



**KTH Arkitektur
och samhällsbyggnad**

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad

- Orsakad av fuktskador

Environmental impact caused by reconstruction of unventilated plaster walls

- Caused by moisture damage

Författare:	Olle Sundström och David Sundström
Uppdragsgivare:	AK-konsult indoor Air AB
Handledare:	Anders Kumlin, AK-konsult indoor Air AB Peter Eklund, KTH ABE
Examinator:	Per Roald, KTH ABE
Examensarbete:	15 högskolepoäng inom Programmet Byggt teknik och Design
Godkännande:	2012-09-03
Serienummer:	2012;30

Sammanfattning

När en konstruktion blir fuktskadad påverkas de ingående materialen på olika sätt och i vissa fall uppstår så kallad mikrobiell tillväxt som kan påverka människans hälsa. Det finns studier om hur människor reagerar på sådan mikrobiell tillväxt, hur materialen påverkas av olika fuktbelastningar och hur mycket pengar det kostar att byta ut denna konstruktion. Vad som inte finns är hur miljön påverkas att i förtid behöva byta ut en fuktskadad konstruktion.

Utifrån ovan nämnda har detta examensarbete vid högskoleingenjörsprogrammet i Byggt teknik och design vid Kungliga Tekniska Högskolan utförts. Det har utförts tillsammans med AK-konsult Indoor Air AB och har i uppdrag att belysa vikten i att fuktsäkerhetsprojektera rätt utifrån ett miljöperspektiv, och att få faktiska siffror på hur mycket koldioxid det genererar att i förtid behöva byta ut en konstruktion.

Rapporten är avgränsad till en putsad enstegstätad regelvägg som är uppbyggd enligt följande: utvändig puts, putsbärare av EPS, vindskyddsskiva, träreglar med mellanliggande värmeisolering, luft- och ångspärr och invändig skiva. Miljöpåverkan har beräknats i hur mycket koldioxid 1 m² av denna konstruktion genererar. Koldioxidutsläppen för de ingående materialen har i största möjliga mån beaktats och beräknats utifrån råvaruutvinning, transport av råmaterial, tillverkning av produkter och transport fram till byggarbetsplatsen. För att kunna beräkna transporter av material och arbetskraft för uppförandet av konstruktionen har en fiktiv byggarbetsplats bestämts (Hammarby Sjöstad, Stockholm). Även för att ge en bättre bild om hur stora koldioxidutsläppen är vid transport av material och hur ett verkligt fall kan se ut har en fiktiv väggyta på 198 m² valts att studeras. De emissionsvärden som använts i denna rapport baseras i första hand på de olika materialtillverkarnas byggvarudeklarationer samt samtal med miljöansvariga på de berörda företagen.

För att lättare kunna jämföra resultaten av de ingående materialen i detta examensarbete presenteras de i form av utsläpp av totalt kilo koldioxid per mängd material [kgCO₂/mängd material]. Det presenteras även fyra olika uppbyggnader av den putsade enstegstätade regelväggen. Det för att visa hur miljön påverkas om tjockputs eller tunnputs används tillsammans med glasfiberarmerad vindskyddsskiva eller en pappbeklädd vindskyddsskiva med en kärna av gips. Dessa olika typer av väggkonstruktionerna betecknas vägg 1, 2, 3 och 4 i rapporten.

De resultat som tagits fram visar att det genereras ungefär lika mycket koldioxid att byta ut 198 m² av den angivna väggkonstruktionen som att köra en bensindriven personbil nästan ett halvt varv runt jorden (jordens omkrets är ca 4000 mil). Resultaten visar att det är små skillnader i koldioxidutsläpp vad det gäller de olika väggkonstruktionerna. Vägg 2 genererar den största mängden koldioxid, totalt 3223 kgCO₂ (1 m² genererar 16 kgCO₂), följt av vägg 1 som genererar 3206 kgCO₂ (1 m² genererar 16 kgCO₂). Resultaten visar att produktion av material står för den största individuella delen av utsläpp, 2181 kg koldioxid (ca 2/3 av de

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

totala koldioxidutsläppen) för vägg 2. Där bidrar glasullen med den ingående största delen 891 kgCO₂ (41 % av det totala koldioxidutsläppet från materialtillverkning), följt av armeringsnätet på 364 kgCO₂ (17 % av det totala koldioxidutsläppet från materialtillverkning). Materialtransporter står för ungefär 505 kg koldioxid (ca 1/6 av de totala koldioxidutsläppen) och styrs främst av typ av lastbil, avverkad sträcka samt lastutnyttjande. Persontransporter till och från arbetsplatsen står för ungefär 537 kg koldioxid (ca 1/6 av de totala koldioxidutsläppen) där mängden koldioxid främst styrs av antalet arbetade dagar samt typ av transportfordon.

Den genererade mängden koldioxid för ett totalt utbyte av en väggkonstruktion på 198 m² skulle, omräknat i svensk elmix, förbruka en energimängd som skulle räcka till byggnadens specifika energianvändning i 17,9 år. Ca 36 % av byggnadens förväntade livslängd på 50 år.

Resultaten i denna rapport visar att det ur ett miljöperspektiv är viktigt att lägga stor vikt vid fuktsäkerhetsprojektering. Detta för att påverkan på miljön kan begränsas avsevärt om konstruktioner inte behöver bytas ut i förtid pga. omfattande fuktskador. Med tanke på hur många kvadratmeter dylik fasad som byggts finns högst sannolikt en tämligen stor miljöskuld inbyggd i denna fasadtyp.

Nyckelord: koldioxidutsläpp, enstegstätad, fuktskador, emissionsvärden, byggvarudeklarationer

Abstract

When a structure is damaged by moisture, the materials are affected in different ways and sometimes this moisture will lead to mould growth that can affect the human health. Today we can read studies about how human health reacts to this mould growth, how materials reacts and how much money it costs to rebuild the moisture damaged structure. What we don't know is how much impact it will have on the environment to replace a moisture damaged structure with a new one.

From these initial sentences is this degree project in building technology, first level at the Constructional engineering and design program at Kungliga Tekniska Högskolan. This thesis is commissioned by AK-konsult Indoor Air AB and is supposed to highlight the importance of protecting structures against moisture damage from an environmental point of view. Furthermore it will also result in real figures over how much carbon dioxide a premature replacement will generate.

This thesis will strictly look at an insulated, rendered, unventilated and undrained stud wall. It is build-up as: exterior plaster, plaster base (EPS), wind protect-board, wooden framework with insulation, polyeten sheet and interior board. The environmental impact will be measured in how much carbon dioxide 1 m² of this wall construction will generate. Carbon dioxide emissions from wall materials have been calculated on the basis of resource extraction, transportation of raw materials, manufacturing of products and transportation to construction site. To make the transportation calculations possible a fictitious construction site has been determined (Hammarby Sjöstad, Stockholm). Also to provide a better picture of how big the emissions are from transportations and how a real case scenario can look like have a 198 m² wall been calculated. The carbon dioxide emissions in this report are in first hand based on material manufacturer's environmental declarations and dialogues with environmental specialists at manufacturers.

To make the comparison of the result easier between the construction materials they all will be presented in terms of kilo carbon dioxide [kgCO₂/amount material]. The result will also present four different types of the above named wall construction. That is to show how the environment affects if thick or thin plaster is used together with fiberglass reinforced wind protect-board or papercoated wind protect-board with gypsum core. These different types of wall construction will in the report be named as wall 1, 2, 3 and 4.

The result from this report show that it is generating approximately the same amount of carbon dioxide to change the moisture damage wall as to drive a gasoline-powered car halfway around the earth (diameter approximately 4 0000 kilometers). The results show that it is small differences in carbon dioxide between the four types of wall constructions. Wall 2 generates the largest amount of carbon dioxide emissions, total 3223 kilo (1 m² generates 16 kgCO₂), followed by wall 1 that generates 3206 kilo carbon dioxide (1 m² generates 16 kgCO₂). The result also shows that the largest amount of emissions is created by the

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

production of the new materials, 2181 kilo carbon dioxide (approximately 2/3 of the total carbon dioxide emissions). Where the largest amount of emissions comes from glass wool with 891 kilo carbon dioxide (41 % of the total carbon dioxide from the material production), followed by reinforcement mesh with 364 kilo carbon dioxide (17 % of the total carbon dioxide emissions from material production). Transportation of materials stands for 505 kilo carbon dioxide, slightly less than 1/6 of the total, with key parameters distance, type of vehicle and load utilization. Transportation of labor stands for approximately 537 kilo carbon dioxide slightly more than 1/6 of the total carbon dioxide emissions where the key parameters are number of worked days and type of transportation.

The generated carbon dioxide emissions to build a new 198 square meter wall construction corresponds to the specific energy use for a normal house (198m²) for over 17,9 years. Approximately 36 % of the buildings expected life-span of 50 years.

The result shows that it is important from an environmental point of view to protect constructions from moisture damage. That is because the fact of not needing to premature replace the moisture damaged construction can considerably reduce the environmental impact. Considering how many such facades that are built is it most likely a rather large environmental liability built in this facade type.

Keywords: carbon dioxide emissions, unventilated and undrained, moisture damage, emission values, material declarations

Förord

Detta examensarbete omfattar 15 högskolepoäng och är en avslutande del av högskoleingenjörsutbildningen Byggteknik och Design vid Kungliga Tekniska Högskolan. Examensarbetet har utförts på uppdrag av AK-konsult Indoor Air AB där handledaren varit Anders Kumlin. I efterhand kan vi konstatera att detta arbete har bestått av många framgångar och motgångar. Tack vare viljan att leverera ett värdefullt resultat har motgångarna bemötts på bästa sätt och berikat vår kunskap inom många områden. I allmänhet har arbetet varit mycket lärorikt och inspirerande. Det har även varit mycket tänkvärt i många avseenden, framförallt inom miljöområdet där vår kunskap innan arbetet var knapp.

Vi skulle vilja tacka våra handledare Per Roald och Peter Eklund vid Kungliga Tekniska Högskolan samt Anders Kumlin på AK-konsult för deras stöd och hjälp under arbetets gång. Vi skulle även vilja framföra ett stort tack till Lars-Olof Åkerlind på AK-konsult som förutom svarat på många frågor, också har gett oss värdefull information under arbetets gång.

Stockholm, augusti 2012

Olle Sundström & David Sundström

Innehåll

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Målformulering	1
1.3 Avgränsningar	1
1.4 Lösningsmetoder	2
2. Nulägesbeskrivning	5
3. Teoretisk referensram	7
3.1 Putsad, enstegstätad regelvägg	7
3.1.1 Skadehistoria	7
3.1.2 Inventering av skadeförekomst	9
3.1.3 Antal putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige	10
3.2 Ytterväggens uppbyggnad	11
3.2.1 Varför två val av vindskyddsskivor?	12
3.2.2 Varför två val av fasadputs?	13
3.2.3 Uppbyggnad av de fyra konstruktionstyperna	15
3.2.4 Produktionsprocesser av material	17
3.3 Koldioxid och dess klimatpåverkan	25
3.4 Svensk elmix	27
3.5 Koldioxidutsläpp för enskilda material	28
3.6 Koldioxidutsläpp för transporter	29
3.6.1 Bestämt geografiskt område	29
3.6.2 Avstånd för materialtransporter	29
3.6.3 Beräkningar för transporter av material och arbetskraft	31
3.8 Viktuppgifter för de ingående materialen	35
4. Faktainsamling	37
5. Genomförande	39
6. Analys	41
6.1 Resultat	41
6.2 Analys av resultat	46
6.2.1 Jämförelse av koldioxidutsläpp	47

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

6.3 Osäkerheter i resultat	47
7. Slutsatser.....	49
8. Förslag till fortsatta studier	51
9. Referenslista	53
Bilagor	57

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Under de senare åren har man upptäckt omfattande fuktskador i hus med putsade, enstegstätade regelväggar. Denna typ av väggkonstruktion är uppbyggd enligt följande; utvändigt isolerad med styrencellplats eller styv mineralull direkt mot en yttre skiva av kartongbeklädd gips eller spånskiva. Utanpå isoleringen finns puts. Mot den varma insidan sitter vanligtvis en luft- och ångspärr i form av en polyetenfolie. Denna typ av konstruktion är teoretiskt bra ur fuktsynpunkt. Dock är konstruktionen väldigt känslig för bristfälligt utförda anslutningar och otätheter (t.ex. sprickor i ytputsen) i fasader vilket är den stora anledningen till höga uppmätta fuktvärden. Idag upptäcks ständigt nya fall av fuktskadade enstegstätade putsfasader både i äldre utförda konstruktioner men även i helt nybyggda konstruktioner, av denna typ. Ibland är fuktskadorna så pass omfattande att väggen helt måste bytas ut.

Att byta ut en konstruktion av denna typ i förtid kommer inte bara att kosta ur ekonomisk synpunkt utan även att påverka miljön. Eftersom denna typ av konstruktion är mycket vanligt förekommande och dessutom står för en stor del av de fuktskadade väggkonstruktionerna, kommer detta arbete baseras på denna väggkonstruktion.

Idag finns många studier på hur enskilda material påverkas av olika fuktbelastningar. Det finns även studier gjorda på hur mikrobiell påväxt påverkar människans hälsa. Däremot finns inga studier gjorda på hur miljön påverkas av att behöva byta ut den ovan nämnda väggkonstruktionen helt p.g.a. omfattande fuktskador.

1.2 Målformulering

Målet med detta arbete är att ta fram faktiska värden på hur miljön påverkas av att behöva byta ut en putsad, enstegstätad regelvägg i förtid. Påverkan på miljön kommer att anges i koldioxidutsläpp. Dock kvarstår många andra miljöbelastningar av olika slag men som inte kommer att behandlas i detta arbete. Idag finns ingen sådan information tillgänglig utan det enda man vet är att ett förtida utbyte genererar i extra utsläpp av koldioxid. Detta examensarbete ska kunna användas som underlag och styrka vikten av att fuktsäkerhetsprojektera, då man efter rapportens färdigställande kommer kunna påvisa faktiska värden på hur mycket koldioxidutsläpp ett utbyte av väggkonstruktionen genererar.

1.3 Avgränsningar

Då miljöpåverkan är ett omfattande begrepp kommer detta arbete att begränsas kring de koldioxidutsläpp som utbytet av väggkonstruktionen genererar. Vi vill dock påpeka att miljöpåverkan kan mätas genom många olika sätt och att koldioxidutsläppen inte alls är det största miljöhotet i alla situationer.

Idag utsätts många typer av väggkonstruktioner för olika fuktskador. Dock står putsade, enstegstätade regelväggar för en stor andel av de fuktskadade väggkonstruktionerna. Därför

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad - Orsakad av fuktskador

har vi valt att avgränsa oss till just denna väggtyp. Principiell utformning och material i putsade, enstegstätade regelväggar är följande (från utsida sett):

- Utvändig puts
- Putsbärare av EPS av styv isolering av expanderad polystyren, EPS
- Vindskyddskiva av kartongbeklädd gips
- Träreglar med mellanliggande värmeisolering
- Luft- och ångspärr, ofta PE-folie
- Invändig skiva, ofta gips

Vi kommer att titta på vad ett utbyte av 1m^2 av denna typ av väggkonstruktion genererar för koldioxidutsläpp. Vi kommer att granska koldioxidutsläppen utifrån begreppet "vagga till grind" i största möjliga mån. Med detta menas allt från råvaruutvinning (vagga), transport av råmaterial, tillverkning av produkter, transport fram till byggarbetsplatsen (grind), och byggandet av själva ytterväggskonstruktionen. Med transporter menar vi transporter av material samt transporter till och från bygget för byggarbetarna. För att kunna utföra mer exakta beräkningar kommer vi att bestämma en fiktiv plats för själva utbytet och utifrån den platsen beräkna överslagsmässiga avstånd för byggets transporter. Rivning och återvinning av ytterväggskonstruktionen kommer inte att beaktas i denna studie. Inte heller har koldioxidutsläpp genererade av arbetsmaskiner och transport av byggnadsställning till och från arbetsplatsen beaktats i detta arbete. Framräknade koldioxidutsläpp är därför i realiteten sannolikt högre än vad detta arbete visar.

Figur 1, ger en förklarande bild över studiens systemgräns.



Figur 1. Studiens systemgräns. Källa: <http://ecowise.se/ovriga-tjanster/livscykelanalys> (2012-05-23)

1.4 Lösningsmetoder

Metoderna som legat till grund för insamling av information till examensarbetet var; litteraturstudie av böcker, rapporter och internet. Även flertaliga möten och samtal med kunniga personer inom miljöområdet och materialtillverkning har varit en viktig del i insamlandet av information. För att kunna genomföra beräkningar på hur mycket

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

koldioxidutsläpp respektive konstruktionstyp genererar, har uppgifter hämtats huvudsakligen från byggvarudeklarationer, samtal med miljöansvariga på olika företag och internet. Som hjälp för att hitta byggvarudeklarationer har materialdatabasen *Byggvarubedömningen* använts samt olika tillverkares hemsidor. I största möjliga mån har alla insamlade uppgifter hämtats från uppdaterade källor. I de fall där uppdaterade källor saknas har uppgifterna istället noggrant granskats innan de används vid beräkningar. Detta för att säkerhetsställa rimliga och pålitliga resultat. Samtliga beräkningar har genomförts på egen hand med hjälp av hämtade formler. Anledningen till att inga datorbaserade beräkningsprogram har används är för att bakomliggande information kring dessa var svår att få tag i.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad

- Orsakad av fuktskador

2. Nulägesbeskrivning

Detta arbete har genomförts tillsammans med företaget AK-konsult indoor Air AB. AK-konsult indoor Air AB är ett av Sveriges ledande konsultföretag inom fukt och inomhusmiljö. De är specialiserade på skadeutredningar, projektering och mätuppdrag för att skapa en bättre inomhusmiljö för fastighetsägare. De arbetar med både förebyggande arbete och åtgärder när en skada redan har uppstått. Rent ekonomiskt är det i projekteringsstadiet viktigt att genomföra en god fuktsäkerhetsprojektering. Detta för att redan i projekteringsstadiet identifiera eventuella riskkonstruktioner ur fuktsynpunkt, och på så sätt slippa förtida renoveringar¹.

För att styrka vikten av att fuktsäkerhetsprojektera har AK-konsult indoor AB uttryckt ett intresse av ett arbete av detta slag. Idag finns kunskap om hur olika material påverkas av fuktbelastning, och hur fukt kan leda till mikrobiell tillväxt som i sin tur påverkar inomhusklimatet. Om en konstruktion måste bytas/renoveras i förtid pga. att delar av eller hela konstruktionen fuktskadats kommer detta givetvis att resultera i en ökad miljöbelastning, jämfört med om konstruktionen fått stå sin tänkta livslängd.

Idén till detta arbete kommer från Anders Kumlin som är grundare av företaget AK-konsult indoor Air AB. Anders Kumlin har mer än 20 års erfarenheter av fukt och inomhusmiljöproblem och är ofta en anlitad föreläsare². Det var genom en av hans kurser vid KTH som vi fick kontakt med honom och därigenom idén till detta arbete. Anders har varit vår handledare från företagets sida. Från KTH har vi haft Peter Eklund som handledare.

¹ <http://akkonsult.com/om-ak> (2012-04-17)

² <http://akkonsult.com/kontakt/stockholm/anders-kumlin> (2012-04-17)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

3. Teoretisk referensram

I detta kapitel presenteras all nödvändig fakta för att kunna lösa uppgiften. Även sådan information som är viktig att känna till för att få en ökad förståelse kring miljöbelastning beskrivs. Hur är en putsad, enstegstätad regelvägg vanligtvis uppbyggd och hur säker är den ur fuktsynpunkt? Hur många väggar av denna typ finns det idag? Vilka processer är det som ligger bakom de framtagna emissionsvärdena för materialtillverkning? Dessa frågor, tillsammans med många fler, besvaras i detta kapitel.

3.1 Putsad, enstegstätad regelvägg

En putsad, enstegstätad regelvägg är idag en mycket vanligt förekommande väggkonstruktion. Denna konstruktion bygger på enstegsprincipen som innebär att det yttre skiktet på fasaden ensamt måste fungera både som regn- och vindskydd. På detta yttre skikt ställs det stora krav på vad gäller täthet, då otätheter i det yttre skiktet kan medföra att fukt kan tränga in i konstruktionen. Det behövs inte några större sprickor eller andra otätheter för att stora mängder vatten ska kunna läcka in i konstruktionen.

Dagens väggkonstruktioner är mer välisolerade än vad de var förr. Detta medför att det högre isolervärdet försämrar drivkraften för uttorkning av vatten som läckt in i väggen³. Utan inläckage av vatten och med en tät ångspärr blir det i princip ingen ånghaltsskillnad utomhus gentemot väggkonstruktionen. Har det läckt in vatten i väggen blir ånghalten högre där, varvid man får en drivkraft för diffusiv uttorkning. Uttorkningshastigheten blir då beroende av temperaturen, beroende på att fysikalisk kemiska processer ökar med ökad temperatur. En välisolerad vägg blir kallare i sin yttre del, vilket medför långsammare uttorkning. I princip kan man säga att det är energiflödet genom väggen som avgör uttorkningshastigheten – högre energiflöde ger högre uttorkningshastighet. Ånghaltsskillnaden är den faktor som är drivkraften för diffusion. Vintertid är ånghalten låg utomhus även fast RF är högt. Det innebär att en uppfuktad vägg teoretisk torkar fortare vintertid än på sommaren. Begränsningen blir då temperaturen i den välisolerade väggkonstruktionen⁴.

