41

Tabell 7. Klimatpåverkan per BTA för byggnadsdel exklusive grund baserat på EPD-data.

För samtliga byggnader minskar klimatpåverkan per BTA för taket när det slås ut på fler våningsplan, men samtidigt tillkommer klimatpåverkan från mellanbjälklaget och som delvis kompenseras så att det summerade värdet ändå hamnar på en motsvarande nivå, något lägre i småhusen och något högre i flerbostadshuset där mellanbjälklaget har den dubbla klimatpåverkan relativt småhus.

För flerbostadshuset kompenseras den minskade ytterväggsarean av de tillkommande bostadsskiljande väggarna.

Slutresultatet visar att vi får förvånansvärt likvärdiga förutsättningar oavsett antal våningsplan och byggnadens formfaktor vad avser byggmaterialens klimatpåverkan.

Klimatpåverkan för grund ligger utanför denna analys, men får en direkt koppling till antal våningsplan i byggnaden, se tabell 8.

(kg CO ₂ /BTA)	Smh 1-80	Smh 2-160	Smh 3-240	F1	F2	F3	F4
Byggnad	41	38	37	39	39	40	41
Grund	54	27	18	52	26	17	13

Tabell 8. Klimatpåverkan per BTA för byggnadsdel jämfört med grund.

Här anges visserligen endast resultat med Boverkets referensvärden för grunden, dvs hänsyn har inte tagits till att EPD baserade material kan ge lägre värden. Att fler våningsplan kan påverka grundkonstruktionens dimensionering har inte heller beaktats. Tabellen illustrerar dock vikten av att kravet på grundkonstruktion inte kan ställas med ett värde utslaget på BTA. Därför föreslås istället att kravet på grundkonstruktionens klimatpåverkan anges separat från kravet på byggnaden och specificeras per m² grundkonstruktion. Detta värde för grund ska även inkludera kantbalkens klimatpåverkan.

Förslaget har inte stämts av mot konstruktioner som krävs för högre byggnader. Kanske en fråga att återkomma till.

6. Hur stor andel av GWP baseras på EPD-baserade material i alternativet GWP – EPD?

Trämateriale kanske kan ligga utanför den del där EPD-kravet ska gälla. Här är det ju hållbarhet/biodiversitet som är målet. Men för tyngre KL-stommar som transporteras från Österrike kanske det är relevant?

GWP för innerväggar, innertak och mellanbjälklag påverkas till stor del av skivor och isolering och här är utbud av EPD-deklarerade produkter stort. Det samma gäller isoleringsprodukter.

Fönsterprodukter (stor andel av GWP) men leverantörsspecifika EPD saknas i Produktkatalogen idag, men kan förväntas framöver. För takfönster hade produkten från Velux ett väsentligt högre värde än de från Boverkets databas.

För plåttak och betongpannor är GWP baserat på ett generellt EPD för produkternas vikt. Beroende på vilken plåttjocklek som den efterfrågade plåtprodukten ska ha kan man själv räkna ut GWP, men hur ska det hanteras i Produkt? Så den övergripande frågan är hur man ska hålla reda på andelen EPD i arbetet med Produkt?

7. Sutterängbyggnad

En sådan utformning antas vara aktuell endast för tvåplans hus på sluttande tomter. Det innebär att delar av yttervägg ligger under mark, varför oorganiskt stenmaterial krävs.

Vi antar att byggnadens långsida ligger till 2/3 under mark, att gavlarna ligger som högst 2/3 under mark och sen når markytan på halva gavellängden, men att det finns skäl att ha samma väggkonstruktion för hela den del på undre våningsplan där del av vägg ligger under mark. Det innebär att för halva undervåningen väljs en stenbaserad vägg, i vårt fall har vi testat dess konsekvenser med 400 mm block av typ Y-tong med U-värde 0,15. För ett tvåvåningshus på 160 m² kommer byggnadens klimatpåverkan (exkl grund) i så fall öka med 11 kg från 39 till 50 kg CO₂/ m² BTA.

