

Koldioxidutsläpp vid vägbyggnad

**- en fallstudie med jämförelse av
alternativa byggnadssätt**



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Trafik och samhälle/Väg och trafikteknik**

Examensarbete:
Jonas Lindén

© Copyright Jonas Lindén

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2008

Sammanfattning

I detta examensarbete undersöks hur mycket koldioxid som släpps ut under byggfasen av ett specifikt vägprojekt. Detta för att sedan jämföra hur mängden koldioxid skiljer sig mellan traditionell vägbyggnad och att bygga med Swepave som är Peabs alternativa sätt att bygga väg. För att kunna göra denna jämförelse krävdes ett beräkningsverktyg som togs fram.

För att jämföra mängden koldioxid som släpptes ut vid respektive sätt att bygga, användes ett referensprojekt. Detta projekt var projekterat både traditionellt och med Swepave. Eftersom det bara var byggfasen som undersöktes var det transporter, arbetsmaskinernas timmar, tillverkning av olika produkter samt energiförbrukningen för det aktuella projektet som inkluderades i beräkningen. För att skapa beräkningsprogrammet krävdes en mängd indata i form av emissionsfaktorer för koldioxid och mängder från referensprojektet i form av antal ton material, maskintimmar, sträcka från leverantörer. Emissionsfaktorn CO_2 för de olika delarna i beräkningen fanns i vissa fall redan framtagna men inte för alla. För de delar som det inte fanns färdiga värden för beräknades de utifrån bakgrundsdata från leverantörerna till projektet.

Det som skiljer Swepavekonstruktionen från en traditionell konstruktion vid detta projekt som jag har valt att undersöka är att vid Swepave så stabiliserar man först det befintliga materialet i terrassen och sedan stabiliserar man bärlagret som läggs på. Till sist lägger man på en tunn toppbeläggning av asfalt. Vid den traditionella konstruktionen schaktar man först bort det dåliga materialet i terrassen och kör dit nytt bra material får att få till en bra terrass. Sedan lägger man på flera lager bundna och obundna lager av stenmaterial. Swepavekonstruktionen är i detta projekt tunnare än den traditionella konstruktion, 545 mm jämfört med 750mm. Den tunnare konstruktionen vid Swepave medför mindre mängd material, färre transporter, färre maskintimmar m.m.

Det framtagna beräkningsverktyget visade att den tunnare konstruktionen vid Swepave släppte ut 2,4 % mindre koldioxid än med en traditionell konstruktion i byggfasen i detta projekt.

Att undersöka hur mängden koldioxid skiljer sig mellan att bygga med traditionellt och att bygga med Swepave under hela vägens livslängd är nästa steg och det kan bli ett framtida forskningsprojekt.

Nyckelord: Koldioxid, emissionsfaktor CO₂, Swepave, vägbyggnad

Summary

This degree project examines how much carbon dioxide that emits during the construction phase of a road project. This is to make it possible to compare how the amount of carbon dioxide differentiates between traditional road construction and Swepave construction, which is PEAB's alternative way to design roads. To make the comparison a calculation tool has been produced.

To compare the amount of carbon dioxide emissions a reference project was needed. This reference project was designed both with Swepave and the traditional way. It's only the construction phase that has been examined; therefore the parts included in the calculation are transports, machine hours, production of different materials and the energy consumption of the project. The production of the calculation tool demanded a number of inputs, such as carbon dioxide emission factors and information from the reference project like tons of material, machine hours, distance from the suppliers.

The carbon dioxide emission factor for the parts in the calculation did in some cases already partly exist and in some not. For the parts where the emission factor did not already exist the factor had to be calculated from background data from the suppliers of the road project.

When constructing according to the Swepave method used in this project, the existing soil material is first stabilized to make a good subgrade. Then an unbound layer is added which also is stabilized. The last step is to add a thin top layer of asphalt. In the traditional way to build the existing soil is first excavated and then replaced with better rock material to make a good subgrade. In the next step several layers of bound and unbound rock material are added. The Swepave construction was in the case I have examined thinner than the traditional construction, 545 mm compared to 750 mm. The thinner

construction resulted in less quantity of material, fewer transports, fewer machine hours etc.

The produced calculation tool showed that Swepave's thinner construction emitted 2,4 % less carbon dioxide than a traditional construction.

To examine how the quantity of carbon dioxide differentiates in a life cycle perspective between building the traditional way and building with Swepave can be a future research project.

Keywords: Carbon dioxide, carbon dioxide emission factor, Swepave, road construction.

Förord

Detta examensarbete har inneburit en stor och spännande utmaning samtidigt som det har varit mycket lärorikt. Under arbetets gång har det tydligt visat sig att åren på högskolan har satt sina spår. Allt slit och engagemang har gett utdelning när det som mest behövts. Jag vill härmed tacka alla som har bidragit till mitt examensarbete. Framförallt vill jag tacka Christer Cederholm och PEAB för att de gjort detta examensarbete möjligt. Mina handledare Eva Ericsson och Johan Larsson har bollat idéer med mig och det är jag tacksam för. Bengt Holmberg som varit min examinator. Jag vill även tacka de som har stöttat mig under arbetets gång, min familj, flickvännen, kompisarna och alla andra som har lyssnat på mig när det behövts. Utan er hade det inte blivit något.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställningar	2
1.3 Metod	3
1.4 Avgränsningar	3
1.4.1 Transporter	4
1.4.2 Arbetsmaskinernas maskintimmar	4
1.4.3 Asfaltstillverkning	4
1.4.4 Krossning av stenmaterial	5
1.4.5 Bitumentillverkning	5
1.4.6 Cement och Merittillverkning.....	5
1.4.7 Energiförbrukning för arbetsplatsen	5
1.4.8 Beräkningsunderlag.....	5
1.4.9 Presentation av PEAB	6
1.4.10 Presentation av det studerade projektet	7
2 Teori och metoder för beräkning av CO₂	9
2.1 Växthuseffekten	9
2.1.1 Lagkrav.....	10
2.1.2 Utsläppsrätter	10
2.2 Parametrar som ingår i beräkningen av mängden koldioxid	11
2.3 Hur kan emissionen av CO₂ bestämmas?	12
2.3.1 Transporter	14
2.3.2 Arbetsmaskiner.....	14
2.3.3 Asfaltstillverkning	16
2.3.4 Krossning av stenmaterial	17
2.3.5 Bitumentillverkning	17
2.3.6 Cement och Merittillverkning.....	18
2.3.7 Energiförbrukning för arbetsplatsen	18
2.4 Skillnader mellan att dimensionera enligt Swepave och traditionell dimensionering?	18
2.5 Traditionell vägbyggnad	19
2.6 Att bygga med Swepave	20
2.6.1 Skillnader i maskinparken vid traditionell vägbyggnad jämfört med SwePave?	21
3 Framtagning av CO₂ faktor	23
3.1 Transporter	23
3.2 Arbetsmaskiner	24
3.3 Asfaltstillverkning	24
3.4 Krossning av stenmaterial	24

3.5 Merittillverkning	25
4 Beräkningsverktyget	26
4.1 Beskrivning av beräkningsverktyget.....	26
5 Analys	26
5 Resultat.....	29
5.1 Total.....	29
5.2 Transporter.....	30
5.3 Arbetsmaskiner.....	30
5.4 Asfaltstillverkning.....	30
5.5 Krossning av stenmaterial	30
5.6 Bitumentillverkning	31
5.7 Cement- och merittillverkning	31
5.8 Energiförbrukning för arbetsplatsen.....	31
5.9 Mängden koldioxid som släpps ut vid traditionell vägbyggnad jämfört med att bygga med Swepave.	31
5.10 De moment som skiljer sig i mängden koldioxid som släpps ut mellan traditionell vägbyggnad att bygga med Swepave?	32
6 Diskussion	33
7 Slutsats	36
Referenser	37
Tabellförteckning	42
Figurförteckning.....	43
Bilagor.....	44
Bilaga 1 – Transport och maskindata	44
Bilaga 2 - Beräkningsverktyg	45
Bilaga 3 - Transporter	47
Bilaga 4 - Arbetsmaskiner	50
Bilaga 5 - Asfaltstillverkning	52
Bilaga 6 – Krossning av stenmaterial	54
Bilaga 7 - Bitumentillverkning	56
Bilaga 8 – Cement och Merittillverkning.....	58
Bilaga 9 – Energiförbrukning för arbetsplatsen.....	59
Bilaga 10 - Total.....	60

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Miljö har nog aldrig varit så aktuellt som idag. Vare sig man slår upp tidningen eller tittar på nyheterna talas det om miljön. Det som sägs är oftast inte positivt utan något vi måste göra något åt. Varje dag ser eller hör man något om miljön. Miljön är något vi måste värna om, vi skall leva i den en lång tid framöver. Sedan ska kommande generationer ta över efter oss. Vi måste då arbeta för att bevara och förbättra miljön för de kommande generationerna. Det talas mycket om den globala uppvärmningen. Det är växthusgaserna som bidrar till detta och framförallt då koldioxidutsläppen. Alla transporter som drivs på fossila bränslen bidrar i hög grad till den globala uppvärmningen. Transporterna står för över 40 % av koldioxidutsläppen i Sverige. (Naturvårdsverket E, 2007) Hur ska vi kunna minska dessa utsläpp?

För att ett samhälle ska fungera måste det finnas fungerande infrastruktur. Då och då måste nya infrastruktursatsningar göras t.ex. en ny väg behöver byggas. När man bygger är det primära målet att åtgärden ska förbättra för någon. Något som man inte tänker på är hur mycket koldioxid som släpps ut när man bygger. Detta beror troligtvis på att det inte finns tillräckliga krav för det. För att kunna genomföra ett bygge behövs en rad olika maskiner som transporterar material samt utför arbeten på byggarbetsplatsen. Dessa drivs nästan uteslutet på fossila bränslen som diesel. Det krävs även att olika material och produkter tillverkas. Beroende på hur bygget är konstruerat krävs olika mängd transporter, olika antal maskintimmar samt olika mängder material. Om man optimerar konstruktion går det att spara in på transporter, maskintimmar och material, vilket minskar mängden koldioxid som släpps ut.

Detta arbete utgör ett examensarbete på Väg och Trafikteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Arbetet

kartlägger vilka mängder koldioxid som släpps under byggfasen av ett specifikt vägprojekt. Idén till detta kom till genom att en annan examensarbetare gjort en liknande utredning inom husbyggnad. Då skulle det vara intressant att undersöka detta inom vägbyggnad också. Jag tog därför kontakt med Christer Cederholm på PEAB som vi haft som föreläsare vid några tillfällen under utbildningen. Jag berättade om idén och det visade sig intressant från Peabs sida. Peab har ett eget sätt att dimensionera och bygga vägöverbyggnader vid namn Swepave. Det var då extra intressant att göra en jämförelse mellan att bygga på traditionellt sätt och att bygga med Swepave. Hur mycket skiljer sig mängden koldioxid som släpps ut mellan de två metoderna?

1.2 Syfte och frågeställningar

Syftet är att i samarbete med Lunds Tekniska Högskola och PEAB att ta reda på hur mycket koldioxid som släpps ut under byggtiden vid traditionell vägbyggnad i sett specifikt vägprojekt. Detta för att sedan jämföra med hur mycket som släpps ut när man bygger med en alternativ metod. Genom att ta fram utsläppsfaktorer för olika arbetsmaskiner, transporter, materialtillverkning samt energiåtgång för arbetsplasten tas ett Excelbaserat beräkningsverktyg tas fram för att kunna beräkna utsläppsmängden.

De frågeställningar som ska besvaras är följande:

- Hur mycket koldioxid släpps ut vid ett traditionellt vägbygge respektive hur det skiljer sig om den alternativa metoden Swepave används i stället?
- Vilket/vilka moment under byggprocessen genererar mest koldioxidutsläpp och för vilka går de att minska utsläppen?
- I Vilket/vilka moment skiljer sig mängden koldioxid som släpps ut mellan traditionell vägbyggnad att bygga med Swepave?

1.3 Metod

Steg ett består en litteratursökning för att se vad som är gjort tidigare inom området. Denna sökning ger svar på några inledande frågor som exempelvis: Har det publicerats någon rapport om emissionsfaktorer för arbetsmaskiner, transporter, avfall, energianvändning samt produktion av material? Hur påverkar koldioxidutsläppen miljön? Vad är en utsläppsrätt? Vad är PEAB för verksamhet?

Steg två består av en blandning av litteratursökning och intervjuer som besvara följande frågor. Vad är Swepave? Vad är det som skiljer mellan att bygga traditionellt jämfört med Swepave? Hur skiljer sig maskinparken mellan de olika sätten att bygga? Hur skiljer sig överbyggnaden?

Steg tre består av en kombination av litteratursökning och intervjuer. Detta steg besvarar de frågor som behandlar det viktigaste i teoridelen. Hur kan man beräkna emissionen av CO₂ utifrån bränsleförbrukning, maskintimmar, materialproduktion m.m? Finns det idag framtagna emissionsfaktorer för de olika delarna?

Steg fyra består av en insamling/producering och sammanställning av emissionsfaktorer för samtliga delar. Detta för att ta fram beräkningsverktyget.

Det femte och sista steget består av beräkningen med beräkningsverktyget, diskussionen och slutsatsen.

