

CHALMERS



Materialval vid rörkonstruktion ur ett hållbarhetsperspektiv

Material choices for pipeline construction in terms of
sustainability

*Examensarbete för högskoleingenjörsexamen inom
Maskiningenjörsprogrammet*

Amanda Pekkari
Maia Lundström

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Avdelningen för Avancerad oförstörande provning
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sweden, 2016

Examinator: Peter Hammersberg Examensarbete No. 156/2016

Materialval vid rörkonstruktion ur ett hållbarhetsperspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Maskinteknik
AMANDA PEKKARI
MAIA LUNDSTRÖM

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2016

Materialval vid rörkonstruktion ur ett hållbarhetsperspektiv
AMANDA PEKKARI
MAIA LUNDSTRÖM

© AMANDA PEKKARI MAIA LUNDSTRÖM, 2016.

Institutionen för Material- och tillverkningsteknik
Chalmers tekniska högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

FÖRORD

Följande rapport är resultatet av ett examensarbete via det treåriga programmet Maskinteknik på Chalmers tekniska högskola. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng och har utförts för konsultbolaget Sweco i Göteborg.

Vi vill tacka samtliga på Sweco för rådgivning, speciellt tack till Jonas Alm och Gustaf Lager för handledning och Jan Forsgren för all hjälp i arbetet.

Vill även tacka vår examinator Peter Hammersberg för vägledning i projektet.

Göteborg, maj 2016

SAMMANFATTNING

Projektet har utförts för Sweco Industry AB, Göteborg. Sweco har som vision att utföra ett hållbart arbete. För att uppnå detta bör det tas hänsyn till i alla stadier av de projekt som utförs. Anledningen till att företaget ville ha uppdraget utfört är för att öka kunskapen kring hur rörmaterial som används idag påverkar miljön då det inte fanns tillräcklig kännedom om detta inom företaget tidigare. I dagsläget utförs materialvalen på Sweco i princip utan hänsyn till hur materialet som väljs påverkar miljön. De faktorer som är avgörande för valet är ekonomi, materialens hållfasthet och resistans mot mediumet som ska färdas i röret. De ville även veta om det finns rörmaterial som inte används i dagsläget och är bättre ur ett hållbarhetsperspektiv.

Arbetet är ett studie- och utvecklingsarbete av beslutsunderlaget Sweco använder vid materialval för rörkonstruktioner. Det har genererat i ett antal förslag till hur företaget kan fortsätta sitt arbete mot en hållbar utveckling genom att göra mer miljömedvetna materialval.

Rörmaterialen som används och kan användas för svavelsyra, vitlut och färskångat kondensat (lågtryck) har studerats för att se vad de har för miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp och energiåtgång under sin livscykel. Med hjälp av verktyget Eco Audit i CES EduPack har den största utsläppskällan och energiåtgången under rörens livscykel identifierats och mätvärden har genererats. Undersökningar har utförts för att identifiera lämpliga material som är mer miljövänliga och samtidigt kostnadseffektiva. Detta för att förbättra kunskapen inom området och på så sätt ge företaget bättre underlag för dialog och åskådliggörande för deras slutkund.

Rapporten omfattar analyser av de rörmaterial som har avgjorts vara lämpliga för de givna mediumerna, metoden för att nå ett resultat samt slutsatser av dessa. Jämförelser av miljöpåverkan för de nuvarande materialerna och de material som tagits fram har utförts. Målet med arbetet har varit att med de mätvärden analyserna har genererat åskådliggöra resultaten av jämförelserna. Detta för att öka möjligheten att välja material med en hållbar utveckling i åtanke.

Undersökningen resulterade i en kartläggning av var i livscykeln miljöpåverkan är som störst för respektive material och vilket rörmaterial som bör väljas för varje medium. Störst miljöpåverkan konstaterades vara vid framställning av material och det är alltså där förbättringsarbete främst bör ske för att göra ett så betydande arbete som möjligt mot en hållbar utveckling.

SUMMARY

The project has been done for Sweco Industry AB, Gothenburg. The company has the vision to perform a sustainable work and in order to achieve this, it has to be done in every stage of each project. Sweco wanted to increase their knowledge about how the pipes they use in projects affect the environment. The pipe materials investigated were the materials used when sulphuric acid, white liquor and condensate were involved. A study to identify pipe materials that were more sustainable was also performed.

The energy consumption and the carbon dioxide emissions over a lifecycle have been calculated for every pipe material. Using the tool Eco Audit in the material database CES EduPack, the greatest source of emission and energy consumption during the life span of the pipes has been identified and consequently, measurement data has been generated.

The report involves analysis of the materials considered suitable for the given medium, the method used in order to reach a conclusion based on the results. The outcome has generated a number of proposals on how the company can continue their work towards a sustainable future.

The research resulted in the mapping of which part of the life cycle contributed to the biggest impact on the environment and what pipe material should be used. This was found to be the extraction of the material and this is consequently where the main focus of improvement should be directed.

BETECKNINGAR	1
1 INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte	3
1.3 Precisering av frågeställningen	3
1.4 Avgränsningar	4
2 TEORETISK REFERENSRAM	5
2.1 Hållbar utveckling	5
2.1.1 Sustainable Industry	5
2.2 Standars Solutions Group	6
2.2.1 SSG 7650 rörsystem	6
2.2.2 SSG 7847E material 1.4432	6
2.2.3 SSG 7270 stöдавstånd	6
2.3 De tre valda mediumen	6
2.3.1 Svavelsyra	7
2.3.2 Kondensat	7
2.3.3 Vitlut	7
2.4 Rörlängd	7
2.5 Rördimension	7
2.6 CES Edupack	7
2.6.1 Eco Audit	8
3 METOD	9
3.1 Teori	9
3.2 Problemformulering	9
3.3 Information- och datainsamling	9
3.3.1 Observationer och kontakt med Sweco	9
3.3.2 Kundens krav	10
3.3.3 Mätvärden	10
3.3.4 Befintliga rörmaterial	10
3.3.5 Kartläggning av rörtillverkare och distributörer	10
3.3.6 Intervjuer	10
3.3.7 Framtida materialval	10
3.4 Dokumentation	11
3.5 Uppskattningar och antaganden	11
3.6 Beräkningar	11
3.6.1 CES EduPack	11

3.6.2	Kostnadsuppskattningar	11
3.6.3	Stödavstånd	11
3.7	Analys av resultat	12
4	RESULTAT	13
4.1	Resultat kartläggning av kontakter	13
4.1.1	Kontakter för svavelsyra	13
4.1.2	Kontakter för vitlut och kondensat	14
4.2	Analys av nuvarande rörmaterial	15
4.2.1	Indata i CES EduPack	15
4.2.2	GAP	17
4.2.3	PTFE-linad	18
4.2.4	EN 1.4307	19
4.2.5	EN 1.4462	21
4.3	Analys av nya lämpliga rörmaterial	21
4.3.1	Resultat av informationsinsamling	21
4.3.2	Indata i CES EduPack	21
4.3.3	PVDF	22
4.3.4	ECTFE	24
4.3.5	UHMW-PE	25
4.3.6	PP	26
4.3.7	EN 1.4301	28
4.3.8	EN 1.4436	29
4.3.9	EN 1.4563	30
4.3.10	Övriga material	31
5	BEDÖMNING AV RESULTAT	32
5.1	Energiåtgång och koldioxidutsläpp	32
5.2	Livslängd och kostnad	33
6	UTFÖRDA ANTAGANDEN	35
6.1	Material	35
6.2	Transport	35
6.3	Livslängd	35
6.4	Precision av mätvärden	36
7	SLUTSATS	37
7.1	Rekommendationer för val av rörmaterial	37
7.2	Störst källa till miljöpåverkan	37
7.3	Framtida arbete	38
7.4	Felkällor	38
8	REFERENSER	39

BETECKNINGAR

Uttryck som använts i rapporten förklaras nedan.

Austenitiskt stål

Den största gruppen rostfritt stål (Steeltex AB, u.å.).

DN

Rördimension, den innerdiameter ett rör har.

Duplex

Stål med mycket hög sträckgräns samt tåligt för korrosiva miljöer (Steeltex AB, u.å.).

EoL

End of Life, vilket står för då produkten exempelvis blir avfall eller återvunnen.

GAP

Samlingsnamn för armerad hårdplast.

Linad

Då ett stålrör innehåller pressat plastpulver som värms upp i en ugn och på så sätt fästs i stålröret.

SSG

Standard Solutions Group. Ett företag som tar fram standarder och rekommendationer för processindustri.

Termoplast

Plast som kan omformas och bearbetas genom exempelvis extrudering (Terselius, u.å.).

1 INLEDNING

Bakgrunden till att projektet utförs, projektets syfte, frågeställningen som ska besvaras under arbetet och avgränsningar presenteras i kapitlet.

1.1 Bakgrund

Sweco Industry är ett konsultbolag inom energi- och industrisektorn som levererar effektiva och resurssnåla konstruktionslösningar. Deras experter arbetar med logistik, projektledning och konstruktion inom mekanik, rör, el och automation.

Att göra rätt materialval är en viktig del av konstruktionsarbetet. Som hjälp vid val av material till rörkonstruktioner på exempelvis industrier och kärnkraftverk använder Sweco idag en tabell utgiven av Standard Solutions Group (SSG) som bland annat innehåller rekommendationer och anvisningar för val av material och komponenter. Denna tabell är utgiven 2011.

Sweco har som vision att utföra ett hållbart arbete, vilket inte endast ger en social fördel utan även en ekonomisk. För att uppnå detta bör det tas hänsyn till i alla stadier av de projekt som utförs. Vid val av rörmaterial idag finns det okunskap kring hur rören och dess material påverkar miljön då det inte är angivet i den tabell som används. Detta ses som en begränsning i företagets arbete mot en hållbar utveckling.