Bilaga 1. Tabelldata för tre byggnader

	SMH1,5_164		SMH1_107		SMH1_167	
	m2	m2/BTA	m2	m2/BTA	m2	m2/BTA
BTA	164	5,04	107	5,03	167	5,01
Yttervägg exl fönster o dörr (YV)	153,2	0,93	95	0,89	160,8	0,96
Fönster	28,126	0,17	20,31	0,19	35,4	0,21
Glasparti	9,24	0,06	0	0,00	0	0,00
Takfönster	7,896	0,05	0	0,00	0	0,00
Glasdörrar	4,2	0,03	2,1	0,02	2,1	0,01
Yttertak	162	0,99	153,3	1,43	197	1,18
Snedtak inner	60,4	0,37	0	0,00	0	0,00
Tak hor. inner	52,6	0,32	93	0,87	167	1,00
Innervägg o dörr (IV)	147,3	0,90	76,9	0,72	128	0,77
Mellanbjälklag (MB)	99	0,60	0	0,00	0	0,00
Bottenbjälklag (BB)	99	0,60	93	0,87	143	0,86
Dörr	4,2	0,03	4,2	0,04	4,2	0,03

Tabell 1. Mängddata systemdelar

(m2 systemdel/BTA)	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
Yttervägg exl fönster o dörr (YV)	0,93	0,89	0,96
Fönster o dörrar	0,33	0,25	0,25
Yttertak	0,99	1,43	1,18
Snedtak inner	0,37	0,00	0,00
Tak hor. inner	0,32	0,87	1,00
Innervägg o dörr (IV)	0,90	0,72	0,77
Mellanbjälklag (MB)	0,60	0,00	0,00
Bottenbjälklag (BB)	0,60	0,87	0,86

Tabell 2. Systemdelars area relativt byggnadens BTA

(kg CO2/m2 BTA)	GWP Boverket och standardv. 260 mm		
	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
Yttervägg exl fönster o dörr	16,7	15,9	17,2
Fönster	13,8	15,3	17,1
Glasparti	4,6	0,0	0,0
Takfönster	5,2	0,0	0,0
Glasdörrar	2,1	1,6	1,0
Yttertak	11,6	16,9	13,9
Snedtak inner	4,0	0,0	0,0
Tak hor. inner	5,7	15,6	17,9
Innervägg o dörr (IV)	5,3	4,3	4,6
Mellanbjälklag (MB)	6,7	0,0	0,0
Bottenbjälklag (BB)	0,0	0,0	0,0
Dörr	1,1	1,6	1,1

Tabell 3. Systemdelars klimatpåverkan relativt byggnadens BTA baserat på referensbyggnad med Boverkets data för en standardvägg med 260 mm isolering.

(kg CO2/m2 BTA)	GWP EPD 260 mm		
	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
YV exl fönster o dörr	12,1	11,5	12,5
Fönster	12,2	13,5	15,0
Glasparti	3,5	0,0	0,0
Takfönster	7,0	0,0	0,0
Glasdörrar	1,9	1,5	0,9
Yttertak	11,0	15,9	13,1
Snedtak inner	2,0	0,0	0,0
Tak hor. inner	2,9	7,8	9,0
Innervägg o dörr (IV)	5,3	4,3	4,6
Mellanbjälklag (MB)	6,7	0,0	0,0
Bottenbjälklag (BB)	0,0	0,0	0,0
Dörr	1,1	1,6	1,1

Tabell 3. Systemdelars klimatpåverkan relativt byggnadens BTA baserat på referensbyggnad med leverantörers EPD data för en standardvägg med 260 mm isolering.