1.4 Avgränsningar

Det är endast byggnationen i ett vägprojekt som kommer att behandlas, alltså inget livscykelperspektiv. Det finns en mängd olika delar vid byggnationen som använder sig av energi i någon form för att kunna utföra ett arbete eller framställa en produkt.

I beräkningen kommer delarna nedan att ingå:

- Transporterna
- Arbetsmaskinernas maskintimmar
- Asfaltstillverkning
- Krossning av stenmaterial
- Bitumentillverkning
- Cement och Merittillverkning
- Energiförbrukning för arbetsplatsen

1.4.1 Transporter

De flesta transporter som levererar material till bygget är lastbilar, de kommer att köra dit med last för att sedan köra hem utan last i de flesta fall. Det vanligaste enligt PEAB är att de kör med full last varje gång. För att få en realistisk utsläppsmängd kommer därför sträckan från leverantören till projektet automatiskt i programmet att fördubblas. Ingen hänsyn kommer att tas till vilken Euroklass motorerna har utan endast bränsleförbrukning. Transporter från underleverantörer till leverantören kommer inte att tas med som leverans av bitumen och stenmaterial till asfaltsverket.

1.4.2 Arbetsmaskinernas maskintimmar

Timmarna som kommer att användas i beräkningen baseras på de timmar som beräknats i kalkylen för projektet och inte de maskintimmar som maskinerna registrerat eftersom projektet inte är färdigt. Eftersom arbetsmaskinerna inte är verksamma till 100 % under sina maskintimmar kommer en belastningsfaktor för varje maskin att ingå i beräkningen för att hitta den effektiva driftstiden så att mängden koldioxid den släpper ut blir rättvisande.

1.4.3 Asfaltstillverkning

Peab tillverkar sin asfalt själv på ett asfaltsverk. För att tillverka asfalten går det åt en mängd energi form av elektricitet och naturgas. Denna energiåtgång kommer att användas för att beräkna mängden koldioxid som släpps ut.

1.4.4 Krossning av stenmaterial

Peab köper sitt krossade bergmaterial från bergtäkt och det är energiåtgången från det krossverket som kommer att användas för att kunna beräkna koldioxidmängden som släpps ut.

1.4.5 Bitumentillverkning

Bitumen är bindemedlet som håller ihop stenmaterialet i asfaltmassan. Det är bara den totala produktion av koldioxid som genereras vid bitumentillverkningen som kommer att tas upp. Inga delmängder under produktionens gång kommer att redovisas då dessa steg i produktionen är ointressanta i detta arbete. Tillverkningen av polymerer till polymermodifieringen av bitumen som används till Swepave kommer inte att tas upp då det hade tagit för lång tid att hitta emissionsfaktorer för dem.

1.4.6 Cement och Merit tillverkning

Då Peab använder sig av cement och Merit för att stabilisera jorden kommer detta att tas med i beräkningen då det används för Swepave men inte för traditionellt byggande. Meriten är en slaggprodukt från SSAB:s ståltillverkning.

1.4.7 Energiförbrukning för arbetsplatsen

Under byggtiden kommer arbetsplatsen att förbruka en mängd energi i form elektricitet. Det är nordisk elmix som kommer att användas i projektet. Indata till programmet kommer att grunda sig på de fakturor Peab får från sin leverantör av elektricitet. Det som ingår i energiförbrukningen är el för att driva bodarna, arbetsplatsbelysning, länspumpning, provisoriska pumpar till pumpstationen är byggd.

1.4.8 Beräkningsunderlag

Peab har projekterat ett vägprojekt både traditionellt och med Swepave. Detta projekts kalkyl och mängdförtäckning utgör beräkningsunderlaget till programmet som har tagits fram. I kalkylen finns

alla resurser och mängder som behövs till projektet både för traditionellt byggande och med Swepave.

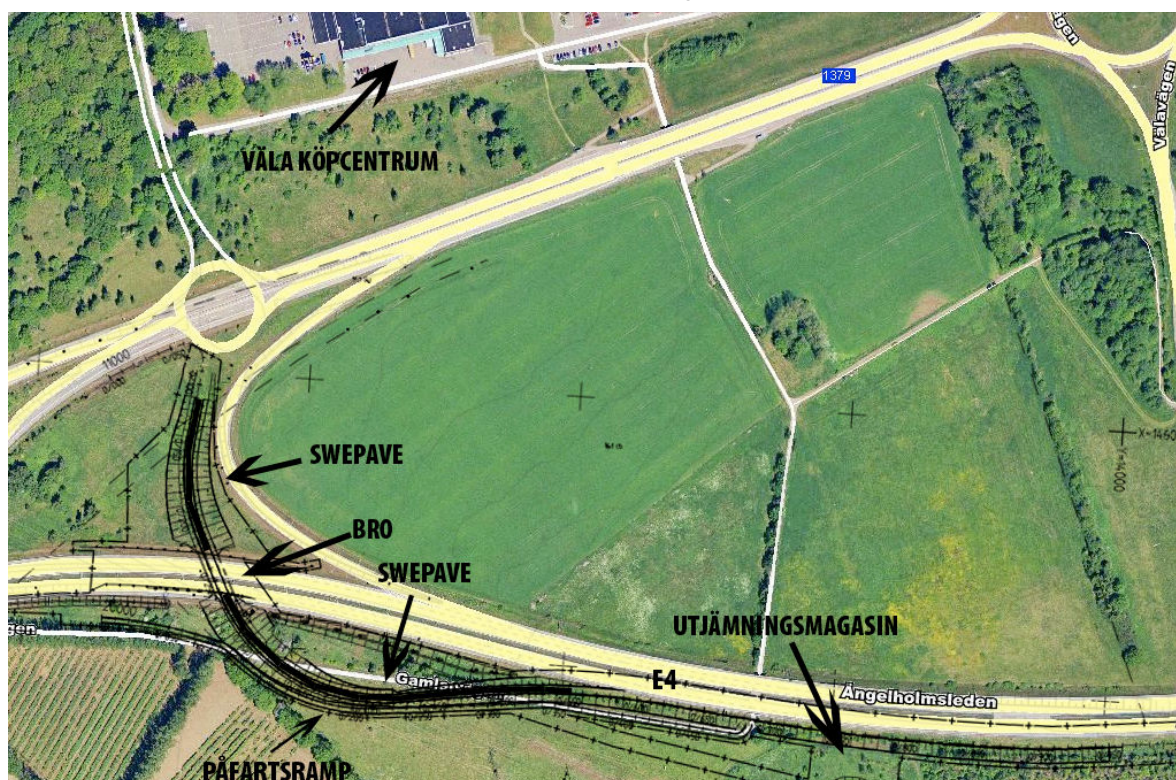
1.4.9 Presentation av PEAB

Peab är en av Sveriges tre största bygg- och anläggningsföretag. De omsätter årligen över 30 miljarder kr och har 12000 medarbetare. Deras affärsidé lyder "Peab är ett bygg- och anläggningsföretag, vars främsta ledstjärna är total kvalitet i alla led av byggprocessen. Genom nytänkande, kombinerat med gedigen yrkesskicklighet, skall vi göra kundens intresse till vårt och därmed alltid bygga för framtiden" (Peab A, 2008). Peab finns etablerade i Sverige, Norge och Finland. Omsättningen 2006 var fördelad: Sverige 86 %, Norge 8 % samt Finland 6 % (Peab B, 2008). Peab har en företagspolicy som säger att deras viktigaste värden är att de ska vara **pålitliga** så att kunden känner sig trygg när den har anlitat Peab, de ska göra rätt från början och hålla tider. De ska även vara **jordnära** och veta att de har de resurser som krävs innan de åtar sig ett projekt. Att vara **personliga** är något Peab strävar efter, genom en ärlig och förtroendefull dialog med kunder och leverantörer skapas och bibehålls långvariga och goda relationer. Företaget vill även vara **utvecklande**, de ska ta vara på medarbetarnas kompetens och erbjuda goda möjligheter till utveckling, utbildning, befordran och friskvård. (Peab C, 2008)



Figur 1: Några av Peabs många projekt. Foto: PEAB

1.4.10 Presentation av det studerade projektet



Figur 2: Översiktsbild över projektet. Det breda svarta strecket visar där det var tänkt att bygga med Swepave.

Enligt förfrågningsunderlaget står det att "objekt avser byggande av ny påfartsramp till väg E4. Arbetena omfattar ny rampväg (ca 600m), ny bro inklusive konstruktionsarbete (bredd 12,6 m, teoretisk spännvidd 27 m), pumpstation, utjämningsmagasin, övrig VA, belysning, omdragning av GC."

Anledningen till detta projekt är det stora köpcentrumet VÄLA i Helsingborg. De besökare som ska ut på väg E4 norrut får idag köra en del småvägar innan de kommer dit. Projektet ska medföra att besökarna kommer direkt ut på E4:an och att småvägarna runt omkring avlastas. Besökarna kommer först att köra under E4:an för att sedan ledas på E4:an i ett accelerationsfält. Då det finns planer på att utöka köpcentret gör detta projekt även att tillgängligheten och framkomligheten ökar.

Projektet projekterades både traditionell och med Swepave. Det var bara en del av sträckan som avsågs byggas med Swepave. Den del som inte var tänkt att

byggas med Swepave hade exakt samma konstruktion som vid det traditionella alternativet. Detta medförde att den del där Swepave skulle vara hade inneburet en skillnad i mängd koldioxid som släpptes ut under byggfasen. Efter att anbuden granskats blev det dock det traditionella alternativet som antogs.

Eftersom syftet med examensarbetet är att jämföra mellan att bygga traditionell och att bygga med Swepave passar detta projekt bra.

Vägsträckans längd avser ca 600 m och vägbredden 6 m. Eftersom man först ska köra under bron som skall byggas som E4:an skall gå på ligger det i skärning och läns-pumpning måste användas för att sänka grundvattennivån tills pumpstationen byggs. Pumpstationen pumpar sedan upp vattnet till en viss nivå där det med självfall rinner bort till utjämningsmagasinet som också skall byggas.

2 Teori och metoder för beräkning av CO₂

2.1 Växthuseffekten

Solen som värmer upp jorden skickar högenergistrålning som träffar jorden och tillför värme. För att bevara en del av denna värme finns ett fenomen som kallas den naturliga växthuseffekten. Vattenånga och koldioxid är två av de växthusgaser som finns naturligt i atmosfären. Dessa gör att en del av överskottsenergin i solstrålningen som reflekterats mot jorden stannar kvar i atmosfären och inte strålar ut i rymden. Om den naturliga växthuseffekten inte hade funnits hade medeltemperatur varit ca - 18 °C vid jordytan. Människornas förbränning av fossila bränslen som kol, olja och naturgas bidrar till en förstärkt växthuseffekt och det medför att den globala uppvärmningen stiger. Koldioxid går inte att rena bort vid förbränning utan den halten ökas ständigt. Det är I-länderna som står för de största utsläppen. (Naturvårdsverket A, 2008) Det vi har att vänta fram till år 2100 är bl.a. att jorden medeltemperatur ökar med 1,1 - 6,4 °C, havsytan stiger med cirka 18-59 cm, förändrad nederbörd som ökad risk för översvämningar och torka. (Naturvårdsverket B, 2008)

Den 11 december 2007 antogs Kyotoprotokollet vilket innebär att de stater som undertecknat protokollet förbinder sig att minska sina utsläpp av växthusgaser med minst 5 % jämfört med nivån 1990 under perioden 2008-2012. Medlemmarna i EU ska tillsammans minska sina utsläpp med 8 % mellan 2008-2012 (Kyotoprotokollet, 2008)

Sverige har ett miljömål som berör begränsad klimatpåverkan som lyder:

"Halten av växthusgaser i atmosfären skall i enlighet med FN:s ramkonvention för klimatförändringar stabiliseras på en nivå som innebär att människans påverkan på klimatsystemet inte blir farlig. Målet skall uppnås på ett sådant sätt och i en sådan takt att den biologiska mångfalden bevaras, livsmedelsproduktionen

säkerställs och andra mål för hållbar utveckling inte äventyras. Sverige har tillsammans med andra länder ett ansvar för att det globala målet kan uppnås." (Miljömål, 2008)

Sedan slutet av 1800-talet har jordens medeltemperatur ökat med 0,8 °C.

Att klimatet förändras av växthuseffekten är något allvarligt vi måste göra något åt. Det är därför Sverige tillsammans med andra länder har detta mål. (Miljömål, 2008)

2.1.1 Lagkrav

Det finns inget lagkrav som talar för hur mycket koldioxid som får släppas ut för arbetsmaskiner. 1999 infördes gemensamma utsläppskrav för "dieseldrivna mobila maskiner som inte är avsedd att användas på väg". De ämnen som finns krav för är kolmonoxid (CO), kolväten (HC), kväveoxider (NO_x) samt partiklar (PM). Detta gäller även på fordonssidan. För arbetsmaskiner finns olika miljöklasser som baseras på när maskinen tillverkats. De olika klasserna är Steg I, steg II, Steg IIIA, Steg IIIB, Steg IV. (SLU, 2007) Det senaste lagkravet för arbetsmaskiner kom 2004 (EU, 2004). Det finns liknande miljöklasser på transporter men där nämns de som olika Euroklasser ex. Euro I och Euro II styrs av EG direktiv 96/1/EG, Euro III, Euro IV och Euro V styrs av EG direktiv 99/96/EG. (Vägverket, 2003)

2.1.2 Utsläppsrätter

En utsläppsrätt innebär att man har rätt att släppa ut ett ton koldioxid. Stora industrier som släpper ut stora mängder koldioxid måste ha utsläppsrätter till alla ton koldioxid de släpper ut. Det finns en begränsad mängd utsläppsrätter i hela EU. Det finns något som heter handelsperiod som innebär en tidsperiod där den begränsade mängden utsläppsrätter i världen fördelas ut gratis till viss del och resterande del går att köpa upp för att få släppa ut mer. Om man köper en utsläppsrätt innebär det att någon annan får släppa ut ett ton mindre.