Utgående från det medium som ska färdas i röret väljs med hjälp av SSGs tabell ett material som är rekommenderat för mediumet. Sweco har under lång tid använt sig av de rekommendationer som finns i tabellen utan att reflektera över om det är ett hållbart val ur miljösynpunkt. Företaget utgår från SSGs rekommendationer, tidigare erfarenhet och vetskapen att materialet som valts har fungerat vid liknande förhållanden innan. Stor hänsyn tas till ekonomin, hållfasthet, skillnad i korrosionsbeständighet och andra avgörande faktorer. Men främst sker valet på detta sätt för att det är tryggt, enkelt och bekvämt med vetskapen att de har fungerat innan. Om valet är miljövänligt ses inte i dagsläget som en avgörande faktor.

Utvecklingen av nya material sker i hög takt, vilket innebär att det kan vara en god idé att uppdatera beslutsunderlaget med jämna mellanrum. Detta för att hänga med i utvecklingen och på så vis kunna utföra ett så hållbart arbete som möjligt genom smarta materialval. Det är företaget SSG som står för uppdateringar av de rekommendationer beslutsunderlaget grundar i och Sweco kan inte påverka detta. Däremot finns det av Sweco potential för förbättring och utveckling i form av ökad kännedom om miljöpåverkan av de material som kan användas för de givna mediumerna.

Anledningen till att företaget vill ha uppdraget utfört är att de vill få kunskap kring hur rörmaterialen som används i dagsläget påverkar miljön. Företaget vill även veta om det finns rörmaterial som inte används i deras projekt idag och är bättre ur ett hållbarhetsperspektiv.

1.2 Syfte

Att studera de rekommendationer som presenteras i SSGs tabell vilka Sweco använder som beslutsunderlag vid val av material för rörkonstruktioner för att se om det innehåller rätt information för att göra ett hållbart val med avseende på miljön. Om beslutsunderlaget inte innehåller rätt information ska denna tas fram för att ge Sweco ökad kunskap om materialens miljöpåverkan vilket ska ge företaget underlag till att göra mer hållbara materialval i framtiden.

Materialen som används för svavelsyra (15-80% koncentration), vitlut och färskångat kondensat (lågtryck) ska studeras för att se vad de har för miljöpåverkan i form av koldioxidutsläpp och energiåtgång under sin livscykel. Den största utsläppskällan under materialens livscykel ska identifieras för att kunna vidta eventuella åtgärder.

Vidare ska det undersökas om det finns något likvärdigt material som är mer miljövänligt och samtidigt kostnadseffektivt för att förbättra kunskapen inom området och på så sätt ge Sweco bättre underlag för dialog och åskådliggörande för deras slutkund.

Målet är att med mätvärden åskådliggöra resultaten av jämförelserna för de material som används idag och de mer hållbara material som eventuellt tas fram för att öka möjligheten att välja material på ett miljömedvetet sätt.

1.3 Precisering av frågeställningen

Frågeställningar som ska besvaras under projektet presenteras.

- Vilka koldioxidutsläpp och vilken energiåtgång finns i rörmaterialens livscyklar för respektive medium.
- I vilken del av rörmaterialens livscykel är koldioxidutsläppen och energiåtgången störst?
- Vilket rörmaterial som används idag för respektive medium är bäst ur ett hållbarhetsperspektiv med avseende på koldioxidutsläpp och energiåtgång?
- Vilka krav ställs på rörmaterial för respektive medium?
- Finns det något ytterligare material som uppfyller de krav som ställs men som är bättre ur ett hållbarhetsperspektiv?
- Medför ett mer miljövänligt material ökad kostnad?
- Hur kan materialval för rörkonstruktioner ske på ett mer miljömedvetet sätt i framtiden?

1.4 Avgränsningar

Projektet omfattar endast tre medium; svavelsyra, vitlut och kondensat med en konstant temperatur samt linjärt flöde. Det bör därför tas hänsyn till ett antal avgränsningar. Det som inte ska behandlas i projektet listas nedan:

- Omfattande hållfasthetsberäkningar.
- Avancerade kostnadsberäkningar.
- Hela rörsystem.
- Ingående studier om montering.
- Sammanfogningar av rör till rörsystem med hänsyn till kostnad och miljöpåverkan.
- Icke linjära flöden.
- Temperaturdifferenser.
- Alla andra material i den tabell Sweco använder idag vid materialval för rörkonstruktioner.

2 TEORETISK REFERENSRAM

Detta avsnitt har skapats för att få en förståelse för projektets innehåll och beskriver den teoretiska bakgrunden till projektet. För att kunna göra en jämförelse av de lämpliga rörmaterialen för varje medium ur ett hållbarhetsperspektiv har analys av ett rakt rör utan skarvar med rörklass 100 utförts, det vill säga med en innerdiameter på 100 mm. Varje rör har analyserats i materialdatabasen CES EduPack med hjälp av verktyget Eco Audit.

2.1 Hållbar utveckling

Begreppet hållbar utveckling blev känt internationellt 1987 då det introducerades av Bruntlandkommissionen i rapporten "Vår gemensamma framtid". Begreppet hade dock redan introducerats 1981 av författaren och miljövetaren Lester Brown. Bruntlandkommissionen hävdade att det är omöjligt att uppnå en hållbar social utveckling samt ekonomisk tillväxt om miljön förstörs och naturresurserna utnyttjas för mycket. Följande definition av begreppet gjordes av Bruntlandkommissionen: "En hållbar utveckling som tillfredsställer dagens behov utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov" (FN-förbundet, 2012).

Hållbar utveckling omfattar de tre begreppen social, ekologisk och ekonomisk hållbarhet. Det finns ingen bestämd fördelning mellan dessa tre dimensioner och detta gör att det går att tolka begreppet på många sätt. Därför är hållbar utveckling inte ett svar utan en vägledande princip (Elvingson, u.å.).

2.1.1 Suistainable Industry

Sweco arbetar aktivt till att bidra till en hållbar samhällsutveckling och har därför arbetat fram konceptet "Sustainable Industry" för att precisera de hållbarhetsfrågor som industrin kan arbeta med. För att sammanfatta hållbarhetsbegreppet har åtta punkter tagits fram. Dessa punkter definieras enligt Sweco nedan:

"Verksamhet. Den hållbara industrin tar i sin övergripande strategiska planering hänsyn till etik, risk och flexibilitet"

"Människa. Den hållbara industrin har medarbetare med kompetens att göra rätt val och som upplever självförverkligande i sitt arbete. God arbetsmiljö genomsyrar verksamheten."

"Lokalisering. Den hållbara industrin är lokaliserad nära råvaror, kunder och medarbetare."

"Byggnad. Den hållbara industrin rymms i en byggnad som är flexibel för ändrad verksamhet"

"Produktionsprocess. Effektiv användning av resurser kännetecknar en hållbar produktionsprocess"

"Energi. En hållbar industrianläggning använder förnybara energikällor, har optimerad energianvändning och tillvaratar spillvärme från verksamheten."

”*Emissioner*. Den hållbara industrin tar ansvar för att minimera utsläpp till luft och vatten.”

”*Omvärld*. En hållbar industri tar ansvar för den påverkan som verksamheten ger upphov till hos leverantörer, kunder och övriga samhällsaktörer.”
(Sweco, 2014)

2.2 Standards Solutions Group

Sweco tar hjälp av ett antal tabeller utgivna av Standard Solutions Group (SSG) för att utföra val av exempelvis material. SSG är ett företag som bland annat arbetar med framställning av rekommendationer och tekniska standarder för processindustri. För att kunna utföra projektet har tre utav dessa tabeller använts.

2.2.1 SSG 7650 rörsystem

Denna tabell benämns ”Anvisningar för val av material och komponenter samt klassning, kontroll och besiktning” (SSG, 2011) och används som hjälp vid val av ett lämpligt material till rör för ett bestämt medium. Tabellen innehåller exempelvis mediumdata och anvisningar för val av material. Denna tabell utgör grunden för det arbete som har utförts.

2.2.2 SSG 7847E material 1.4432

Denna tabell används för att se vilka mått ett rostfritt stålrör av materialet 1.4432 med olika rördimensioner har.

2.2.3 SSG 7270 stödavstånd

Tabellen används för att undersöka vilket maximalt stödavstånd rör tillverkade i olika material kan ha och beskrivs ”Max stödavstånd för inomhus och utomhus förlagda rörledningar”. Tabellen omfattar rör tillverkade i rostfritt stål, tryckkärlsrör samt plaströr och rördimensioner från DN 15 – 600.

För ett isolerat rör med rördimensionen DN 100 tillverkat i rostfritt stål är stödavståndet 5 meter och oisolerat kan avståndet vara 7,5 meter. För tryckkärlsrör med rördimensionen DN 100 är avståndet 6,5 meter för ett isolerat rör innehållande vatten eller ånga och för ett rör innehållande gas är avståndet 8 meter. För oisolerade plaströr är det maximala avståndet mellan stöden 2 meter (SSG, 2008).

2.3 De tre valda mediumerna

De medium som valdes ut till undersökningen var svavelsyra, kondensat och vitlut. Dessa tre medium valdes för att få en så övergripande bild som möjligt av undersökningen eftersom de har olika kemiska sammansättningar och PH-värde.

2.3.1 Svavelsyra

En svavelsyra med koncentration 15-80%, maximal temperatur 50 °C och ett maximalt tryck 0,5 MPa (5 bar) valdes. Svavelsyra är en oxiderande syra och därför begränsas de rörmaterial som kan användas för syran.