3.1.1 Skadehistoria

Tekniken att putsa direkt på isolering kommer ursprungligen från Tyskland på 1950- och 1960-talet. Den nya tekniken var ett bra sätt att använda sig av vid tilläggsisolering i befintliga hus. Under 1970-talet då energikrisen drabbade Sverige behövde man spara energi, och därigenom började man tillämpa denna teknik på många hus uppförda av lättbetong och tegel. På 1980-talet började man i Sverige även att använda putssystem på regelväggar vid nybyggnation. Dock är det inte förrän de senaste 5-6 åren som man har börjat upptäcka omfattande skador i byggnader med putsade enstegstätade regelväggar. Framförallt är det den enstegstätade regelväggens yttre kartongbeklädda gipsskiva,

³ SP rapport 2011:61, Anders Jansson

⁴ Lars-Olof Åkerlind, konsult, AK-Konsult Indoor Air AB

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

kryssfanerskivan eller spånskivan som man upptäckt väldigt högt fuktinnehåll i, samt påväxt av bakterier och mögel⁵.

Under 2000-talet blev det väldigt populärt att bygga putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige och antalet konstruktioner av detta system ökade kraftigt. Kunskapen om utförandet var dock till stor del bristfällig vilket har lett till att många av de då uppförda konstruktionerna har påvisats fuktskadade. Bristfälligt utförda anslutningar t.ex. plåtanslutningar vid fönster och dörrar, infästningar av stuprör, skyltar eller markiser, är en stor anledning till att regnvatten kunnat läcka in i konstruktionen. Dagens byggnader utförs också med betydligt tjockare isolering vilket medför att den yttre kartongbeklädda gipsskivan, kryssfanerskivan eller spånskivans ånghalt, inte skiljer sig mycket från utomhusluftens ånghalt. Detta leder till att uttorkning av inläkt vatten kan bli mycket långsam. Inläckaget sker i form av vatten medan uttorkningen måste ske genom diffusion. Redan detta innebär en negativ balans mellan inläckage och uttorkning då diffusion är en mycket långsam transportmekanism. Det kan också ta lång tid innan man upptäcker fuktskador i ytterväggar. Påväxt av bakterier och mögel kan därigenom få fortlöpa under en längre tid innan vi människor normalt reagerar.⁶

⁵ SP rapport 2011:61, Anders Jansson

⁶ Lars-Olof Åkerlind, konsult, AK-Konsult Indoor Air AB

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

3.1.2 Inventering av skadeförekomst

SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) har i samband med sin utredning om fuktskadade enstegstätade regelväggar genomfört inventeringar av den huvudsakliga skadeorsaken i ett slumpmässigt urval av fuktskadade byggnader. Fuktskador har upptäckts i byggnader från alla väderstreck som har sin plats i östra, västra samt södra Sverige, dock inte i norra Sverige⁷.

Resultat från skadeinventeringarna på de slumpmässiga urvalen av fuktskadade byggnader kan utläsas ur tabell 1 nedan.

Huvudsaklig skadeorsak	Antal byggnader	%
Inläckage vid fönster	230	28
Fönstret har läckt	2	0
Läckage där fogband saknas	21	3
Otätt vid fönsterbleck	232	29
Otätt vid dörranslutning	292	36
Skärmtak	109	13
Balkonginfästning	121	15
Infästning för markis	209	26
Läckage genom puts och isolerskarvar vid hörn	54	7
Läckage genom puts och isolering mitt på väggytan	96	12
Otätt vid plåtdetaljer	95	12
Ej utfört enligt monteringsansviningar	41	5
Övrigt. Otätt vid elgenomföring, altan, elskåp, stuprörsinfästning, takstege, takanslutning	201	25

Tabell 1. Huvudsaklig skadeorsak. Källa: <http://www.sbuf.se/documents/09-12.pdf>

Här i figur 2 ges en överblick på känsliga punkter i en byggnad med enstegstätad putsfasad.

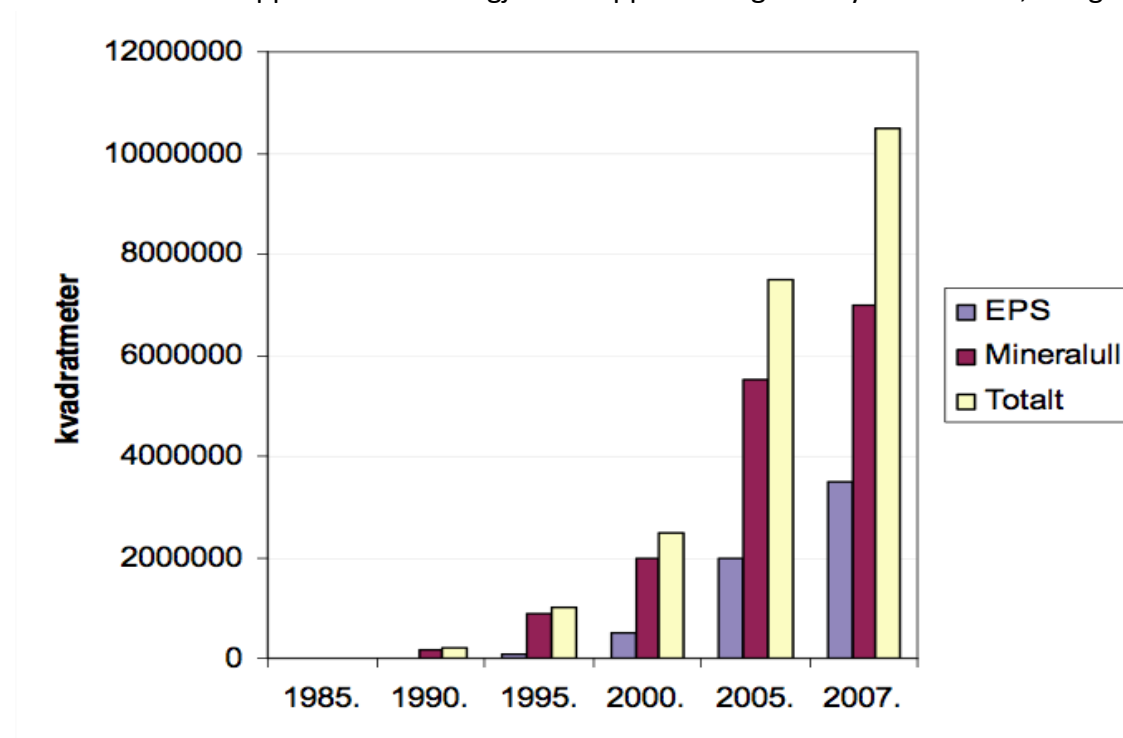


Figur 2. Känsliga punkter. Agneta Olsson-Jonsson, SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut). Ur SP Rapport 2009:16

⁷ SBUF. Putsade regelväggar – slutrapport augusti 2009. Nr 09:12.

3.1.3 Antal putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige

Utbredningen av tekniken med enstegstätade regelväggar är svår att få något exakt antal på. Dock har SP i sin rapport SP 2009:16 gjort en uppskattning av volymbeståndet, se figur 3.



Figur 3. Uppskattning av antal kvadratmeter nyproduktion av putsade, enstegstätade regelväggar i Sverige.
Källa: SP rapport 2009:16, Anders Jansson

Enligt rapporten har volymen av nyproducerade enstegstätade regelväggar fram till och med 2007 uppskattats till ca 10,5 miljoner m². Vidare har även ett genomsnittligt småhus uppskattats ha ca 160 m² väggyta och ett flerbostadshus ca 1300 m² väggyta. Dessutom har antalet småhus med denna väggkonstruktion uppskattats till 60-80% och flerbostadshus således till 20-40%. Utifrån dessa antaganden har det totala antalet byggnader kunnat räknas ut, se tabell 2. I dessa beräkningar har alla hus som är uppförda med putsade, enstegstätade regelväggar antagits vara bostadshus, men det förekommer givetvis även kontorshus med denna konstruktion och hur många kontorshus det rör sig om är oklart.

	Totalt
Småhus	10 000 – 22 000
Flerbostadshus	5 000 – 7 000
Totalt	15 000 – 30 000

Tabell 2. Uppskattning av antal byggnader med putsade, enstegstätade regelväggar. Källa: SP rapport 2009:16, Anders Jansson.

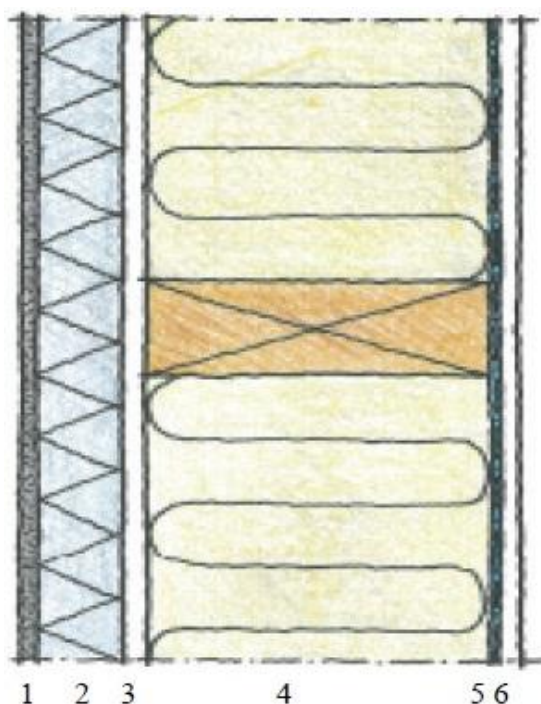
Det är även viktigt att poängtera att dessa siffror som tagits fram inte alls är några exakta värden utan mer en uppskattning. Detta för att få en uppfattning om hur många byggnader det rör sig om i Sverige⁸.

⁸ SP Rapport 2009:16, Anders Jansson

3.2 Ytterväggens uppbyggnad

Här ges en förklaring av den putsade, enstegstätade regelväggens uppbyggnad. För beräkningar av hur stora mängder koldioxid ett utbyte av denna ytterväggskonstruktion genererar, krävs det bl.a. att alla olika ingående material bestäms med avseende på specifikt varumärke och volym. Vissa delar av ytterväggskonstruktionen kommer även att studeras genom två olika typer av materialval som båda idag är vanligt, eller blir allt mer vanligt förekommande. De delar i ytterväggen som kommer att studeras utifrån två olika val är putsen och vindskivan. För putsen kommer både tunn- och tjockputs att granskas. För vindskivan kommer en kartongbeklädd gipsskiva och en glasfiberarmerad skiva att granskas.

Utformning av den putsade, enstegstätade regelväggen



Figur 4. Utformning och material i putsade, enstegstätade regelväggar. Källa: SP rapport 2011:61, Anders Jansson

Den putsade, enstegstätade regelväggen som kommer att studeras är uppbyggd enligt följande:

Skikt	Material	Varunamn	Tillverkare
1	Tjockputs	Weber.therm 342 fasadbruk	Weber
1	Tunnputs	Weber.therm 261 putsbruk EF	Weber
2	Putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS	EPS (Expanderad polystyren)	Cellplast Direkt
3	Vindskyddsskiva av gips	Gyproc GU 9	Gyproc AB
3	Vindskyddsskiva av glasroc	Glasroc H Storm	Gyproc AB
4	Träreglar <i>med mellanliggande</i> Mineralull	Konstruktionsvirke Isover glasull	Södra Timber Saint-Gobain Isover AB
5	Luft- och ångspärr	RaniMoBar	Ab Rani Plast Oy
6	Invändig gipsskiva	Gyproc Normal	Gyproc AB

Tabell 3. Bestämning av skikt med avseende på specifikt material, varunamn och tillverkare.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Anledningen till att den putsade, enstegstätade regelväggen preciseras med bestämda material och tillverkare, är för att beräkningar av koldioxidutsläpp vid nyproduktion ska kunna genomföras. Andel koldioxidutsläpp som varje material genererar beror givetvis på vad varje material består av och hur man går tillväga när materialet tillverkas. Detta kan skilja något mellan olika tillverkare och deras produkter.

För beräkning av koldioxidutsläpp från transporter av material mellan tillverkningsenheter och fiktiv plats, måste även tillverkningsenheternas belägenhet bestämmas. Där av preciseras varje material i den putsade, enstegstätade regelväggen med sitt specifika varunamn och dess tillverkare.

I den putsade, enstegstätade regelväggen ingår även olika stålprofiler samt underlagsbruk för tunn- och tjockputsen. Dessa beskrivs inte i tabell 3, men behandlas i kapitel 3.2.3 "Uppbyggnad av de fyra konstruktionstyperna".

3.2.1 Varför två val av vindskyddsskivor?

Som beskrivs i kapitel 3.2 kommer ytterväggskonstruktionen bl.a. studeras utifrån två olika val av vindskyddsskivor. Den ena produkten som har valts att studeras är Glasroc H Storm, som tillverkas av Gyproc AB. Det är en glasfiberarmerad kompositskiva som blir alltmer vanlig inom byggbranschen för användning som vindskyddsskiva. Skivan är uppbyggd på ett sådant sätt att den har glasfibermattor inbäddade i ytorna med en kärna av impregnerad och glasfiberarmerad gips. Skivans yta består av en vattenavvisande och UV-skyddande ytbeläggning. Anledningen till att glasfiberarmerade vindskyddsskivor blir alltmer vanligt förekommande inom branschen är tack vare dess förlängda exponeringstid på 12 månader. Med exponeringstid menas tiden skivan kan sitta på ytterväggen utan fasadbeklädnad och därmed utsättas för väder och vind. Detta minskar alltså risken för mögelrelaterade skador under bygg- och bruksskedet⁹.

Den andra produkten som valts att studeras är Gyproc GU 9, som också tillverkas av Gyproc AB. Denna typ av vindskyddsskiva är idag mer vanlig än den glasfiberarmerade sorten. Skivan består av en impregnerad kärna av gips och armerad med vattenavvisande kartong som ytskikt. Denna skiva har en exponeringstid på 1 månad, vilket är långt ifrån exponeringstider för Glasroc H Storm. Därav har denna skiva betydligt högre risk att utsättas för mögelrelaterade skador under bygg- och bruksskedet¹⁰.

Nämnvärt är att Glasroc H Storm är ca dubbelt så dyr som Gyproc GU 9¹¹.

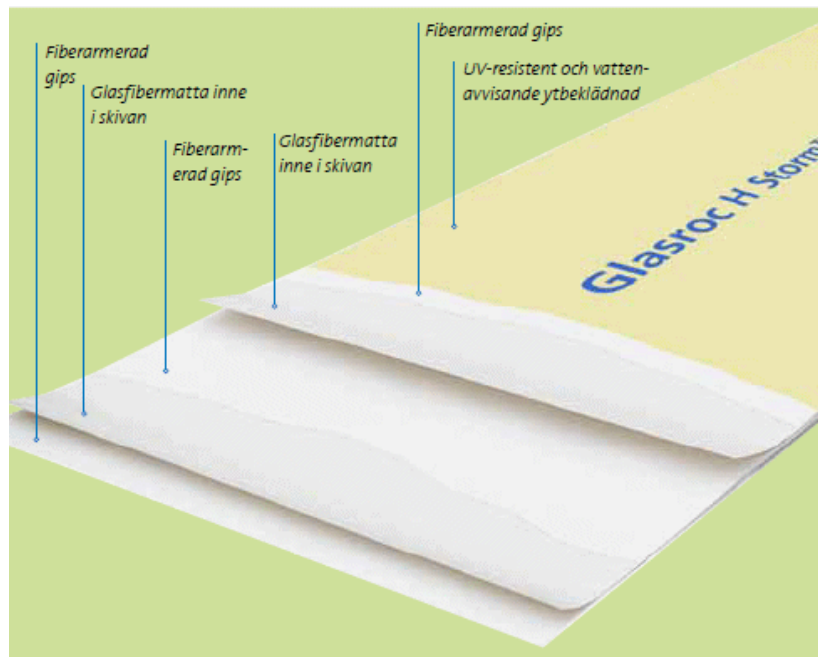
I figur 5 och 6 illustreras uppbyggnaden av de båda valen av vindskyddsskivorna.

⁹ Produktdatablad Glasroc H Storm, dec 2011 – Vindskyddsskiva. Gyproc AB

¹⁰ Produktdatablad Gyproc GU 9, sep 2008 – Vindskydd. Gyproc AB

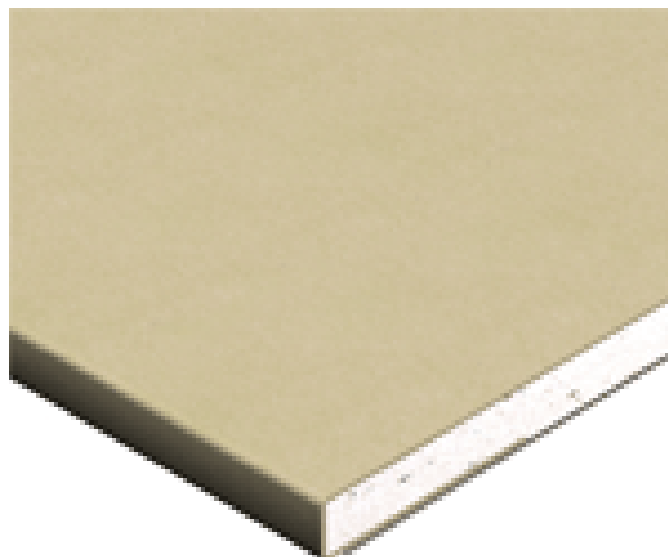
¹¹ Elin Holmberg, Technical Engineer. SG Gyproc Sverige

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador



Figur 5. Uppbyggnad av Glasroc H Storm. Källa:

<http://www.gyproc.se/produkter/glasroc+kompositsskivor/vindskyddskompositsskivor/produktinformation> (2012-07-10)



Figur 6. Uppbyggnad av Gyproc GU 9. Källa:

<http://www.gyproc.se/produkter/gyproc+gipsskivor/vindskyddsgipsskivor/vindskyddsgipsskivor> (2012-07-10)

3.2.2 Varför två val av fasadputs?

Idag är fasadputs av både tunnputs och tjockputs mycket vanligt förekommande. Därför kommer båda putstyperna att studeras i detta arbete.

I fuktsammanhang kan man skilja mellan tjockputs och tunnputs. Tjockputs byggs vanligen upp av flera lager, grundning, grovputs och ytputs. Vanligast är att man använder sig av KC-bruk och tjockleken blir ca 20 mm. När slagregn träffar en fasad med tjockputs av KC-bruk börjar vattnet sugas in i putsen, s.k. kapillärsugning. Denna kapillärsugning sker vanligtvis långsamt och beror på porositeten hos bruket. Långsamt bildas en vattenfilm på putsen. Beroende på den kapillära sugkraften hos underlaget kan vattnet fortsätta sugas in i väggen. Om underlaget är mer grovporöst än ytputsen kommer vattnet sugas in i underlaget under

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

tiden regnet pågår. När regnet sedan upphör kommer vattnet börja sugas kapillärt tillbaka till ytputsen. En fasadputs av tunnputs byggs i regel upp av oorganiska eller organiska bindemedlen med tillsatser för vattenavvisning som bildar en tjocklek på ca 10 mm. När tunnputs putsas direkt mot värmeisolering ställs större krav på att putsen ska klara tätheten mot slagregn. Vidare medför detta att vid ett slagregn kommer stora delar av vattnet rinna utefter väggen. Skulle sprickor eller andra otätheter finnas i väggen kommer stora mängder vatten istället ta sig in den vägen och leda till stora lokala inläckage.

Fukthandboken av L-E Nevander och B Elmarsson ger rådet att "tjockputs väljs i allmänhet". Detta är därför intressant att ha i åtanke vid vidare koldioxidutsläppsberäkningar för tjockputs och tunnputs¹².

¹² Fukthandboken. Praktik och teori. Utgåva 3, Lars-Erik Nevander och Bengt Elmarsson (2006)

3.2.3 Uppbyggnad av de fyra konstruktionstyperna

Den putsade, enstegstätade regelväggen kommer att studeras utifrån fyra olika konstruktionstyper. Skillnaden mellan de olika konstruktionstyperna är materialvalet av putsen och vindskyddskivorna. Båda valen av putsen är tillverkade av Weber och båda valen av vindskyddskivorna är tillverkade av Gyproc AB.

Uppbyggnaderna utav konstruktionstyperna preciseras i tabell 4-7 nedan och namnges som vägg 1-4.

Vägg 1. "Tjockputs + vindskyddsskiva av gips"

Skikt	Tjocklek (mm)	Material	Varunamn
1	10	Fasadbruk	Weber.therm 342 fasadbruk
	10	Underlagsbruk	Weber.therm 340 underlagsbruk
		Armeringsnät	Weber 323 nät
2	80	Putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS	EPS (Expanderad polystyren)
3	9,5	Vindskyddsskiva av gips	Gyproc GU 9
4	45 x 180 c600	Träreglar med mellanliggande Mineralull	Konstruktionsvirke Isover glasull
5	0,2	PE-folie	RaniMoBar
6	13	Invändig gipsskiva	Gyproc Normal
Övrigt		Stålprofiler	Stålprofil, EPT 600, L=625
			T-kortling

Tabell 4. Vägg 1 med tjockputs och vindskyddsskiva av gips.