(Utsläppsrätt 1, 2008) Den första handelsperioden var 2005-2007 då fanns det väldigt många utsläppsrätter och det var billigt att köpa ca 1-2 kr/st. Under den andra handelsperiod 2008-2012 kommer antalet utsläppsrätter att minska och bli betydligt dyrare. Enligt Thea Olander på Naturvårdsverket finns det ca 22-23 miljoner utsläppsrätter i Sverige och under den andra handelsperioden kommer en utsläppsrätt att kosta ca 20 € (195 kr). Under den andra handelsperioden kommer minst 90 % av utsläppsrätterna att fördelas ut gratis och resterande 10 % kommer att finnas för fri handel. När ett EU-land fördelar ut utsläppsrätterna måste det stämma överens med landets utsläppsmål och åtagande enligt Kyotoprotokollet. Detta granskas sedan av EU-kommissionen. (Energimyndigheten, 2008)

2.2 Parametrar som ingår i beräkningen av mängden koldioxid

Jag väljer att inte titta på ett livscykelperspektiv utan bara på byggfasen. Drift- och underhållsfasen för vägen kommer inte alls att tas upp. De parametrar jag har valt att titta på är transporter, arbetsmaskinerna, energiförbrukning för arbetsplatsen samt tillverkning av olika material och produkter. Då examensarbetets syfte är att jämföra hur koldioxidutsläppen skiljer sig mellan traditionell vägbyggnad och att bygga med Swepave är det viktigt att hitta de moment som skiljer mellan de olika sätten att bygga. Om det finns möjlighet att hitta "lokala" värden på koldioxidutsläppen till det aktuella projektet från leverantörer, uthyrningsfirmor samt organisationer kommer det att prioriteras annars kommer generella defaultvärden från diverse tidigare gjorda rapporter att användas. För att enklare överskåda vilka skillnader som finns kan man börja med att överblicka överbyggnaden för de olika sätten att bygga.

Tabell 1: Skillnader i överbyggnad

Traditionell		Swepave	
Slitlager	ABS 11 40 mm	Slitlager	ABS 11 45 mm
Bindlager	Abb 22 60 mm	Stabiliserat bärlager	0-32 200 mm
Bundet bärlager	AG 22 60 mm	Stabiliserad terrass	300 mm
Obundet bärlager	0-40 80 mm		
Förstärkningslager	0-90 510 mm		

Den traditionella överbyggnadens tjocklek är 750 mm medan överbyggnaden där Swepave används bara är 545 mm tjock.

Skillnader

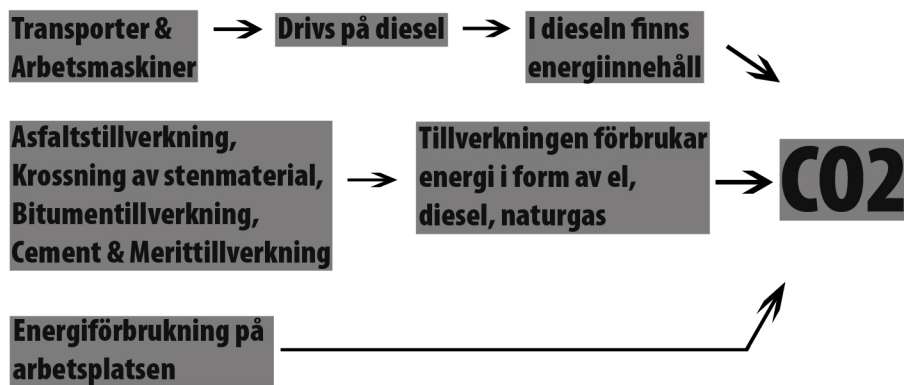
- Swepave har tunnare konstruktion → mindre mängd material
- Stabiliseringen vid Swepave kräver produktion och transport av cement och Merit
- Olika sorters bindemedel till asfaltmassan
- Olika stenfraktioner
- Tunnare asfaltlager vid Swepave → mindre mängd asfaltmassa som ska tillverkas.

Till att börja med är Swepavs överbyggnad betydligt tunnare. Detta beror på att man tar tillvara på den befintliga jorden och stabiliserar den med cement och Merit istället för att schakta bort den och köra dit nytt material för att få en bra terrass att bygga vidare på. Man dimensionerar så att den stabiliserade terrassen får samma eller högre bärighet än det krossade stenmaterialet i en traditionell konstruktion. Vid stabiliseringen använder man sig av cement och Merit och det skiljer sig jämfört med att bygga traditionellt. Asfalten är inte samma för traditionell och med Swepave utan Swepave har bl.a. ett annat bindemedel. (Cederholm, 2008)

2.3 Hur kan emissionen av CO₂ bestämmas?

Att ta fram värden för emissionen av CO₂ var mycket tidskrävande då det inte fanns samlat på ett och samma ställe. För vissa delar fanns det inget framtaget alls utan det krävdes att det beräknades genom olika bakgrundsdata och omvandlingsfaktorer. För att kunna hitta underlag eller färdiga siffror

som är tillförlitliga gällde det att göra en grundlig undersökning av vad som fanns och inte fanns. Därför tog jag kontakt med kunniga personer och organisationer inom respektive område för att hitta någon färdig siffra eller tips till vart underlag kunde finnas. Olika organisationer som Naturvårdsverket, Naturskyddsföreningen, Vägverket, IVL m.fl. kunde ge information om vart man kan hitta information om utsläppsfaktorer för koldioxidutsläppen för fordon och maskiner som drivs på fossila bränslen. När det gäller produktion av olika material tog jag kontakt med olika leverantörer för att hitta de värden som stämmer bäst överens med just det aktuella projektet.



Figur 3: Översikt över vart koldioxiden kommer ifrån.

De värden som behövdes räknas fram, oavsett om det var för en maskin eller ett material krävdes någon typ av ekvation eller energisamband. För transporterna och arbetsmaskinerna handlade det i grund och botten om att hitta en bränsleförbrukning. När den var känd gick det att beräkna mängden koldioxid som släpptes ut då den var kopplad till drivmedlets energiinnehåll. Nästan alla transporter och arbetsmaskiner drivs på diesel och för dieseln finns emissionsfaktorer som säger hur mycket koldioxid som släpps ut per kg eller liter bränsle. För energiförbrukningen för arbetsplatsen var det generella siffror för antal kWh energi som användes. Vid produktionen av olika material och produkter användes energiåtgången i form av antal liter diesel eller antalet kW energi eller liknande för omvandling till koldioxid.

2.3.1 Transporter

För att beräkna mängden koldioxid som transportererna släpper ut måste man veta vissa egenskaper hos fordonen som typ av motor, bränsleförbrukning, lastkapacitet m.fl. NTM som är Nätverket för Transporter och Miljön har tagit fram och sammanställt energi- och emissionsdata för godstransporter i Sverige. De talar om två olika sätt att beräkna koldioxidutsläppen från lastbilarna. Det ena är emissionsdata relaterat till transportarbete och belastningsgrad och det andra är emissionsdata relaterat till bränsleförbrukning. (TFK, 2001) Det andra alternativet kommer att användas då bränsleförbrukningen för fordonen finns givna av de åkerier som Peab köper in transporter från. För att beräkna bränsleåtgången för en transport beräknas först hur många körningar som behövs göras genom att dividera mängden som skall köras med fordonets lastkapacitet. Sedan multipliceras detta med den dubbla sträckan från leverantören samt bränsleförbrukningen för fordonet. När antalet liter bränsle som gått åt under transporten tagits fram multipliceras det med 2,6 kg CO₂/liter för att få fram mängden koldioxid som släpps ut (Blinge, 2006). Den formel som kommer att användas blir således:

$$CO_2 = \frac{\text{mängd}}{\text{lastkapacitet}} \cdot \text{sträcka} \cdot 2 \cdot \text{bränsleförbrukning} \cdot 2,6 \text{ kg } CO_2 / \text{liter diesel} \text{ [kg]}$$

Exempel på koldioxidutsläppen för en transport som ska köra stenmaterial till ett vägbygge. Den totala mängden är 1000 ton, sträckan mellan tälkten och bygget är 5 mil, lastbilens lastkapacitet är 33 ton, medelbränsleförbrukning 4,5 l/mil.

$$CO_2 = \frac{1000}{33} \cdot 5 \cdot 2 \cdot 4,5 \cdot 2,6 = 3545 \text{ kg } CO_2$$

2.3.2 Arbetsmaskiner

För arbetsmaskiner finns emissions- och bränslefaktorer framtagna av CORINAIR i en rapport

som heter Emission Inventory Guidebook. Magnus Lindgren m.fl. på Vägverket har tagit fram en rapport som heter "Utsläpp från större dieseldrivna arbetsmaskiner". Den behandlar hur man kan beräkna emissionerna för arbetsmaskiner. I rapporten finns en ekvation för att beräkna mängden bränsle som en maskin förbrukar

$E = Hr \cdot P \cdot Lf \cdot Be$. Det som ingår i ekvationen är:

E = massan emissioner under den studerade perioden

Hr = antalet drifttimmar

P = motoreffekt i kW

Lf = typisk belastningsfaktor

Be = Specifik bränsleförbrukning i g/kWh

Enligt Lindgren multiplicerar man sedan förbrukad mängd bränsle E med 3,146 ton CO₂/ton diesel för att få fram mängden koldioxid som släpps ut.

Tabell 2: Typisk belastningsfaktor

Kategori	37-75 kW	75-130 kW	130-560 kW
Hjullastare	48%	48%	48%
Grävlastare	21%	21%	21%
Bandgrävmaskiner	40%	40%	40%
Hjulgrävmaskiner	40%	40%	40%
Kompaktlastare	23%		
Dumprar		21%	21%
Mobilkranar		40%	40%

(SLU, 2007)

Tabell 3: Specifik bränsleförbrukning

Effekt (kW)	Be (g/kWh)
0 ≤ P < 18	271
18 ≤ P < 37	269
37 ≤ P < 75	265
75 ≤ P < 130	260
130 ≤ P < 560	254

(SLU, 2007)

Exempel på beräkning av koldioxidutsläpp för en hjullastare:

$$\text{Motoreffekt } [P] = 150 \text{ kW}$$

$$\text{Drifttid } [Hr] = 120 \text{ timmar}$$

$$\text{Belastningsfaktor } [Lf] = 48 \% \text{ av motoreffekten}$$

$$\text{Specifik bränsleförbrukning } [Be] = 254 \text{ g/kWh}$$

$$E = Hr \cdot P \cdot Lf \cdot Be$$

$$E = 120 \cdot 150 \cdot 0,48 \cdot 254 = 2,19 \cdot 10^6 \text{ g diesel} \Rightarrow 2,19 \text{ ton diesel}$$

$$CO_2 \text{ mängd} = 2,19 \cdot 3,146 = 6,9 \text{ ton}$$

Alla maskiner inkluderas inte i Lindgrens rapport. De maskiner som inte det finns en belastningsfaktor för är bandschaktare, väghyvlar, vältar, asfaltläggare samt traktorer. I ett telefonsamtal med Lindgren konstaterade han att det amerikanska naturvårdsverket (USEPA) tar upp liknande maskiner i sin "Nonroad model" från 2004. Där har de enligt Lindgren en relativt hög belastningsfaktor 0,59. Hjullastare som även finns med i den svenska rapporten har de i USA satt till 0,59. Därför går det enligt Lindgren att jämföra dessa maskiner med en hjullastare och därmed blir belastningsfaktorn för dessa maskiner enligt Lindgrens rapport 0,48.

2.3.3 Asfaltstillverkning

Peab har ett eget asfaltverk där de blandar sin asfalt. Deras olika maskiner i produktionen drivs på elektricitet och naturgas. Den energi som maskinerna förbrukar är direkt kopplad till mängden koldioxid som släpps ut. Genom att använda sig av energiförbrukning som motsvarar normaldrift under ett år och dividera det med mängden asfaltmassa under den tiden får man fram vilken mängd energi som har förbrukats per ton asfalt. Detta räknas sedan om till koldioxid. Enligt Reinhold Tilling på Peab Asfalt producerades under 2007 159 000 ton asfaltmassa. Till detta gick det åt 390 000 kWh elektricitet och 1 003 500 m³(n) naturgas. För ett ton asfaltmassa går det då åt 2,45 kWh elektricitet och 6,31 m³(n) naturgas. (Peab Asfalt, 2008)

2.3.4 Krossning av stenmaterial

Det krossade bergmaterialet köper Peab från en bergtäkt i Bjärsgård som Swerock äger. Vid krossning av bergmaterial används ett krossverk. Detta kan antingen vara stationärt eller mobilt. I fall det är helt stationärt drivs det nästan uteslutet på el medan det helt mobila drivs på diesel till största delen. Krossverket i Bjärsgård är enligt Bengt Svensson på Swerock något där emellan. Han räknade efter hur mycket diesel och elektricitet som gått åt under ett års produktion och dividerade det sedan med antalet ton krossat material under den tiden. De har inte räknat på enskilda stenfraktioner utan det är på allt som körts. Han kom då fram till att för ett ton krossat material oavsett kornstorlek gick det åt 1 liter diesel och 1,5 kWh elektricitet.