2.3.2 Kondensat

Det kondensat som valdes har en maximal temperatur på 160 °C och ett maximalt tryck på 0,5 MPa (5 bar). Kondensat är den vätska som bildas när ångan i ett kärnkraftverk passerar kondensorn och kyls ner. Det som försvårar val av material som lämpar sig för kondensat är den höga temperatur mediet befinner sig i när det passerar.

2.3.3 Vitlut

Vitlut med en koncentration > 50g/l, maximal temperatur 175 °C (i projektet har främst vitlut med en maximal temperatur på 130 °C undersökts) och ett maximalt tryck på 2 MPa (20 bar) valdes. Vitlut används i sulfatprocessen vid framställning av pappersmassa.

Det är temperaturen som begränsar de material som är lämpade. Vitlut är ett basiskt ämne vilket också är avgörande för materialval.

2.4 Rörlängd

Rör tillverkas i många olika längder och för att ha möjlighet till att göra en analys valdes en rörlängd på sex meter för varje rör. Undantag gjordes för ett antal plaströr som inte tillverkas i mer än fem meter och därför valdes denna längd för dessa.

2.5 Rördimension

DN är den europeiska måttstandarden för rördimensioner och utgår från innerdiametern i millimeter på röret. DN innefattar stålrör, rostfria rör samt rör i mässing och även i vissa fall plaströr. För att göra jämförelser valdes rördimension DN 100 eller liknande för alla rör som analyserades.

2.6 CES EduPack

CES EduPack är en databas för material och används på många universitet runt om i världen som stöd för materialundervisning. CES EduPack har många användningsområden och några av dessa är att välja ett lämpligt material till en produkt, beräkningar av kostnader och utsläpp för en produkt.

CES EduPack har tre nivåer och den nivå som har använts i projektet är nivå 3. Denna nivå innehåller mer än 3900 material och är den mest avancerade nivån. Verket som har använts för att beräkna koldioxidutsläpp och energiåtgång för varje rör heter Eco Audit och är ett verktyg i CES EduPack.

2.6.1 Eco Audit

Eco Audit är ett verktyg som på ett enkelt sätt visar hur en produkt påverkar miljön under sin livscykel genom att bland annat ställa upp två diagram där det ena innehåller totalt koldioxidutsläpp och det andra energiåtgång. Istället för att göra en kostsam och avancerad livscykelanalys kan detta verktyg användas för att nå ett likvärdigt resultat. Eco Audit kan även användas på ett konceptstadium vilket inte en livscykelanalys kan.

Den information verktyget Eco Audit behöver av användaren för att kunna göra en analys är:

Material. Vilket eller vilka material är produkten tillverkad av och hur stor del av materialet som är återvunnet.

Process. Vilken huvudsaklig process är produkten tillverkad i.

Massa. Produktens totala massa.

EoL. Var produkten tar vägen efter den har använts.

Transport. Vilket transportmedel produkten transporterats i och hur långt.

Användning. Om produkten behöver energi för att fungera och hur mycket.

3 METOD

De metoder och den vetenskapliga teori som använts i projektet beskrivs i kapitlet.

3.1 Teori

Projektet är ett studie- och utvecklingsarbete av Swecos beslutsunderlag vid materialval för rörkonstruktioner som ett förslag till hur Sweco kan fortsätta sitt arbete mot en hållbar utveckling, där det finns stort utrymme för framtida arbete. Via insamling av existerande expertkunskap och egen insamling av data har mätvärden genererats och jämförelser utförts för att åskådliggöra och rangordna möjliga material för tre medium.

3.2 Problemformulering

En problemformulering skapades genom att Sweco gav ett förslag som efter observationer av hur företaget arbetar idag bearbetades och ett rimligt tillvägagångssätt för projektet togs fram. Efter en enkel undersökning kunde man se vart områden med potential för förbättring fanns. Tre aktuella medium valdes och en undersökning genomfördes för att identifiera eventuella mer hållbara rörmaterial.

3.3 Information- och datainsamling

För att erhålla kunskap om rören och de material som används för de tre mediumerna och hur materialvalen utförs idag genomfördes informationsinsamling i form av studier av internt material hos Sweco, observationer, intervjuer och undersökning på Internet. Kartläggning av leverantörer, distributörer och rörtillverkare utfördes.

Källkritik utfördes för att se om informationen som samlats är pålitlig, detta skedde genom att använda information från kända källor samt företag inom branschen.

3.3.1 Observationer och kontakt med Sweco

För att erhålla kännedom om problemet och uppdraget, det vill säga vad man vet om problemet idag, var kunskapskanten går och hur materialval sker på Sweco samlades information. Informationen samlades genom observation av hur arbetet utförs och kontakt med deras experter inom området. Kunskap erhöles om rördimensioner, stödavstånd och vilka material de använder för nuvarande.

Vilka förhållningsramar projektgruppen skulle rätta sig efter och de kraven som ställs på de nuvarande rörmaterialen kartlades bland annat genom studie av SSGs tabell och kontakt med Swecos experter.

3.3.2 Kundens krav

För att kunna ge ett så högt kundvärde som möjligt identifierades kundens krav och behov. Genom att ta reda på detta kunde man arbeta strategiskt och uppnå maximalt kundvärde. Detta genom kontakt med Sweco.

3.3.3 Mätvärden

För att kunna mäta huruvida ett rörmaterial är att föredra ur ett hållbarhetsperspektiv, bestämdes det på vilket sätt detta skulle mätas på. Med hjälp av verktyget Eco Audit i CES EduPack mättes de olika rörmaterialens energiåtgång [Joule] och koldioxidutsläpp [CO₂]. Dess precision anses vara tillräcklig för att kunna rangordna materialen och få en överblick av vilka som är att föredra.

3.3.4 Befintliga rörmaterial

Information om de befintliga rörmaterialen som används idag samlades via intervjuer, hemsidor, tabeller med extern och intern information.

3.3.5 Kartläggning av rörtillverkare och distributörer

För att erhålla nödvändig information om rörmaterialens bakgrund behövdes kontakt med rörtillverkare och distributörer med kunskap om hela den process materialet genomgår. Alltså från upptagning av råvara, tillverkningsmetoder till färdigställt rör, till hantering av avfall när roranläggningen ska kasseras. Kartläggning skedde med hjälp av kontakt med leverantörer och genom att följa materialens process från råvaruhantering till rörtillverkare till distributörer.

3.3.6 Intervjuer

För att erhålla kunskap om de nuvarande rörmaterialen som anses lämpliga till de tre valda medium som skulle undersökas och vilka processer rörmaterialen genomgår intervjuades rörtillverkare och distributörer. Relevanta intervjufrågor togs fram med hänsyn till den data som skulle behövas i arbetet med CES Edupack senare. Följande användes informationen som samlats som inmatning i Eco Audit i CES Edupack för att kunna generera mätvärden och sedan jämföra de olika rörmaterialen med varandra. Information angående kostnader och krav behövde också tillhandahållas.

3.3.7 Framtida materialval

På samma sätt som vid insamling av information för de befintliga rörmaterialen erhöles kunskap om dem och nya potentiella materialförslag identifierades genom intervjuer med rörtillverkare och distributörer. För att ta reda på om Swecos nuvarande leverantörer har förslag till möjliga framtida material utfördes en intervjustudie baserad på de krav som ställts på rörmaterialen för respektive medium. Utifrån de material som används vid rörkonstruktion idag undersöktes det om det finns leverantörer Sweco inte samarbetar med som arbetar mer hållbart. För att hitta ytterligare material som skulle kunna fungera för mediummen utfördes egna undersökningar på Internet.

3.4 Dokumentation

För att ta vara på den information som tillhandahållits behövde bearbetning av denna utföras. Det som ansågs relevant dokumenterades och ställdes upp i tabeller för att tydligt åskådliggöra resultaten av informationsamlingen och för att på ett enkelt sätt kunna fortsätta arbeta med informationen.

3.5 Uppskattningar och antaganden

För att kunna genomföra arbetet i CES EduPack samt beräkningar behövdes vissa uppskattningar och antaganden göras. Dessa uppskattningar och antaganden utfördes då det var möjligt med rådgörande och hjälp av Swecos experter. Annars utfördes de med hjälp av rörtillverkare och distributörer, och i vissa fall genom kvalitativa bedömningar och antaganden utifrån logiskt tänkande och den kunskap som erhållits från utbildningen.

3.6 Beräkningar

För att ta reda på vilken miljöpåverkan varje material har utfördes beräkningar i CES EduPack. Uppskattningar av vad rören av de olika materialen kostar gjordes och man tog hänsyn till stödavståndet ur en ekonomisk aspekt samt miljösynpunkt.

3.6.1 CES EduPack

Den insamlade materialdatan fördes in i verktyget Eco Audit i CES EduPack för att utföra beräkningar, generera mätvärden och kunna se storleken av rörens totala miljöpåverkan under hela livscykeln. Miljöpåverkan mättes i form av energiåtgång [J] och koldioxidutsläpp [CO₂] under hela livscykeln från upptagning av råvara till hantering av avfall. I Eco Audit ställs ett diagram upp som visar var i livscykeln mest energi krävs samt var mest koldioxid släpps ut.

Gruppen tog reda på var i processen miljöpåverkan är störst för varje rörmaterial och gjorde en undersökning på vad som kan göras för att minska den. Sedan jämfördes de olika rören miljöpåverkan med varandra och slutsatser om vilket material som var bäst med avseende på miljön kunde därmed dras.

3.6.2 Kostnadsuppskattningar

Uppskattningar av vad respektive rör kostar utfördes genom kontakt med distributörer och genom att studera deras prislistor. Sedan jämfördes de för att se vilket som är bäst ur ett kostnadsperspektiv och samtidigt uppfyller kraven.