(kg CO2/m2 BTA)	GWP Låg 260 mm		
	SMH1,5_164	SMH1_107	SMH1_167
YV exl fönster o dörr	11,3	10,8	11,6
Fönster	12,2	13,5	15,0
Glasparti	3,5	0,0	0,0
Takfönster	5,2	0,0	0,0
Glasdörrar	1,9	1,5	0,9
Yttertak	10,1	14,6	12,0
Snedtak inner	0,5	0,0	0,0
Tak hor. inner	0,6	1,6	1,8
Innervägg o dörr (IV)	2,2	1,8	1,9
Mellanbjälklag (MB)	5,5	0,0	0,0
Bottenbjälklag (BB)	0,0	0,0	0,0
Dörr	1,1	1,6	1,1

Tabell 3. Systemdelars klimatpåverkan relativt byggnadens BTA baserat på referensbyggnad med mer klimatoptimerade produkter för en standardvägg med 260 mm isolering.

Kompletterande underlag för byggnadens klimatpåverkan

Innehåll

1. Sammanfattning och resultat.....	221
2. Bakgrund.....	222
3. Boverkets referensvärden och källmaterial.....	222
4. Småhus.....	223
5. Flerbostadshus.....	225
6. Förskolor.....	226
7. Skolor och kontorsbyggnader.....	226
8. Diskussion.....	226

1. Sammanfattning och resultat

Detta är ett kompletterande underlag till rapporten "Parameteranalyser", som studerade vilka beskrivningsparametrar som var väsentliga att ha kunskap om och där vissa underlag för tillägg diskuterades. Syftet var dock inte att ta fram förslag på lämpliga nivåer, eftersom rimligen även referenser till andra studier då bör beaktas. Vidare inkluderade Parameteranalys-rapporten enbart A1 – A3 och några påslag för övriga material (skruvar, beslag, etc) inte ingick.

I detta PM utgår vi från de mer detaljerade studier som genomförts av KTH och som ligger till grund för Boverkets referensvärden.

Här finns ett tiotal småhusbyggnader med, alla baserade på lätta träkonstruktioner och både ett och tvåplans hus. Även detta resultat styrker vårt förslag att ställa ett separat krav för grundkonstruktionen för enplanshus.

Förslag på lämpliga kravnivåer utgår från KTH-studiens medelvärde för byggnader i träkonstruktion och baserat på typiska LCA-data för materialen utan Boverkets konservativa påslag med 25% som ligger i Boverkets referensvärden. KTH-materialet inkluderar hela materialströmmen för A1 – A3, samt påslag för A4 transporter, A5 för spillmaterial och A5 för energi på byggarbetsplatsen (byggbodas, torkning av konstruktion, maskindrift). Förslagsvis läggs kravnivån för Bra Miljöval på nivån 80% relativt KTHs värden och ger då följande förslag:

	Småhus	Fbhus	Fbhus	Fsk, Sko, Kon	Fsk, Sko, Kon
Krav A1-5		1-plan	≥ 2 plan	1-plan	≥ 2 plan
Byggnad	60	70	(70)	90	(90)
Grund (/m2 grund)	60	60	(60)	80	(40)
summa /BTA	(120)	(130)	100	(170)	130

Tabell. Föreslagna kravnivåer för småhus, flerbostadshus, förskolor (Fsk), skolor (Sko) och kontor (Kon). Krav på grundkonstruktion avser kg CO₂e/m² grund och för byggnad samt summa avses kg CO₂e/m² BTA. Värden i parentes är inte ett kravvärde utan en information om ungefärligt resultat av kraven.

För småhus är det vanligt med alla möjliga variationer mellan renodlade en- och tvåplanshus och här rekommenderas två separata krav för byggnad respektive grund. För övriga

byggnadskategorier är enplanshusen mindre vanliga och här rekommenderas separata krav endast för enplanshusen. För byggnader som har fler våningsplan formuleras kraven som sammanhållet krav för byggnad med grund vilket är enklare att kommunicera och det kan även vara fördelaktigt för byggaren att omfördela mellan dessa systemdelar.