Vägg 2. "Tjockputs + vindskyddsskiva av glasroc"

Skikt	Tjocklek (mm)	Material	Varunamn
1	10	Fasadbruk	Weber.therm 342 fasadbruk
	10	Underlagsbruk	Weber.therm 340 underlagsbruk
		Armeringsnät	Weber 323 nät
2	80	Putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS	EPS (Expanderad polystyren)
3	9,5	Vindskyddsskiva av glasroc	Glasroc H Storm
4	45 x 180 c600	Träreglar med mellanliggande Mineralull	Konstruktionsvirke Isover glasull
5	0,2	PE-folie	RaniMoBar
6	13	Invändig gipsskiva	Gyproc Normal
Övrigt		Stålprofiler	Stålprofil, EPT 600, L=625
			T-kortling

Tabell 5. Vägg 2 med tjockputs och vindskyddsskiva av glasroc.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Vägg 3. "Tunnputs + vindsyddsskiva av gips"

Skikt	Tjocklek (mm)	Material	Varunamn
1	6	Fasadbruk	Weber.therm 261 putsbruk EF
	4	Underlagsbruk	Weber.therm 261 putsbruk EF
		Armeringsnät	Weber 323 nät
2	80	Putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS	EPS (Expanderad polystyren)
3	9,5	Vindsyddsskiva av gips	Gyproc GU 9
4	45 x 180 c600	Träreglar med mellanliggande Mineralull	Konstruktionsvirke
			Isover glasull
5	0,2	PE-folie	RaniMoBar
6	13	Invändig gipsskiva	Gyproc Normal
Övrigt		Stålprofiler	Stålprofil, EPT 600, L=625
			T-kortling

Tabell 6. Vägg 3 med tunnputs och vindsyddsskiva av gips.

Vägg 4. "Tunnputs + vindsyddsskiva av glasroc"

Skikt	Tjocklek (mm)	Material	Varunamn
1	6	Fasadbruk	Weber.therm 261 putsbruk EF
	4	Underlagsbruk	Weber.therm 261 putsbruk EF
		Armeringsnät	Weber 323 nät
2	80	Putsbärare av styv isolering av expanderad polystyren, EPS	EPS (Expanderad polystyren)
3	9,5	Vindsyddsskiva av glasroc	Glasroc H Storm
4	45 x 180 c600	Träreglar med mellanliggande Mineralull	Konstruktionsvirke
			Isover glasull
5	0,2	PE-folie	RaniMoBar
6	13	Invändig gipsskiva	Gyproc Normal
Övrigt		Stålprofiler	Stålprofil, EPT 600, L=625
			T-kortling

Tabell 7. Vägg 4 med tunnputs och vindsyddsskiva av glasroc.

Rödmarkerade material är material som varierar mellan konstruktionerna.

3.2.4 Produktionsprocesser av material

För att kunna bestämma hur mycket koldioxid varje material genererar kommer schablonvärden att användas. Dessa schablonvärden berättar hur mycket koldioxidutsläpp i kilo varje tillverkat material ger upphov till per kg, ton eller m³. I vissa fall där schablonvärden saknas kommer istället mängden energi som åtgått för att tillverka en viss materialmängd att användas. Då undersöks istället hur mycket koldioxidutsläpp som den åtgångna energimängden genererar vid framställning av materialet. Detta görs genom att använda begreppet Svensk elmix (se kapitel 3.4 Svensk elmix).

För att kunna göra sig införstådd vad dessa schablonvärden och åtgångna energimängder baseras på, är det viktigt att känna till hur ytterväggskonstruktionens ingående materials produktionsprocesser går till. Då en del av materialen i ytterväggskonstruktionen är väldigt lika och därigenom har nästan samma schablonvärden, kommer deras produktionsprocesser sammanfattas som en och samma. Produktionsprocesserna skiljer sig givetvis från specifika produkter och beskrivs endast övergripligt.

Gipsskivor

Det viktigaste användningsområdet för gips i Sverige är gipsskivor. Dessa används vanligast till invändig beklädnad av tak- och väggytor. Gipsskivor förekommer även inne i konstruktioner som t.ex. vindskyddskivor i ytterväggar där det ställs högre krav på gipsskivans resistans mot fukt. Då tillverkas istället s.k. hydrofoberade skivor. Gipsskivorna är i allmänhet utformade med en kärna av gips, som är beklädda med en pappkartong på både ytor¹³. Tillverkning av gipsskivorna börjar med att gipsråvaran genomgår en kalcineringsprocess. Kalcineringsprocessen innebär att gipsråvaran genomgår bränning varvid det kristallbundna vattnet, s.k. kristallvattnet, drivs ut som vattenånga. Beroende på hur mycket gipsråvaran genomgår bränning skapas olika produkter utefter hur mycket kristallvatten som finns kvar. Råprodukten som sedan kvarstår blandas med gips, vatten och tillsatser och blir till en tjockflytande gipsmassa. Tillsatser som används är bl.a. stärkelse för att binda kartongen till gipsmassan och skum för att göra massan porös. Den tjockflytande gipsmassan omsluts sedan av pappkartong samtidigt som den passerar ett formningsmunstycke, som formger gipsmassan till en bestämd tjocklek. Gipsskivorna åker sedan genom en ugn där de långsamt härddas. Efter härddningen kontrolleras de färdiga gipsskivornas kvalité, varefter de beskärs till önskat slutmått och staplas i paket¹⁴.

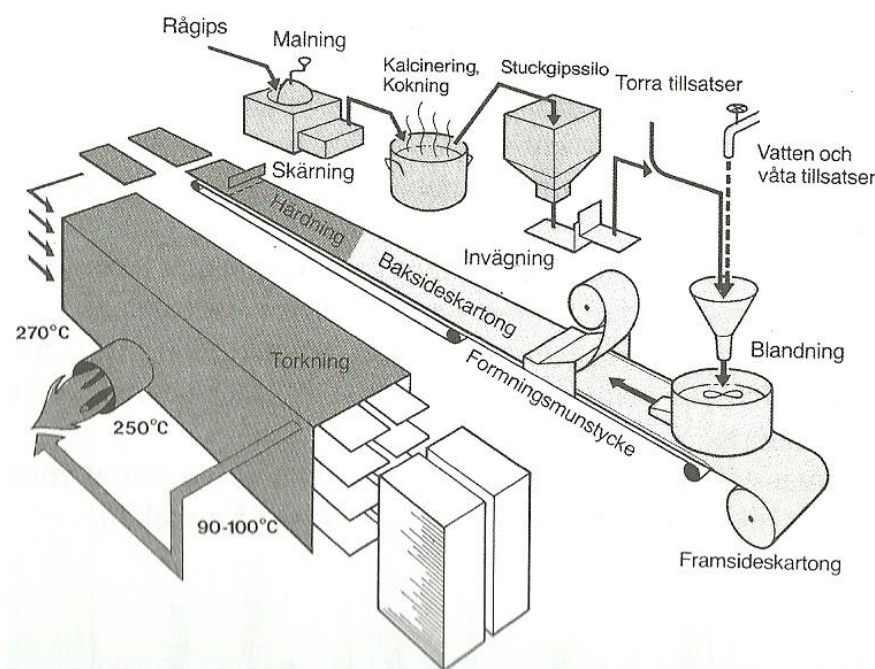
Figur 7 beskriver översiktligt principen för tillverkning av gipsskivor. Detta kan skilja sig något beroende på tillvägagångssättet, som kan variera något för olika fabrikat.

¹³ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

¹⁴

<http://www.gyproc.se/om+gyproc/h%C3%A5llbar+milj%C3%B6/h%C3%A5llbar+produktion>
(2012-05-23)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad - Orsakad av fuktskador



Figur 7. Principen för tillverkning av gipsskivor. Källa: Burström P.G (2007).

Luft- och ångspärr av polyeten

Idag tillverkas nästan alltid luft- och ångspärrar av termoplasten polyeten (PE), då de har ett stort ånggenomgångsmotstånd på $>2000 \cdot 10^3$ s/m. Det finns två olika varianter av polyeten, LDPE (*Low Density Poly Ethene*) och HDPE (*High Density Poly Ethene*). LDPE är ett mjukare material och är det som används för framställning av ångspärrar till byggnader. Plasten LDPE tillverkas genom att kracka¹⁵ petroleumdestillat till små etenmolekyler som sedan utsätts för högt tryck. Det höga trycket medför att etenmolekylerna får hög energi och rör sig mycket. Etenmolekylerna sammanbinds sedan till långa kedjor av polyeten som är rikt förgrenade, och tack vare etenmolekylernas höga energimängd, inte kan lägg sig nära varandra. Detta medför att LDPE blir ett mjukt material som lämpar sig väl som luft- och ångspärrar¹⁶.

Mineralull

Mineralull är ett sammanfattande begrepp för isoleringsmaterialen glasull och stenull. Dessa tillverkas som lösull, mattor eller skivor. Stenull tillverkas genom att i huvudsak använda råvaran diabas. Vid tillverkning av glassull används huvudsakligen sand (SiO_2) och glaskross istället. Stenullsråvaran smälts i ca 1600°C tillsammans med koks och glassullsråvaran smälts i ca 1400°C . Smältan rinner sedan ut över ett roterande spinnhjul. Spinnhjulet slungar ut smältan genom många små hål, som formger denna till tunna trådar. På dessa trådar sprutas ett bindemedel som sedan härdas när mineralullen passerar en ugn. För att göra mineralullen hanterbar tillsätts även små mängder fenolharts. Även små mängder

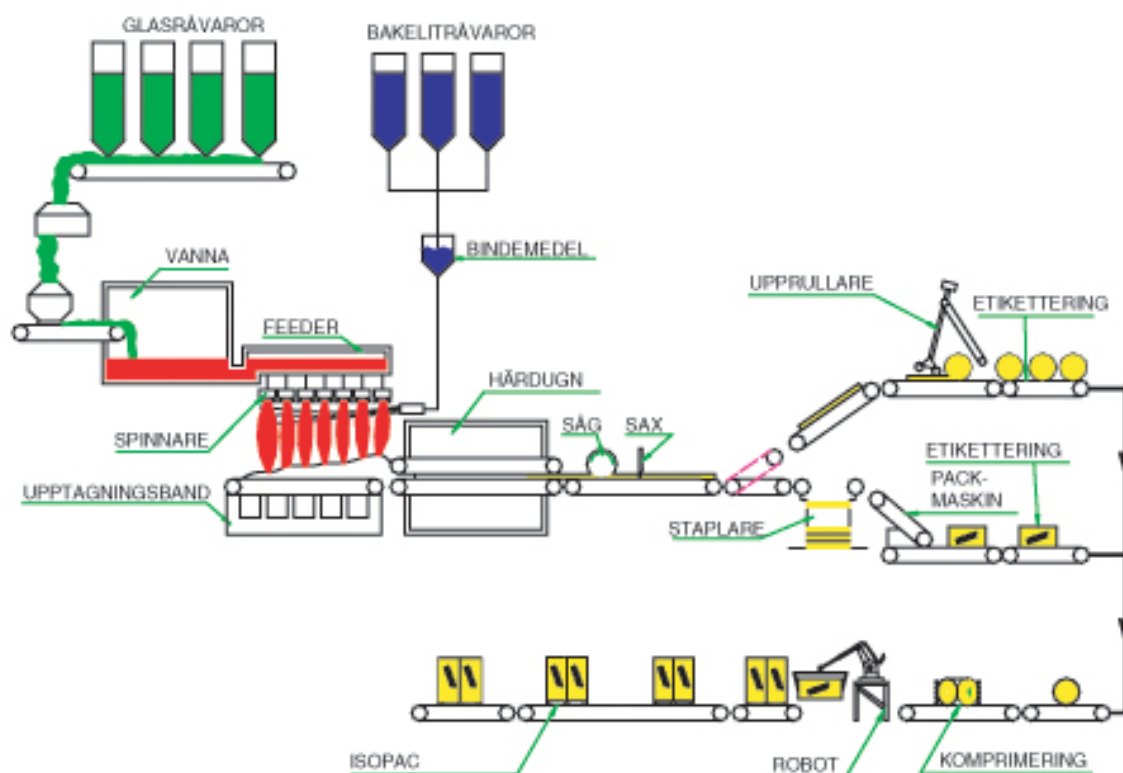
¹⁵ "Splittra", "slå sönder"

¹⁶ <http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/polyeten.htm> (2012-06-02)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

mineralolja tillsätts för att minimera mineralullens dammavgivning och ge den vattenavvisande egenskaper¹⁷. Efter att mineralullen har härdats kapas den till önskat slutmått. Kapningen kan ske på olika sätt beroende på vilken mineralullsprodukt som produceras. Vanligast användas vattenskärning för kapning, men för vissa specialprodukter används roterande sågar. Beroende på olika produkter belägger man ibland isoleringen med ett ytskikt av t.ex. papper, innan den kapas till önskat slutmått¹⁸.

Figur 8 beskriver översiktligt hur tillverkningen av isoleringsmaterialet glasull går till. Anledningen till att endast tillverkningsprocessen för glasull redovisas, beror på att enbart glasull studeras i detta arbete.



Figur 8. Principen för tillverkning av glasull. Källa: <http://www.isover.se/om+isover/glasullsprocessen> (2012-05-24)

Trä

Trä är idag det material i Sverige som har de äldsta traditionerna. Inom byggindustrin har trä alltid haft en stor betydelse och plats, då det kan användas för de mesta ändmålen. Av den skog som avverkas idag går ca 51 % till sågverken, 40 % till massaindustrin och 9 % till övrigt. Enligt "Att välja trä" Skogsindustrierna, Stockholm, uppgick år 2002 den totala virkesproduktionen, fördelad på 2000 sågverk till ca 17 miljoner m³ sågat virke av framförallt gran och furu. Av de avverkade träden som kommer till sågverken blir ca 50 % av stockens

¹⁷ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

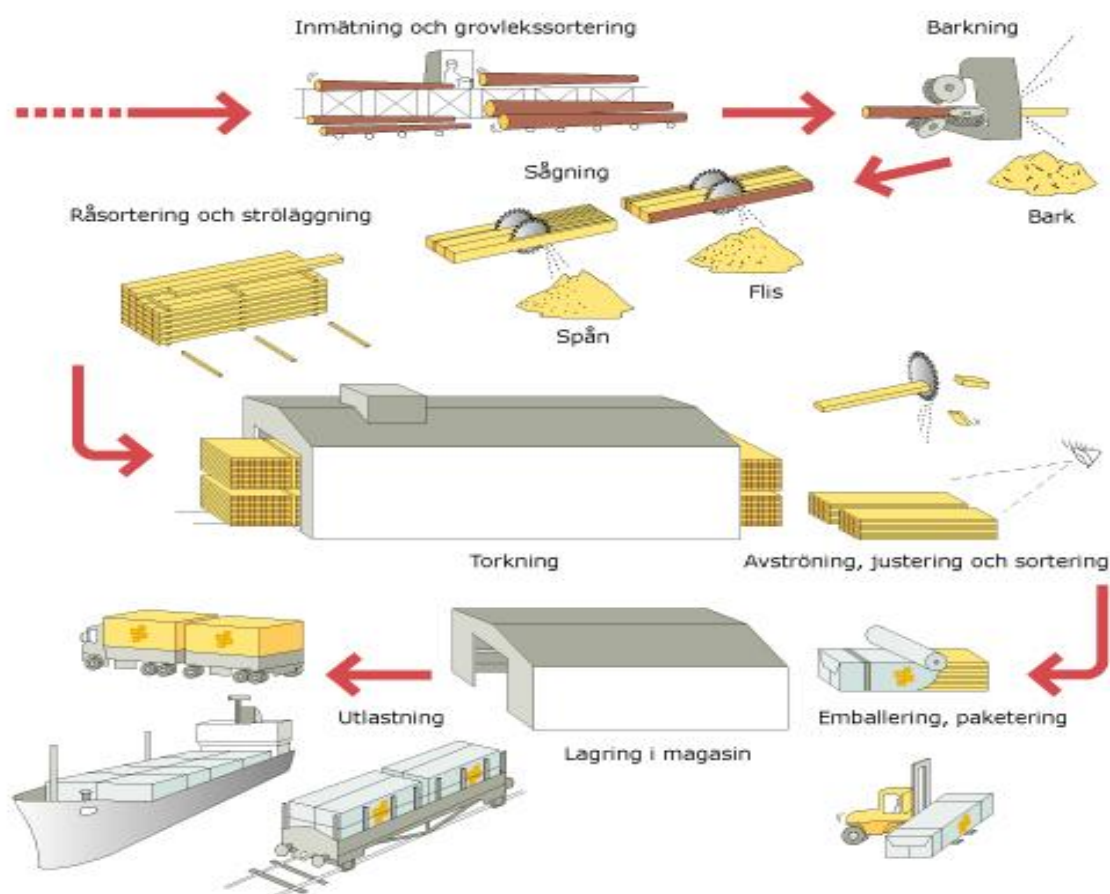
¹⁸ <http://www.isover.se/produkter/vad+%C3%A4r+mineralull-c7-> (2012-05-24)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

volym till sågat virke. Det som sedan blir kvar blir spån, flis och bark som sedan köps upp av massaindustrin och träskiveindustrin¹⁹.

Efter slutavverkning transporteras alla timmerstockar i timmerbilar till de olika sågverken. I sågverken mäts och sorteras sedan timret, och delas därefter in i dimensionsklasser. Därefter förs timret in i en rotormaskin med ett s.k. eggverktyg där det barkas. Rotstockarna kan tack vare sina rotansvällningar eller kraftiga rotben blir svåra att sönderdela. Därför får dessa passera en rotreducerare för att underlätta sönderdelningen. Sedan sågas stockarna itu till önskade dimensioner som plankor och brädor. När stockarna enbart behandlas med såg brukar dessa delas in i kategorin "sågat virke", som har grövre ytor. Sedan torkas och justeras plankorna och brädorna, innan de paketeras och transporteras ut till kunderna i Sverige och exportmarknaden²⁰.

Figur 9 ger en bild av hur en stocks väg genom sågverkverket ser ut. Från att den mäts in till att den sedan transporteras ut till Sverige och exportmarknaden.



Figur 9. En stocks väg i sågverket. Källa: <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1136&contextPag> (2012-05-24)

¹⁹ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

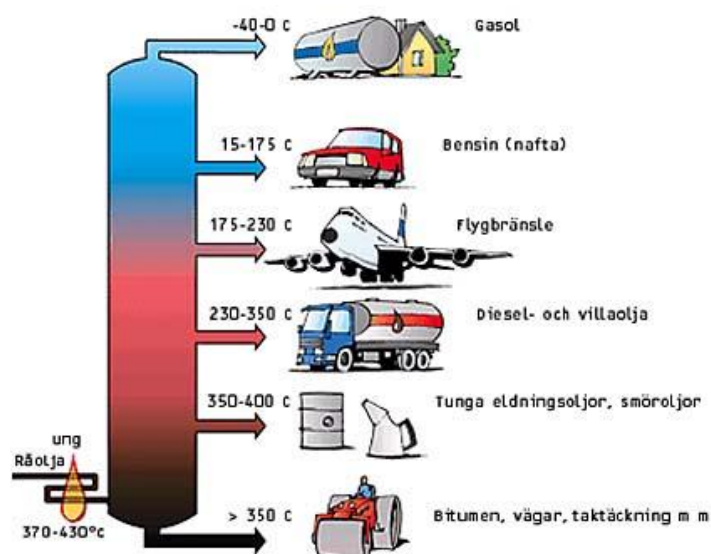
²⁰ <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1136&contextPag> (2012-05-24)

Cellplast av expanderad polystyren

Cellplast är ett isoleringsmaterial av expanderad plast och består till ca 98 % av porer. Den resterande delen består av *polystyren* som kommer från råmaterialet råolja. Detta system av porer kan antingen vara öppna eller slutna, beroende på cellplastens önskade egenskap. För att skapa ett ljudabsorberande material krävs ett system med öppna porer. Vill man istället skapa ett material som ur värmeisolerings- och fuktsynpunkt är bra, är det lämpligt att porsystemet är slutet. De slutna porerna kan fyllas med luft eller någon annan gas t.ex. koldioxid, som har dålig värmeledningsförmåga. Då putsbäraren av cellplast i detta arbete är av typen *expanderad polystyren* (EPS) kommer endast tillverkning av denna produkt beskrivas. Det ska dock nämnas det finns flera olika cellplaster av typen *polystyrencellplast* ss. *extruderad polystyren* (XPS)²¹.

Som tidigare nämnt används råmaterialet råolja för framställning av *styren* som sedan blir till *polystyren*. Råoljan utvinns på land eller ute till havs. Därefter transporteras råoljan till raffinaderier där den genomgår olika raffineringsprocesser. Under raffineringsprocessen hettas råoljan upp till olika temperaturer beroende på vilken produkt som ska framställas²².

En principskiss för hur oljeraffinaderier fungerar visas i figur 10.



Figur 10. Principskiss för hur oljeraffinaderier fungerar. Källa: <http://skoltips.wordpress.com/2008/03/08/petroleum/> (2012-06-02)

Expanderad polystyren (EPS) tillverkas genom att polystyrenpärlor hettas upp med hjälp av ånga och expanderas då till cellplastkulor. Cellplastkulorna appliceras sedan i en form där de smälts ihop under hög värme och tryck. Sedan får smältmassan stelna under en tid och bildar därefter en skiva med stora mängder porslutna cellplastkulor²³.