3.6.3 Stödavstånd

Med hjälp av interna tabeller från SSG undersöktes skillnaden i stödavstånd för de olika rören med hänsyn till kostnad och miljö. Då stödavståndet är kort ökar antalet stöd vilket medför att det krävs mer material vilket i sin tur leder till en ökad kostnad och mer omfattande miljöpåverkan.

3.7 Analys av resultat

Resultaten av beräkningarna i CES Edupack och kostnadsuppskattningarna jämfördes och analyserades för att kunna dra slutsatser om vilket rörmaterial som är mest lämpat för respektive medium. Att föredra är de rör som har lägst kostnad och minst miljöpåverkan.

De antaganden och beslut som tagits under projektet diskuterades och analyserades. Eventuella felkällor identifierades och källkritik utfördes för att konstatera hur tillförlitligt resultatet av den valda metoden är.

4 RESULTAT

I kapitlet presenteras de resultat som har genererats i projektet. De rörmaterial som används i dagsläget har analyserats ur ett hållbarhetsperspektiv och förslag till andra rörmaterial samt analyser på dessa redovisas.

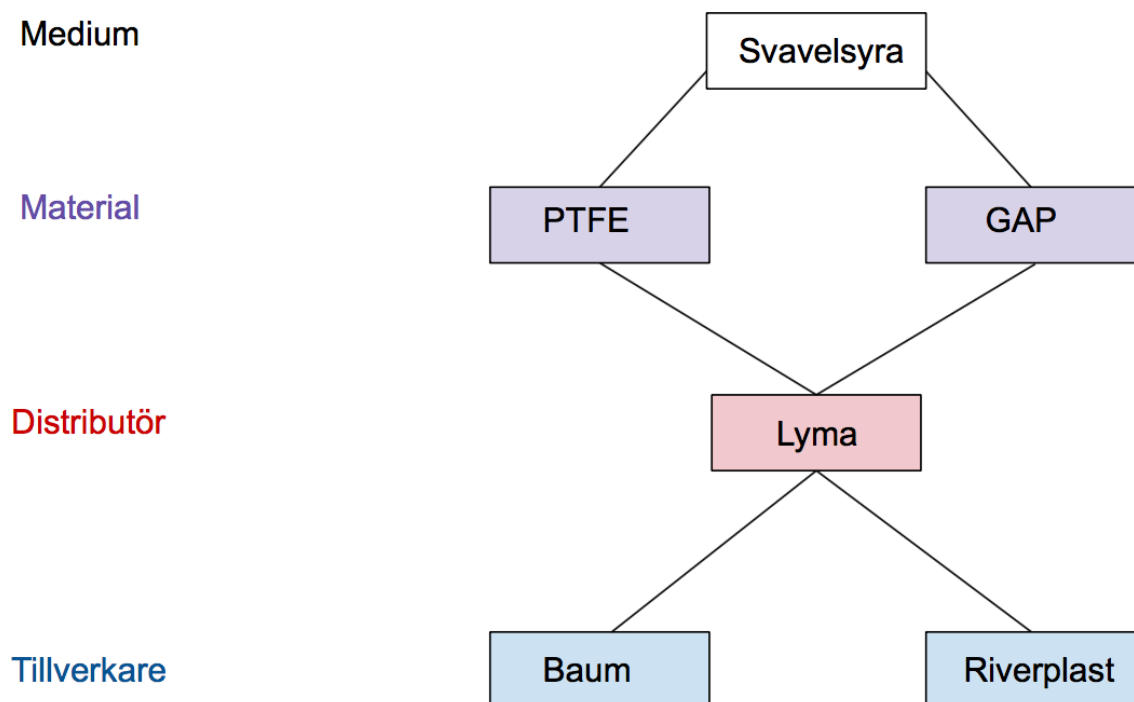
4.1 Resultat kartläggning av kontakter

För att få en tydlig översikt på hur de företag som Sweco angivit att de har arbetat med samverkar kartlades dessa. Respektive medium matchades med rörmaterial samt distributör och tillverkare till dessa.

För att ta reda på vilka rörmaterial som används i dagsläget utnyttjades SSGs tabell och diskussion fördes med Swecos experter inom området. I tabellen finns för varje medium förslag till rörmaterial som ska fungera för de givna förhållandena. Men enligt expert på Sweco används inte alla material som är angivna i SSGs tabell i Swecos projekt. Nuvarande material definieras som de material Sweco använder idag enligt deras expert och alltså inte enligt de material som är angivna i SSGs tabell.

4.1.1 Kontakter för svavelsyra

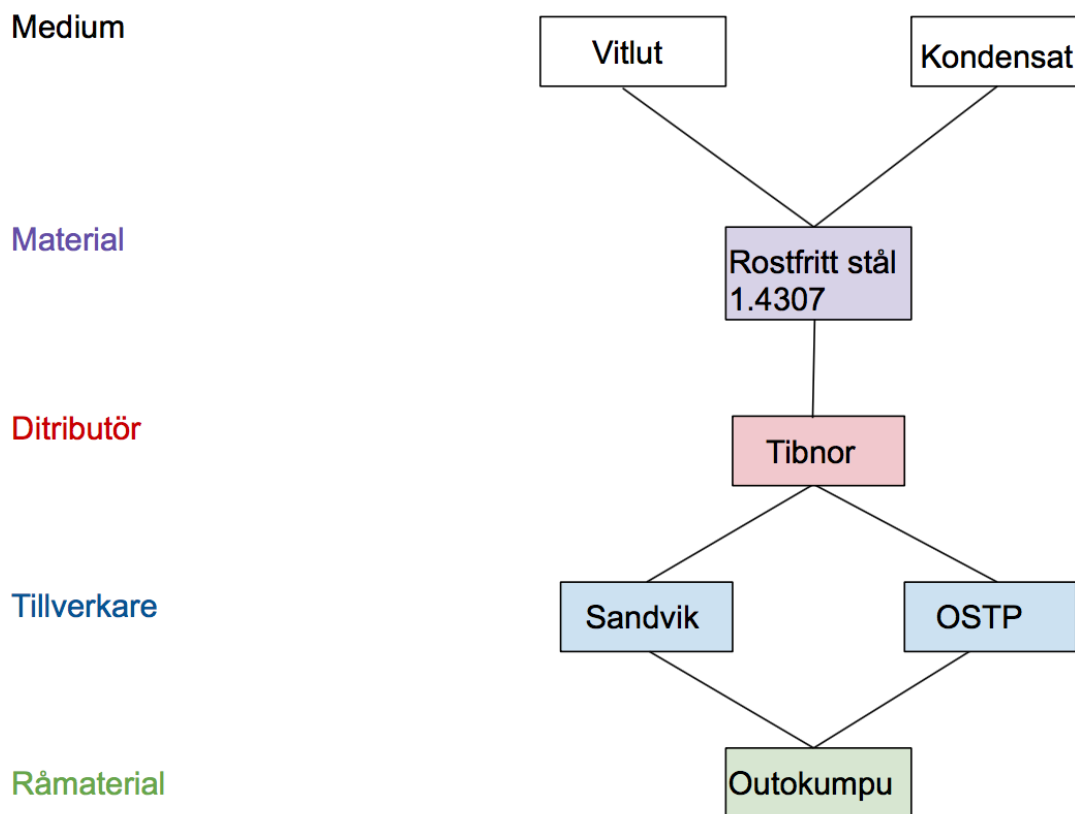
Sweco angav rördistributören Lyma som ett företag de har arbetat med när projekt utförts där svavelsyra har varit inkluderat. En intervjustudie hölls med Lyma för att ta reda på vilka företag som tillverkar GAP-rör samt PTFE-linade rör. Genom intervjustudien erhöles information om det finska företaget Riverplast som tillverkar GAP-rör. Företaget som tillverkar PTFE-linade rör heter Baum och tillverkningen sker i Tyskland. Samverkan mellan medium, material, distributör och rörtillverkare visas i figur 4.1.



Figur 4.1, Åskådliggör samband mellan medium, material, distributör samt tillverkare för materialen som används till svavelsyra.

4.1.2 Kontakter för vitlut och kondensat

Samverkan mellan företagen som arbetar med materialet EN 1.4307 kartlades genom kontakt med Tibnor då Sweco hade angivit företaget som en distributör. Tibnor angav att Sandvik samt OSTP tillverkar rör i materialet EN 1.4307. Vidare angav OSTP och Sandvik att Outokumpu tar fram det råmaterial rören tillverkas av. I figur 4.1 visas samverkan mellan medium, material, distributör, tillverkare och råmaterial.



Figur 4.2, Åskådliggör samband mellan medium, material, distributör samt tillverkare av både rör och utvinnare av råmaterial för rörmaterialet EN 1.4307 som används för vitlut och kondensat.

4.2 Analys av nuvarande rörmaterial

De material som används för rörkonstruktioner i dagsläget för de valda mediumerna analyserades ur ett hållbarhetsperspektiv. För att utföra analysen i Eco Audit behövdes data samlas in.

4.2.1 Indata i CES EduPack

Verktyget Eco Audit i CES EduPack som användes för att analysera miljöpåverkan behöver ett antal parametrar för att ha möjlighet att utföra analysen. Datan hämtades genom kontakt med tillverkare och ställdes sedan upp i en tabell (tabell 4.1).

Tabell 4.1, Visar den data som matades in i Eco Audit.

Material	GAP	PTFE-linad	EN 1.4307
Medium	Svavelsyra	Svavelsyra	Vitlut, kondensat
Rördimension	100	100	100
Material	Vinyl ester, glas fiber e-grade	PTFE, EN 1.0021	EN 1.4307
Återvunnet material	nej	nej	nej
Massa [kg]	16	84	33,72
Tillverkningsmetod	Fiberlindning	polymer extrudering, extrudering, valsning	Extrudering, valsning
EOL	Deponi	Deponi	Återvinning
Transportmedel	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton
Transportsträcka [km]	1207	1273	518
Livslängd [år]	20 - 30	3-15	5 - 10
Användningsland	Sverige	Sverige	Sverige

4.2.1.1 Beräkningar massandel och massa

För att kunna utföra en analys i CES EduPack behövs massan för varje rör matas in. Information om massa finns på tillverkare samt distributörers hemsidor och anges i kilogram/meter. Därför multiplicerades det funna värdet med den längd röret tillverkas i för att få den vikt varje rör har.