För skolor saknas det referensvärden från byggnader med träkonstruktion, men referensvärden har då tagits från kontor. Underlaget för trähuskonstruktioner är alltså tunt, men vi kan lägga förslag som är analoga med de för förskolor och jämföra totalnivåerna för byggnadskonstruktionen mellan dessa kategorier.

2. Bakgrund

På referensgruppsmötet ställdes frågan om materialbehovet för att klara ljud- och brand för bostadsskiljande väggar var beaktat? Det var det, men inte för mellanbjälklagen. Detta påverkar analysen för hur klimatpåverkan kopplat till antal våningsplan utvecklas för byggnadsdelen. Istället för att ligga på en nära konstant nivå får vi en påtaglig ökning för ett tvåplanshus med bostadsskiljande mellanbjälklag och därefter en mer måttlig ökning se tabell 1. I denna liksom i hela detta PM används sorten (kg CO₂/BTA) för GWP men skrivs.

(kg CO ₂ /BTA)	Smh 1-80	Smh 2-160	Smh 3-240	F1	F2	F3	F4
Byggnad	41	38	37	39	50	54	56
Grund	54	27	18	52	26	17	13

Tabell 1. Korrigerade resultat för parameterstudien

Ska dessa värden användas som grund för kravnivåer krävs kompletteringar och påslag.

3. Boverkets referensvärden och källmaterial

Boverket har angivit referensvärden för olika byggnadskategorier i rapporten Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan². I underlagsrapporten³ till denna har ett 10 tal småhus analyserats. Dessa baserar på generiska medelvärdesdata från Boverkets databas. I den används schablonpåslag och data från Boverkets databas för:

A4 Transporter, vilket avser transporter av material till byggplatsen. Här ingår inte transporter av markmaterial eller sprängsten.

A5 Spill, innefattar klimatpåverkan för modul A1-A4 för kasserat material, exkl emballage. För anläggningsbetong som har tilldelas samma procentuella andel spill som övrig platsgjuten betong i Boverkets klimatdatabas. I medel för de 9 småhus vi bearbetat resultaten för ligger dessa påslag tillsammans på 11,8% på värdet för A1-3.

För **A5 Energi** ges ett påslag på 10,8 för drift av arbetsmaskiner, fordon och arbetsbodar på själva byggplatsen, men exklusive markarbeten som alltså verkar ligga utanför GWP-kalkylerna.

I rapporten finns också referensvärden för invändiga ytskikt och inredning som kommer aktualiseras i samband med utökningen av systemgränsen för GWP deklARATIONER 2027 och som

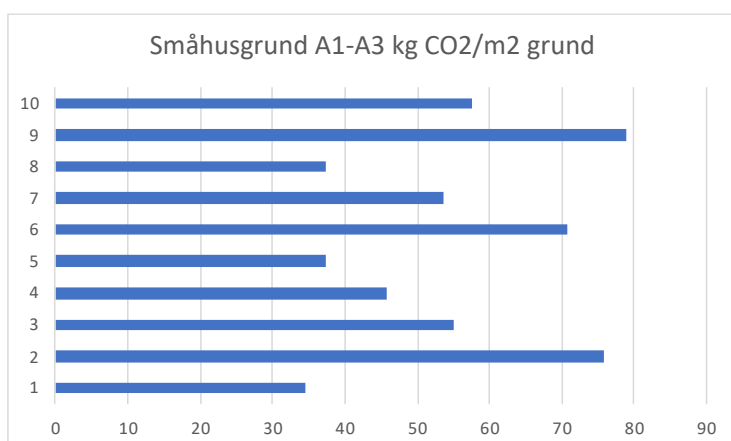
² Boverket Rapport 2023.20, Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan.

³ KTH. Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader. Version 3, 2023

för småhus anges till 27, men som inte analyseras eller inkluderas vidare i detta PM liksom inte heller byggsplan för tekniska installationer (12) eller för solceller.