2.3.5 Bitumentillverkning

Olika sorters bitumen används när man bygger vägar. Enligt Cathrine Johansson på Peab Asfalt är det som styr valet av bitumen klimatet och andelen tung trafik. Ju varmare klimat desto hårdare bitumen behövs då det vid en viss temperatur mjuknar och deformationer i asfalten uppstår. När man bygger med Swepave polymermodifierar man vanligt bitumen med polymerer för att förändra dess temperaturegenskaper. Bituminet blir då inte lika känsligt temperaturkänsligt. Det blir inte lika mjukt på sommaren och inte lika hårt på vintern som vanligt omodifierat bitumen. Peab köper sitt bitumen från Nynäs Petroleum AB. Nynäs är då den källa som kan ge den mest aktuella siffran på koldioxidutsläppen från bitumentillverkningen. Lars Gösta Ekström på Nynäs hade tyvärr ingen exakt siffra på hur mycket koldioxid de släppte ut per kilo bitumen. Däremot hänvisade han vidare till en rapport som producentorganisationen Eurobitume togs fram 1999 som heter "Partial life cycle inventory or "Eco Profile" for paving grade bitumen". I rapporten redovisas de olika stegen i bitumentillverkningen med dess tillhörande emissioner. Den totala siffran från hela produktionen blev 0,277 kg CO₂/kg bitumen. Enligt Lars skiljer sig inte emissionsfaktorn mycket

mellan olika sorters bitumen. Det är mest när man tar upp råoljan i början av processen det kan skilja mellan olika metoder men när det gäller att ta fram olika sorters bitumen skiljer det nästintill inget. Då jag gjorde avgränsningen att inte ta med tillverkningen av polymererna kommer siffran för bitumentillverkningen inte att skilja mellan vanlig vägbyggnad och med Swepave trots att olika bitumen används.

2.3.6 Cement och Merittillverkning

Enligt Anders Rönneblad på Cementa och deras miljövarudeklaration för cement kan det konstateras att det släpps ut 715 kg CO₂/ton cement som tillverkas. (Cementa, 2003) För Meriten finns det ingen färdig siffra utan det måste beräknas utifrån energiförbrukning och transporter. Hanna Friberg på företaget Merox som tillverkar Meriten tog fram att det går åt 20,9 liter olja och 190 KWh för torkningen av ett ton Merit. Meriten transporteras även 250 km hos Merox under produktionen.

2.3.7 Energiförbrukning för arbetsplatsen

I arbetet kommer jag att räkna efter Nordisk elmix. Man räknar att det släpps ut ca 90 g CO₂/kWh. Detta är genomsnittet för all elproduktion i hela norden. (Utsläppsrätt 2, 2008) I snitt använder sig projektet av 12330 KWh/månad. Jag sätter samma förbrukning för traditionell och Swepave då Peab inte vet hur mycket kortare tid det hade tagit att bygga det med Swepave. Enligt Christer Cederholm tar det kortare tid att bygga med Swepave. Då det inte är någon skillnad i beräkningen kommer energiförbrukningen på arbetsplatsen inte att läggas stor vikt vid jämförelsen när totalsumman räknas fram.

2.4 Skillnader mellan att dimensionera enligt Swepave och traditionell dimensionering?

Den största skillnaden mellan SwePave och traditionell dimensionering är att den traditionella dimensioneringen grundar sig på ett regelverket ATB

Väg där man dimensionerar utifrån tabeller. Detta lämpar sig bra för dagens total- och utförandeentreprenader. SwePave däremot lämpar sig mest för funktionsentreprenader i dagsläget då beställaren beställer en rad skallkrav som skall vara uppfyllda sedan är det upp till entreprenören som har ett konstruktionsansvar att uppfylla dessa krav. SwePave optimerar konstruktionen för varje enskilt objekt utifrån dess förutsättningar vilket även ger en tunnare och konstruktion. Det optimerar även användningen av befintliga material vilket minimerar uttaget av naturresurser. Genom egenkontrollen i processen kvalitetssäkrar Swepavekonceptet att projektet håller den kvalitet som utlovats. (Rydén, 2008) Att naturresursanvändningen minskar i form av uttag av naturgrus är mycket viktigt då Sverige har ett delmål i miljömålet God bebyggd miljö som ska nås. Delmålet lyder "2010 skall uttaget av naturgrus i landet vara högst 12 miljoner ton per år". (Arell, 2007)

Tabell 4: Skillnader mellan de olika sätten att bygga.

Traditionell	Kontrollmetod	Swepave	Kontrollmetod
	Jämnhet, tvärfall m.m.		Jämnhet, tvärfall m.m.
Slitlager		Slitlager	
Bundet bärlager	Nivå	Stabiliserat bärlager	Nivå/siesmik
Bindlager	Nivå	Stabiliserad terrass	Nivå/siesmik
Obundet bärlager	Nivå/bärighet		
Förstärkningslager	Nivå		
Terrass	Nivå/bärighet		

2.5 Traditionell vägbyggnad

När man bygger traditionellt går man efter bestämmelser från ett regelverk som heter ATB Väg. I detta regelverk står det hur man skall gå tillväga för att bygga på ett korrekt sätt så att man uppnår regelverkets krav. Om man har en viss undergrund ska man ha en viss överbyggnad med vissa bestämda lagertjocklekar Det börjar med att man schaktar bort befintlig jord och packar den med en vält. Detta utgör terrassen, vilken man kontrollerar nivån på så att man ligger på rätt höjd. Efter packningen och nivåkontrollen kontrolleras även bärigheten med ett plattbelastningsförsök. Plattbelastningsförsöket

innebär att man belastar en platta som är placerad på terrassen med en viss kraft. Man mäter då av den deformation som uppstår på grund av kraften. Genom att veta kraften och deformationen kan bärigheten beräknas. Om detta värde är inom gränsen enligt ATB Väg är det OK att lägga på nästa lager. Ett förstärkningslager läggs sedan på och packas med ett visst antal överfarer med en vält. Efter det läggs ett obundet bärlager på och även det packas med välten. Efter de obundna lagrena läggs bitumenbundna asfaltlager på i form av, asfaltsgrus, bindlager, slitlager. Dessa packas även med en vält och kontrolleras. (Cederholm, 2008)

2.6 Att bygga med Swebave

Swebave är "Ett verktyg för dimensionering och kontroll av överbyggnadskonstruktioner". Swebavekonceptet skapades genom ett samarbete mellan Peab, Vägverket och Lunds Tekniska Högskola. Konceptet grundar sig på tre olika faser, design, utförande och kontroll. Swebave kan innebära stabilisering av befintlig jord.

De material som blandas i jorden för stabilisering är kalk, cement och Merit. För att hitta den optimala halten av stabiliseringsmaterialen görs provkroppar i labb där man försöker efterlikna de egenskaper jorden ute i fält har. Det är vattenkvoten i jorden som avgör hur mycket stabiliseringsmaterial som ska blandas i. Det är just detta som innebär den aktiva designen. I laboratoriet görs sedan tester på provkropparna. Tryckhållfastheten som är måttet på hur starkt ett material är testas genom att trycka sönder provet i en apparat. Ett annat test är att undersöka ljudhastigheten i materialet. Ljudhastigheten har en korrelation till tryckhållfastheten. D.v.s. vet man ljudhastigheten i ett material kan man lätt räkna ut vilken tryckhållfasthet materialet har. Eftersom man inte kan mäta tryckhållfastheten ute i fält är ljudhastigheten lösning på detta problem. Det görs även frys- och tötester för att undersöka frostbeständigheten.

När designen är bestämd med optimal halt av stabiliseringsmaterial är det dags att utföra arbetet. Det börjar med att schaktas för att hitta rätt nivå sedan djuppäckas terrassen. Ett jordlager sprids ut och jämnas till. Med hjälp av mätinstrumentet Troxler mäts vattenkvoten i terrassen för att kunna hitta rätt mängd stabiliseringsmaterial som tidigare beskrivits vid provkropparna i laboratorium. Med hjälp av en spridardumper sprids stabiliseringsmaterialet ut jämnt över terrassen. För kontrollera att det är rätt mängd per m² läggs en kontrollduk ut som sedan vägs. En fräs fräser sedan ner stabiliseringsmaterial ca 30 cm i terrassen. Detta gör att det bli en mycket homogen blandning som ger en homogen bärighet. Man fräser sedan ännu en gång och kör med en hyvel för att jämna till ytan till rätt nivå innan packningen. Innan det ska packas kontrolleras vattenkvoten ännu en gång för att se om det behövs tillföras eller pumpas bort vatten för att uppnå optimal packningsgrad. Efter packningen undersöks luftporhalten för att se att materialet är tillräckligt packat, den måste vara under 5 %. Ytan måste sedan härda i minst sju dagar innan den kan kontrolleras med siesmik d.v.s. ljudhastigheten testas för att undersöka bärigheten. Den uppmätta ljudhastigheten räknas sedan om genom korrelation till tryckhållfasthet. Till sist jämförs det uppmätta värdet med det som uppmättes i laboratoriet. Om det godkänns kan nästa lager läggas på. Nästa lager är ett obundet bärlager som även det stabiliseras och packas. Till sist läggs en tunn toppbeläggning på av specifik typ som även kontrolleras. (SwePave, 2004)

2.6.1 Skillnader i maskinparken vid traditionell vägbyggnad jämfört med SwePave?

Det är endast i stabiliseringsfasen maskinparken skiljer sig. Det är spridaren för utspridning av stabiliseringsmaterialet och fräsen för nedfräsningen av materialet. Dessa är dock inga självgående maskiner utan dras av andra maskiner i

form av traktorer. Det finns alltså ingen stor skillnad i maskinparken. Dessa maskiner används inte i någon stor utsträckning då stabiliseringsarbetet i sig inte tar någon längre tid.
(Kalkyl, 2007)

3 Framtagning av CO₂ faktorer

I detta kapitel redovisas hur emissionsfaktorn av CO₂ tas fram för dem delar där det inte finns någon given siffra sedan tidigare, nämligen för transporter, arbetsmaskiner, krossning av bergmaterial, asfaltstillverkning samt merittillverkning.

3.1 Transporter

Enligt Cliffton som transporterar stenmaterial åt Peab körs det flera olika sorters lastbilar för att leverera och transportera bort material. De flesta transportererna har liknande motoregenskaper men är av olika fabrikat som Volvo och Scania. Därför kan man göra förenklingen att de har liknande bränsleförbrukning. Enligt Clifftons uppföljning för transportererna som anger hur många mil som körts på ett år och hur mycket bränsle som konsumerats visar det att för lastbilarna är medelbränsleförbrukningen ca 4,6 liter/mil. Medelvärde gäller oavsett om lastbilen är full eller tom då den är baserad på all körning. Lastbilarna körs till största delen med släp. Lastkapaciteten för lastbilen är 13 ton och släpet 20 ton. Den sammanlagda lastkapaciteten blir då 33 ton. Peab köper sitt grus, stenmaterial, asfaltmassa samt bitumenemulsion från Bjärsgård och därifrån till arbetsplatsen är det 3,5 mil enkel resa. De köper även lite material från Kvidinge och det är 2,9 mil från arbetsplatsen.

Transporteringen av cement och merit sköter Hyllinge Åkeri AB och Percy Svantesson som arbetar där har hjälpt mig med informationen om deras bulkbilar. Lastkapaciteten är 42,5 ton och medelbränsleförbrukningen är på 5,5 liter/mil. När Meriten hämtas hos Merox uppe i Grängseberg körs bilen med last upp för att det är en lång sträcka på 69,8 mil. Just denna transport kommer sträckan bara att räknas enkel i stället för dubbel som för de transporter som körs korta sträckor där de oftast kör tomma ena vägen. Detta eftersom den ena vägen

inte är avsedd för projektet alls. Sträckan för cementen som köps från CEMENTA i Limhamn är 7,2 mil.

Samtliga transporters bränsleförbrukning och lastkapacitet finns samlade i bilaga 1.

3.2 Arbetsmaskiner

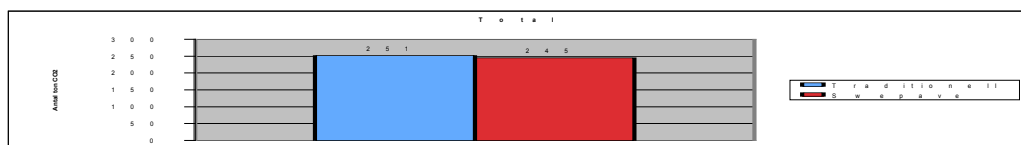
Cliffton hyr även ut arbetsmaskiner till PEAB. För alla arbetsmaskiner som de hyr ut finns miljödeklarationer som bl.a. anger motoreffekten, emissionsfaktorer, årsmodell m.m. för respektive maskin. Tillsammans med en del ur ekvationen i Lindgrens rapport kan bränsleförbrukningen för varje maskin som används i detta projekt beräknas. Bränsleförbrukningen för projektets samtliga maskiner finns samlade i bilaga 1. Bränsleförbrukningen anges i gram diesel/timme.