Distributören Lyma som säljer rör tillverkade i GAP anger på hemsidan att ett rör med rördimension DN 100 väger 2,7 kilogram/meter och har standardlängden sex meter. Röret innehåller 30% glasfiber och resterande mängd vinyl ester (Imatra, 1999).

Baum tillverkar det PTFE-linade röret. Röret i rördimension DN 100 väger 14 kilogram/meter och tillverkas med längden sex meter. Röret är tillverkat av ett stålrör och är linat med plast. Andelen stål i röret är 40% (Baum, u.å).

Rör i det rostfria stålet EN 1.4307 tillverkas av Sandvik och för att hitta information angående massa kontaktades Tibnor som säljer dessa rör. För ett rör med dimension DN 100 är vikten 5,62 kilogram/meter och tillverkas i standardlängd sex meter (Tibnor, u.å.).

4.2.2 GAP

En analys av GAP-röret utfördes. Rör som är tillverkat i GAP antogs ha en transportsträcka på 1207 kilometer och mättes från River Plasts fabrik i Finland till Swecos kontor i Göteborg. Rör tillverkade i armerad vinyl ester har mycket god beständighet mot kemikalier, låg densitet, har ett relativt lågt pris (1255 kronor/meter enligt GPA (u.å.)), är lätta att reparera på plats och har liten friktion. Röret är dock känsligt för yttre påfrestningar och om det händer en olycka skulle det brista. Genom kontakt via e-post med River Plast framkom även de påbörjat ett samarbete med ett företag som tillverkar cement för att kunna bränna föråldrat material i ugnen där cement tillverkas. (River Plast, u.å.).

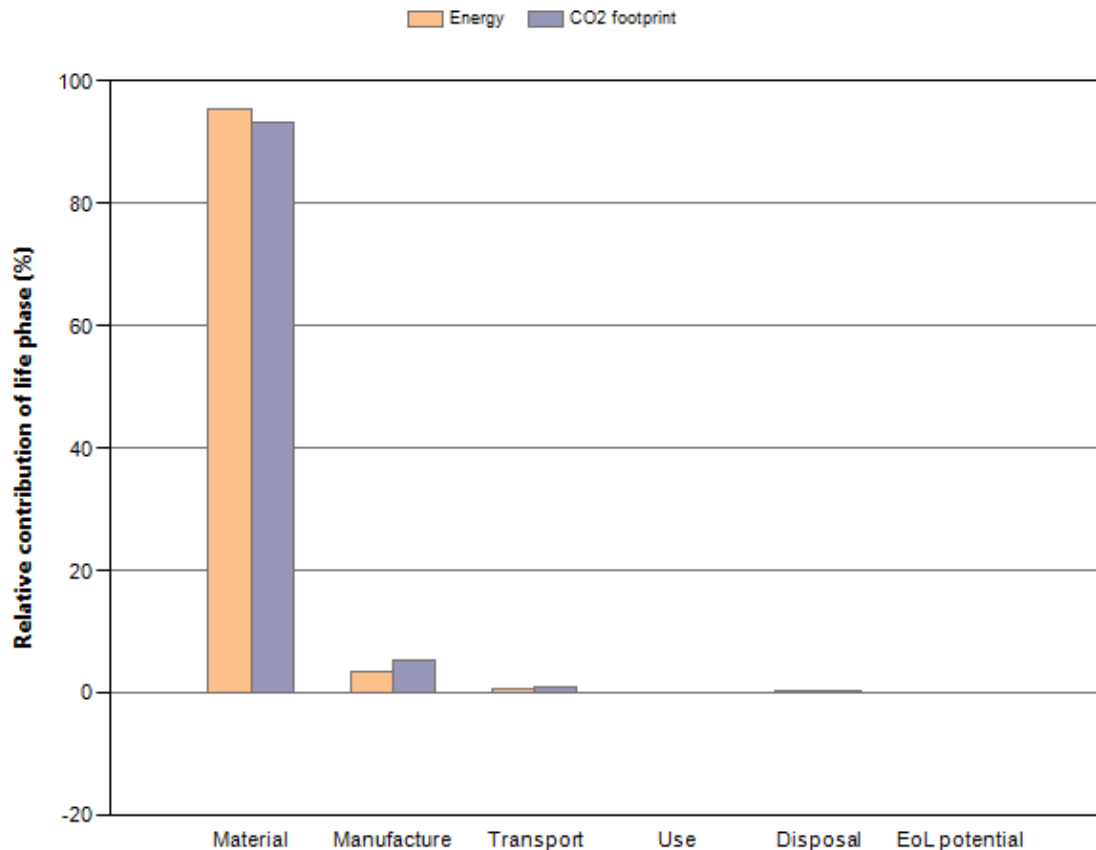
Analysen visar att den totala energiåtgången under rörets livscykel är $1,11 \cdot 10^3$ MJ (tabell 4.2) och den största delen av energiåtgången (95,4%) förbrukas under framställning av materialet. Det släpps ut störst mängd koldioxid (93,2%) under framställning av materialet och det totala koldioxidutsläppet är 57,7 kg (tabell 4.3).

Ett diagram där man får en överblick av energiåtgången samt koldioxidutsläppet redovisas i diagram 4.1.

Tabell 4.2, Visar numeriskt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är för ett sex meter långt rör tillverkat med fiberlindning med materialen vinyl ester och glasfiber under en livscykel.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,06e+03	95,4	53,8	93,2
Manufacture	39,4	3,6	3,15	5,5
Transport	8,26	0,7	0,586	1,0
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	2,97	0,3	0,208	0,4
Total (for first life)	1,11e+03	100	57,7	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.1, Visar den koldioxid som släpps ut samt den energiåtgång ett 6 meter långt rör tillverkat med fiberlindning med materialen vinyl ester och glasfiber har under en livscykel.



4.2.3 PTFE-linad

En analys utfördes på röret tillverkat i rostfritt stål linat med PTFE. Transportsträckan mättes från fabriken i Tyskland till Swecos kontor i Göteborg. Analysen visar att den totala energiåtgången för röret är $5,55 \cdot 10^3$ MJ (tabell 4.3) och totala utsläppet av koldioxid är 333 kg. Den största energiåtgången samt koldioxidutsläppet är under framtagning av material.

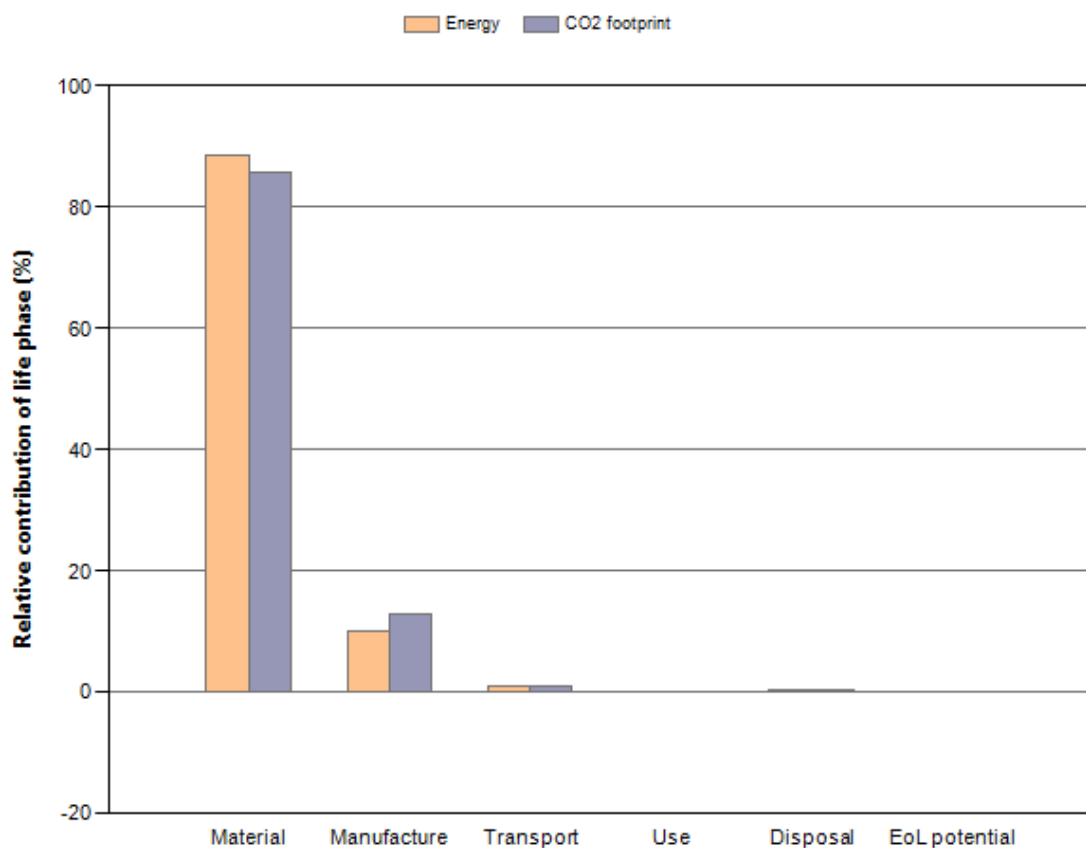
Ett diagram där en överblick fås på var energiåtgången samt koldioxidutsläppet för röret tillverkat i EN 1.0345 linat med PTFE redovisas i diagram 4.2.