4. Småhus

I underlagsrapportens analyser ingår ca 10 småhus om vi exkluderar ett grupphusområde som också analyserats. I olika diagram för småhusens GWP har GWP för systemdelar kunnat extraheras. Dessa inkluderar dock påslag för A4 och A5, samt A5Energi. Efter omräkning till A1 – A3 erhålls för småhusens grund ett värde på 55 vilket ska jämföras med parameteranalysens 54. Men då ska tilläggas att värdena varierar inom intervallet 35 – 79 och för småhus med två våningsplan (5 st) har värdet per BTA antagits vara utslaget jämnt på två lika stora våningsplan. Se figur 1.



Figur 1. GWP för husgrund för 10 olika byggnader, avgränsat för A1-A3, obs. sorten /m2 grund.

Skillnaderna mellan 1-plans och 2-plans hus för A1-A3 uppdelat på grund och byggnad uttryckt som GWP/BTA redovisas i tabell 2.

(GWP/BTA)	Grund	Byggnad	Summa
1 plan	50,6	70,1	115
2 plan	35,6	62,3	94

Tabell 2.

Observera att när fler våningsplan står på samma grund så ges ett lägre värde när det uttrycks som /BTA.

Resultatet innebär att om en kravnivå ska baseras på t.ex. nivån 80% av medelvärdet för byggnader med högst klimatpåverkan, dvs enplanshusen, så blir det inget förändringstryck alls på byggnader i tvåplansutförande, eftersom klimatpåverkan från grund är så stor.

För byggnadsdelen ligger KTHs genomsnittsvärde på 67,8 vilket är 35% högre än det värde vi föreslagit och motsvarande för grund 38% högre än vår tolkning av KTH värdet. Om samma grund kan användas för både 1 planshus och 2-planshus för lätta byggnadskonstruktioner så borde 2 planshusen ha halva värdet, dvs 25 istället för 35. Detta kan ha olika förklaringar, som att byggnad bara delvis har 2 våningsplan, har 1,5 plan eller faktiskt har en 40% tjockare betongplatta. Ändå styrker resultatet vårt antagande om att en separering mellan byggnad och grund ger bättre styrningsmöjligheter.

Tidigare parameteranalyser var av tidsskäl begränsad till de större materialflödena. En detaljanalys av motsvarande materialflöden för en av enplanshusen visade på en skillnad jfr med KTH studien på 7%, vilket ska tolkas som att vi i parameterstudierna hade en täckningsgrad på 93% av det relevanta materialflödet.

Minimikrav på småhusens klimatpåverkan från byggskedet bör beakta påslag A4, A5Spill och A5Energi och möjligen även påslag för kompensering till 100% täckningsgrad.

A4, transporter för material till byggarbetsplatsen kan på kort sikt antas ligga kvar på samma nivå som tidigare, men kommer vid beräkning av den aktuella byggnaden att påverkas av dels husleverantörens plats för framtagning av de hussystem som de producerar och dels av transportsträcka och transportmedel mellan fabrik och montageplats för byggnaden. I Produkt kan plats anges för byggnaden, men då avser transportererna sträckan från materialleverantörerna till den platsen, inte till husfabriken.

Förslag: Kravnivån hanteras genom att kravet inkluderar ett påslag på 6,4%.

Hur husleverantören ska beräkna A4 kan ske med alternativen a, samma påslag som ovan, dvs 6,4%, eller b. ska beräknas för materialtransporter till fabriken och att transporten från fabrik till husets plats antingen försummas eller c. hanteras med ett fast påslag med x% utöver transportererna till fabriken.

A5 spill hanteras enklast i nuvarande skede med ett påslag på 5,4%. Tyvärr vet vi inte hur stor del av detta påslag som härrör från grundkonstruktionen respektive byggnadskonstruktionen, så vi får anta att de fördelas i proportion till dess klimatpåverkan.