²¹ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

²² <http://skoltips.wordpress.com/2008/03/08/petroleum/> (2012-05-25)

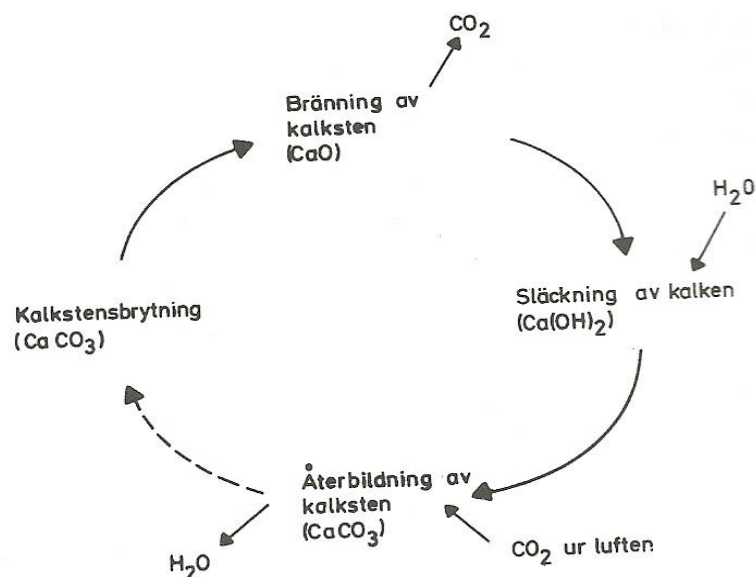
²³ <http://www.cellplaster.nu/tillverkning-cellplast/> (2012-05-25)

Puts

Putsbruk används för att ge den bakomliggande väggen ett klimatskydd samtidigt som det ska ge väggen en estetiskt tilltalande utseende. Puts består av en blandning av bindemedel, ballast, vatten och olika tillsatsmedel. De putsbruk som normalt används har murcement, kalkcement, cement eller kalk som bindemedel. I detta arbete är putsbruket av typen KC-bruk vilket betyder att *kalk* och *cement* använts som bindemedel. Därför kommer endast framställningen KC-bruk beskrivas.

Kalk framställs genom att krossa kalksten, som i huvudsak består av kalciumkarbonat (CaCO_3). Den krossade kalkstenen hettas sedan upp vid en temperatur som är något högre än 1000°C . Vid upphettningen drivs koldioxid ut och det som sedan blir kvar är i huvudsak kalciumoxid (CaO) som kallas för *osläckt* eller *bränd kalk*. För att kalken sedan ska kunna användas som bindemedel måste den släckas. Detta sker genom att den osläckta kalken får reagera med vatten (H_2O) varvid en kraftig värmeutveckling sker. Slutprodukten blir bindemedlet kalciumhydroxid (Ca(OH)_2), som också kallas kalkhydrat eller *släckt kalk*. Släckningsprocessen kan ske på två sätt, dels som *torrsläckning* och dels som *våtsläckning*. Vid torrsläckning tillförs endast precis så mycket vatten som behövs för att omvandlingen av kalciumoxid till kalciumhydroxid ska kunna ske. Slutprodukten efter torrsläckningen blir då ett pulver, *pulverkalk* eller *luftkalk*. Vid våtsläckning tillförs istället den brända kalken med mer vatten än vad som behövs ur kemisk synpunkt för att släckningen ska kunna ske. Slutprodukten efter våtsläckningen blir då istället en kalkvälling som efter en tid tjocknar till *kalkdeg*.

Processen för framställning av bindemedlet kalk kan ses i figur 11.



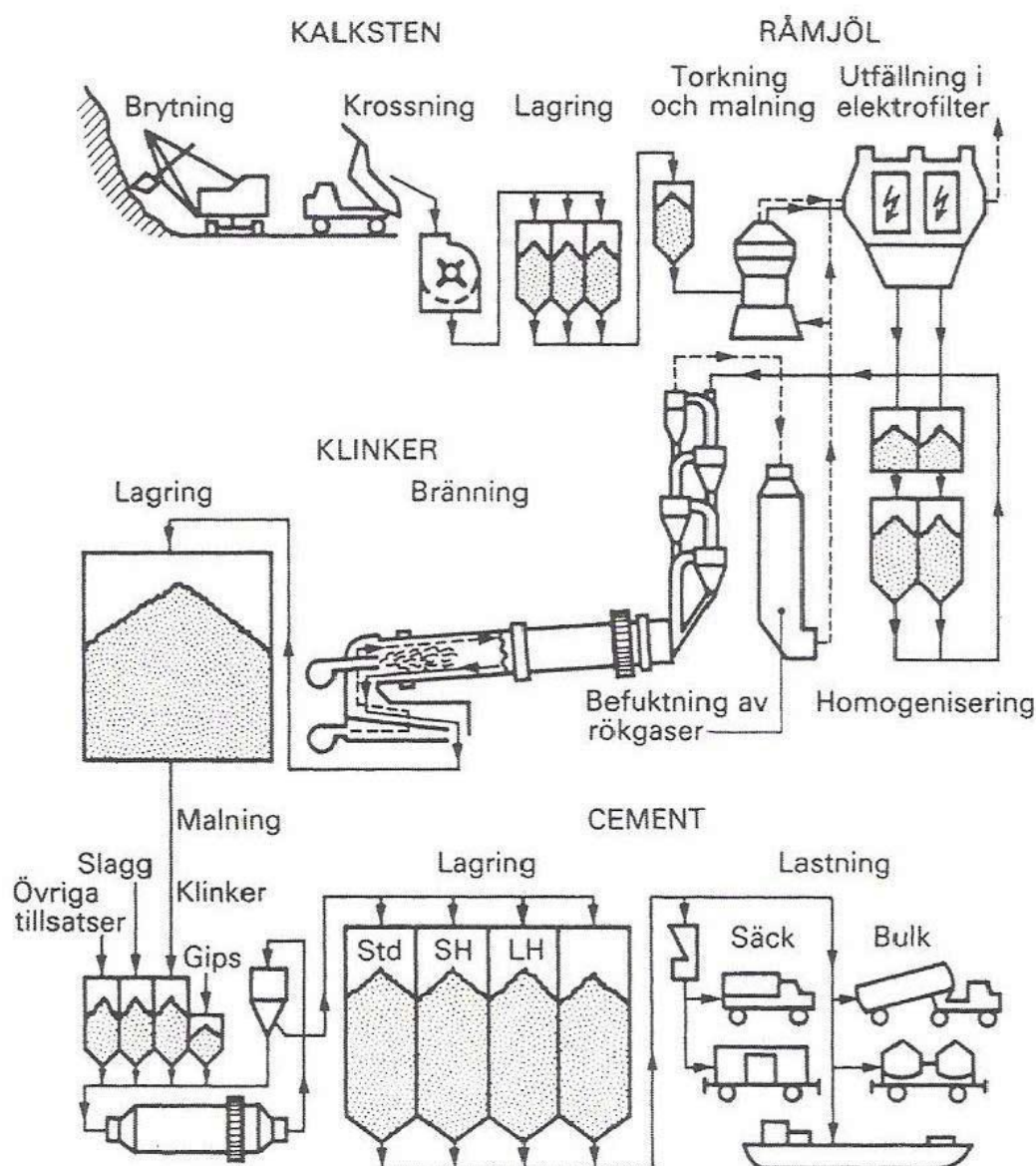
Figur 11. Kretsloppet vid användning av kalkbruk. Källa: Burström P.G (2007).

Bindemedlet cement är ett s.k. *hydrauliskt* bindemedel, vilket betyder att det stelnar med reaktion av vatten till en slutprodukt som är beständig mot vatten. Idag används kalksten

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

och lera som huvudråvara vid cementtillverkning. Kalkstenen och leran bryts och krossas innan den sedan finmals till råmjöl. Därefter bränns det finmalda materialen i långa, svagt lutande roterugnar vid ca 1450°C. Materialet kan väljas att matas in i ugnen i form av ett torrt pulver, *torrmetoden*, eller som slam, *våtmetoden*. Dagens cementtillverkning övergår mer till torrmetoden då den är mindre energikrävande. Efter att materialet genomgått bränning kyls det och har då fått formen av små kulor s.k. *cementklinker*. För att sedan få den önskade slutprodukten cement mals cementklinkern tillsammans med små mängder gips (ca 5 %). Gipset tillsätts för att cementets bindning inte ska bli för snabb²⁴.

Figur 12 visar cementtillverkning enligt torrmetoden.



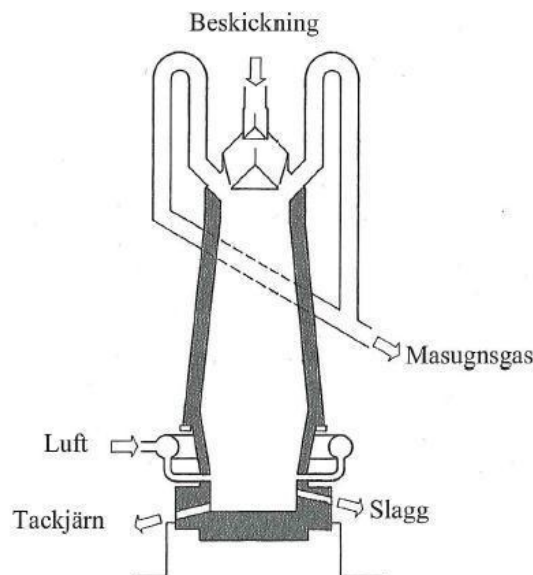
Figur 12. Cementtillverkning enligt torrmetoden. Källa: Burström P.G (2007).

²⁴ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

Stål

Stål är idag den viktigaste metallen för byggnation, då materialet har en mycket god bärförmåga och har flera olika användningsområden. Stål är en metall med grundämnet järn som huvudbeståndsdel. Jordskorpan utgörs ca 4,5 % av järn men endast en liten del av denna mängd utgörs av rent järn. Största delen av järnet är istället bundet till kemiska föreningar som järnet måste utvinnas från. De kemiska föreningar där järn utvinns från kallas för *malm*. I Sverige utvinns järn endast ur svartmalm och blodstensmalm. Dock utgörs oftast ca 40 % av malmen av gråberg vilket medför att malmen måste *anrikas*, vilket innebär att icke järnhaltiga stenstycken bortsorteras. Anrikningen sker direkt vid gruvan och produkten som sedan kvarstår är en finkorning sand, som kallas *slig*. Tillverkningen av råjärn kan sedan förekomma genom två olika metoder. En metod är att först värma sligen till 1250°C i några minuter som resulterar i knytnävestora stycken som sedan kan gå till masugnen för reduktion. Uppvärmning kallas för att sintra sligen. Denna del i processen är viktigt eftersom sligen är för finkorning och skulle vid direkt användning täppa igen masugnspipan. Den andra metoden är att sligen blandas med olika binde- och tillsatsmedel som formar sligen till små kulor. De centimeterstora kulorna sintras sedan vid ca 1250°C och slutprodukten blir *pellets*. Masugnen matas sedan med sinter eller pellets tillsammans med koks. Ur masugnen kommer sedan slutprodukten tackjärn, d.v.s. råjärn, som idag svarar för ca 60 % av den svenska stålindustrins behov. Ut kommer även slaggprodukter²⁵.

Framställning utav råjärn i masugn visas i figur 13.



Figur 13. Masugn för framställning av råjärn. Källa: Burström P.G (2007)

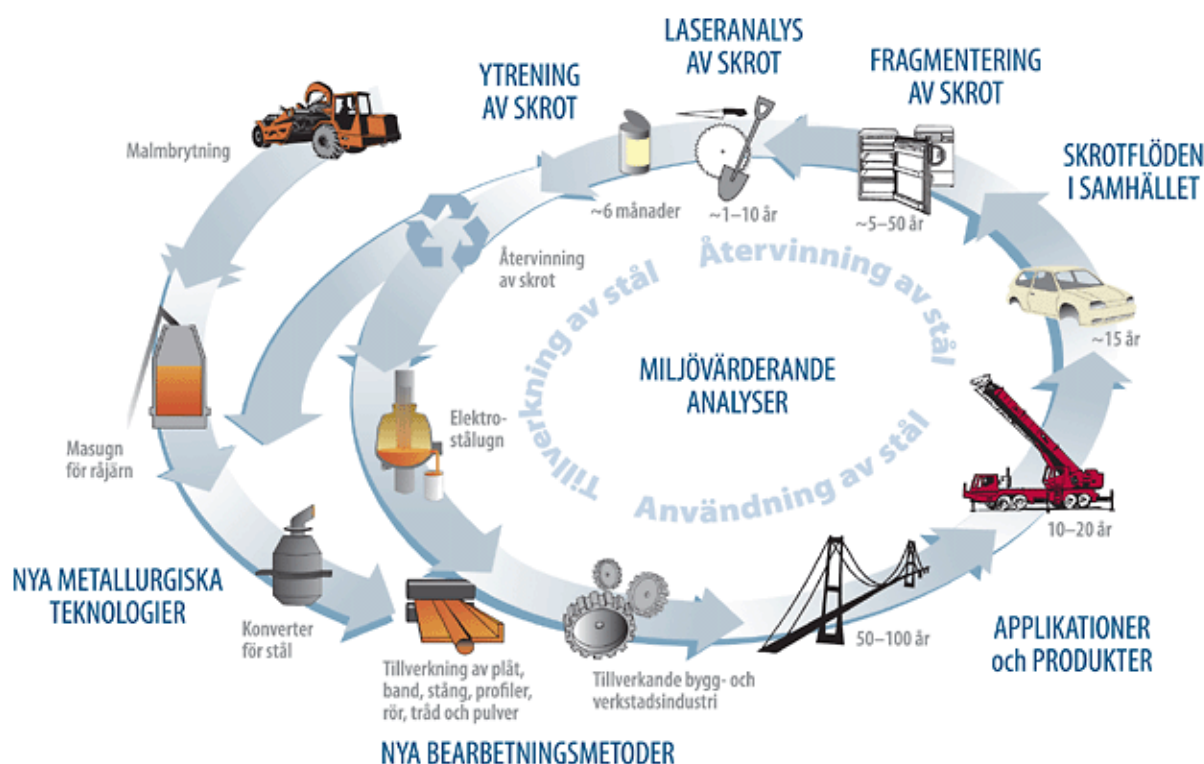
Råjärnet innehåller stora mängder kol, mangan och kisel och är därför sprött. Detta gör att råjärnet ytterligare måste förädlas innan det kan bli användbart för valsning av t.ex. plåt och

²⁵ Burström P.G (2007). Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

balkar. Denna ytterligare förädling av råjärnet kallas för *färskningsprocess* vilket innebär att större delen utav de icke önskvärda ämnena oxideras bort. När stålet renats från de icke önskvärda ämnena är det färdigt för att behandlas efter de egenskaper stålet önskas ha. Detta kan ske genom härdning och legering. Det är idag mycket vanligt att stål är legerat med något annat grundämne. Härdning sker i form av värmebehandling där stålets hårdhet och hallfasthet ökar. Detta görs genom att stålet utsätts för värmning och sedan kylning eller svalning. Kylning innebär att stålet snabb kylls ned och kan ske med t.ex. vatten. Svalning innebär att stålets temperatur långsamt sänks och det kan ske i t.ex. luft.²⁶

Stålet kan förbrukas och återanvändas hur många gånger som helst. Detta kretslopp illustreras i figur 14.



Figur 14. Stålets kretslopp. Källa: <http://www.stalkretsloppet.se/hem/index.php> (2012-06-07)

3.3 Koldioxid och dess klimatpåverkan

Vad är egentligen koldioxid och vilken påverkan har koldioxiden på vårt klimat?

Koldioxid är en gas som frigörs vid all förbränning av organsikt material. Även mikrobiell nedbrytning (förruttnelse) genererar koldioxid och förbrukar syre. Den mikrobiella nedbrytningen sker dock väldigt mycket långsammare. Problemet vi idag ser med koldioxidutsläppen är att vi förbränner deponier ackumulerade under flera tusen år. Denna gas är en av flera s.k. växthusgaser²⁷ och betecknas med den kemiska formeln CO_2 . De faktorer som står för den största delen utav dagens globala påverkbara koldioxidutsläpp är

²⁶ <http://www.xn--stlguiden-62a.se/framstallning-av-stal.html> (2012-06-04)

²⁷ Andra växthusgaser är bl.a. vattenånga, metangas, freoner m.fl.

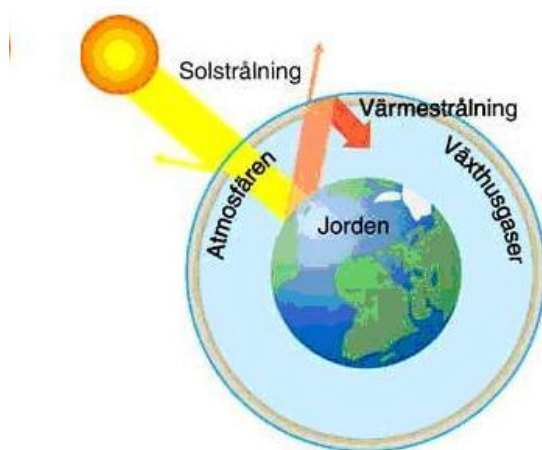
Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

elproduktion och transporter. Energisektorn står idag för 36 % av de totala koldioxidutsläppen där mer än hälften av all elproduktion kommer från förbränning av kol, olja och natur- eller fossilgas. Transportsektorn ligger snäppet under och bidrar med 27 % av de totala koldioxidutsläppen²⁸.

Koldioxid är idag den växthusgas som bidrar mest till den förstärkta växthuseffekten. Egentligen är det en "ond cirkel". Ökningen av koldioxidutsläppen initierar en global uppvärmning, som i sin tur medför ökad halt vattenånga i atmosfären. Vattenångan är enligt många bedömare en mer potent växthusgas än koldioxid. Uppvärmningen leder också till att metangasdepåer i områden med permafrost avges till atmosfären i och med uppvärmningen. Metangas är också en potentare växthusgas än koldioxid. Med växthuseffekt är det viktigt att skilja på förstärkt och naturlig växthuseffekt. All förbränning av fossila bränslen (kol, olja och natur- eller fossilgas), leder ständigt till högre halter av växthusgaser. Dessa växthusgaser hinner inte tas upp på naturlig väg av jordens växtlighet och blir istället till ett överskott i det naturliga kretsloppet på jorden och bidrar på så sätt till den så kallade förstärkta växthuseffekten²⁹.

Den naturliga växthuseffekten är istället mycket viktig för att vi ska erhålla ett behagligt klimat på jorden så att människor, djur och växter ska kunna överleva. Hade den naturliga växthuseffekten inte funnits i atmosfären så hade jorden varit ca 35 grader kallare än vad den är idag³⁰.

Figur 10 ger en översiktlig förklaring på hur överskottet av växthusgaser ackumuleras i atmosfären och förhindrar på så sätt att överflödigt värme lämnar atmosfären.



Figur 15. Förklaring av växthuseffekten. Källa: <http://www.molndalenergi.se> (2012-05-02)

²⁸ <http://www.wwf.se/vrt-arbete/klimat/mnsklig-pverkan/1124268-mnsklig-pverkan-klimat> (2012-05-01)

²⁹ Lars-Olof Åkerlind, konsult, AK-Konsult Indoor Air AB

³⁰ <http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen> (2012-05-01)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Det är viktigt att man ständigt jobbar mot att minimera dagens alla utsläpp av växthusgaser för att hejda uppkomsten av den förstärkta växthuseffekten. Att minska alla koldioxidutsläpp är ett steg i rätt riktning, stora som små.

3.4 Svensk elmix

Vid framställning av de olika material som ingår i den putsade, enstegstätade regelväggen åtgår olika mängd energi. Denna åtgångna energimängd mäts oftast i grundenheten joule (J)³¹. För att kunna beräkna den mängd koldioxidutsläpp som de olika materialen i konstruktionen genererar i vid nyproduktion används begreppet elmix. Elmix är ett sammanfattande begrepp av de olika kraftslag som ingår i den totala elproduktionen. När man talar om elenergi använder man istället uttrycket kilowattimmar (kWh). Elmixen varierar givetvis utifrån vilka olika kraftslag som ingår i den genomsnittliga elproduktionen, och utifrån de rådande förhållandena som varierar år från år. Skulle elproduktionen t.ex. komma från vattenkraft så är koldioxidutsläppen nästan obefintliga jämfört med om den istället skulle komma från kolkondenskraft, som genererar betydligt högre utsläpp. Energimyndigheten har därför angett utsläppen som ett spann som ligger mellan 15-25 g CO₂/kWh för svensk elmix och 75-100 g CO₂/kWh för nordisk elmix. Vid beräkningar används dock ett mer genomsnittligt värde, 20 g CO₂/kWh för svensk elmix och 90 g CO₂/kWh för nordisk elmix³².

Sambandet mellan grundenheten joule (J) och enheten kilowattimmar (kWh) ser ut som följande:

$$1 \text{ Joule(J)} = 1 \text{ Ws}; 1 \text{ h} = 3600 \text{ s} \rightarrow 1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} \rightarrow 1 \text{ kWh} = 3600000 \text{ J} = 3,6 \text{ MJ}$$

** För att slippa skriva ut alla nollor brukar man använda sig av olika prefix. I fallet ovan används prefixet mega (M) som motsvarar värdet 10⁶.*

³¹ http://www.vattenfall.se/sv/vad-ar-energi-for-nagot.htm?WT.ac=search_success (2012-04-19)

³² <http://www.klimatkompassen.se/index.php?id=348257> (2012-04-19)

3.5 Koldioxidutsläpp för enskilda material

För att kunna utföra beräkningar på hur mycket koldioxidutsläpp 1 m² av den putsade, enstegstätade regelväggen genererar har schablonvärden tagits fram för varje enskilt material. Enheterna på dessa värden skiljer sig åt och behöver därför räknas om till en och samma enhet innan utförligare beräkningar kan genomföras. Det är även viktigt att poängtera att bakgrunden för dessa värden kan skilja sig åt. Bakgrunden för vad dessa värden är baserade på är väldigt tvetydig och bör därför tas i akt vid senare slutresultat.