3.3 Asfaltstillverkning

Som tidigare nämnts förbrukades 2,45 KWh elektricitet och 6,31 m³(n) naturgas för att tillverka ett ton asfaltmassa. Enligt NFS 2006:8 omvandlar man naturgasen till koldioxidutsläpp genom att använda sig av formeln

$$CO_2 = \text{Bränsleförbrukning (m}^3\text{)} \cdot \text{värmevärde (GJ/m}^3\text{)} \cdot \text{emissionsfaktor (kg/GJ)} .$$

Värmevärdet för naturgas är 35,96 GJ/1000 m³ bränsle och emissionsfaktorn är 56,5 kg CO₂/GJ bränsle. För att tillverka ett ton asfaltmassa släpps då 13,04 kg CO₂ ut enligt beräkningen nedan.



3.4 Krossning av stenmaterial

Enligt Svensson förbrukades 1 liter diesel och 1,5 kWh elektricitet per ton krossat stenmaterial. Genom att använda sig av hur mycket koldioxid som släpps ut på en liter diesel och hur mycket koldioxid som släpps ut på en kWh nordisk elmix går det att beräkna mängden koldioxid som släpps ut på ett ton

krossat stenmaterial. Dieselns bidrag är 2600 g CO₂/liter och elektricitetens är 90 g/kWh. För ett ton krossat bergmaterial blir det således $(1 \cdot 2600) + (1,5 \cdot 90) = 2735 \text{ g/ton} \Rightarrow 2,732 \text{ kg/ton}$.

3.5 Merittillverkning

Uppgifterna om utsläpp vid Merittillverkning har fått av Hanna Friberg på Merox. Torkningen av meriten kräver 20,9 liter olja/ton samt 190 kWh/ton. För oljan ligger emissionsmängden på 2,67 kg CO₂/l (Naturvårdsverket C). Transporten på 250 km som sker i produktionen körs av Green Cargo. Enligt Hanna räknar de då med Green Cargos siffror vid transporten och de ger ett koldioxidutsläpp/tonkilometer på 46 g. Hela produktionen bidrar då med 84,4 kg CO₂/ton enligt beräkningen nedan.

$$20,9 \text{ l/ton} \cdot 2,67 \text{ kg CO}_2/\text{l olja} = 55,8 \text{ kg CO}_2/\text{ton}$$

$$190 \text{ kWh/ton} \cdot 0,09 \text{ kg CO}_2/\text{kWh} = 17,1 \text{ kg CO}_2/\text{ton}$$

$$250 \text{ km} \cdot 0,046 \text{ kg/tonkilometer} = 11,5 \text{ kg CO}_2/\text{ton}$$

$$\text{Summa} = 55,8 + 17,1 + 11,5 = 84,4 \text{ kg CO}_2/\text{ton}$$

4 Beräkningsverktyget

Beräkningsverktyget är gjort i Excel som är en lättanvänd plattform som de flesta behärskar att använda. För att göra det enkelt att använda har jag valt att vara konsekvent med användarhjälp samt val av färger för att användaren ska känna igen sig.

4.1 Beskrivning av beräkningsverktyget

Beräkningsverktyget är upplagt enligt de olika delarna som tagits upp i rapporten tidigare. Varje del finns under en egen flik. De fält som är vita fylls i av användaren. Vid dessa fält finns kommentarer som hjälper användaren att fylla i informationen på rätt sätt och i rätt enhet. Det är i stort sett endast mängder, timmar och avstånd som behövs fyllas i. De ljusgröna fälten är till för att välja olika typer av transporter eller arbetsmaskiner. Om man klickar i en ljusgrön cell kommer det upp en lista på vad som finns att välja på. De gula fälten fyller beräkningsverktyget själv i då det ligger formler i bakgrunder för dessa. De grå fälten är resultatfält som summerar beräkningen för den valda delen. Det finns för varje del ett diagram som visar hur det skiljer sig mellan att bygga traditionellt och att bygga med Swepave. För att användaren lätt ska kunna navigera mellan de olika delarna i beräkningsverktyget finns det navigeringsknappar i slutet på varje blad. Figur 2 i bilaga 2 visar en översikt över hur beräkningsverktyget ser ut.

5 Analys

Den största delen av tiden har gått åt till att ta fram emissionsfaktorer för CO₂ för alla ingående delar i beräkningen. Det var inte helt enkelt att hitta bra och representativa värden för alla delar. Målet var att hitta så lokala värden som möjligt för att få fram så rättvisande resultat som möjligt för det aktuella projektet. I alla fall förutom för bitumentillverkningen hittade jag lokala värden. Efter diskussion med Stripple på IVL så konstaterade

vi att det inte finns något bättre värde i nuläget som går att få tag på genom en rimlig arbetsinsats.

För transporterna var det viktigt att se hur väl den beräkningsmodell jag använt stämmer. Genom att jämföra en transport med Hyllinge Åkeri AB:s beräkningsmodell visar min modell 5 % mer utsläpp än deras. Hur väl deras modell stämmer vet jag ej. Om det hade funnits mer tid hade jag kunnat jämföra min modell med den EU-gemensamma modellen ARTEMIS (Boulter et al, 2007). Jämförelsen ger dock en bild av att den modell jag använder är närheten.

Vad gäller arbetsmaskinerna har deras bränsleförbrukning beräknats utifrån ekvationen i Lindgrens rapport. Det skulle gå att få tag på en exakt bränsleförbrukning för vissa maskiner genom nyckeltal och miljödeklarationer från uthyrningsfirman. Tyvärr inte för alla så för att de skulle bli jämt för alla maskiner valde jag att teoretiskt räkna fram bränsleförbrukningen. För att se hur väl den beräknade bränsleförbrukningen stämmer kontrollerade jag med några maskiners miljödeklarationer. Det fanns två arbetsmaskiner där bränsleförbrukning stod angiven. Tabell 5 nedan visar att skillnaden går från plus 1 % till minus 16 %. Detta är inget jag kan påverka då jag bara använder mig av Lindgrens ekvation.

Tabell 5: Skillnad mellan beräknad och angiven bränsleförbrukning för arbetsmaskiner

Maskin	Bränsleförbrukning enligt miljövarudeklaration (g/h)	Bränsleförbrukning beräknad (g/h)	Skillnad i %
Grävmaskin bandburen E210	11011	11128	1 %
Grävmaskin Cat 360	21207	17885	-16 %

Beräkningsverktyget som var ett av målen att ta fram är en mycket enkel beräkningsmodell för att beräkna koldioxidutsläppen vid byggnation av väg. I varje del i programmet fyller man både i för traditionell och för Swepave i samma blad och ser direkt resultatet i siffror och grafiskt i ett diagram. Personligen tycker jag att se resultatet grafiskt ger en bättre förståelse. Att ta fram beräkningsverktyget har varit svårt i vissa fall då

funktionerna i Excel inte alltid är enkla att använd. Med hjälp av Georg Romerius som arbetat på LTH lyckades vi reda ut svårigheterna.

Om man tänker några steg längre med beräkningsverktyget kan man möjligen i framtiden göra ett riktigt programmerat program. Eftersom det i dagsläget inte finns några större krav på koldioxidutsläpp vid vägbyggen strävar utan man istället efter att bygga miljövänligt. I fall entreprenörerna redan i sina anbud kan visa hur mycket koldioxid de kommer att släppa ut kan det möjligen i framtiden ingå som ett beslutskriterium hos beställaren. Entreprenörerna kan då konkurrera med varandra om vem som bygger miljövänligast och detta skapar en positiv utveckling. Programmet kan då i framtiden komma att implementeras som en plugin till deras produktions/processledningssystem.

5 Resultat

Detta kapitel kommer att vara upplagt i samma ordning som programmet så att varje del behandlas var för sig för. Resultatet gäller för det aktuella projektet och kan inte ses som ett generellt resultat som gäller för alla vägprojekt. Mängden ton koldioxid i de olika delarna är för hela projektet. Det är inte redovisat per m² väg eller liknande. För de olika delarna redovisa vilken faktor som bidrar mest för just den delen.

5.1 Total

Tabell 6: Total för beräkningen

TOTAL			
	Traditionell	Swepave	Enhet
Transporter	98	82	ton
Arbetsmaskiner	0,20	0,18	ton
Asfaltstillverkning	36	26	ton
Krossning av stenmaterial	104	84	ton
Bitumentillverkning	0,00004	0,00003	ton
Cement och merittillverkning	0	39	ton
Energiförbrukning på arbetsplatsen	13	13	ton
Total	251	245	ton
Utsläppsrätter	251	245	ton
Kostnad	48999	47711	kr

Tabell 4 ovan visar att vid byggnation med Swepave släpper det ut 2,4 % mindre CO₂ än när man bygger traditionellt i detta projekt. De tunga posterna är transporter, krossning av stenmaterial, asfaltstillverkning samt cement och merittillverkning. Den största posten är krossningen av stenmaterial som tydligt visar att man vid Swepave inte använder sig av lika mycket stenmaterial då konstruktionen är tunnare. Även i asfaltstillveknigen avspeglar sig den tunnare konstruktionen vid Swepave. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 10.

5.2 Transporter

Med det traditionella sättet att bygga blir mängden CO₂ 98 ton medan det med Swepave blir 82 ton. Den post som bidrar allra mest är förstärkningslagergrusen som står för 66 % av utsläppen vid traditionell och 58 % vid Swepave. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 3.

5.3 Arbetsmaskiner

Arbetsmaskinernas utsläpp är väldigt lika i de båda sätten att bygga. Traditionell ligger på 0,20 ton CO₂ medan Swepave ligger på 0,18 ton. Det som skiljer sig mest är antalet maskintimmar för dumper. Vid Swepave som har mindre att schakta blir det 17 % färre timmar med dumper. Swepave har även lite färre timmar på bandschaktare samt bandburen grävmaskin. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 4.

5.4 Asfaltstillverkning

Då Swepave har en tunnare konstruktion behövs mindre mängd asfalt att tillverka. Den traditionella konstruktionen släpper ut 36 ton CO₂ och den med Swepave släpper ut 26 ton CO₂. Den tunnare konstruktionen gör att det sparas in betydligt på obundet bärlager, bindlager samt toppbeläggningen. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 5.

5.5 Krossning av stenmaterial

Mängden av krossat stenmaterial hänger både ihop med asfalten och de underliggande lagrens stenmaterial då det används krossat stenmaterial i båda. Den traditionella konstruktionens krossning av stenmaterial släpper ut 104 ton CO₂ medan den med Swepave släpper ut 84 ton CO₂. När man bygger med Swepave använder man sig av 27 % mindre mängd förstärkningslager och 42 % mindre slitlagergrus. Att förstärkningslagrets mängd är mindre vid Swepave gör mycket i koldioxidmängd då det är den post som bidrar mest vid krossning av stenmaterial. Då man vid Swepave bara använder hälften så mycket bundet bärlager och bindlager återspeglar det sig i krossningen av stenmaterial på samma sätt. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 6.

5.6 Bitumentillverkning

Bitumentillverkningen är direkt kopplad till asfalten förutom att vid Swepave används bitumenemulsion. Den traditionella konstruktionen släpper ut 0,00004 ton CO₂ och Swepave 0,00003 ton. Att det vid Swepave släpper ut mindre beror på att asfaltslagret är tunnare på den del Swepave ligger. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 7.

5.7 Cement- och meritillverkning

Cement och merit används bara vid Swepave. Cementen bidrar med 21,7 ton CO₂ och Meriten 16,9 ton CO₂. Cementen är den produkt som i särklass släpper ut mest koldioxid vid tillverkning 715 kg CO₂/ton. Om man jämför cementen med Meriten som är nummer två på listan med sina 84,4 kg CO₂/ton så släpper cementen ut 8,5 gånger så mycket. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 8.

5.8 Energiförbrukning för arbetsplatsen

Då det inte är lätt att uppskatta hur mycket kortare tid det hade tagit att bygga med Swepave är det svårt att se hur mycket som skiljer sig i energiförbrukning. Energiförbrukningen bidrar med 13,3 ton CO₂ i båda fallen. Hela beräkningsunderlaget finns i bilaga 9.

5.9 Mängden koldioxid som släpps ut vid traditionell vägbyggnad jämfört med att bygga med Swepave.

I detta projekt som jag har baserat beräkningen på släpper det vid traditionell byggnation ut 251 ton CO₂ vid traditionell konstruktion och vid Swepave 245 ton CO₂. De moment som släpper ut mest koldioxid är transportererna och krossningen av stenmaterial, se tabell 7. Det är även dessa två moment som går att minska utsläppen på genom att använda sig av mindre mängd stenmaterial. När man bygger med Swepave gör stabiliseringen att man inte behöver använda sig av lika tjock konstruktion och därmed mindre mängd stenmaterial. Om mängden material blir mindre blir även transportererna färre.