A5 Energi, hanteras även det enklast med samma påslag, som i BBRs underlagsrapport. Vi kan anta att drift av arbetsmaskiner, fordon och arbetsbodar i intensitet och i tidsutsträckning huvudsakligen kan kopplas till byggnadens uppförande och alltså helt läggs på byggnadsdelen.

Slutsatser småhus

Beroende på hur avsikten är med hur husbyggaren ska hantera A4 – A5 så kan det påverka vilka kravnivå som ska läggas, antingen som ett krav begränsat till just A1-A3 eller till hur sådana påslag för A4-A5 som diskuteras ovan ska hanteras. Därtill kommer vilken kravnivå som kan/bör ställas relativt det medelvärde som anges som Boverkets referensvärde.

Boverkets referensvärde för småhus: 180

Medelvärde: 165

Dessa värden är baserade på konservativa värden (+25% av typiska). Beräknat med typiska värden eller EPD-märkta material erhålls: 132

Kravnivå 80% av medianvärdet: 106

När kravet delas upp på byggnad och grund var för sig blir resultatet påverkat av antal våningsplan. Nivån 80% erhålls som medelvärde för en- och två planshus med följande kravnivåer på byggnad respektive grund:

	Krav A1-5	1-plan	2-plan	medel
Byggnad	60	60	60	
Grund	60	60	30	
summa /BTA		120	90	105

Tabell 3.

Detta motsvarar värdet 42 för byggnad och 50 för grund i parameteranalysstudien. Men då efter påslag för A4, A5Spill och A5Energi, samt för kompensering till 100% täckningsgrad.

beräkningsmetodikerna för A1-5 ska inkludera de påslag som här redovisats och resultatet ska motsvara 80% av medelvärdet i referenshusen i KTH-studien kan en kravnivå på 60 vara rimlig både för byggnad (/BTA) och grundkonstruktion (/grund).

Om fördelningen ska justeras så bör det vara värdet för grund som kan reduceras (bör vara den enklaste möjligheten att reducera ytterligare).

Ett annat alternativ är att ställa kraven reducerat till A1-A3, men ger större avsteg och jämförbarhet med Boverkets anvisningar.

5. Flerbostadshus

Två flerbostadshus (FBH5 och FBH8) med stomme och fasad i trä finns redovisade i KTH rapporten. De är 5 – 6 våningar höga och utan källare. Total GWP/BTA är i genomsnitt 127, varav byggnaden står för 108 och grund för 20. Detta skiljer sig påtagligt från de 16 flerbostadshus med betongstomme och fasad i tegel eller betong som också ingår som underlag i KTH-studien, se tabell 4.

GWP/BTA	Antal plan	GWP A1-A5	varav grund	GWP/m2grund
Trä	5,5	127	20	109
Betong	6,3	282	40	252

Tabell 4.

Notera att träbyggnaderna ligger på halva nivån relativt betonghus både totalt och för grundens klimatpåverkan. Det är naturligt att en tyngre byggnad också kräver en stadigare grund. Om vi räknar om grundens klimatpåverkan till kvadratmeter grund, så ser vi att dessa relativt höga byggnader kräver en stabil grund och då speciellt för betongbyggnader. När vi kommer upp i flera våningsplan blir grundens del av hela byggnadens dock så pass liten att det inte motiverar separata krav relativt byggnaden.

Träbyggnaderna uppfördes mellan 2020 – 2021 och projekterades och planerades tidigare än så. Vi kan därför anta att de uppförts utan klimatoptimerade val utöver konstruktionsvalet och att det även för dessa finns en potential för minskad klimatpåverkan.

Förslagsvis ansätts ett klimatkrav för flerbostadshus på mer tre våningar på 100 kgCO₂/m² BTA för byggnad inklusive grundkonstruktion och ligger därmed ca 20% lägre än värdet i tabellen.