De framtagna schablonvärdena kan utläsas i tabell 8.

Skikt	Material	CO ₂ – utsläpp & energiåtgång
<i>Tjockputs (inkl. underlagsbruk och armeringsnät)</i>		
1.0	Weber.therm 342 fasadbruk	1100 MJ/ton
1.1	Weber.therm 340 underlagsbruk	1100 MJ/ton
1.2	Weber 323 nät	2,0 kgCO ₂ /kg
<i>Tunnputs (inkl. underlagsbruk och armeringsnät)</i>		
1.0	Weber.therm 261 putsbruk EF	1200 MJ/ton
1.1	Weber.therm 261 putsbruk EF	1200 MJ/ton
1.2	Weber 323 nät	2,0 kgCO ₂ /kg
<i>Putsbärare</i>		
3.0	EPS (Expanderad polystyren)	0,24 kgCO ₂ /kg
<i>Vindskyddskiva</i>		
4.0	Gyproc GU 9	1,30 kgCO ₂ /m ²
4.0	Glasroc H Storm	1,36 kgCO ₂ /m ²
<i>Träreglar med mellanliggande mineralull</i>		
5.0	Träreglar	21,615 kgCO ₂ /m ³
5.1	Isover glasull	0,5 kgCO ₂ /kg
<i>Luft- och ångspärr</i>		
6.0	RaniMoBar	0,5-1,0 kwh/kg
<i>Invändig gipsskiva</i>		
7.0	Gyproc Normal	1,5 kgCO ₂ /m ²
<i>Stålprofiler i väggkonstruktionen</i>		
Stålprofil, EPT 600, L=625		2,0 kgCO ₂ /kg
T-kortling		2,0 kgCO ₂ /kg

Tabell 8. Koldioxidutsläpp och energiåtgång för enskilda material.

3.6 Koldioxidutsläpp för transporter

För att kunna genomföra beräkningar på hur mycket koldioxidutsläpp ett utbyte av ytterväggskonstruktionen kommer generera, behövs även utsläpp från transporter av olika slag tas i akt. Med transporter avses givetvis transporter av de olika material som behövs för uppförandet av ytterväggskonstruktionen men också transporter av arbetskraft. Transportering av material och arbetskraft kommer ske uteslutande genom last- och personbil.

3.6.1 Bestämt geografiskt område

Den bestämda platsen där utbytet av ytterväggskonstruktionen kommer att ske har bestämts till Hammarby Sjöstad. Att platsen valdes till Hammarby Sjöstad är pga. de omfattande fuktskadorna som upptäcktes i Hammarby Sjöstad under vintern år 2000. Fuktskadorna ledde till att delar av den nya bebyggelsens fasader behövde renoveras, och i vissa fall bytas ut³³. På denna plats kommer en 198 m² (3 m x 66 m) enstegstätad putsfasad att antas. Anledningen till detta antagande beror på att beräkningar av materialtransporter senare ska bli mer realistiska. För transporter av arbetskraft så kommer en radie på 30 km att antas. Transporter av arbetskraft kommer ske genom bil och/eller kollektivtrafik.



Figur 16. Hammarby Sjöstad, Henriksdalshamnen. Källa: <http://www.stockholm.se/hammarbysjostad> (2012-06-20)

3.6.2 Avstånd för materialtransporter

De olika materialen som ingår i ytterväggskonstruktionen kommer antas transporteras direkt från respektive materialtillverkare till Hammarby Sjöstad. Någon mellanhandel kommer alltså inte att ingå i koldioxidutsläppsberäkningarna för transporter av material. Samtliga

³³ SP rapport 2002:15, Ingemar Samuelson, Bengt Wånggren.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

material kommer att transporteras med lastbil. Då avståndet överstiger 22 mil kommer lastbil med semitrailer att användas. Vid avstånd under 22 mil kommer istället lastbil i distributionstrafik användas. De material som är från samma tillverkningsenhet kommer att samköras i en och samma lastbil. Även resan tillbaka för respektive lastbil kommer att tas med i beräkningarna. Avstånden mellan de olika tillverkningsenheterna och Hammarby Sjöstad kan utläsas i tabell 9.

Skikt	Material	Tillverkare ³⁴	Ort	Avstånd till Hammarby Sjöstad ³⁵
<i>Tjockputs (inkl. underlagsbruk och armeringsnät)</i>				
1.0	Weber.therm 342 fasadbruk	Weber	Tullinge	20 km
1.1	Weber.therm 340 underlagsbruk	Weber	Tullinge	20 km
1.2	Weber 323 nät	Weber	Ekenäs, Finland	218 km*
<i>Tunnputs (inkl. underlagsbruk och armeringsnät)</i>				
1.0	Weber.therm 261 putsbruk EF	Weber	Tullinge	20 km
1.1	Weber.therm 261 putsbruk EF	Weber	Tullinge	20 km
1.2	Weber 323 nät	Weber	Ekenäs, Finland	218 km*
<i>Putsbärare</i>				
3.0	EPS (Expanderad polystyren)	Cellplast Direkt	Laholm	517 km
<i>Vindskyddskiva</i>				
4.0	Gyproc GU 9	Gyproc AB	Kalundborg, Danmark	751 km
4.0	Glasroc H Storm	Gyproc AB	Kalundborg, Danmark	751 km
<i>Träreglar med mellanliggande mineralull</i>				
5.0	Träreglar	Södra Timber	Kisa	255 km
5.1	Isover glasull	Saint-Gobain Isover AB	Billesholm	554 km
<i>Luft- och ångspärr</i>				
6.0	RaniMoBar	Ab Rani Plast Oy	Terjärv	796 km*
<i>Invändig gipsskiva</i>				
7.0	Gyproc Normal	Gyproc AB	Kalundborg, Danmark	751 km
<i>Stålprofiler i väggkonstruktionen</i>				
EPT 600 Stålprofil L=625		Gyproc AB	Malmö	611 km
T-kortling		Gyproc AB	Malmö	611 km

Tabell 9. Avstånd mellan de olika materialens tillverkningsenhet och Hammarby Sjöstad.

* Sträcka för transport över vatten är inte medräknat i avståndet.

³⁴ Se muntliga källor för respektive tillverkare i referenslista.

³⁵ Källa avståndsberäkningar: www.google.se/maps

3.6.3 Beräkningar för transporter av material och arbetskraft

För att genomföra beräkningar på hur mycket koldioxid alla materialtransporter genererar finns det en rad olika tillvägagångssätt. Den beräkningsmodell som kommer användas i denna rapport har sin utgångspunkt i att relatera emissionsdata till bränsleförbrukningen. En rapport som studerats och delvis har legat till grund för beräkningsmodellen är emissioner från Volvos lastbilar, utfärdad av Volvo Lastvagnar AB³⁶. Beräkningsmodellen tar hänsyn till bränsleförbrukning, vilken typ av lastbil, lastutnyttjande, samt hur mycket kgCO₂/liter ett visst bränsle bidrar med vid förbränning. Dock ska det sägas att det finns en rad olika osäkerheter i form av: förarens körsätt, vägunderlag och väder etc.³⁷

Bränsleförbrukning varierar kraftigt mellan olika typer av transportfordon, väg körsätt etc. I denna rapport har lastbil i distributionstrafik och lastbil med semitrailer i fjärrtrafik med drivmedlet diesel, valts för transporterna. Lastbil med semitrailer i fjärrtrafik kan tyckas ha för stor nyttolast för vilka material som ska transporteras. Dock kommer denna typ av lastbil antas frakta annat gods samtidigt, och därmed ge ett mer verklighetstroget resultat i beräkningar. Bränsleförbrukningen för lastbilen anges som ett spann i tabell 10 vid tom respektive fullastad lastbil. Vid beräkningar kommer bränsleförbrukningen för lastbil i distributionstrafik sättas till 2,3 l/mil för olastad och 2,8 l/mil för fullastad. Skillnaden i bränsleförbrukningen blir då 0,5 l/mil. Bränsleförbrukningen för lastbil med semitrailer kommer sättas till 2,5 l/mil för olastad lastbil och 3,4 l/mil för fullastad lastbil. Skillnaden i bränsleförbrukningen blir då 0,9 l/mil.

	Nyttolast ton	Totalvikt ton	l/mil tom	l/mil fullt lastad
Lastbil i distributionstrafik	8,5	14	2,0-2,5	2,5-3,0
Lastbil i regional trafik	14	24	2,5-3,0	3,0-4,0
Lastbil med semitrailer i fjärrtrafik	26	40	2,2-2,7	3,0-3,7
Lastbil med släp i fjärrtrafik	40	60	2,8-3,3	4,5-5,5

Tabell 10. Typisk bränsleförbrukning i liter per mil. Källa: Lars Mårtensson(2000) - Emissioner från Volvos lastbilar. Volvo Lastvagnar AB

För att kunna få en beräkningsmodell som tar hänsyn till lastutnyttjandet kommer en så kallad interpolation mellan lastbilens bränsleförbrukning som tom och fullastad göras. Det är då viktigt att lastutnyttjandet är känt. Formel 3.1 visar hur lastbilens lastutnyttjande beräknas. Denna typ av beräkning görs vid de fall där lasten överstiger 30 % av lastbilens nyttolast. Då lasten inte överstiger 30 % av lastbilens nyttolast, kommer istället lastbilen

³⁶ Lars Mårtensson(2000) - Emissioner från Volvos lastbilar. Volvo Lastvagnar AB

³⁷ Miljöeffekter av samordnad livsmedelsdistribution i Borlänge, Gagnef och Säter, Publ: 2001:12. TFK - Institutet för transportforskning.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

antas frakta annat gods tillsammans med materialet som är avsett för uppförandet av ytterväggskonstruktionen, och lastutnyttjandet kommer istället då antas till 60 %.

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{\text{mängd lastat material}}{\text{lastkapaciteten}} [\%] \quad (3.1)$$

När lastutnyttjandet är känt multipliceras den med skillnaden i bränsleförbrukningen mellan fullastad respektive olastad lastbil, och adderas därefter med bränsleförbrukningen för olastad lastbil. På så sätt erhålls lastbilens faktiska bränsleförbrukning vid en viss mängd last. Formel 3.2 visar hur lastbilens bränsleförbrukning beräknas.

$$\text{Bränsleförbrukning} = \text{lastutnyttjande} * \text{skillnad i BF} + \text{BF för olastad} \quad (3.2)$$

**BF = bränsleförbrukning*

Nedan visas ett exempel på hur interpolationen kommer gå till.

Exempel interpolation

Bränsleförbrukning fullastad lastbil = 2,8 l/mil

Bränsleförbrukning olastad lastbil = 2,3 l/mil

Skillnad mellan bränsleförbrukning = 2,8 l/mil - 2,3 l/mil = 0,5 l/mil

Vikt material som ska lastas = 3 ton

Lastkapacitet = 8,5

Lastutnyttjande = 3 / 8,5 = 35 %

*Bränsleförbrukning = 0,35 * 0,5 l/mil = 0,175 l/mil → 2,3 l/mil(tom) + 0,175 l/mil = 2,475 l/mil*

Vid de fall där lastutnyttjandet antas till 60 % betyder det att lastbilen antas frakta annat gods utöver materialet som är avsedd för uppförandet av ytterväggskonstruktionen. Då kommer den framräknade bränsleförbrukningen multipliceras med andelen material som är avsedd för uppförandet. Då fås ett värde på hur mycket just det avsedda materialet bidrar till den genererade mängden koldioxid. Anledningen till detta tillvägagångssätt är för att en lastbil knappast kör med ett lastutnyttjande som understiger 30 %, som i verkliga fallet skulle vara olönsamt. Därför antas istället lastbilen frakta annats gods samtidigt.

Nedan visas ett beräkningsexempel på hur beräkningen kommer att gå till. Värden för bränsleförbrukningen för fullastad respektive olastad lastbil är desamma som i *exempel interpolation* ovan.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Exempel på beräkning då lastutnyttjandet antas till 60 %

Nyttolast = 8,5 ton

Lastutnyttjande = 60 %

Vikt material avsedd för uppförandet = 2 ton

Bränsleförbrukning = $0,6 * 0,5 \text{ l/mil} = 0,3 \text{ l/mil} \rightarrow 2,3 \text{ l/mil(tom)} + 0,3 \text{ l/mil} = 2,6 \text{ l/mil}$

Vikt lastat gods = $8,5 * 0,6 = 5,1 \text{ ton}$

Andel material avsedd för uppförandet = $2/5,1 = 39 \%$

Materialets andel av bränsleförbrukning = $2,6 \text{ l/mil} * 0,39 = 1,014 \text{ l/mil}$

För att beräkna de totala koldioxidutsläppen som materialtransporterna genererar kommer bränsleförbrukningen multipliceras med emissionsvärde för diesel och lastbilens körsträcka. Kvalitén på bränslet har inverkan på hur mycket koldioxid det bildas vid förbränning, och den avgörande faktorn är hur mycket kol bränslet innehåller. Vid förbränning av 1 liter diesel beräknas det bildas 2,6 kgCO₂.

Transportsträckan kommer att behandlas som den dubbla sträckan. Det för att transportfordonet antas köra till och från leveransadressen. För enkelhetens skull har lastbilen i denna rapport behandlats som lastad på både fram och tillbakavägen.

Emissionsvärdet som kommer att användas vid förbränning av diesel är 2,6 kgCO₂/liter diesel³⁸. Detta emissionsvärde kommer i beräkningsmodellen att multipliceras med aktuell sträcka och bränsleförbrukning, se formel 3.3 nedan.

$$\text{CO}_2\text{utsläpp} = \text{bränsleförbrukning} * \text{sträcka} * 2 * \text{emissionsvärde (3.3)}$$

För att genomföra beräkningar på hur mycket koldioxid transporter av arbetskraft genererar kommer bl.a. enhetstider för uppförandet utav ytterväggskonstruktionen att användas, se kapitel 3.7 "Materialåtgång och enhetstider" tabell 11. Enhetstiderna ligger som grund för hur många arbetsdagar som krävs för uppförandet och därigenom hur många persontransporter som kommer ske. Persontransporterna kommer dessutom antas ske via personbil, med bensin låginblandad med etanol (5 %), som bränsleförbrukning. Enligt Naturvårdsverket var bränsleförbrukningen för en bensindriven personbil ca 0,75 liter/ mil år 2008, och kommer användas i beräkningar. Vidare sätts emissionsvärdet för personbil med bensin låginblandad med etanol, som drivmedel till 2,65 kgCO₂/liter bensin³⁹.

³⁸ Blinge, M. (2006). NTM rapport Alternativa drivmedel - Emissioner och energianvändning vid produktion. NTM (nätverket för transporter och miljö).

³⁹ Naturvårdsverket. 2008. Index över nya bilars klimatpåverkan 2008, rap 5946. Stockholm: Naturvårdsverket

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad

- Orsakad av fuktskador

Transportsträckan till och från Hammarby Sjöstad sätts till 30 km och multipliceras med det dubbla för att få sträckan fram och tillbaka.

3.7 Materialåtgång och enhetstider

För att veta hur mycket material som åtgår för att uppföra den putsade, enstegstätade regelväggen kommer schablonvärden för materialåtgång att användas. Även enhetstider för uppförandet kommer att användas för beräkningar av transport av arbetskraft.

Schablonvärden för materialåtgång och enhetstider kan utläsas i tabell 11.

Materialåtgång och enhetstider för 1 m² vägg

Material	Åtgång/m ²	Enhet	Tid (h)
Fasadputs + 80 putsbärare(EPS)	1	m ²	0,95
9 gipsskiva vindskydd	1	m ²	0,14
120 Isolering	1	m ²	0,09
45x120 Reglar c600	3,5	m	0,32
EPT 600 Stålprofil L=625	0,5	st	0,03
0,20 Plastfolie	1	m ²	0,06
T-kortling Stålprofil	0,5	m	0,03
13 gipsskiva B=900	1	m ²	0,2

Tabell 11. Materialåtgång och enhetstider för 1 m² vägg. Källa: Wikells sektionsfakta- ROT 07/08, utgivare: wikells byggbereäkningar AB.

Materialåtgången för armeringsnätet i ytterväggskonstruktionen preciseras inte i tabell 11 men bestäms till 1,15 m²/m² isolerad väggyta⁴⁰.

3.8 Viktuppgifter för de ingående materialen

Vid beräkningar måste viktuppgifter för de ingående materialen bestämmas.

Material	Vikt	Enhet
Fasadputs	1850	kg/m ³
Vindskyddsskiva (Gyproc GU 9)	759	kg/m ³
Vindskyddsskiva (Glasroc H Storm)	800	kg/m ³
Isolering (glasull)	50	kg/m ³
Träreglar (furu)	500	kg/m ³
EPT 600 Stålprofil L=625	0,3	kg/st
Plastfolie (PE)	925	kg/m ³
T-kortling Stålprofil	0,29	kg/m
Gipsskiva	800	kg/m ³

Tabell 12. Viktuppgifter för de ingående materialen.

⁴⁰ <http://www.weber.se/fasad-puts-och-murbruk/produkter/produkter-putsbruk-murbruk/armering/weber-323-naet.html> (2012-06-21)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad

- Orsakad av fuktskador

4. Faktainsamling

Genom en litteraturstudie har fakta samlats in till rapporten. Fakta har främst hämtats från rapporter, faktaböcker, byggvarubedömningen samt samtal med miljöansvariga på respektive materialföretag och andra verksamma inom byggbranschen. Internet har använts försiktigt och i den mån där fakta inte har kunnat hittas på annat sätt. Där fakta har hämtats från internet har trovärdigheten av internetsidan alltid kontrollerats. Fakta och siffror på CO₂-utsläpp och energiförbrukning vid produktion av varor och varutransporter har kontrollerats noga och fakta har samlats in från flera olika källor.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

5. Genomförande

Arbetet påbörjades med att definiera uppgiften och att ta reda på vilken huvudsaklig information som behövdes för att lösa uppgiften. Därefter gjordes en omfattande litteraturstudie över dagens situation om putsade enstegstätade regelväggar, koldioxidutsläpp vid materialproduktion, koldioxidutsläpp av olika transporter och allmän information om koldioxid och dess påverkan på miljön. Den huvudsakliga informationen insamlades från skrifter, böcker och internet. Vid framtagandet av koldioxidutsläpp vid materialproduktion användes främst olika materialtillverkares byggvarudeklarationer som kompletterades med information från telefonsamtal och e-post med miljöansvariga hos de olika materialtillverkarna. koldioxidutsläpp av transporter baserades främst på uppgifter från internet samt samtal och uppgifter från Tove Malmqvist, forskare, Fil.dr. på avdelningen för miljöstrategisk analys vid KTH. Löpande under tiden då faktainsamlingen och skrivandet på rapporten pågick, hölls regelbundna möten med Lars-Olof Åkerlind på AK-konsult. Som fuktexpert och mångårig erfarenhet från byggbranschen bidrog han med många synpunkter och anvisningar om rapportens struktur och dess innehåll. Efter att all information om koldioxidutsläpp vid materialproduktion och transporter hade samlats in och avstånd mellan produktionsenheter och den fiktiva platsen bestämts, beräknades det totala koldioxidutsläppen med hjälp av programmet Excel. Dessa beräkningar sammanställdes slutligen i tabeller där de olika koldioxidutsläppen för respektive material och transport redovisades.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad

- Orsakad av fuktskador

6. Analys

I detta kapitel presenteras resultat från koldioxidberäkningar av de olika konstruktionstyperna, beräkningar återfinns i bilagor 1,2,3,4,5 och 6. Resultaten kommer att preciseras i att varje materials koldioxidpåverkan presenteras och att de olika materialtransporterna redovisas. Slutligen redovisas en sammanställning över koldioxidutsläpp för vägg 1,2,3 och 4 samt att de presenterade resultaten analyseras.