Tabell 7: Fördelning av olika poster

	Traditionell (ton CO ₂)	% av total	Swepave (ton CO ₂)	% av total
Transporter	98	39	82	32
Arbetsmaskiner	0,20	0,08	0,18	0,07
Asfalt	36	14	26	11
Stenmaterial	104	41	84	34
Bitumen	0,00004	0,00002	0,00003	0
Cement och merit	0	0	39	16
Energiförbrukning	13	5	13	5

5.10 De moment som skiljer sig i mängden koldioxid som släpps ut mellan traditionell vägbyggnad att bygga med Swepave?

Mängden CO₂ utsläpp skiljer sig mellan Swepave och traditionellt byggnadssätt i stort sett i alla moment, se tabell 8. Detta förklaras av att mängderna av material skiljer sig och att det i sin tur påverkar allt annat som transporter, maskintimmar, tillverkningen av materialet.

Tabell 8: Hur mängden koldioxid skiljer sig mellan olika delar

	Traditionell (ton CO ₂)	Swepave (ton CO ₂)	Skillnad	Skillnad i %
Transporter	98	82	16	16
Arbetsmaskiner	0,20	0,18	0	10
Asfalt	36	26	10	28
Stenmaterial	104	84	20	19
Bitumen	0,00004	0,00003	0,00001	25
Cement och merit	0	39		
Energiförbrukning	13	13	0	0

6 Diskussion

Innan jag började med examensarbetet hade jag en bild av hur resultatet i slutändan skulle bli. Jag var nästan säker på att Swepave skulle släppa ut mindre mängd koldioxid. Denna bild grundade sig i stort sett på att det skulle bli mindre schakt, mindre mängd stenmaterial och asfalt vilket leder till färre transporter, färre maskintimmar, mindre tillverkning av material. Hur tillverkningen av olika material skulle påverka resultatet fanns då ingen uppfattning om.

Efter att beräkning är gjord visade det sig att min bild stämde. Jag trodde dock att de skulle skilja betydligt mycket mer än 2,4 %. Det som gör att det inte skiljer mer är tillverkningen av stabiliseringsmaterialen. Tillverkningen av cement släpper ut 715 kg CO₂/ton och Merit 84,4 kg CO₂/ton. Det behövs inte många ton cement och Merit för att mängden CO₂ ska sticka iväg. Tillverkarna av cementen och Meriten är de som kan påverka mängden koldioxid som släpps ut. Genom forskning och utveckling av nya tillverkningsmetoder borde det gå att minska mängden koldioxid som släpps ut vid tillverkningen.

Om det inte är möjligt att hitta nya tillverkningsmetoder för cementen och Meriten är det kanske tid att se sig om efter andra stabiliseringsmaterial då de som används i nuläget släpper ut så pass mycket koldioxid. Dock måste de nya stabiliseringsmaterialen ha tillräcklig effekt vid stabiliseringen. Det bästa hade varit om dem är slaggprodukter likt Meriten som kan anses "koldioxidneutrala" eftersom de annars skulle gå åt deponi. Om tillverkningen av stabiliseringsmaterialen hade varit koldioxidneutrala d.v.s. noll så hade det vid Swepave släppts ut 18 % mindre CO₂.

Är det bara mängden koldioxid som skiljer mellan att bygga traditionellt eller med Swepave ur miljösynpunkt? Om man bara tänker på koldioxiden är

det inte någon stor skillnad i nuläget. Även om man inte behöver lika tjock konstruktion och sparar in stenmaterial, asfalt m.m. så betyder det att man fortfarande måste använda stabiliseringsmaterial för att kunna ha den tunnare konstruktionen.

Om man inte enbart tänker på koldioxidutsläppen utan även på naturresursanvändning är Swepave bättre då stabiliseringen minskar uttaget av naturresurser. Detta är oerhört viktigt då vi måste hushålla med våra naturresurser.

Vilket är det då som skadar miljön värst av koldioxidutsläppet eller uttaget av bergmaterial? Det är inte enkelt att jämföra dessa mycket olika faktorer. Pengar är något människor har lätt för att förstå och i detta fall är det troligen det enklaste sättet att jämföra. Likt andra mjuka parametrar är det svårt att finna ett monetärt värde på hur mycket en bergtäkt skadar miljön. För koldioxiden finns ett monetärt värde genom utsläppsrätterna.

En annan av anledningarna till att bygga med Swepave är att man inte ska behöva lägga på ny toppbeläggning förrän efter kanske 15 år. Vid en traditionell konstruktion kan ny beläggning behöva läggas på redan efter 5-7 år. IRI och spårdjup är lägre för en Swepavekonstruktion om man jämför efter 6-7 år med en traditionell konstruktion (Peab D, 2007). Underhållet för en Swepavekonstruktion behövs då inte lika ofta som för en traditionell konstruktion vilket medför att mindre koldioxid släpps ut på grund av den minskade mängden ny asfalt som behövs tillverkas.

Än så länge har jag bara undersökt byggnationsfasen av en väg. Det skulle vara intressant att undersöka Swepave ur ett livscykelperspektiv. Det kräver ett omfattande arbete för att hitta alla ingående delar under en vägs livslängd. Detta skulle sedan kunna jämföras med en LCA för en traditionell väg. Eftersom miljön är det som talas om hela tiden i nuläget är det väldigt aktuellt att göra denna undersökning. Framförallt för att veta hur det

påverkar miljön och kunna uppfylla de allt hårdare miljökrav som ställs från såväl beställare som lagstiftning.

Beräkningsverktyget som är framtaget är mycket lokalt och fungerar bara för det aktuella projektet. För att göra programmet mer generellt så att det går att använda på vilket vägprojekt som helst krävs en rad justeringar. För transporter krävs en säkrare modell med fler möjligheter att fylla i information om transporten ex. fordon, typ av motor, lastkapacitet, lastgrad, bränsleförbrukning m.m. Denna modell skulle kunna grunda sig ARTEMIS och annan utsläppsstatistik. Samma sak gäller arbetsmaskinerna. Framförallt ska det gå att välja mellan alla arbetsmaskiner som finns på marknaden samt att det ska gå att lägga till extrautrustning som ibland krävs. För tillverkningen av asfalt, bitumen, stabiliseringsmaterial samt krossning av stenmaterial ska det finnas data från alla leverantörer i landet så att lokala värden kan väljas beroende på var i landet vägprojekt är beläget. Möjligheten att välja vilken form av energitillverkning för att driva arbetsplatsen ska även finnas.

7 Slutsats

”Syftet är att i samarbete med Lunds Tekniska Högskola och PEAB att ta reda på hur mycket koldioxid som släpps ut under byggtiden vid traditionell vägbyggnad. Detta för att sedan jämföra med hur mycket som släpps ut när man bygger med en alternativ metod. Genom att ta fram utsläppsfaktorer för olika arbetsmaskiner, transporter, materialtillverkning samt energiåtgång för arbetsplasten tas ett Excelbaserat beräkningsverktyg tas fram för att kunna beräkna utsläppsmängden.”

Jämförelsen mellan att bygga traditionellt och att bygga med Swepave på detta projekt visar att mängden CO₂ som släpps ut är 245 ton jämfört med 251 ton. Med Swepave är 2,4 % mindre koldioxidutsläpp. De delar som släpper ut mest under ett vägbygge är transporter och krossning av stenmaterial. De står tillsammans för 80 % av koldioxidutsläppen för traditionell vägbyggnad och 66 % vid Swepave.

Vid detta projekt släpper man vid Swepave ut mindre mängd koldioxid på alla ingående delar i beräkningen förutom just vid tillverkningen av stabiliseringsmaterialen eftersom det inte används vid traditionell vägbyggnad. Om man kan hitta stabiliseringsmaterial som i högre grad är ”koldioxidneutrala” kan skillnaden bli större.

Om beräkningsverktyget ska bli mer generellt och gå att använda på vilket vägprojekt som helst krävs en rad justeringar som ökar möjligheterna att skräddarsy beräkning efter varje enskilt projekt. Beräkningsmodellerna i beräkningsverktyget behöver förfinas och en känslighetsanalys behövs göras.

Beräkningen visar bara läget för byggfasen vilket inte är hela sanningen. Man bör därför göra jämförelsen ur ett livscykelperspektiv. Framförallt hur driften och underhållet av vägen påverkar det slutliga resultatet.

Referenser

Skriftliga referenser

Arell Lars, 2007, SGU rapport 2007:21, Fördjupad utvärdering av naturgrusdelmålet inom God bebyggd miljö

Blinge Magnus, 2006, NTM rapport Alternativa drivmedel - Emissioner och energianvändning vid produktion, Reviderad 2008-01-28

Boulter P., McCrae I., (2007), Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems. Final Report DG TREN Contract No. 1999-RD.10429 Edited by Paul Boulter and Ian McCrae, TRL Limited, October 2007.

Cementa 2003, Miljövarudeklaration, yttre miljö - cement

EU, 2004

Europaparlamentets och rådets direktiv 2004/26/EG av den 21 april 2004 om ändring av direktiv 97/68/EG om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om åtgärder mot utsläpp av gas- och partikelformiga föroreningar från förbränningsmotorer som skall monteras i mobila maskiner som inte är avsedda att användas för transporter på väg

Eurobitume, 1999, Report 99/007, Partial life cycle inventory or "Eco Profile" for paving grade bitumen

Kalkyl, 2007

Kalkyl för Vålaprojektet från Peab

Naturvårdsverket D, 2006

NFS 2006:8, Naturvårdsverkets föreskrifter (NFS 2005:6) om utsläppsrätter och ändring av allmänna råd (NFS 2005:6) till föreskrifter om utsläppsrätter för koldioxid

Nonroad modell, 2004
EPA420-P-04-005 Revised April 2004
Median Life, Annual Activity, and Load Factor Values
for Nonroad Engine Emissions Modeling NR-005c,
Assessment and Standards Division Office of
Transportation and Air Quality U.S. Environmental
Protection Agency

TFK, 2001, Publikation 2001:12, Miljöeffekter av
samordnad livsmedels-
distribution i Borlänge, Gäddede och Säters

SLU, 2007, Rapport 2007:03, Utsläpp från större
dieseldrivna arbetsmaskiner.

Muntliga referenser

Cederholm Christer, Peab, möte 2008-03-18

Christersson Susanne, Cliffton, möte 2008-03-18

Ekström Lars Gösta, Nynäs Petroleum AB,
telefonkommunikation 2008-03-20

Friberg Hanna, Merox, telefonkommunikation 2008-04-
08

Johansson Catrine, Peab Asfalt, möte 2008-03-26

Johansson Inge, Avfall Sverige, telefonkommunikation
2008-03-14

Lindgren Magnus, Vägverket, telefonkommunikation
2008-03-04,
2008 -04-01

Nilsson Bengt, Peab, telefonkommunikation 2008-04-07

Olander Thea, Naturvårdsverket, telefonkommunikation
2008-03-12

Rydén Nils, 2007, Föreläsning inom vägbyggnadsteknik
2008-02-14

Rönnedahl Anders, Cementsa, telefonkommunikation
2008-03-19

Svensson Bengt, Cliffton, telefonkommunikation 2008-
03-20

Svantesson Percy, Hyllinge Åkeri AB,
telefonkommunikation 2008-04-01

Swahn Magnus, Conlogic, telefonkommunikation 2008-
03-17

Tilling Reinhold, Peab Asfalt, telefonkommunikation
2008-03-26

Elektroniska referenser

Avfall Sverige, 2008

RFV rapport 2003:12 - Utsläpp av växthusgaser
jämfört med annan avfallsbehandling och annan
energiproduktion

http://avfallsverige.se/m4n?oid=2003:12&_locale=1
(hämtad 2008-03-14)

Energimyndigheten, 2008

<http://www.energimyndigheten.se/sv/Foretag/Utslappshandel/Om-utslappshandel/> (hämtad 2008-03-12)

Kyotoprotokollet, 2008

<http://europa.eu/scadplus/leg/sv/lvb/l28060.htm>
(hämtad 2008-03-10)

Miljömål, 2008

http://www.miljomal.nu/om_miljomalen/miljomalen/mall1.php (hämtad 2008-03-10)

Naturvårdsverket A, 2008

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Sa-forandras-klimatet/Darfor-blir-det-varmare/> (Hämtad 2008-03-11)

Naturvårdsverket B, 2008

<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Sa-forandras-klimatet/Hela-varlden-paverkas/> (hämtad 2008-03-11)

Naturvårdsverket C, 2008

http://www.naturvardsverket.se/upload/05_Klimat_i_forandring/pdf/emissionsdata_koldioxid.pdf (hämtad 2008-03-05)

Naturvårdsverket E, 2007

Tillstånd i miljön, luftföroreningar

<http://192.36.189.41/sv/Tillstand-i-miljon/utslappsdata/luftfororeningar> (hämtad 2008-03-05)

Peab A, 2008

http://peab.se/Om_Peab/Affarside (hämtad 2008-03-07)

Peab B, 2008

http://peab.se/Om_Peab/Peabs_marknader (hämtad 2008-03-07)

Peab C, 2008

http://peab.se/FS_peabweb/publicFiles/Om_Peab/Foretagsfolder.pdf (hämtad 2008-03-08)

Peab D, 2008

IRI och spår - Motorvägen till Öresundsbron, PDF (hämtad 2008-05-14)

SwePave, 2004

DVD-Film från Peab

Utsläppsrätt 1, 2008

<http://utslappsrott.se/vad-ar-en-utslappsrott.html> (hämtad 2008-03-12)

Utsläppsrätt 2, 2008-03-13

<http://utslappsrott.se/hjalp-med-berakning-av-hur-mycket-koldioxid-du-slapper-ut-2.html> (hämtad 2008-03-14)

Vägverket, 2003

<http://www.vv.se/filer/1578/Fakta%20Miljoklasser%20fordon.pdf> (hämtad 2008-03-17)

Tabellförteckning

Tabell 1: Skillnader i överbyggnad

Tabell 2: Typisk belastningsfaktor

Tabell 3: Specifik bränsleförbrukning

Tabell 4: Skillnader mellan de olika sätten att bygga.