PTFE är den vanligaste flourplasten på marknaden, har lägst friktionskoefficient, är extremt beständig mot kemikalier, beständig mot UV-ljus och kan användas upp till 260 °C. Plasten har dock en låg slitstyrka och begränsad mekanisk styrka vilket gör att rör tillverkade i PTFE behöver mekanisk stöd vilket i detta fall är ett stålrör. Röret är känsligt mot vakuum vilket är en av de största orsakerna till att röret skadas. Det är också energikrävande att framställa PTFE vilket gör det till ett dyrt material (Bruder, 2013, ss. 28).

Tabell 4.3, Visar numeriskt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är för ett sex meter långt rör i materialen rostfritt stål linat med PTFE under en livscykel.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	4,92e+03	88,7	285	85,6
Manufacture	562	10,1	43,3	13,0
Transport	49,1	0,9	3,49	1,0
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	16,8	0,3	1,17	0,4
Total (for first life)	5,55e+03	100	333	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.2. Visar den koldioxid som släpps ut samt den energiåtgång ett sex meter långt rör i materialet rostfritt stål linat med PTFE har på en livscykel.



4.2.4 EN 1.4307

Röret tillverkat i EN 1.4307 är en variant på stålet EN 1.4301 men har en lägre kolhalt. Det går att återvinna materialet och det används 70-80% återvunnet stål i rör tillverkade i EN 1.4307.

Stålet används i dagsläget för vitlut och condensat och det analyserades i Eco Audit. Transportsträckan beräknades från fabriken i Sandviken till Swecos kontor i Göteborg. Den totala energiåtgången för röret under en livscykel är $1,12 \cdot 10^3$ MJ (tabell 4.4) och största

åtgången är vid framställning av materialet (83,9%). Det är en energiåtgång på 13,3% vid tillverkning av röret.

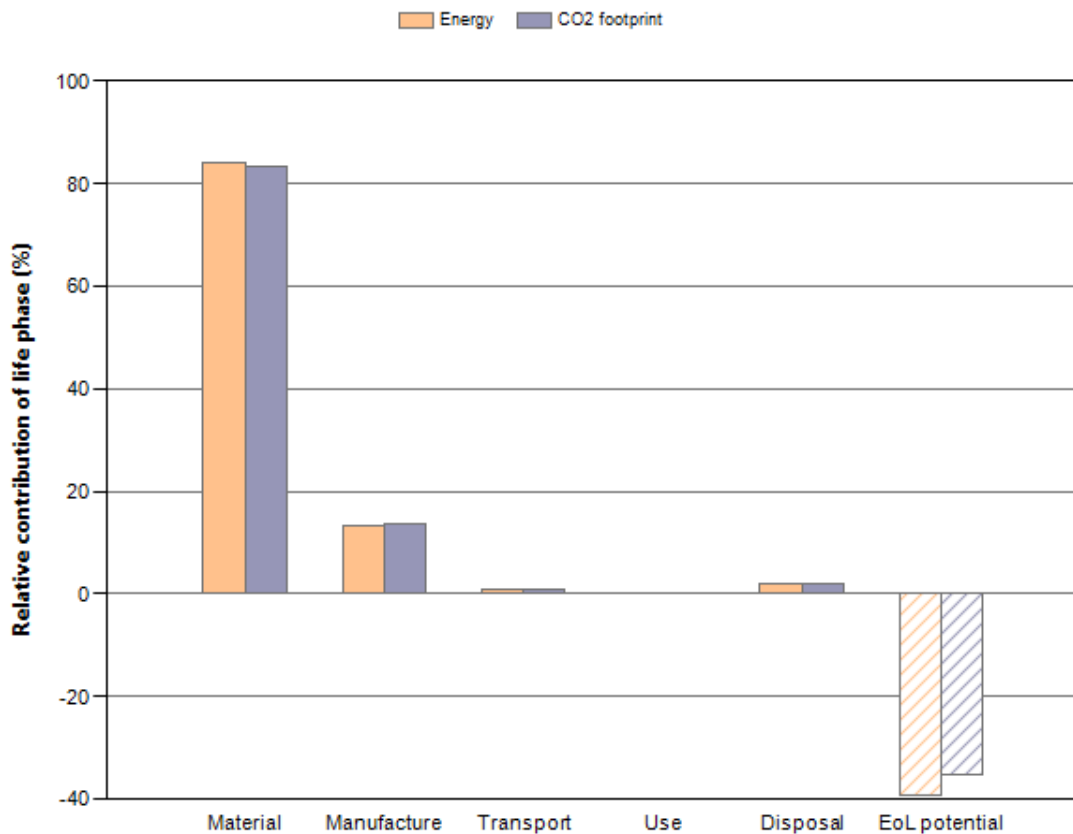
Det totala utsläppet av koldioxid under livscykeln är 80,8 kg och största delen är vid framställning av materialet (83,5%). Det finns en EoL-potential för materialet som går att återvinna med ett värde på -437 MJ samt -28,4 kg koldioxid (tabell 4.4).

För att få en överblick på var energiåtgången samt koldioxidutsläppen sker har diagram 4.3 skapats.

Tabell 4.4, Visar numeriskt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är för ett sex meter långt rör i materialet EN 1.4307 under en livscykel.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	936	83,9	67,5	83,5
Manufacture	148	13,3	11,1	13,7
Transport	8,03	0,7	0,57	0,7
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	23,6	2,1	1,65	2,0
Total (for first life)	1,12e+03	100	80,8	100
End of life potential	-437		-28,4	

Diagram 4.3, Visar det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett sex meter långt rör i materialet EN 1.4307 har på en livscykel.



4.2.5 EN 1.4462

Då temperaturen på vitlut överstiger 130 °C används duplexstålet EN 1.4462. Det är ett dyrt stål men då vitlut är starkt basiskt krävs ett stål som klarar korrosiva miljöer samtidigt som en hög temperatur. Detta rörmaterial analyserades inte i CES EduPack.

4.3 Analys av nya lämpliga rörmaterial

En undersökning utfördes för att hitta ytterligare rörmaterial som är lämpliga till de tre mediummen. Dessa analyserades i CES EduPack på samma sätt som de material Sweco använder i dagsläget för att kunna jämföra dessa och dra slutsatser om rörmaterialens påverkan på miljön. De analyser som har utförts redovisas i denna del.

I SSGs tabell är materialen PVC, PVDF samt ECTFE angivna. Dessa material är resistent mot olika koncentrationer av svavelsyra. Swecos experter angav inte att projekt utförs med dessa material i dagsläget och därför analyseras de i denna del av rapporten.

4.3.1 Resultat av informationsinsamling

Efter undersökningar på Internet samt intervjuer med tillverkare om lämpliga rörmaterial hittades ett antal rörmaterial Sweco inte använder i projekt i dagsläget. Rörtillverkaren Simona rekommenderar ett rör tillverkat av termoplasten PVDF till röranläggningar med svavelsyra som har en hög koncentration (80%). För en röranläggning med en svagare svavelsyra (30%) rekommenderar de termoplasten PP som är betydligt mer kostnadseffektivt, cirka 10 gånger billigare än PVDF. För de allra starkaste syrorna (96% och uppåt) rekommenderas termoplasten ECTFE som har en väldigt hög motståndskraft mot svavelsyra.

Kontakt via e-post hölls med företaget Sandvik som tillverkar rör i stål för att undersöka vilka rörmaterial de rekommenderar. För svavelsyra rekommenderar de rörmaterialen EN 1.4462 samt EN 1.4563. EN 1.4462 är endast lämpligt att använda för svavelsyra med en koncentration på 10% och mindre medan EN 1.4563 är resistent mot koncentrationer från 15-80%. Ytterligare rörmaterial som är resistent mot svavelsyra är ABS, C-PVC, PVC och PE.

För kondensat med en maximal temperatur på 150 °C rekommenderas materialet ECTFE och EN 1.4563 och för 90 °C är PP, PTFE, PVDF, GAP, EN 1.4301 och EN 1.4436 lämpliga att använda.

Sandvik rekommenderar rör tillverkade i EN 1.4563 och EN 1.4539 för vitlut med en temperatur på 180 °C. För en temperatur på 100 °C är PTFE, ECTFE, GG-hårdgummi-lining, EN 1.4301 samt EN 1.4436 resistent mot vitlut (GPA, u.å).

För att få en överblick och på ett enkelt sätt förstå vilket rörmaterial som är resistent mot vilket medium har bilaga 1 skapats. Tabellen är en resistenstabell för alla material som har undersökts i projektet.

4.3.2 Indata i CES EduPack

Kontakt med tillverkare samt leverantörer hölls via e-post för att ta reda på den indata som skulle behandlas i CES EduPack. Indatan redovisas i Tabell 4.5.

Tabell 4.5, Visar den indata som matades in i Eco Audit för de material som inte används i dagsläget.

Material	EN 1.4301	EN 1.4436	ECTFE	PE	PP	PVC	PVDF
Medium	Vitlut, kondensat	Vitlut, kondensat	Svavelsyra	Svavelsyra	Svavelsyra	Svavelsyra	Svavelsyra
Rördimension	100	100	100	100	100	100	100
Material	EN 1.4307	EN 1.4436	ECTFE	PE	PP	PVC	PVDF
Återvunnet material	70-80%	70-80%	nej	nej	nej	nej	nej
Massa [kg]	33,72	33,72	15,7	15,9	21,45	19,75	16,6
Tillverkningsmetod	Extrudering, valsning	Extrudering, valsning	Polymer extrudering	Polymer extrudering	Polymer extrudering	Polymer extrudering	Polymer extrudering
EOL	Återvinning	Återvinning	Deponi	Deponi	Deponi	Deponi	Deponi
Transportmedel	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton	Lastbil 32 ton
Transportsträcka [km]	518	518	1221	1221	1221	1221	1221
Livslängd [år]	-	-	-	-	-	-	-
Användningsland	Sverige	Sverige	Sverige	Sverige	Sverige	Sverige	Sverige

4.3.2.1 Beräkningar massandel och massa

Massan beräknades på samma sätt som för de rör som används i dagsläget. För röret tillverkat i rostfritt stål EN 1.4301 angavs samma massa som för röret tillverkat i EN 1.4307 då skillnaden i densitet på dessa rör är obetydlig. Samma antagande gjordes för röret tillverkat i EN 1.4436.