6.1 Resultat

Ingående materials CO₂-utsläpp vid produktion

<i>Material</i>	<i>KgCO₂</i>
Tjockputs	44,770
Tunnputs	24,542
Armeringsnät	364,40
Putsbärare(EPS)	76,032
Gyproc GU 9	257,40
Glasroc H Storm	269,28
Träreglar	121,21
Glasull	891,0
PE-folie	0,513
Gipsskivor(invändig)	297,0
Stålprofil EPT 600, L=625	59,40
T-kortling	57,420

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

CO₂-utsläpp vid transport av material

Material	KgCO₂
Tjockputs	28,392
Tunnputs	26,208
Armeringsnät	10,656
Putsbärare(EPS)	16,399
Gyproc GU 9 + gipsskiva(invändig)	265,944
Glasroc H Storm + gipsskiva(invändig)	270,630
Träreglar	72,532
Glasull	99,964
PE-folie	2,897
Stålprofil EPT 600, L=625 + T-kortling	3,495

CO₂-utsläpp för transport av arbetskraft

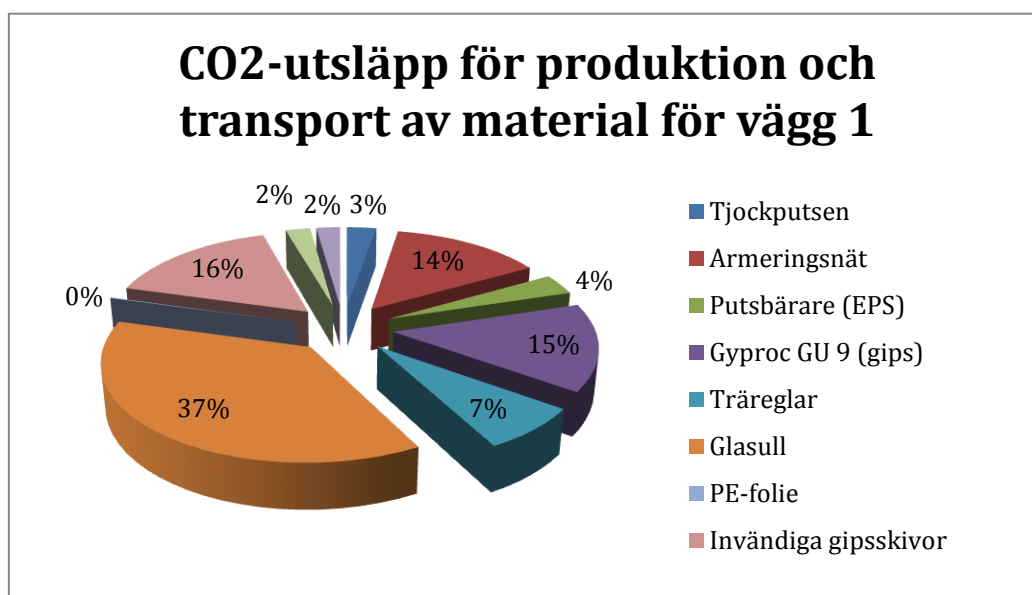
Transport	KgCO₂
Personbil	537

Sammanställning CO₂-utsläpp för de olika väggkonstruktionerna

Här avrundas samtliga värden och presenteras med max 4 värdesiffror.

Vägg 1	KgCO₂
Material	2169
Materialtransport	500
Transport av arbetskraft	537
Total	3206
1 kvadratmeter	16

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador



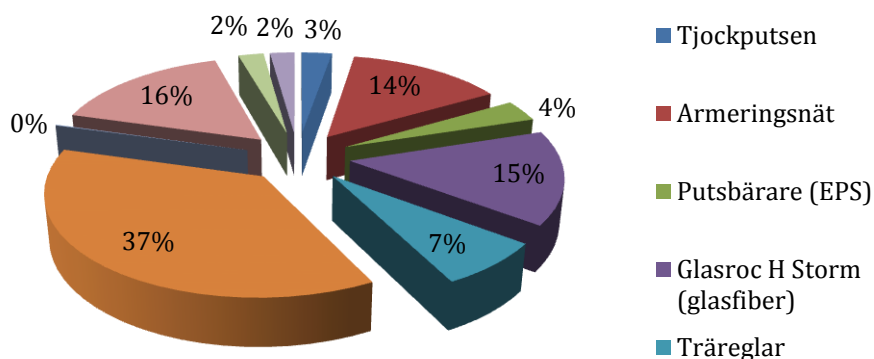
Figur 17. CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 1

Vägg 2

KgCO₂

Material	2181
Materialtransport	505
Transport av arbetskraft	537
Total	3223
1 kvadratmeter	16

CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 2



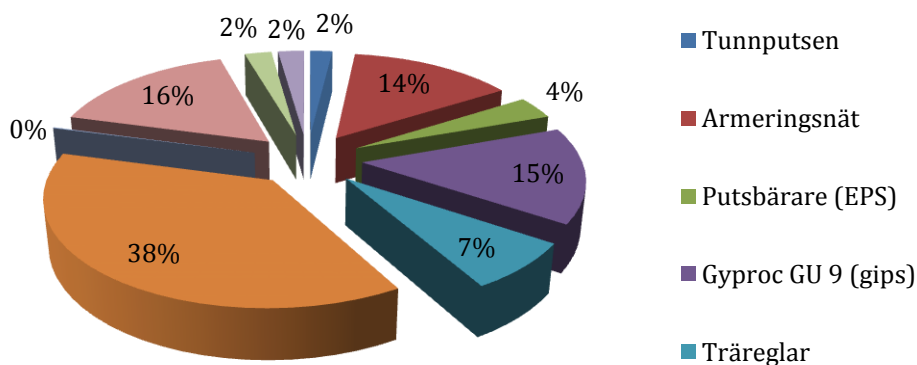
Figur 18. CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 2

Vägg 3

KgCO₂

Material	2149
Materialtransport	498
Transport av arbetskraft	537
Total	3184
1 kvadratmeter	16

CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 3



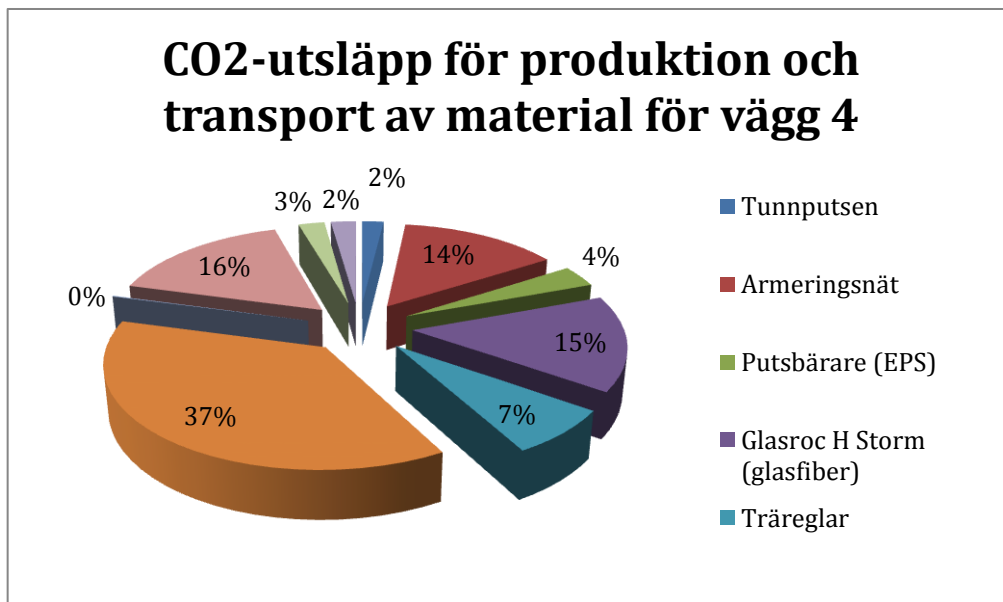
Figur 19. CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 3

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Vägg 4

KgCO₂

Material	2161
Materialtransport	503
Transport av arbetskraft	537
Total	3201
1 kvadratmeter	16



Figur 20. CO₂-utsläpp för produktion och transport av material för vägg 4

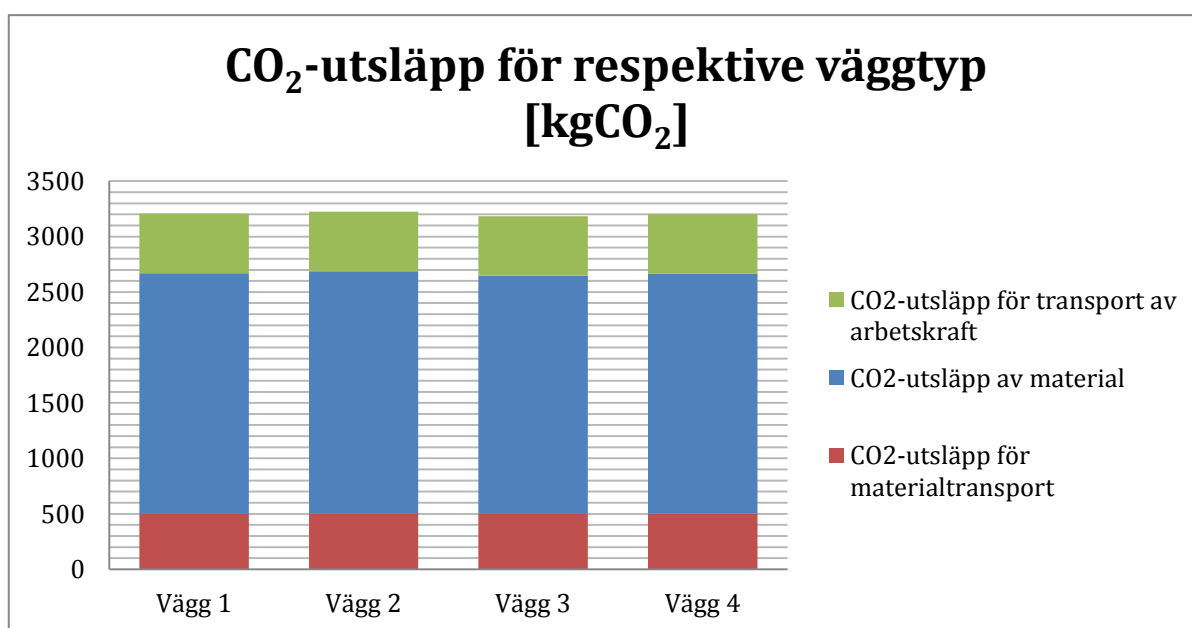
6.2 Analys av resultat

Som figur 21 visar är skillnaderna i koldioxidutsläpp små mellan de olika konstruktionstyperna. Den största andelen koldioxidutsläpp genereras från produktionen av material, ungefär 2/3 av de totala koldioxidutsläppen. Följt av materialproduktion och transport av arbetskraft som vardera står för ungefär 1/6 av de totala koldioxidutsläppen.

Tillverkningen av materialen står för ca 2/3 den totala mängden koldioxidutsläpp som respektive konstruktionstyp genererar. Den huvudsakliga källan till koldioxidutsläpp vid materialtillverkning är hur energikrävande varje materialproduktionsprocess är. Det enskilda material som står för den största andelen koldioxidutsläpp för transport och produktion av material är glasull, som står för ca 37 %, följt av invändig gipsskiva, 16 % och vindsyddsskivorna, 15 %. Dessa procenttal bygger främst på hur mycket koldioxidemissioner varje enskilt material bidrar med i produktionsprocessen samt avståndet från tillverkningsenheten till Hammarby Sjöstad.

Materialtransporternas koldioxidutsläpp styrs främst av transportsträckans längd, vilken storlek på lastbil som används och hur lastutnyttjandet är. T.ex. förbrukar en fullastad lastbil i distributionstrafik (total vikt 14 ton) ca 3,0 l diesel/mil, medan en fullastad lastbil med semitrailer i fjärrtrafik (total vikt 40 ton) förbrukar 3,7 l diesel/mil, se tabell 10. Givetvis påverkas också koldioxidutsläppen av en mängd andra parametrar som t.ex. typ av drivmedel av transportfordonet, vägunderlag, väder etc. Dock så har de sistnämnda parametrarna inte någon nämnvärd påverkan på mängden av koldioxidutsläpp för materialtransporter, se bilaga 4.

Transporter av arbetskraft står för en liten del, ca 1/6 av det totala koldioxidutsläppet, och mängden koldioxid styrs framförallt av antalet arbetade dagar samt vilken typ av transportfordon som används.



Figur 21. CO₂-utsläpp för respektive konstruktionstyp

6.2.1 Jämförelse av koldioxidutsläpp

För att få en ökad förståelse av hur mycket koldioxid som konstruktionstyperna genererar genomförs två förenklade exempel.

- 1) *En bensindriven personbil med en bränsleförbrukning på 0,7 l/mil och ett emissionsvärde på 2,65 kgCO₂/l antas. Hur lång sträcka måste bilen färdas för att uppnå en utsläppsmängd på 3223 kgCO₂ (vägg 2)?*

$$\text{Förbrukad bensin} = \frac{3223 \text{ kgCO}_2}{2,65 \text{ kgCO}_2/\text{l}} = 1216,2 \text{ liter}$$

$$\text{Sträcka} = \frac{1216,2 \text{ l}}{0,7 \text{ l/mil}} \approx 1737 \text{ mil}$$

Denna sträcka på 1737 mil motsvarar nästan ett halvt varv runt jorden (43%), då jordens omkrets är ca 4000 mil.

6.3 Osäkerheter i resultat

I analysen av resultatet som beskrivs ovan finns en rad nämnvärda osäkerheter. Vid framtagning av emissionsdata för tillverkning av de ingående materialen i den putsade, enstegstätade regelväggen har byggvarudeklarationer främst använts. I dessa byggvarudeklarationer framgår tyvärr inte vilka faktorer som ligger bakom de angivna emissionsvärdena. Det finns inte heller någon tydlig mall för hur de olika parametrarna ska anges och vilka som är dess bakomliggande faktorer. Detta medför i sin tur att det är upp till var och en av tillverkarna att fylla i dessa byggvarudeklarationer utefter deras förståelse. T.ex. används olika begrepp i byggvarudeklarationer; ”*vagga till grind*” och ”*grind till grind*”. Detta är begrepp som inte har en bestämd förklaring och som många tolkar på olika sätt. Vid arbetets gång har ett flertal miljöansvariga hos olika materialtillverkare kontaktats för att där få ett förtydligande av vilka faktorer som ligger till grund för ett specifikt materials byggvarudeklaration. I samtliga fall har ingen person kunnat ge någon exakt information om vilka faktorer som ligger bakom de angivna emissionsvärdena. Därför bör de angivna emissionsvärdena användas försiktigt.

Som beskrivs i kapitel 6.2. ”Analys av resultat” så varierar koldioxidutsläppen kraftigt utefter transportfordonets bränsleförbrukning, se formel 3.3. I detta arbete har lastbil i distributionstrafik (total vikt 14 ton) och lastbil med semitrailer i fjärrtrafik (total vikt 40 ton) antagits för materialtransporterna vilket givetvis påverkar resultat. Beräkningsmodellen som använts för att räkna ut hur mycket koldioxid materialtransporterna genererar, grundar sig mycket på lastutnyttjandet av transportfordonen. Detta är givetvis en stor osäkerhet då mängderna transporterat material troligtvis inte stämmer överrens med verkligheten. I de fall där lastbil med semitrailer i fjärrtrafik valts att användas har anledningen grundat sig på avståndet för transporten. Denna typ av lastbil har en mycket större lastkapacitet än lastbil i distributionstrafik vilket gjorde att ett viktmässigt lastutnyttjande på 60 % fick antas. Lastbilen antogs alltså transportera annat gods samtidigt som materialet till

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

ytterväggkonstruktionen. Den lastutnyttjande andelen på 60 % är helt och hållet antagen och kan självklart variera i verkligheten.

För samtliga transporter av arbetskraft antogs samma körsträcka för att underlätta beräkningar. Att all arbetskraft färdas med bensindriver personbil och dessutom samma körsträcka, sker givetvis inte i verkliga fallet. Dock påverkar inte detta antagande resultatet nämnvärt.

7. Slutsatser

De resultat som denna studie har resulterat i är att vägg 1 står för 3206 kg koldioxid, vägg 2 för 3223 kg koldioxid, vägg 3 för 3184 kg koldioxid och vägg 4 för 3201 kg koldioxid. Skillnaderna mellan de olika konstruktionstyperna är små men det totala koldioxidutsläppet kan anses väsentligt. För att få en bättre förståelse vad dessa totala siffror i koldioxidutsläpp ger för inverkan på miljön så kan sägas att 3223 kg koldioxid motsvarar ungefär att köra en bensindriven personbil ett halvt varv runt jorden (43 %), se kapitel 6.2.1.

De ingående materialens enskilda emissionsvärden vid produktion skiljer sig åt, där stål har det högsta emissionsvärdet på 2 kg koldioxid per kg och tjockputsen har det lägsta emissionsvärdet 0,0061 kg koldioxid per kg. Att jämföra de ingående materialens emissionsvärden med varandra kan vara missvisande då framställningsprocesserna avsevärt skiljer sig åt. Däremot bör ingående material väljas utifrån vilket material som lämpar sig för den aktuella situationen. Valen av den gipsbaserade och den glasfiberarmerade vindskyddsskivan kan konstateras vara det samma ur miljöperspektiv. Därför bör valet av vindskyddsskiva grundas på vilken som lämpar sig bäst för den specifika situationen. Samma sak gäller valet av fasadputs. Tjockputsen genererar ca dubbla koldioxidutsläpp jämfört med tunnputsen. Dock är mängden utsläpp liten jämfört med resterande material i konstruktionstyperna. Därför bör även valet av fasadputs grundas på vilken som lämpar sig bäst för den specifika situationen, och utifrån fuktsäkerhetssynpunkt.

Produktion av nytt material genererar ungefär 2/3 av den totala koldioxiden vid uppförandet av en ny väggkonstruktion. Därför bör materialval och producent väljas med stor betänksamhet för att få en minimering av utsläpp. Dock ska sägas att det inte alltid är så lätt att få fram exakta siffror över koldioxidutsläpp vid de olika materialproduktionerna för olika material.

De två övriga delarna av koldioxidutsläpp är transport av material samt transport av arbetskraft till aktuell arbetsplats. För att minimera de genererade koldioxidutsläppen vid materialtransporter bör lastbilens lastutrymme utnyttjas så väl som möjligt och leverantör av material bör väljas så att sträckan till leveransadress blir så kort som möjligt. Koldioxidutsläpp vid transport av arbetskraft kan minimeras med ändrade resvanor. Det för att det ofta är svårt att ändra på aktuell arbetsplats samt plats där arbetarna bor. Det som kan göras är att ändra vanor, från att åka personbil till att istället färdas kollektivt med t.ex. buss eller tåg.

Rekommendationer utifrån dessa slutsatser är att det läggs stor vikt på fuktsäkerhetsprojektering vid uppförande av en putsad, enstegstätad regelvägg. Med att projekteringen utförs korrekt från början kan man undvika att behöva byta ut konstruktionen i förtid p.g.a. omfattande fuktskador, och därigenom undvika en ökad miljöbelastning. Med tanke på hur många kvadratmeter dylik fasad som byggts finns högst sannolikt en tämligen stor miljöskuld inbyggd i denna fasadtyp.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Tänkvärda exempel utifrån dessa slutsatser.

Utbyte av 198 m² väggyta ger upphov till 3223 kg koldioxid

En väggyta på 198 m² kan sägas ha en ungefärlig byggyta på 150 m². Det räknat med att även gavelspetsar är putsade (ca 3,96 m fasadhöjd i genomsnitt runt om).

*T.ex. ger 3,96 (fasadhöjd)*12,5 (längd)*4 (antal väggar) = 198 m² fasadyta.*

*Med detta fås 12,5*12,5 ≈ 150 m².*

Dock ska sägas att fasadytan och byggytan naturligtvis är beroende på hur byggnaden är utformad rent geometriskt.

Ett modernt hus antas ha en byggyta på 150 m² och en specifik energianvändning på 60 kWh/m² och år. Specifik energianvändning är den energi en byggnad förbrukar för uppvärmning, drift av ventilationsfläktar, varmvatten men dock inte övrig hushållsel. Detta ger en specifik energianvändning på 9000 kWh/år för typhuset.

*150*60 = 9000 kWh/år.*

Räknat med svensk elmix, som genererar 20 g CO₂/kWh, åtgår det 161 150 kWh för att producera 3223 kg koldioxid.

3223/0,02 = 161 150 kWh.

Utifrån detta skulle den genererade mängden koldioxid orsakad av ett totalt utbyte av hela fasaden, motsvara den energimängd som skulle räcka till byggnadens specifika energianvändning i 17,9 år!

161 150/9000 ≈ 17,9 år.

För att ställa den genererade siffran av koldioxid i ett annat mer greppbart sammanhang kan följande exempel läsas. Ett modernt hus av samma typ som ovan byggs med en förväntad livslängd på 50 år. Den genererade mängden koldioxid för ett totalt utbyte av hela fasaden motsvarar byggnadens specifika energianvändning i 17,9 år. Detta motsvarar alltså 36 % av byggnadens förväntade koldioxidbelastning under hela livslängden på grund av specifik energiförbrukning.

17,9/50 = 36 %.

8. Förslag till fortsatta studier

- Basera alla emissionsvärden utifrån samma systemgräns, där allt från råvaruutvinning till återvinning finns med, "vagga till grav", dvs. en strikt definition.
- Behandla andra miljöaspekter som materialen i den putsade, enstegstätade regelväggen genererar. Basera alla emissionsvärden på CO₂-ekvivalenter.
- Titta på en större väggarea där också fler detaljlösningar ingår i miljöbelastningsberäkningar. På så sätt ges ett mer realistiskt resultat utifrån materialmängder och dess transporter.
- Arbeta fram ett mer entydigt system för byggvarudeklarationer där det finns klara riktlinjer för hur dessa ska genomföras. På så sätt kommer alla byggvarudeklarationer att baseras på samma grund och blir då mer användbara för sitt ändamål.