Tabell 5: Skillnad mellan beräknad och angiven bränsleförbrukning för arbetsmaskiner

Tabell 6: Total för beräkningen

Tabell 7: Fördelning av olika poster

Tabell 8: Hur mängden koldioxid skiljer sig mellan olika delar

Figurförteckning

Figur 1: Några av Peabs många projekt.

Figur 2: Översiktsbild över projektet. Det breda svarta strecket visar där det var tänkt att bygga med Swepave.

Figur 3: Översikt över vart koldioxiden kommer ifrån.

Figur 4: Översikt över hur beräkningsverktyget ser ut.

Bilagor

Bilaga 1 – Transport och maskindata

Bränsleförbrukning arbetsmaskiner

Typ	Maskin	Bränsleförbrukning (g/h)
Dumprar	Volvo A25 C	11201
Grävmaskiner på band	Grävmaskin bandburen E210	11128
Grävmaskiner på band	Grävmaskin Cat 360	17885
Grävmaskiner på band	Grävmaskin EC 290	14529
Grävmaskin på hjul	Grävmaskin hjulburen	8736
Hjullastare	Hjullastare L 90	15226
Bandschaktare	Bandschaktare D6	18166
Väghyvlar	Cat 143H	15475
Packningsmaskiner (vältar)	Bomag BW 213 DH-4	14227
Fräsen	Traktor 450 hk	29748

Bränsleförbrukning transporter

Typ	Modell	Bränsleförbrukning (l/mil)	Lastkapacitet (ton)
Grusmaterial	Volvo FH12	4,6	33
Asfalt	Scania R 164 GB	4,6	33
Schakt	Lastbil boggie	5,1	13
Bulkbil Cement/merit	Volvo FHD13	5,5	42,5
Bulkbil Cement	Volvo FHD13	5,5	42,5
Bitumenemulsion	Volvo FH12 med tank	4,6	10

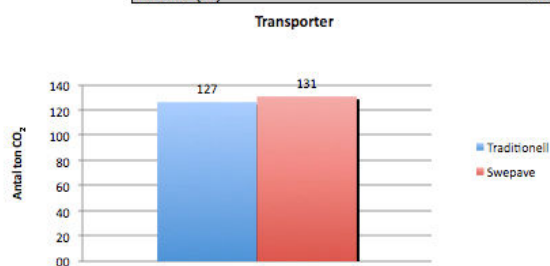
Bilaga 2 - Beräkningsverktyg

Transporter traditionell						
Typ av transport	Används till	Mängd (ton)	Sträcka (mil)	Bränsleförbrukning (l/mil)	Lastkapacitet (ton)	CO ₂ (ton)
Stenmaterial						
Volvo FH12	Brogrus	423	3,5	4,6		
Volvo FH12	Samkross 0-100 mm	2942	3,5	4,6		
Volvo FH12	Makadam 16-32 mm	35	3,5	4,6		
Volvo FH12	Makadam 16-64 mm	1376	3,5	4,6	33	3,492
Volvo FH12	Förstärkningsgrus enl ATB Väg	33731	3,5	4,6	33	85,574
Volvo FH12	Bärlagergrus enl ATB Väg	4221	3,5	4,6	33	10,708
Volvo FH12	Siltlagergrus enl ATB Väg	628	3,5	4,6	33	1,593
Volvo FH12	Sättsand 0-8 mm	1	2,9	4,6	33	0,001
Volvo FH12	Sorterat rörgravsgrus 0-8 mm	2834	2,9	4,6	33	5,957
Totalt (ton)						116
Antal utsläppsrätter (st)						116
Kostnad (kr)						22611

Jonas Lindén:
I denna cell fylls avståndet från leverantören till arbetsplatsen i.

Gå till
Arbetsmaskiner

Gå tillbaka till
förstasidan



Figur 4: Översikt över hur beräkningsverktyget ser ut.

Bilaga 3 - Transporter

Transporter traditionell						
Typ av transport	Används till	Mängd (ton)	Sträcka (mil)	Bränsleförbrukning (l/mil)	Lastkapacitet (ton)	CO ₂ (ton)
Stenmaterial						
Volvo FH12	Brogrus	319	3,5	4,6	33	0,810
Volvo FH12	Samkross 0-100 mm	2221	3,5	4,6	33	5,634
Volvo FH12	Makadam 16-32 mm	27	3,5	4,6	33	0,068
Volvo FH12	Makadam 16-64 mm	1039	3,5	4,6	33	2,636
Volvo FH12	Förstärkningsgrus enl. ATB Väg	25461	3,5	4,6	33	64,595
Volvo FH12	Bärlagergrus enl. ATB Väg	3186	3,5	4,6	33	8,083
Volvo FH12	Slitlagergrus enl. ATB Väg	474	3,5	4,6	33	1,202
Volvo FH12	Sättsand 0-8 mm	0	2,9	4,6	33	0,001
Volvo FH12	Sorterat rörgravsgrus 0-8 mm	2139	2,9	4,6	33	4,497
Asfalt						
Scania R 164 GB	AG 16 160/220 60 mm	864	3,5	4,6	33	2,192
Scania R 164 GB	ABb 22 B70/100 60 mm	864	3,5	4,6	33	2,192
Scania R 164 GB	ABS 11 B70/100 40 mm	576	3,5	4,6	33	1,461
Scania R 164 GB	ABS 16 B70/100 40 mm A	40	3,5	4,6	33	0,102
Scania R 164 GB	ABT 11 B70/100 25 mm	255	3,5	4,6	33	0,647
Scania R 164 GB	ABT 11 B160/220 40 mm	143	3,5	4,6	33	0,363
Scania R 164 GB	ABT 4 B160/220	3	3,5	4,6	33	0,007
Scania R 164 GB	AG 22	510	3,5	4,6	33	1,294
Schakt						
Lastbil boggie	Schakt	12000	0,1	5,1	13	2,448

Bilaga 3 försättning

Transporter Swepave

Typ av transport	Används till	Mängd (ton)	Sträcka (mil)	Bränsleförbrukning (l/mil)	Lastkapacitet (ton)	CO ₂ (ton)
Stenmaterial						
Volvo FH12	Brogrus	319	3,5	4,6	33	0,810
Volvo FH12	Samkross 0-100 mm	2221	3,5	4,6	33	5,634
Volvo FH12	Makadam 16-32 mm	27	3,5	4,6	33	0,068
Volvo FH12	Makadam 16-64 mm	1039	3,5	4,6	33	2,636
Volvo FH12	Förstärkningsgrus enl. ATB Väg	18500	3,5	4,6	33	46,933
Volvo FH12	Bärlagergrus enl. ATB Väg	4029	3,5	4,6	33	10,221
Volvo FH12	Slitlagergrus enl. ATB Väg	276	3,5	4,6	33	0,701
Volvo FH12	Sättsand 0-8 mm	0	2,9	4,6	33	0,001
Volvo FH12	Sorterat rörgravsgrus 0-8 mm	2139	2,9	4,6	33	4,497
Asfalt						
Scania R 164 GB	AG 16 B70/220 60 mm	432	3,5	4,6	33	1,096
Scania R 164 GB	ABb 22 B70/100 60 mm	432	3,5	4,6	33	1,096
Scania R 164 GB	ABS 11 B70/100 40 mm	288	3,5	4,6	33	0,731
Scania R 164 GB	ABS 16 B70/100 40 mm A	40	3,5	4,6	33	0,102
Scania R 164 GB	ABT 11 B70/100 25 mm	255	3,5	4,6	33	0,647
Scania R 164 GB	ABT 11 B160/220 40 mm	143	3,5	4,6	33	0,363
Scania R 164 GB	ABT 4 B160/220	3	3,5	4,6	33	0,007
Scania R 164 GB	AG 22	510	3,5	4,6	33	1,294
Scania R 164 GB	Swebit 50	324	3,5	4,6	33	0,822
Volvo FH12 med tank	Bitumenemulsion	3	3,5	4,6	10	0,021

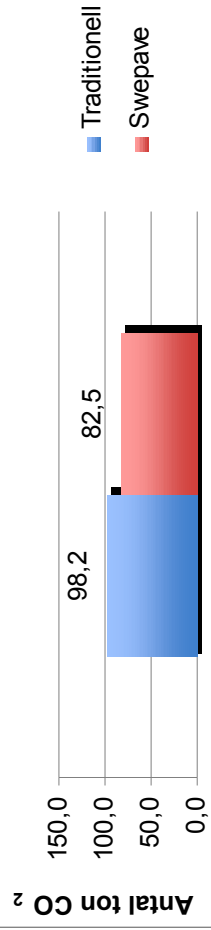
Schakt						
Lastbil boggie	Schakt	8800	0,1	5,1	13	1,795
Stabilisering						
Volvo FHD13	Bulkbil Cement	30	7,2	5,5	42,5	0,147
Volvo FHD13	Bulkbil Cement/Merit	122	69,8	5,5	42,5	2,856

Bilaga 3 fortsättning

Totalt traditionell (ton)	98,2
Antal utsläppsrätter (st)	98,2
Kostnad (kr)	19155,1

Totalt Swepave (ton)	82,5
Antal utsläppsrätter (st)	82,5
Kostnad (kr)	16083,3

Transporter



Bilaga 4 - Arbetsmaskiner

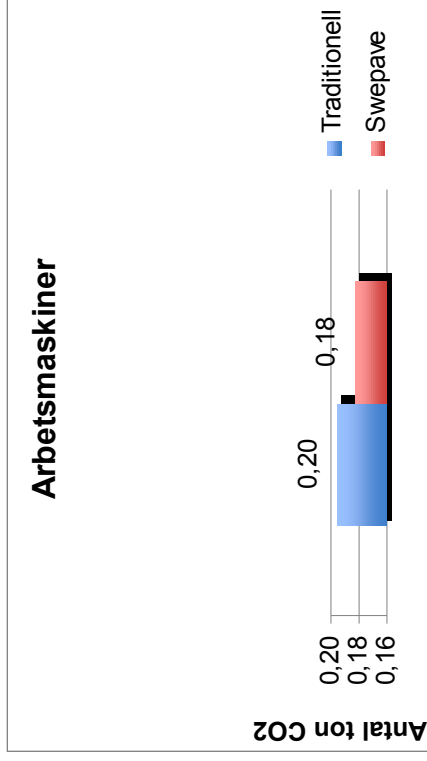
Arbetsmaskiner traditionell						
Maskin	Typ av maskin	Antal timmar	Motoreffekt (KW)	Be	Le	CO ₂ (ton)
Volvo A25 C	Dumprar	1365,3	210	254	0,21	0,048
Grävmaskin bandburen E230	Grävmaskiner på band	209	210	254	0,21	0,007
Grävmaskin Cat 360	Grävmaskiner på band	676,9	184	254	0,4	0,040
Grävmaskin EC 290	Grävmaskiner på band	803	143	254	0,4	0,037
Grävmaskin hjulburen	Grävmaskin på hjul	116,5	84	260	0,4	0,003
Hjullastare L 90	Hjullastare	469,7	122	260	0,48	0,022
Bandschaktare D6	Bandschaktare	135,7	149	254	0,48	0,008
Cat 143H	Väghyvlar	96,1	124	260	0,48	0,005
Bomag BW 213 DH-4	Packningsmaskiner (välftar)	543,2	114	260	0,48	0,024
ABG Titan 473	Läggare	16,2	112	260	0,48	0,001

Arbetsmaskiner Swebave						
Maskin	Typ av maskin	Antal timmar	Motoreffekt (KW)	Be	Le	CO ₂ (ton)
Volvo A25 C	Dumprar	1136,5	210	254	0,21	0,040
Grävmaskin bandburen E230	Grävmaskiner på band	227,6	107	260	0,4	0,008
Grävmaskin Cat 360	Grävmaskiner på band	605,6	184	254	0,4	0,036
Grävmaskin EC 290	Grävmaskiner på band	803	143	254	0,4	0,037
Grävmaskin hjulburen	Grävmaskin på hjul	124,5	84	260	0,4	0,003
Hjullastare L 90	Hjullastare	469,7	122	260	0,48	0,022
Bandschaktare D6	Bandschaktare	90,7	149	254	0,48	0,005
Cat 143H	Väghyvlar	79	124	260	0,48	0,004
Bomag BW 213 DH-4	Packningsmaskiner (välftar)	546,3	114	260	0,48	0,024
Traktor 450 hk	Fräsen	32	244	254	0,48	0,003
ABG Titan 473	Läggare	10,2	112	260	0,5	0,0005