Data om röret tillverkat i ECTFE hämtades. Det har en standardlängd på fem meter och väger 3,14 kilogram/meter för ett rör med en ytterdiameter på 110 millimeter (GPA, u.å.).

Röret tillverkat i PE med ytterdiametern 110 millimeter väger 3,18 kilogram/meter och tillverkas med en standardlängd på fem meter (GPA, u.å.).

Röret tillverkat i PP väger 4,29 kilogram/meter för ett rör med en ytterdiameter på 110 millimeter och standardlängden är fem meter (GPA, u.å.).

Röret tillverkat i PVC väger 19,75 kilogram/meter för ett rör med en ytterdiameter på 110 millimeter. Standardlängden är fem meter och massan per meter är 3,91 kilogram.

Information om röret tillverkat i PVDF hämtades och ett rör med en ytterdiameter på 110 millimeter har massan 3,32 kilogram/meter. Det tillverkas i en standardlängd på fem meter (GPA, u.å.).

4.3.3 PVDF

Flourplasten PVDF har en mycket god resistens mot nästintill alla kemikalier, är bra att använda i krävande termiska och kemiska applikationer samt är motståndskraftig mot UV-ljus (GPA, u.å.). PVDF går att använda för koncentrationer av svavelsyra upp till 98%

(Water & Wastes Digest, 2003) och kondensat upp till 120 °C. Röret har en kostnad på 5189 kronor/meter enligt GPA (u.å).

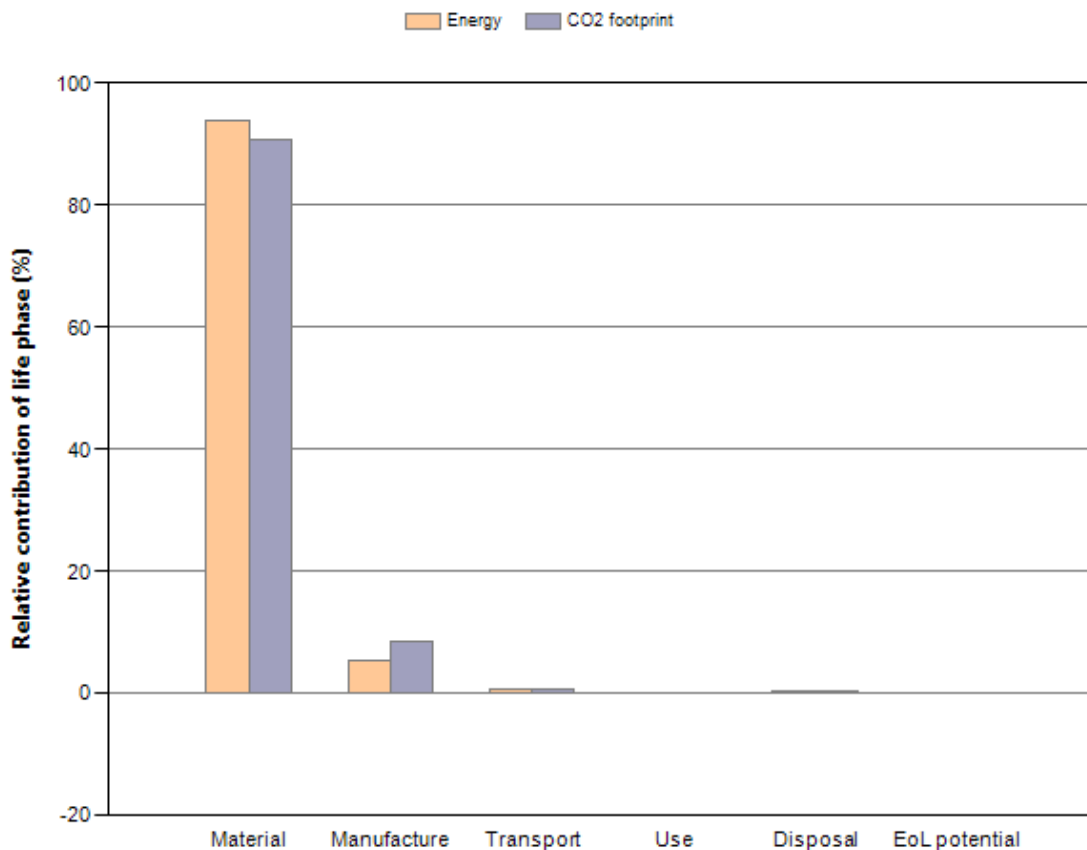
En analys utfördes i Eco Audit på röret och resultatet blev att den totala energiåtgången är $1,83 \cdot 10^3$ MJ och 93,8% av energiåtgången är i framställningen av materialet. Det släpps ut 90,7 kg koldioxid i rörets livscykel och 90,7% av utsläppet sker i framställning av materialet (tabell 4.6).

Diagram 4. har skapats för att få en överblick över var energiåtgången och koldioxidutsläppet är störst.

Tabell 4.6, Visar numeriskt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är för ett fem meter långt rör tillverkat i PVDF.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,72e+03	93,8	82,2	90,7
Manufacture	101	5,5	7,54	8,3
Transport	9,32	0,5	0,662	0,7
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	3,32	0,2	0,232	0,3
Total (for first life)	1,83e+03	100	90,7	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.4, Visar det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett fem meter långt rör tillverkat i materialet PVDF har på en livscykel.



4.3.4 ECTFE

Termoplasten ECTFE är den enda plasten som är resistent mot svavelsyra med koncentrationer över 98,3% samt kondensat och vitlut upp till 150 °C i kontinuerlig drift. ECTFE är beständig mot UV-ljus och har goda mekaniska egenskaper (GPA, u.å.). Plasten är dock dyr och används i de flesta fall inte om det är absolut nödvändigt.

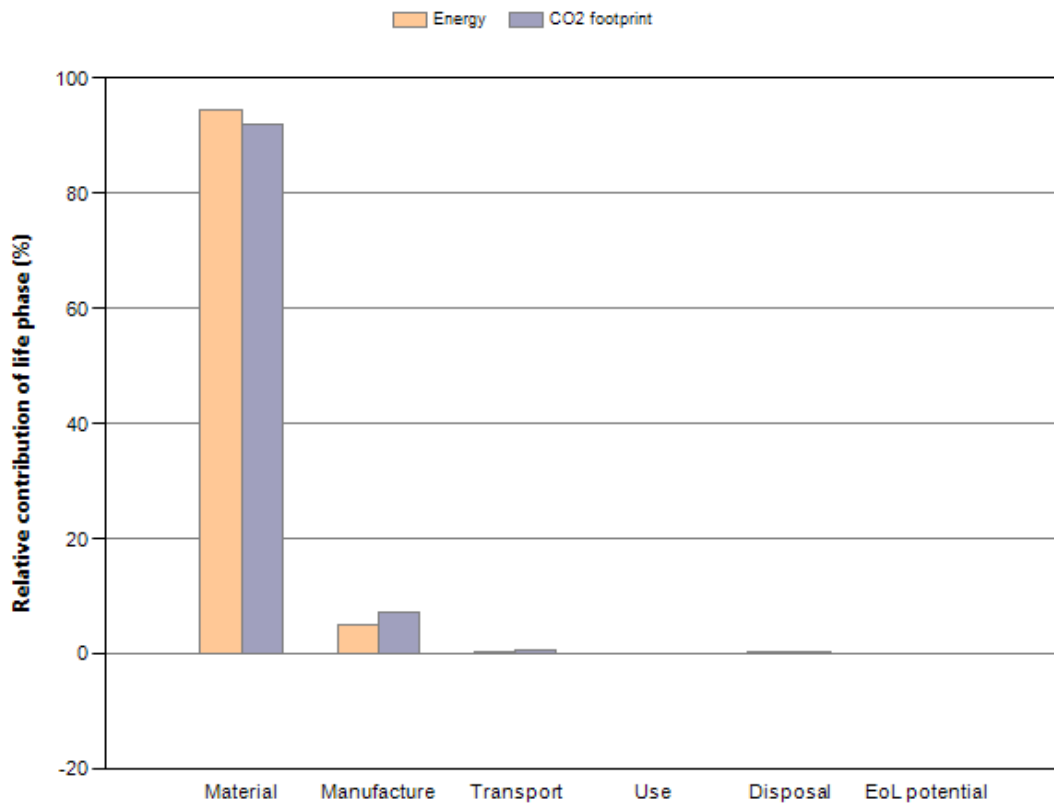
Röret som är tillverkat i ECTFE analyserades i ECO Audit. Den totala energiåtgången är $1,95 \cdot 10^3$ MJ och den största åtgången sker vid framtagningen av materialet (94,4%). Det släpps ut 99 kg koldioxid under rörets livscykel och även här släpps den största delen ut vid framställning av materialet (91,8%) (tabell 4.7).

För att få en överblick på var energiåtgången samt koldioxidutsläppen sker har diagram skapats.