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

9. Referenslista

Litteraturförteckning

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. *Putsade regelväggar 2011, erfarenheter från undersökningar SP har utfört*. SP rapport 2011:61, Anders Jansson (2011)

SP Sverige Tekniska Forskningsinstitut. *Putsade regelväggar*. SP rapport 2009:16, Anders Jansson, Ingemar Samuelson (2009)

SBUF, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond. *Putsade regelväggar – slutrapport augusti 2009. Nr 09:12*. (2009)

Fukthandboken. Praktik och teori. Utgåva 3, Lars-Erik Nevander och Bengt Elmarsson (2006)

Burström P.G. Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper. (2007)

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. *Fukt och mögelskador i Hammarby Sjöstad*. SP rapport 2002:15 Byggnadsfysik, Ingemar Samuelson, Bengt Wånggren. (2002)

Miljöeffekter av samordnad livsmedelsdistribution i Borlänge, Gagnef och Säter, Publ: 2001:12. TFK - Institutet för transportforskning. (2001)

NTM rapport Alternativa drivmedel - *Emissioner och energianvändning vid produktion*. Blinge, Magnus. NTM (nätverket för transporter och miljö). (2006)

Naturvårdsverket. *Index över nya bilars klimatpåverkan 2008, I riket, länet och kommunerna*. rap 5946. Stockholm (2008)

Wikells sektionsfakta- ROT 07/08, utgivare: Wikells byggberäkningar AB.

Elektroniska källor

Ak-Konsult Indoor Air AB

<http://akkonsult.com/om-ak> (2012-04-17)

<http://akkonsult.com/kontakt/stockholm/anders-kumlin> (2012-04-17)

Putsade regelväggar – slutrapport augusti 2009.

<http://www.sbuf.se/documents/09-12.pdf> (2012-04-22)

Produktdatablad Gyproc GU 9, sep 2008 – Vindskydd. Gyproc AB

http://www.gyproc.se/files/PDF/Sweden/PRD/SE_GUEGUDatablad.pdf (2012-07-01)

Produktdatablad Glasroc H Storm, dec 2011 – Vindskyddsskiva. Gyproc AB

http://www.gyproc.se/files/PDF/Sweden/PRI/SE_GHSProdInfo.pdf (2012-07-01)

Fokus på reducering av energianvändning och utsläpp. Gyproc AB.

<http://www.gyproc.se/om+gyproc/h%C3%A5llbar+milj%C3%B6/h%C3%A5llbar+produktion>
(2012-05-23)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Kemikalieinspektionen. *Teknisk beskrivning av ämnet.*

<http://apps.kemi.se/flodessok/floden/kemamne/polyeten.htm> (2012-06-02)

Isover. *Vad är mineralull?*

<http://www.isover.se/produkter/vad+%C3%A4r+mineralull-c7-> (2012-05-24)

Träguiden. *Sågprocessen.*

<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=1136&contextPag> (2012-05-24)

Skoltips. *Petroleum.*

<http://skoltips.wordpress.com/2008/03/08/petroleum/> (2012-05-25)

Cellplaster. *Tillverkning och tillverkare*

<http://www.cellplaster.nu/tillverkning-cellplast/> (2012-05-25)

Stålguiden. *Framställning av stål.*

<http://www.xn--stlguiden-62a.se/framstallning-av-stal.html> (2012-06-04)

WWF Världsnaturfonden. *Mänsklig påverkan.*

<http://www.wwf.se/vrt-arbete/klimat/mnsklig-pverkan/1124268-mnsklig-pverkan-klimat> (2012-05-01)

Miljöportalen. *Växthuseffekt och växthusgaser – vad är det egentligen?*

<http://www.miljoportalen.se/luft/vaexthusgaser/vaexthuseffekt-och-vaexthusgaser-vad-aer-det-egentligen> (2012-05-01)

Vattenfall. *Vad är energi för något?*

http://www.vattenfall.se/sv/vad-ar-energi-for-nagot.htm?WT.ac=search_success (2012-04-19)

Klimatkompassen. *Beräkningsmetodik och grundantaganden.*

<http://www.klimatkompassen.se/index.php?id=348257> (2012-04-19)

Lars Mårtensson (2000) - *Emissioner från Volvos lastbilar.* Volvo Lastvagnar AB

<http://www.rejmes.se/Hem/Nyhetsfiler/emmissioner.pdf> (2012-07-17)

Weber SG. *Weber 323 nät.*

<http://www.weber.se/fasad-puts-och-murbruk/produkter/produkter-putsbruk-murbruk/armering/weber-323-naet.html> (2012-06-21)

Energimyndigheten. *Hur mycket el i kWh använder en normal vill i genomsnitt?*

<http://www.energikunskap.se/sv/VANLIGA-FRAGOR/I-hemmet/Hur-mycket-el-i-kW-anvander-en-normal-villa-i-genomsnitt/> (2012-08-08)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Muntliga källor

Lars-Olof Åkerlind. Konsult, AK-Konsult Indoor Air AB

Elin Holmberg. Technical Engineer. SG Gyproc Sverige

Tove Malmqvist. Forskare, Fil.dr. Miljöstrategisk analys. Kungliga Tekniska Högskolan.

Ulrika Nelfelt. Product Safety Specialist. SG Weber

Helena Bogren. Miljöansvarig. Cellplast Direkt

Gunilla Beyer. Rådgivare. Skogsindustrierna

Klas Partheen. Utvecklingsingenjör. SG Isover AB

Tore Granvik. Product development engineer. AB Rani Plast Oy

Peter Örn. Produktchef. SG Gyproc AB

Tabellförteckning

Tabell 8. CO₂-utsläpp & energiåtgång

Weber.therm 342 fasadbruk

http://www.weber.se/uploads/tx_weberproductpage/bbf9cb229911447c968b990ab5804b3a.pdf (2012-07-01)

Weber.therm 340 underlagsbruk

http://www.weber.se/uploads/tx_weberproductpage/b982c938c0d04118abee27a9caa86d5d.pdf (2012-07-01)

Weber 323 nät

http://www.ssab.com/Global/SSAB/Environment/sv/028_H%c3%a5llbarhetsredovisning%202009.pdf?epslanguage=vs, sid 19. (2012-05-25)

Weber.therm 261 putsbruk EF

http://www.weber.se/uploads/tx_weberproductpage/467d14695a844865a2bdc381e09981aa.pdf (2012-07-01)

EPS (Expanderad polystyren)

http://www.byggvarubedomningen.se/plugins/mbs/documents/44112_2_BVD%20EPS%2020111208.pdf (2012-07-01)

Gyproc GU 9

http://www.gyproc.se/files/PDF/Sweden/BVD/BVD3_Vindskyddsgipsskivor.pdf (2012-07-01)

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Glasroc H Storm

http://www.gyproc.se/files/PDF/Sweden/BVD/BVD3_GlasrocStorm_SE.pdf (2012-07-01)

Träreglar

<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup1spalt.aspx?id=995&contextPage> (2012-06-20)

Isover glasull

http://www.byggvarubedomningen.se/plugins/mbs/documents/45079_2_2218_BVD3%20Isover%20glasull%20.pdf (2012-07-01)

RaniMoBar

http://www.byggvarubedomningen.se/plugins/mbs/documents/43368_2_RaniMoBar%20Byggvarudeklaration%20120126.pdf (2012-07-01)

Gyproc Normal

http://www.byggvarubedomningen.se/plugins/mbs/documents/49321_1_6956_BVD3_GYPROC_NORMAL_V3.pdf (2012-07-01)

Stålprofiler

http://www.ssab.com/Global/SSAB/Environment/sv/028_H%c3%a5llbarhetsredovisning%202009.pdf?epslanguage=vs, sid 19. (2012-05-25)

Bilagor

Bilaga 1	Mängdberäkning av material för ytterväggskonstruktionen
Bilaga 2	Koldioxidutsläppsberäkning av material för ytterväggskonstruktionen
Bilaga 3	Koldioxidutsläpp av material för respektive konstruktionstyp
Bilaga 4	Koldioxidutsläppsberäkningar för transport av material
Bilaga 5	Koldioxidutsläppsberäkningar för transport av arbetskraft
Bilaga 6	Totalt mängd koldioxidutsläpp för respektive konstruktionstyp
Bilaga 7	Ritningar för putsad, enstegstätad regelvägg

Bilaga 1 Mängdberäkning av material för ytterväggskonstruktionen

I denna bilaga genomförs mängdberäkningar av den putsade, enstegstätade regelväggs ingående material. Samtliga materialmängder beräknas utifrån 198 m² putsad, enstegstätad regelvägg för att erhålla realistiska mängder för materialtransporter. Materialåtgången för uppförandet hämtas ur kapitel 3.7 "Materialåtgång och enhetstider", tabell 11. Viktuppgifter för de ingående materialen hämtas ur kapitel 3.8 "Viktuppgifter för de ingående materialen", tabell 12.

Tjockputs

Weber.therm 342 fasadbruk

Materialåtgång = 198 m²

Tjocklek = 0,01 m

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = 198 * 0,01 = 1,98 m³

Densitet KC-bruk = 1850 kg/m³

Vikt = volym * densitet

Vikt = 1,98 * 1850 = 3663 kg

Weber.therm 340 underlagsbruk

Materialåtgång = 198 m²

Tjocklek = 0,01 m

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = 198 * 0,01 = 1,98 m³

Densitet KC-bruk = 1850 kg/m³

Vikt = volym * densitet

Vikt = 1,98 * 1850 = 3663 kg

Total vikt tjockputs = 3663 + 3663 = 7326 kg

Tunnputs

Weber.therm 261 putsbruk EF

Materialåtgång = 198 m²

Tjocklek = 0,004 m

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = 198 * 0,004 = 0,792 m³

Densitet KC-bruk = 1850 kg/m³

Vikt = volym * densitet

Vikt = 0,792 * 1850 = 1465,2 kg

Weber.therm 261 putsbruk EF

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,006 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,006 = 1,188 \text{ m}^3$

Densitet KC-bruk = 1850 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $1,188 * 1850 = 2197,8 \text{ kg}$

Total vikt tunnputs = $1465,2 + 2197,8 = 3663 \text{ kg}$

Armeringsnät

weber 323 nät

Materialåtgång = $1,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$ isolerad väggyta

Mängd armeringsnät = $1,15 * 198 = 227,7 \text{ m}^2$

Vikt = $0,8 \text{ kg/m}^2$

Total vikt = vikt * mängd armeringsnät

Total vikt = $0,8 * 227,7 = 182,2 \text{ kg}$

Putsbärare

EPS (Expanderad polystyren)

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,08 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,08 = 15,84 \text{ m}^3$

Densitet EPS = 20 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $15,84 * 20 = 316,8 \text{ kg}$

Vindskyddsskiva

Gyproc GU 9 (gips)

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,0095 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,0095 = 1,88 \text{ m}^3$

Densitet Gyproc GU 9 = 759 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $1,88 * 759 = 1427,7 \text{ kg}$

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Glasroc H Storm

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,0095 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,0095 = 1,88 \text{ m}^3$

Densitet Glasroc H Storm = 800 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $1,88 * 800 = 1504,8 \text{ kg}$

Träreglar

Träreglar 45x180 c600

Materialåtgång = $3,5 \text{ m reglar/m}^2 \text{ vägg}$

Area regel = $0,045 * 0,18 = 0,0081 \text{ m}^2$

Volym regel per m^2 vägg = area * materialåtgång

Volym regel per m^2 vägg = $0,0081 * 3,5 = 0,0284 \text{ m}^3 \text{ reglar/m}^2 \text{ vägg}$

Total volym reglar = $0,0284 * 198 = 5,613 \text{ m}^3$

Densitet trä = 500 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $5,613 * 500 = 2806,7 \text{ kg}$

Isolering

Isover glasull

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,18 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,18 = 35,64 \text{ m}^3$

Densitet glasull = 50 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $35,64 * 50 = 1782 \text{ kg}$

Ångspärr (PE-folie)

RaniMoBar

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,0002 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,0002 = 0,0396 \text{ m}^3$

Densitet PE-folie = 925 kg/m^3

Miljöbelastning vid förtida utbyte av enstegstätad putsfasad
- Orsakad av fuktskador

Vikt = volym * densitet

Vikt = $0,0396 * 925 = 36,63 \text{ kg}$

Invändig gipsskiva

Gyrpoc Normal

Materialåtgång = 198 m^2

Tjocklek = $0,013 \text{ m}$

Volym = materialåtgång * tjocklek

Volym = $198 * 0,013 = 2,574 \text{ m}^3$

Densitet gipsskiva = 800 kg/m^3

Vikt = volym * densitet

Vikt = $2,574 * 800 = 2059,2 \text{ kg}$

Stålprofiler

EPT 600, L=625

Materialåtgång = $0,5 \text{ st/m}^2$ vägg

Antal = $0,5 * 198 = 99 \text{ st}$

Vikt = $0,3 \text{ kg/st}$

Total vikt = vikt * antal

Total vikt = $0,3 * 99 = 29,7 \text{ kg}$

T-kortling

Materialåtgång = $0,5 \text{ m/m}^2$ vägg

Längd = $0,5 * 198 = 99 \text{ m}$

Vikt = $0,29 \text{ kg/m}$

Total vikt = vikt * längd

Total vikt = $0,29 * 99 = 28,71 \text{ kg}$

Bilaga 2 Koldioxidutsläppsberäkningar av material för ytterväggskonstruktionen

I denna bilaga genomförs koldioxidutsläppsberäkningar av den putsade, enstegstätade regelväggens ingående material. Samtliga koldioxidutsläppsberäkningar beräknas utifrån 198 m² putsad, enstegstätad regelvägg, och framräknade vikter samt materialmängder hämtas ur bilaga 1. Koldioxidutsläppsvärden och åtgången energi för tillverkning av material hämtas ur kapitel 3.5 "Koldioxidutsläpp för enskilda material" tabell 8. CO₂-utsläppsvärde för Svensk elmix beskrivs i kapitel 3.4 "Svensk elmix".

Tjockputs

Weber.therm 342 fasadbruk

Total energiåtgång = 1100 MJ/ton = 0,3056 kWh/kg

CO₂-utsläppsvärde (Svensk elmix) = 0,02 kgCO₂/kwh

Totalt CO₂-utsläpp = 0,3056 * 0,02 = 0,0061 kgCO₂/kg

Total vikt = 3663 kg

CO₂-utsläpp för fasadbruket = 0,0061 kgCO₂/kg * 3663 kg = 22,385 kgCO₂

Weber.therm 340 underlagsbruk

Total energiåtgång = 1100 MJ/ton = 0,3056 kWh/kg

CO₂-utsläppsvärde (Svensk elmix) = 0,02 kgCO₂/kwh

Totalt CO₂-utsläpp = 0,3056 * 0,02 = 0,0061 kgCO₂/kg

Total vikt = 3663 kg

CO₂-utsläpp för underlagsbruket = 0,0061 kgCO₂/kg * 3663 kg = 22,385 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för tjockputsen = 22,385 + 22,385 = 44,770 kgCO₂

Tunnputs

Weber.therm 261 putsbruk EF

Total energiåtgång = 1200 MJ/ton = 0,3333 kWh/kg

CO₂-utsläppsvärde (Svensk elmix) = 0,02 kgCO₂/kwh

Totalt CO₂-utsläpp = 0,3333 * 0,02 = 0,0067 kgCO₂/kg

Total vikt = 1465,2 kg

CO₂-utsläpp för putsbruket = 0,0067 kgCO₂/kg * 1465,2 kg = 9,817 kgCO₂

Weber.therm 261 putsbruk EF

Total energiåtgång = 1200 MJ/ton = 0,3333 kWh/kg

CO₂-utsläppsvärde (Svensk elmix) = 0,02 kgCO₂/kwh

Totalt CO₂-utsläpp = 0,3333 * 0,02 = 0,0067 kgCO₂/kg

Total vikt = 2197,8 kg

CO₂-utsläpp för putsbruket = 0,0067 kgCO₂/kg * 2197,8 kg = 14,725 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för tunnputsen = 9,817 + 14,725 = 24,542 kgCO₂

Armeringsnät

weber 323 nät

Total CO₂ för armeringsstål = 2 kgCO₂/kg

Total vikt = 182,2 kg

CO₂-utsläpp för armeringsnätet = 2 kgCO₂/kg * 182,2 kg = 364,4 kgCO₂

Putsbärare

EPS (Expanderad polystyren)

Total CO₂ för EPS = 0,24 kgCO₂/kg

Total vikt = 316,8 kg

CO₂-utsläpp för putsbäraren = 0,24 kgCO₂/kg * 316,8 kg = 76,032 kgCO₂

Vindskyddsskiva

Gyproc GU 9 (gips)

Total CO₂ för Gyproc GU 9 = 1,30 kgCO₂/m²

Materialåtgång = 198 m²

CO₂-utsläpp för Gyproc GU 9 = 1,30 kgCO₂/m² * 198 m² = 257,4 kgCO₂

Glasroc H Storm

Total CO₂ för Glasroc H Storm = 1,36 kgCO₂/m²

Materialåtgång = 198 m²

CO₂-utsläpp för Glasroc H Storm = 1,36 kgCO₂/m² * 198 m² = 269,28 kgCO₂

Träreglar

Träreglar 45x180 c600

Total CO₂ träreglar = 21,615 kgCO₂/m³

Total volym träreglar = 5,613 m³

CO₂-utsläpp för träreglar = 21,615 kgCO₂/m³ * 5,613 m³ = 121,32 kgCO₂

Isolering

Isover glasull

Total CO₂ för glasull = 0,50 kgCO₂/kg

Vikt = 35,64 * 50 = 1782 kg

CO₂-utsläpp för glasullen = 0,50 kgCO₂/kg * 1782 kg = 891 kgCO₂

Ångspärr (PE-folie)

RaniMoBar

Total energiåtgång PE-folie = 0,7 kWh/kg

Vikt = 36,63 kg

Energiåtgång PE-folie = 25,641 kWh

CO₂-utsläppsvärde (Svensk elmix) = 0,02 kgCO₂/kWh

CO₂-utsläpp för PE-folien = 0,02 kgCO₂/kWh * 25,641 kWh = 0,513 kgCO₂

Invändig gipsskiva

Gyrpoc Normal

Total CO₂ för gipsskiva = 1,5 kgCO₂/m²

Materialåtgång = 198 m²

CO₂-utsläpp för gipsskivor = 1,5 kgCO₂/m² * 198 m² = 297 kgCO₂

Stålprofiler

EPT 600, L=625

Total CO₂ för stålprofiler = 2 kgCO₂/kg

Total vikt = 29,7 kg

CO₂-utsläpp för EPT 600 = 2 kgCO₂/kg * 29,7 kg = 59,4 kgCO₂

T-kortling

Total CO₂ för stålprofiler = 2 kgCO₂/kg

Total vikt = 28,71 kg

CO₂-utsläpp för T-kortling = 2 kgCO₂/kg * 28,71 kg = 57,42 kgCO₂

Bilaga 3 Koldioxidutsläpp av material för respektive konstruktionstyp

I denna bilaga sammanställs koldioxidutsläppen för de fyra konstruktionstyperna.

Uppbyggnad utav konstruktionstyperna beskrivs i kapitel 3.2.1 "Uppbyggnad av de 4 konstruktionstyperna" och mängd koldioxidutsläpp för respektive material hämtas ur bilaga 2.

Vägg 1. "Tjockputs + vindskyddsskiva av gips"

Totalt CO ₂ -utsläpp för tjockputsen	= 44,770 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för armeringsnätet	= 364,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för putsbäraren	= 76,032 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för Gyproc GU 9	= 257,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för träreglar	= 121,32 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för glasullen	= 891 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för PE-folien	= 0,513 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för gipsskivor	= 297 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för EPT 600, L=625	= 59,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för T-kortling	= 57,42 kgCO ₂
Totalt CO₂-utsläpp för vägg 1	= <u>2169,255 kgCO₂</u>

Vägg 2. "Tjockputs + vindskyddsskiva av glasroc"

Totalt CO ₂ -utsläpp för tjockputsen	= 44,770 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för armeringsnätet	= 364,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för putsbäraren	= 76,032 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för Glasroc H Storm	= 269,28 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för träreglar	= 121,32 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för glasullen	= 891 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för PE-folien	= 0,513 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för gipsskivor	= 297 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för EPT 600, L=625	= 59,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för T-kortling	= 57,42 kgCO ₂
Totalt CO₂-utsläpp för vägg 2	= <u>2181,135 kgCO₂</u>

Vägg 3. "Tunnputs + vindskyddskiva av gips"

Totalt CO ₂ -utsläpp för tunnputs	= 24,542 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för armeringsnätet	= 364,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för putsbäraren	= 76,032 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för Gyproc GU 9	= 257,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för träreglar	= 121,32 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för glasullen	= 891 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för PE-folien	= 0,513 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för gipsskivor	= 297 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för EPT 600, L=625	= 59,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för T-kortling	= 57,42 kgCO ₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 3 = **2149,027 kgCO₂**

Vägg 4. "Tunnputs + vindskyddskiva av glasroc"

Totalt CO ₂ -utsläpp för tunnputs	= 24,542 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för armeringsnätet	= 364,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för putsbäraren	= 76,032 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för Glasroc H Storm	= 257,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för träreglar	= 121,32 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för glasullen	= 891 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för PE-folien	= 0,513 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för gipsskivor	= 297 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för EPT 600, L=625	= 59,4 kgCO ₂
CO ₂ -utsläpp för T-kortling	= 57,42 kgCO ₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 4 = **2160,907 kgCO₂**

Bilaga 4 Koldioxidutsläppsberäkningar för transport av material

I denna bilaga genomförs koldioxidutsläppsberäkningar av den putsade, enstegstätade regelväggens materialtransporter. Samtliga koldioxidutsläppsberäkningar beräknas utifrån 198 m² putsad, enstegstätad regelvägg, och framräknade vikter hämtas ur bilaga 1. De material som har samma tillverkningsenheter och som används i samma konstruktionstyp, kommer transporteras i samma lastbil. Avstånd mellan tillverkningsenhet och Hammarby Sjöstad preciseras i kapitel 3.6.2 "Avstånd för materialtransporter" tabell 9. För beräkning av koldioxidutsläppen används formel 3.3. Transportfordonets bränsleförbrukning, emissionsvärde och lastkapacitet beskrivs i kapitel 3.6.3 "Beräkningar för transporter av material och arbetskraft". Beräkning av transportfordonets lastutnyttjande och bränsleförbrukning används formel 3.1 och 3.2. Då lastutnyttjandet understiger 30 % antas materialet som är avsett för uppförandet av ytterväggskonstruktionen fraktas tillsammans med annat gods. Lastutnyttjandet kommer då sättas till 60 %. Även detta beskrivs i kapitel 3.6.3 "Beräkningar för transport av material och arbetskraft".