Bilaga 4 fortsättning

Totalt Traditionell (ton)	0,20
Antal utsläppsrätter (st)	0,20
Kostnad (kr)	38,1

Totalt Swepave (ton)	0,18
Antal utsläppsrätter (st)	0,18
Kostnad (kr)	35,7



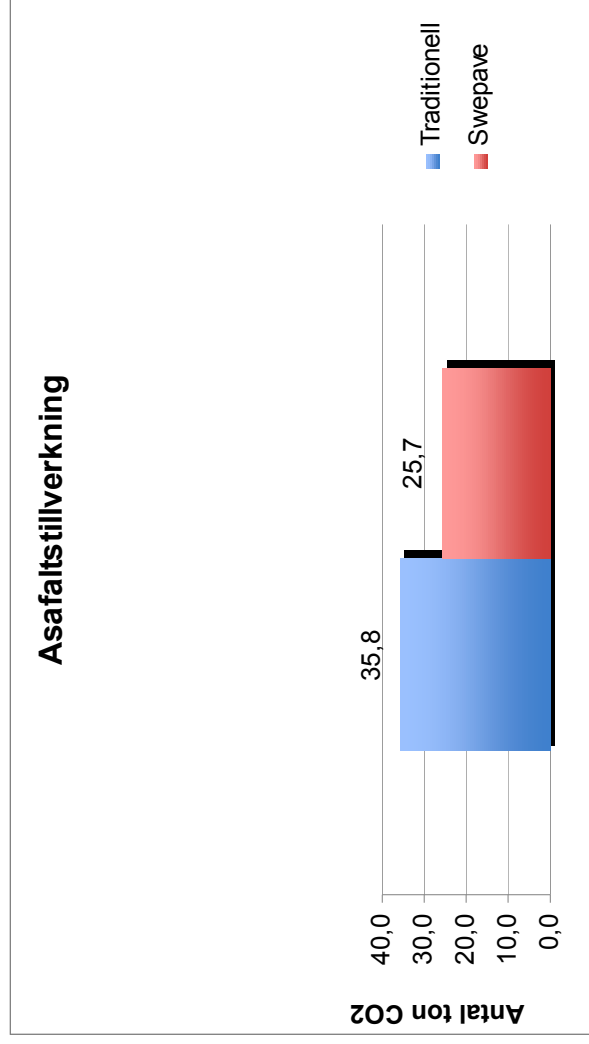
Bilaga 5 - Asfaltstillverkning

Asfaltstillverkning			
	Bindemedelshalt	Andel bindemedel (ton)	Andel stenmaterial (ton)
Traditionell			
AG 16 160/220 60 mm	864ton	0,051	44
ABb 22 B70/100 60 mm	864ton	0,049	42
ABS 11 B70/100 40 mm	576ton	0,063	36
ABS 16 B70/100 40 mm A	40ton	0,062	2
ABT 11 B70/100 25 mm	255ton	0,064	16
ABT 11 B160/220 40 mm	143ton	0,063	9
ABT 4 B160/220	3ton	0,067	0,2
AG 22	510ton	0	0
Sweepave			
AG 16 160/220 60 mm	432ton	0,051	22
ABb 22 B70/100 60 mm	432ton	0,049	21
ABS 11 B70/100 40 mm	288ton	0,063	18
ABS 16 B70/100 40 mm A	40ton	0,062	2
ABT 11 B70/100 25 mm	255ton	0,064	16
ABT 11 B160/220 40 mm	143ton	0,063	9
ABT 4 B160/220	3ton	0,067	0,2
AG 22	510ton	0	0
Swebit 50	324ton	0,062	20
Bitumenemulsion	3ton	1	3
			410
			411
			270
			38
			239
			134
			3
			510
			304
			0

Bilaga 5 Fortsättning

Totalt traditionell (ton) exkl. AG 22	35,8
Antal utsläppsätter (st)	35,8
Kostnad (kr)	6980,6

Totalt Swepave (ton) exkl. AG 22 och Bitumenemulsion	25,7
Antal utsläppsätter (st)	25,7
Kostnad (kr)	5009,8



Bilaga 6 – Krossning av stenmaterial

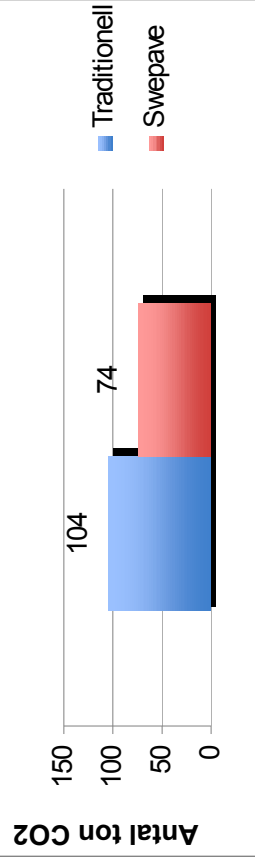
Stenmaterial traditionell		Stenmaterial Swepeve	
	Mängd Enhet CO ₂ (ton)		Mängd Enhet CO ₂ (ton)
Traditionell		Swepeve	
Brogrus	319ton	0,87Brogrus	319ton
Samkross 0-100 mm	2221ton	6,07Samkross 0-100 mm	2221ton
Makadam 16-32 mm	27ton	0,07Makadam 16-32 mm	27ton
Makadam 16-64 mm	1039ton	2,84Makadam 16-64 mm	1039ton
Förstärkningsgrus enl. ATB Väg	25461ton	69,56Förstärkningsgrus enl. ATB Väg	18500ton
Bärlagergrus enl. ATB Väg	3186ton	8,70Bärlagergrus enl. ATB Väg	4029ton
Slitlagergrus enl. ATB Väg	474ton	1,29Slitlagergrus enl. ATB Väg	276ton
Sättsand 0-8 mm	0ton	0,00Sättsand 0-8 mm	0ton
Sorterat rörgravsgrus 0-8 mm	2139ton	5,84Sorterat rörgravsgrus 0-8 mm	2139ton
Från asfalt		Från asfalt	
AG 16 160/220 60 mm	820ton	2,24AG 16 160/220 60 mm	410ton
ABb 22 B70/100 60 mm	822ton	2,24ABb 22 B70/100 60 mm	411ton
ABS 11 B70/100 40 mm	540ton	1,47ABS 11 B70/100 40 mm	270ton
ABS 16 B70/100 40 mm A	38ton	0,10ABS 16 B70/100 40 mm A	38ton
ABT 11 B70/100 25 mm	239ton	0,65ABT 11 B70/100 25 mm	239ton
ABT 11 B160/220 40 mm	134ton	0,37ABT 11 B160/220 40 mm	134ton
ABT 4 B160/220	3ton	0,01ABT 4 B160/220	3ton
AG 22	510ton	1,39AG 22	510ton
		Swebit 50	304ton
			0,83

Bilaga 6 Fortsättning

Totalt traditionell (ton)	104
Antal utsläppsätter (st)	104
Kostnad (kr)	20229

Totalt Swepave (ton)	74
Antal utsläppsätter (st)	74
Kostnad (kr)	14504

Krossning av stenmaterial



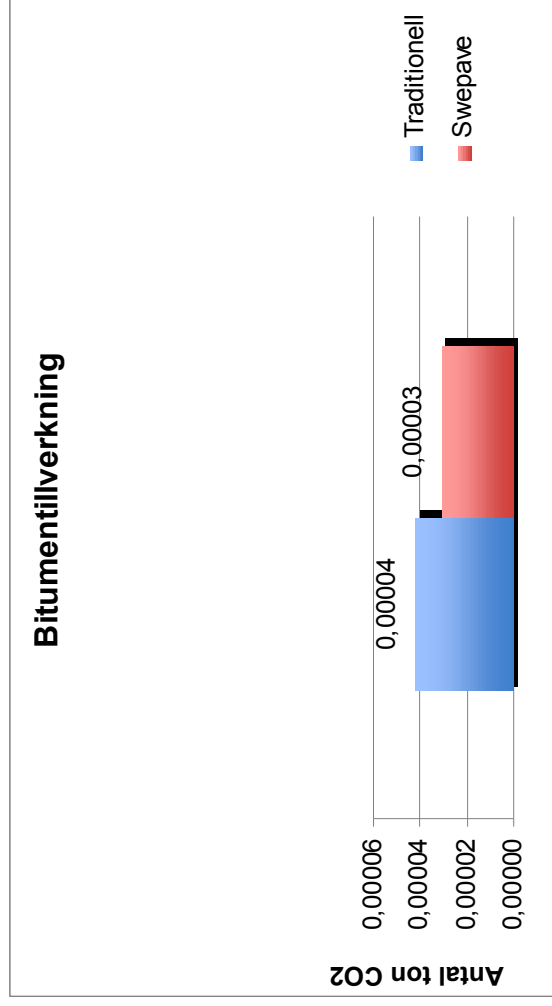
Bilaga 7 - Bitumentillverkning

Bitumentillverkning							
Traditionell	Mängd	Enhet	CO ₂ (ton)	Sweepave	Mängd	Enhet	CO ₂ (ton)
AG 16 160/220 60 mm	44	ton	0,0000122	AG 16 160/220 60 mm	22	ton	0,0000061
ABb 22 B70/100 60 mm	42	ton	0,0000117	ABb 22 B70/100 60 mm	21	ton	0,0000059
ABS 11 B70/100 40 mm	36	ton	0,0000101	ABS 11 B70/100 40 mm	18	ton	0,0000050
ABS 16 B70/100 40 mm A	2	ton	0,0000007	ABS 16 B70/100 40 mm A	2	ton	0,0000007
ABT 11 B70/100 25 mm	16	ton	0,0000045	ABT 11 B70/100 25 mm	16	ton	0,0000045
ABT 11 B160/220 40 mm	9	ton	0,0000025	ABT 11 B160/220 40 mm	9	ton	0,0000025
ABT 4 B160/220	0,2	ton	0,0000001	ABT 4 B160/220	0,2	ton	0,0000001
				Swebit 50	20	ton	0,0000056
				Bitumenemulsion	3	ton	0,0000007

Bilaga 7 fortsättning

Totalt traditionell (ton)	0,00004
Antal utsläppsrätter (st)	0,00004
Kostnad (kr)	0,008

Totalt Swepave (ton)	0,00003
Antal utsläppsrätter (st)	0,00003
Kostnad (kr)	0,006



Bilaga 8 – Cement och Merittillverkning

Cement och Merittillverkning (gäller endast Swepave)			
	Mängd	Enhet	CO ₂ (ton)
Terrass			
Cement	19,8	ton	14,1
Merit	79,0	ton	6,7
Bärlager			
Cement	10,6	ton	7,6
Merit	42,6	ton	3,6
Totalt Cement	30,4	ton	21,7
Totalt Merit	121,6	ton	16,9

Totalt Swepave (ton)	38,7
Antal utsläppsrätter (st)	38,7
Kostnad (kr)	7540

Bilaga 9 – Energiförbrukning för arbetsplatsen

Energiförbrukning för arbetsplatsen traditionell

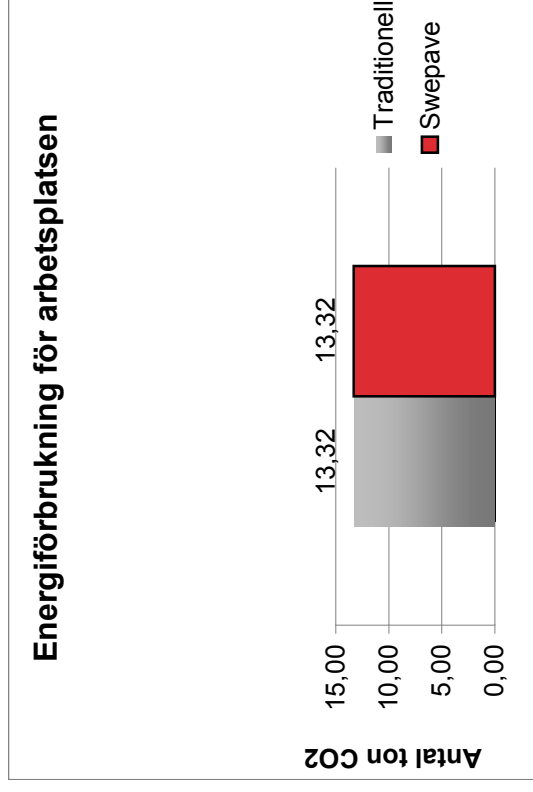
Mängd förbrukad energi (KWh)	147960	CO ₂ (ton)	13,3164
------------------------------	--------	-----------------------	---------

Energiförbrukning för arbetsplatsen Swepave

Mängd förbrukad energi (KWh)	147960	CO ₂ (ton)	13,3164
------------------------------	--------	-----------------------	---------

Totalt traditionell (ton)	13,32
Antal utsläppsrätter (st)	13,32
Kostnad (kr)	2596,70

Totalt Swepave (ton)	13,32
Antal utsläppsrätter (st)	13,32
Kostnad (kr)	2596,70



Bilaga 10 - Total

TOTAL			
	Traditionell	Sweepave	Enhet
Transporter	98	82	ton
Arbetsmaskiner	0,20	0,18	ton
Asfaltstillverkning	36	26	ton
Krossning av stenmaterial	104	84	ton
Bitumentillverkning	0,00004	0,00000	ton
Cement och Meritstillverkning	0	39	ton
Energiförbrukning för arbetsplatsen	32	32	ton
Total	251	245	ton
Utsläppsprätter	251	245	ton
Kostnad	48999	47711	kr