För flerbostadshus i 1 – 2 våningsplan föreslås ett klimatkrav som jämfört med småhus ger utrymme för bättre ljud- och brandskydd mellan bostäderna. Egentligen skulle det främst motivera ett större påslag när man går från ett våningsplan till två våningsplan, men antal flerbostadshus i ett våningsplan är ovanligt. Därmed skulle kravnivån kunna förenklas till värdena i tabell 5.

1 – 2 plan	1-plan	2-plan
Byggnad/BTA	70	70
Grund/BTA	60	30
summa /BTA	(130)	100

Tabell 5.

Men redan för två våningsplan har vi hamnat på samma nivå som för byggnader med fler våningsplan än 3. Man skulle då kunna välja två separata krav på hela byggnadens (inkl grund) för enplanshus (120) och för flerbostadshus på mer än en våning (100). Men eftersom många låga byggnader kan ha en blandning av olika våningshöjder, blir kravet tydligare med en

separering för grund (60) och byggnad (70), eller om man hellre önskar slå ihop delkraven så gäller kravet max 100 för byggnaden.

6. Förskolor

Två redovisade byggnader med träkonstruktion redovisade en uppdelning på konstruktion och grund enligt tabell x. Ytterligare fyra byggnader var beräknade och låg på samma nivå som dessa två, men var inte beställda/uppförda.

GWP/BTA	Antal plan	GWP A1-A5	varav grund	varav byggnad	GWP/m2grund
FSK10	2	168	42	118	84
FSK4	2	188	68	113	136
Medel	2	178	55	116	110

Tabell 6.

Även för förskolebyggnader rekommenderas en motsvarande kravutformning som för flerbostadshus, separat krav för byggnad (90) och grund 80 (/m2grund), eller om man så vill slå ihop kraven så gäller kravet max 130 /BTA

1 – 2 plan	1-plan	2-plan
Byggnad/BTA	90	90
Grund/BTA	80	40
summa /BTA	(170)	130

Tabell 7.

Varför kräver en förskolebyggnad större klimatpåverkan jämfört med ett flerbostadshus? Denna typ av byggnad rymmer mer personer, kräver större utrymmen för kanalisation och därmed takhöjd.

7. Skolor och kontorsbyggnader

I KTHs studie är ingen av de 11 studerade skolbyggnaderna uppförd med träkonstruktion. Däremot låg dessa i genomsnitt på samma nivå (ca 300 kg) som de 12 studerade kontorsbyggnaderna. En av dessa kontorsbyggnader är en enplansbyggnad och den var uppförd med en träkonstruktion och var beräknad till 180 kg/BTA, varav byggnaden stod för 110 kg och grunden för 70. Rimligen skulle detta också kunna gälla för skolbyggnader som annars låg på samma nivå som kontorsbyggnaderna. Även för kontor och skolbyggnader kan alltså motsvarande modell rekommenderas som ovan, med separat krav för byggnad och grund för enplanshus, men med ett möjligt val att välja ett sammanslaget värde. Rimliga kravnivåer efter reduktion med 20% relativt referensbyggnaden i trä blir då samma som enligt tabell 7. Då har ingen reduktion alls satts på grunden, men den baseras på endast en kontorsbyggnad och vi antar att grundkonstruktionen för skolor och kontor bör ligga på samma nivå som för förskolor om man väljer en träkonstruktion för byggnaden.

8. Diskussion

Är det rimligt att Bra Miljöval för byggnader bara är anpassade för byggnader med träkonstruktioner och inte anpassas också för betonghus?

Vi kan av denna genomgång konstatera att betongkonstruktioner ligger så påtagligt mycket högre att det är rimligt att Bra Miljöval för en byggnad är en träbaserad byggnad. Kraven ställs dock inte på material utan är funktionsbaserade. När väl marknaden för klimatanpassade betongkonstruktioner finns framme och klimatanpassat stål börjat produceras, finns heller inga hinder för att använda dessa kriterier också för andra val av konstruktionsmaterial än trä.