Sammanställning av uppgifter:

$$\text{CO}_2\text{-utsläpp} = \text{bränsleförbrukning} * \text{sträcka} * 2 * \text{emissionsvärde} \quad (3.3)$$

$$\text{Emissionsvärde} = 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l}$$

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{\text{mängd lastat material}}{\text{lastkapaciteten}} [\%] \quad (3.1)$$

Sträcka < 22 mil → transport med lastbil i distributionstrafik

Sträcka > 22 mil → transport med lastbil med semitrailer i fjärrtrafik

Bränsleförbrukning fullastad lastbil i distributionstrafik = 2,8 l/mil

Bränsleförbrukning olastad lastbil i distributionstrafik = 2,3 l/mil

Skillnad i bränsleförbrukning mellan fullastad och olastad lastbil i distributionstrafik = 0,5 l/mil

Bränsleförbrukning fullastad lastbil med semitrailer i fjärrtrafik = 3,4 l/mil

Bränsleförbrukning olastad lastbil med semitrailer i fjärrtrafik = 2,5 l/mil

Skillnad i bränsleförbrukning mellan fullastad och olastad lastbil med semitrailer = 0,9 l/mil

$$\text{Bränsleförbrukning} = \text{lastutnyttjande} * \text{skillnad i BF} + \text{BF olastad} \quad (3.2)$$

Tjockputs

Webers fasadbruk (weber.therm 342 fasadbruk) och underlagsbruk (weber.therm 340 underlagsbruk) tillverkas i Tullinge och kommer därifrån att transporteras till Hammarby Sjöstad med lastbil i distributionstrafik.

Lastkapacitet = 8,5 ton

Total vikt tjockputs = 7,326 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{7,326}{8,5} = 86\%$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,86 * 0,5 + 2,3 = 2,73 \text{ l/mil}$$

Sträcka = 2 mil

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 2,73 \text{ l/mil} * 2 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 28,392 \text{ kgCO}_2$$

Tunnputs

Webers två lager av tunnputs (weber.therm 261 putsbruk EF) tillverkas i Tullinge och kommer därifrån att transporteras till Hammarby Sjöstad med lastbil i distributionstrafik.

Lastkapacitet = 8,5 ton

Total vikt tunnputs = 3,663 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{3,663}{8,5} = 43\%$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,43 * 0,5 + 2,3 = 2,52 \text{ l/mil}$$

Sträcka = 2 mil

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 2,52 \text{ l/mil} * 2 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 26,208 \text{ kgCO}_2$$

Armeringsnät

Webers armeringsnät (weber 323 nät) tillverkas i Ekenäs, Finland och kommer att transporteras därifrån till Hammarby Sjöstad med lastbil i distributionstrafik.

Lastkapacitet = 8,5 ton

Vikt armeringsnät = 0,1822 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{0,1822}{8,5} = 2\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjandet antas till } 60\%$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,5 + 2,3 = 2,6 \text{ l/mil}$$

Vikt lastat gods = $8,5 * 0,6 = 5,1$ ton

Armeringsnätets andel av lasten = $0,1822/5,1 = 3,6\%$

Armeringsnätets andel av bränsleförbrukning = $2,6 \text{ l/mil} * 0,036 = 0,094 \text{ l/mil}$

Sträcka = 21,8 mil

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,094 \text{ l/mil} * 21,8 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 10,656 \text{ kgCO}_2$$

Putsbärare

Putsbäraren (EPS) av Cellplast Direkt tillverkas i Laholm och kommer att transporteras därifrån till Hammarby Sjöstad med lastbil med semitrailer i fjärrtrafik.

Lastkapacitet = 26 ton

Vikt putsbärare = 0,3168 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{0,3168}{26} = 1,2\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till } 60\%$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Putsbärarens andel av lasten} = 0,3168/15,6 = 2,0\%$$

$$\text{Putsbärarens andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,02 = 0,061 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 51,7 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,061 \text{ l/mil} * 51,7 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 16,399 \text{ kgCO}_2$$

Vindskyddsskivor och invändig gipsskiva

Gyprocs vindskyddsskiva av gips (Gyproc GU 9) och invändiga gipsskiva (Gyproc Normal) tillverkas båda i Kalundborg, Danmark. Därifrån kommer dessa att transporteras tillsammans i lastbil med semitrailer i fjärrtrafik till Hammarby Sjöstad.

Lastkapacitet = 26 ton

Vikt vindskyddsskiva (Gyproc GU 9) = 1,4277 ton

Vikt invändig gipsskiva (Gyproc Normal) = 2,0592 ton

Total vikt lastat material = 1,4277 + 2,0592 = 3,4869 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{3,4869}{26} = 13,4\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjandet antas till } 60\%$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Gipsskivornas andel av lasten} = 3,4869/15,6 = 22,4\%$$

$$\text{Gipsskivornas andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,224 = 0,681 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 75,1 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,681 \text{ l/mil} * 75,1 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 265,944 \text{ kgCO}_2$$

Gyproc vindskyddsskiva innehållande glasfiber, (Glasroc H Storm) och invändiga gipsskiva (Gyproc Normal) tillverkas båda i Kalundborg, Danmark. Därifrån kommer dessa att transporteras tillsammans i lastbil med semitrailer i fjärrtrafik till Hammarby Sjöstad.

Lastkapacitet = 26 ton

Vikt vindskyddsskiva (Glasroc H Storm) = 1,5048 ton

Vikt invändig gipsskiva (Gyproc Normal) = 2,0592 ton

Total vikt lastat material = 3,564 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{3,564}{26} = 42\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till 60\%}$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Gipsskivornas andel av lasten} = 3,564/15,6 = 22,8 \%$$

$$\text{Gipsskivornas andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,228 = 0,693 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 75,1 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,693 \text{ l/mil} * 75,1 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 270,630 \text{ kgCO}_2$$

Träreglar

Södra Timbers träreglar tillverkas i Kisa och kommer transporteras därifrån till Hammarby Sjöstad med lastbil med semitrailer i fjärrtrafik.

$$\text{Lastkapacitet} = 26 \text{ ton}$$

$$\text{Vikt träreglar} = 2,8067 \text{ ton}$$

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{2,8067}{26} = 10,8\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till 60\%}$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Träreglarnas andel av lasten} = 2,8067/15,6 = 18 \%$$

$$\text{Träreglarnas andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,18 = 0,547 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 25,5 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,547 \text{ l/mil} * 25,5 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 72,532 \text{ kgCO}_2$$

Isolering

Isover glassull tillverkas i Billesholm och kommer att transporteras därifrån till Hammarby Sjöstad med lastbil med semitrailer i fjärrtrafik.

$$\text{Lastkapacitet} = 26 \text{ ton}$$

$$\text{Vikt glasull} = 1,782 \text{ ton}$$

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{1,782}{26} = 6,9\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till 60\%}$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Glasullens andel av lasten} = 1,782/15,6 = 11,4 \%$$

$$\text{Träreglarnas andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,114 = 0,347 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 55,4 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,347 \text{ l/mil} * 55,4 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 99,964 \text{ kgCO}_2$$

Ångspärr (PE-folie)

Rani Plast Oy tillverkar sin luft- och ångspärr (RaniMoBar) i Terjärv, Finland. Den kommer att transporteras därifrån till Hammarby Sjöstad med lastbil med semitrailer i fjärrtrafik.

Lastkapacitet = 26 ton

Vikt PE-folie (RaniMoBar) = 0,03663 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{0,03663}{26} = 0,14\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till 60\%}$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Ångspärrens andel av lasten} = 0,03663/15,6 = 0,23 \%$$

$$\text{Ångspärrens andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,0023 = 0,007 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 79,6 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,007 \text{ l/mil} * 79,6 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 2,897 \text{ kgCO}_2$$

Stålprofiler

Gyrpocs stålprofiler (EPT 600, L=625 och T-kortling) tillverkas i Malmö och kommer därifrån att transporteras tillsammans i lastbil med semitrailer i fjärrtrafik till Hammarby Sjöstad.

Lastkapacitet = 26 ton

Vikt EPT 600, L625 = 0,0297 ton

Vikt T-kortling = 0,02871 ton

Total vikt lastat material = 0,05841 ton

$$\text{Lastutnyttjande} = \frac{0,05841}{26} = 0,22\% < 30\% \rightarrow \text{Lastutnyttjande antas till 60\%}$$

$$\text{Bränsleförbrukning} = 0,6 * 0,9 + 2,5 = 3,04 \text{ l/mil}$$

$$\text{Vikt lastat gods} = 26 * 0,6 = 15,6 \text{ ton}$$

$$\text{Stålprofilernas andel av lasten} = 0,05841/15,6 = 0,37 \%$$

$$\text{Stålprofilernas andel av bränsleförbrukning} = 3,04 \text{ l/mil} * 0,0037 = 0,011 \text{ l/mil}$$

$$\text{Sträcka} = 61,1 \text{ mil}$$

$$\text{CO}_2 \text{ utsläpp} = 0,011 \text{ l/mil} * 61,1 \text{ mil} * 2 * 2,6 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 3,495 \text{ kgCO}_2$$

Bilaga 5 Koldioxidutsläppsberäkningar för transport av arbetskraft

I denna bilaga genomförs koldioxidutsläppsberäkningar av den putsade, enstegstätade regelväggens transport av arbetskraft. Bränsleförbrukningen, sträckan och emissionsvärdet för samtliga transporter antas vara detsamma och beskrivs i kapitel 3.6.3 "Beräkningar för transporter av material och arbetskraft". För beräkning av koldioxidutsläppen används formel 3.3. Enhetstider för uppförandet av ytterväggskonstruktionen hämtas ur kapitel 3.7 "Materialåtgång och enhetstider" tabell 11, och beräknas utifrån 198 m² putsad, enstegstätad regelvägg.

Sammanställning av uppgifter:

$\text{CO}_2\text{-utsläpp} = \text{bränsleförbrukning} * \text{sträcka} * 2 \text{ emissionsvärde (3.3)}$

$\text{Emissionsvärde} = 2,65 \text{ kgCO}_2/\text{l}$

Bränsleförbrukning för personbil = 0,75 l/mil

Körsträckan för samtliga persontransport = 3 mil * 2

Tid för uppförandet

Materialåtgång och enhetstider för 1 m² vägg (kapitel 3.7)

Material	Åtgång/m ²	Enhet	Tid (h)
Fasadputs + 80 putsbärare(EPS)	1	m ²	0,95
9 gipsskiva vindskydd	1	m ²	0,14
120 Isolering	1	m ²	0,09
45x120 Reglar c600	3,5	m	0,32
EPT 600 Stålprofil L=625	0,5	st	0,03
0,20 Plastfolie	1	m ²	0,06
T-kortling Stålprofil	0,5	m	0,03
13 gipsskiva B=900	1	m ²	0,2

Tabell 13. Materialåtgång och enhetstider för 1 m² vägg.

Total tid för 1 m² vägg = 0,95 + 0,14 + 0,09 + 0,32 + 0,03 + 0,06 + 0,03 + 0,2 = 1,82 h

Total tid för 198 m² vägg = 198 * 1,82 = 360,36 h

Tid för 1 arbetsdag = 8 h

Antal arbetsdagar = 360,36/8 ≈ 45 dagar

CO₂-utsläpp för persontransporter

$\text{CO}_2\text{utsläpp} = 0,75 \text{ l/mil} * 3 \text{ mil/arbetsdag} * 2 * 2,65 \text{ kgCO}_2/\text{l} = 11,925 \text{ kgCO}_2/\text{arbetsdag}$

$\text{Totalt CO}_2\text{utsläpp} = \text{CO}_2\text{utsläpp} * \text{antal arbetsdagar}$

$\text{Totalt CO}_2\text{utsläpp} = 11,925 \text{ kgCO}_2/\text{arbetsdag} * 45 \text{ arbetsdagar} = 536,625 \text{ kgCO}_2$

Totalt CO₂utsläpp ≈ 537 kgCO₂

Bilaga 6 Total mängd koldioxidutsläpp för respektive konstruktionstyp

I denna bilaga sammanställs koldioxidutsläppen för de fyra konstruktionstyperna.

Uppbyggnad av konstruktionstyperna beskrivs i kapitel 3.2.1 "Uppbyggnad av de 4 konstruktionstyperna" och mängd koldioxidutsläpp för materialtransporter hämtas ur bilaga 4. Mängd koldioxidutsläpp för transport av arbetskraft är detsamma för alla konstruktionstyper och hämtas ur bilaga 5. Totalt koldioxidutsläpp av material för respektive konstruktionstyp hämtas ur bilaga 3.

Vägg 1. "Tjockputs + vindskyddsskiva av gips"

Sammanställning CO₂-utsläpp för materialtransporter

Transport av tjockputsen	= 28,392 kgCO ₂
Transport av armeringsnätet	= 10,656 kgCO ₂
Transport av putsbäraren	= 16,399 kgCO ₂
Transport av Gyproc GU 9 och inv. gipsskiva	= 265,944 kgCO ₂
Transport av träreglar	= 72,532 kgCO ₂
Transport av glasullen	= 99,964 kgCO ₂
Transport av PE-folien	= 2,897 kgCO ₂
Transport av EPT 600 och T-kortling	= 3,495 kgCO ₂
Totalt CO ₂ -utsläpp för materialtransporter	= <u>500,297 kgCO₂</u>

Totalt CO₂-utsläpp av material = 2169,255 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för transport av arbetskraft = 536,625 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 1 = 500,297 + 2169,255 + 536,625 = 3206,177 kgCO₂

Vägg 2. "Tjockputs + vindskyddsskiva av glasroc"

Sammanställning CO₂-utsläpp för materialtransporter

Transport av tjockputsen	= 28,392 kgCO ₂
Transport av armeringsnätet	= 10,656 kgCO ₂
Transport av putsbäraren	= 16,399 kgCO ₂
Transport av Glasroc H Storm och inv. gipsskiva	= 270,630 kgCO ₂
Transport av träreglar	= 72,532 kgCO ₂
Transport av glasullen	= 99,964 kgCO ₂
Transport av PE-folien	= 2,897 kgCO ₂
Transport av EPT 600 och T-kortling	= 3,495 kgCO ₂
Totalt CO ₂ -utsläpp för materialtransporter	= <u>504,965 kgCO₂</u>

Totalt CO₂-utsläpp av material = 2181,135 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för transport av arbetskraft = 536,625 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 2 = 504,965 + 2181,135 + 536,625 = 3222,725 kgCO₂

Vägg 3. "Tunnputs + vindskyddsskiva av gips"

Sammanställning CO₂-utsläpp för materialtransporter

Transport av tunnputs	= 26,208 kgCO ₂
Transport av armeringsnätet	= 10,656 kgCO ₂
Transport av putsbäraren	= 16,399 kgCO ₂
Transport av Gyproc GU 9 och inv. gipsskiva	= 265,944 kgCO ₂
Transport av träreglar	= 72,532 kgCO ₂
Transport av glasullen	= 99,964 kgCO ₂
Transport av PE-folien	= 2,897 kgCO ₂
Transport av EPT 600 och T-kortling	= 3,495 kgCO ₂
Totalt CO ₂ -utsläpp för materialtransporter	= <u>498,095 kgCO₂</u>

Totalt CO₂-utsläpp av material = 2149,027 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för transport av arbetskraft = 536,625 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 3 = 498,095 + 2149,027 + 536,625 = 3183,747 kgCO₂

Vägg 4. "Tunnputs + vindskyddsskiva av glasroc"

Sammanställning CO₂-utsläpp för materialtransporter

Transport av tunnputs	= 26,208 kgCO ₂
Transport av armeringsnätet	= 10,656 kgCO ₂
Transport av putsbäraren	= 16,399 kgCO ₂
Transport av Glasroc H Storm och inv. gipsskiva	= 270,630 kgCO ₂
Transport av träreglar	= 72,532 kgCO ₂
Transport av glasullen	= 99,964 kgCO ₂
Transport av PE-folien	= 2,897 kgCO ₂
Transport av EPT 600 och T-kortling	= 3,495 kgCO ₂
Totalt CO ₂ -utsläpp för materialtransporter	= <u>502,781 kgCO₂</u>

Totalt CO₂-utsläpp av material = 2160,907 kgCO₂

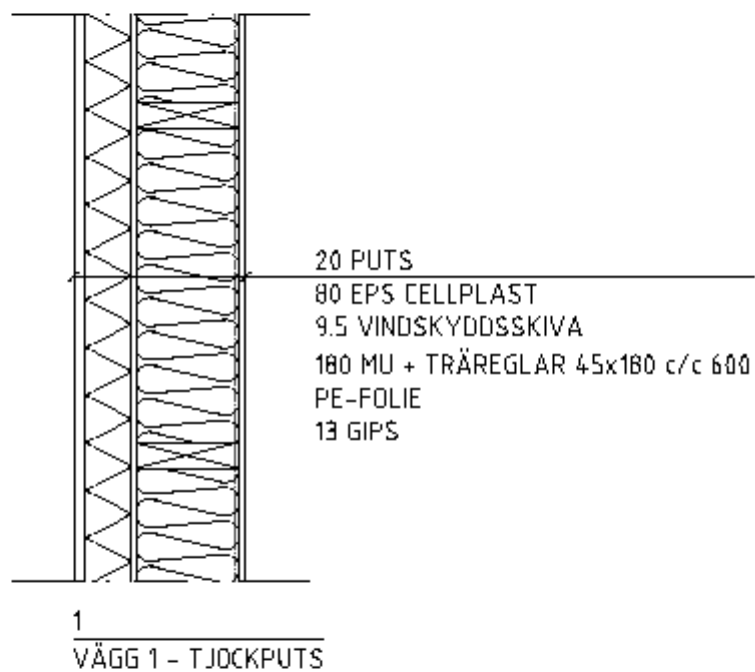
Totalt CO₂-utsläpp för transport av arbetskraft = 536,625 kgCO₂

Totalt CO₂-utsläpp för vägg 4 = 502,781 + 2160,907 + 536,625 = 3200,313 kgCO₂

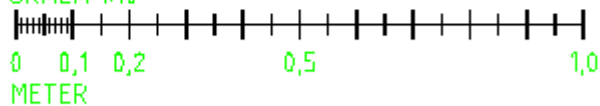
Totals CO2-utsläpp per m2 väggyta för vägg 1-4

Konstruktionstyp	Totalt CO ₂ -utsläpp [kgCO ₂]	Väggyta [m ²]	Totalt CO ₂ -utsläpp per m2 [kgCO ₂ /m2]
Vägg 1	3206,177	198	16,193
Vägg 2	3222,725	198	16,276
Vägg 3	3183,747	198	16,080
Vägg 4	3200,313	198	16,163

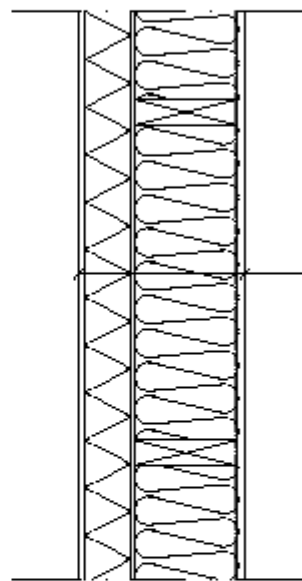
Bilaga 7 Ritningar för putsad, enstegstätad regelvägg



SKALA 1:10



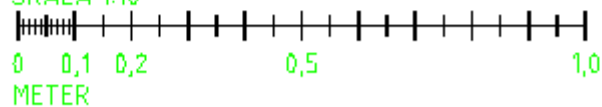
KTH	PUTSAD, ENSTEGSTÄTAD, REGELVÄGG		DATUM 2012-07-12
	VÄGG 1 - TJOCKPUTS		ARBETSTID GRUJA 1:10
EXAMENSARBETE 2012/30	UPPGÅR RITAD/KONSTRUERAD AV OLLE 5	HANDLÄGGARE	K-24.6-101 MÅTTOR BCT A



10 PUTS
80 EPS CELLPLAST
9.5 VINDSKYDDSSKIVA
180 MU + TRÄREGLAR 45x180 c/c 600
PE-FOLIE
13 GIPS

2
VÄGG 2 - TUNNPUTS

SKALA 1:10



KTH	PUTSAD, ENSTEGSTÄTAD REGELVÄGG		DATUM
	VÄGG 2 - TUNNPUTS		2012-07-12
	UPPDRAV		ANSVARIG
EXAMENSARBETE	RITAD/KONSTRIMERAD AV	HANDLÄGGARE	SKALA
2012;30	OLLE. S		1:10
BYGGTEKNIK OCH DESIGN			K-24.6-102

1251 CAUSERS\OLLE SUNDBLÖM\PROJEKT\EXAMENSARBETE\CAD\YTTERVÄGG DETALJ\RITNING.DWG OLLE SUNDBLÖM