Tabell 4.7, Visar numeriskt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är för ett fem meter långt rör tillverkat i ECTFE.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,84e+03	94,4	91	91,8
Manufacture	96,6	4,9	7,24	7,3
Transport	8,82	0,5	0,626	0,6
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	3,14	0,2	0,22	0,2
Total (for first life)	1,95e+03	100	99	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.4, Visar det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett fem meter långt rör tillverkat i materialet ECTFE har på en livscykel.



4.3.5 UHMW-PE

Termoplasten PE är den mest förekommande plasten och företaget Borealis som ligger i Stenungsund tillverkar plasten i Sverige. Plasten har ett lågt pris (377 kronor/meter enligt GPA, u.å), är miljövänlig att bränna då den endast innehåller kol och väteatomer och den har en god resistens mot kemikalier. Det är inte rekommenderat att använda PE i samband med höga temperaturer då det endast klarar temperaturer upp till 80 °C. PE är resistent mot svavelsyra upp till en koncentration på 50% och en temperatur på 50 °C (Bruder, 2013, ss. 9).

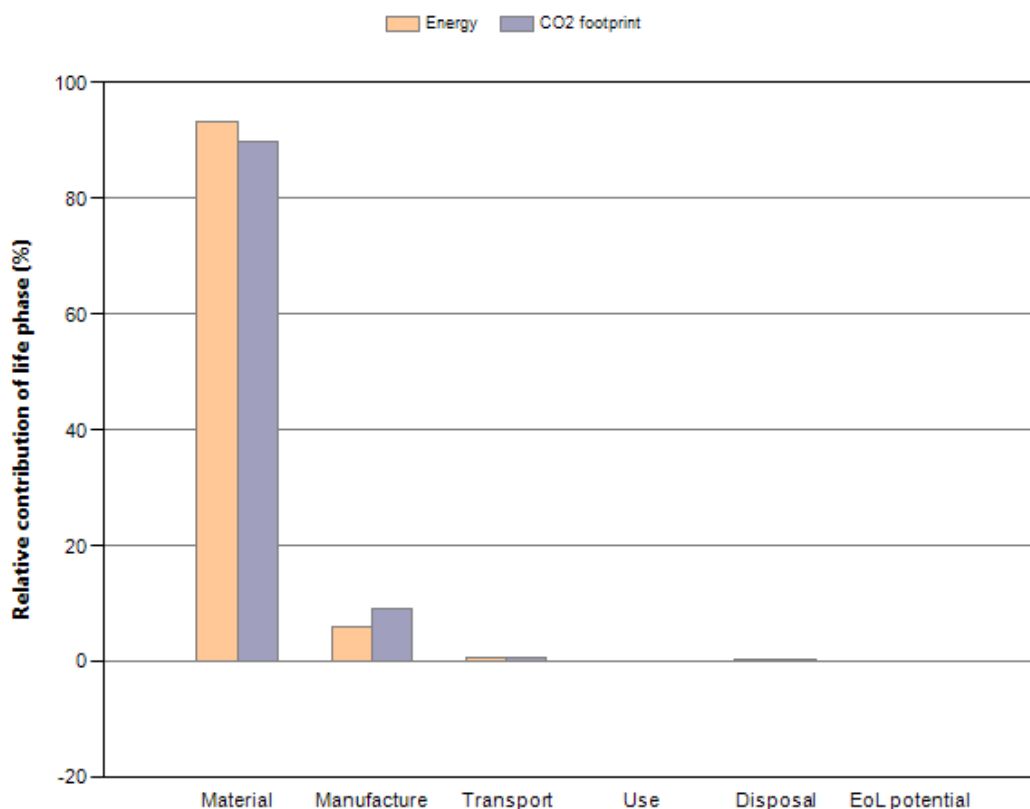
En analys i Eco Audit utfördes och resultatet är att den största energiåtgången (93,3%) i livscykeln är i framställning av materialet och den totala energiåtgången är $1,64 \cdot 10^3$ MJ. Det totala koldioxidutsläppet är 80,4 kg (tabell 4.8).

Ett diagram där en överblick fås på var energiåtgången samt koldioxidutsläppet för röret tillverkat i PE redovisas i diagram 4.5.

Tabell 4.8, Visar numeriskt och procentuellt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är i livscykeln för röret tillverkat i PE.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,53e+03	93,3	72,1	89,7
Manufacture	98,8	6,0	7,41	9,2
Transport	8,93	0,5	0,634	0,8
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	3,18	0,2	0,223	0,3
Total (for first life)	1,64e+03	100	80,4	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.5, Visar det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett fem meter långt rör tillverkat i materialet PE har i en livscykel.



4.3.6 PP

Termoplasten PP (polypropen) tillverkas bland annat av Borealis i Norge och är en vanligt förekommande plast. PE går att få med många olika egenskaper och klarar temperaturer upp till 140 °C och 100 °C i kontinuerlig drift, är beständig mot kemikalier och har ett lågt pris (755 kronor/meter enligt GPA, u.å.). Plasten tål dock inte att exponeras för UV-ljus en lång tid (Bruder, 2013, 9-10). PP är resistent mot svavelsyra upp till koncentrationen 40% och kondensat upp till temperaturen 90 °C.

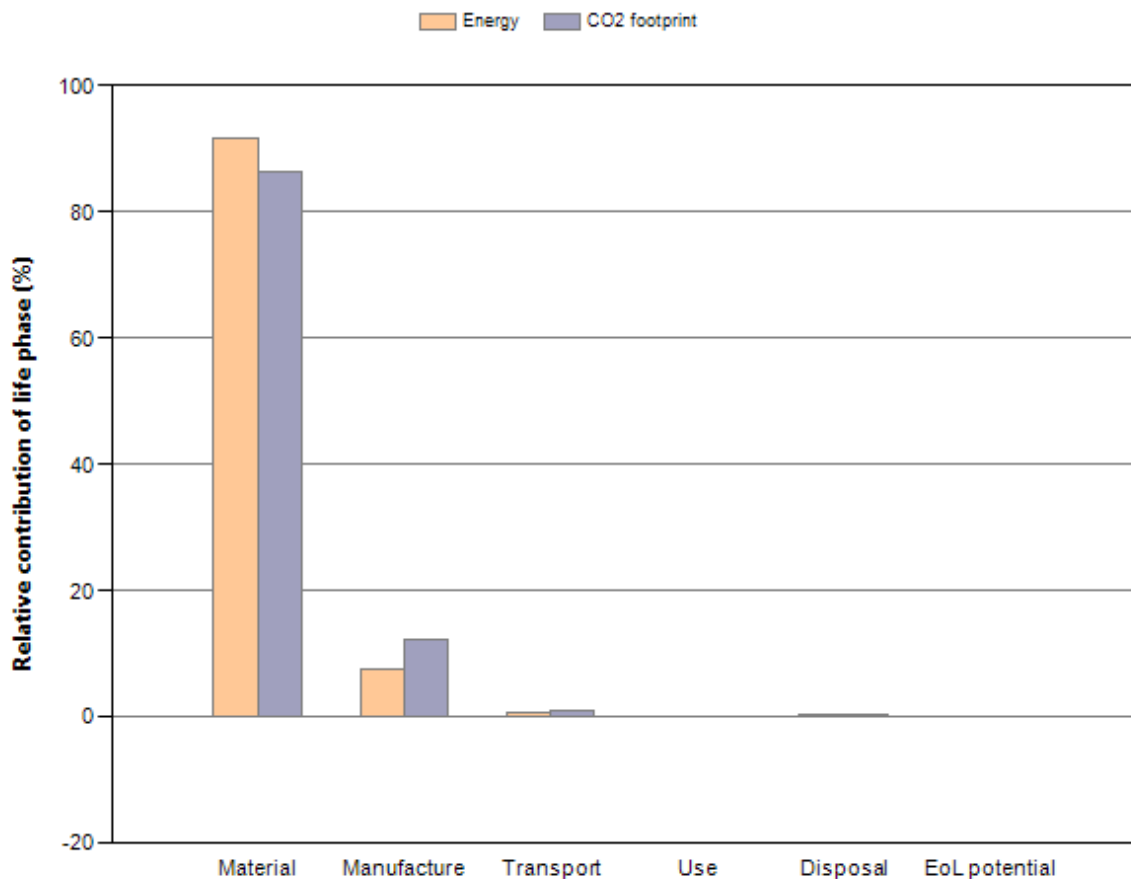
Resultatet av analysen som utfördes i Eco Audit är att den största energiåtgången sker i framställningen av materialet (91,7%) och den totala energiåtgången under livscykeln är $1,78 \cdot 10^3$ MJ (tabell 4.8). Det totala koldioxidutsläppet är 81,5 kg och sker främst i framställning av materialet (86,6%) och även i tillverkning av röret (12,2%).

Ett diagram där en överblick fås på var energiåtgången samt koldioxidutsläppet för röret tillverkat i PE redovisas i diagram 4.6.

Tabell 4.8, Visar numeriskt och procentuellt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är i livscykeln för röret tillverkat i PP.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,64e+03	91,7	70,5	86,4
Manufacture	133	7,4	9,95	12,2
Transport	12	0,7	0,855	1,0
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	4,29	0,2	0,3	0,4
Total (for first life)	1,78e+03	100	81,6	100
End of life potential	0		0	

Diagram 4.6, Visar det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett fem meter långt rör tillverkat i materialet PP har på en livscykel.



4.3.7 EN 1.4301

Stålet EN 1.4301 är det stål som vanligen benämns "Rostfritt stål" och är ett austenitiskt stål. Det är lämpligt att använda i inomhusmiljöer för condensat med en maximal temperatur på 120 °C samt vitlut med en maximal temperatur på 100 °C (Steeltex, u.å.). Det går bra att återvinna stålet utan att kvaliteten blir sämre och det används återvunnet stål för att tillverka rör i materialet EN 1.4301 (Jernkontoret, 2015).

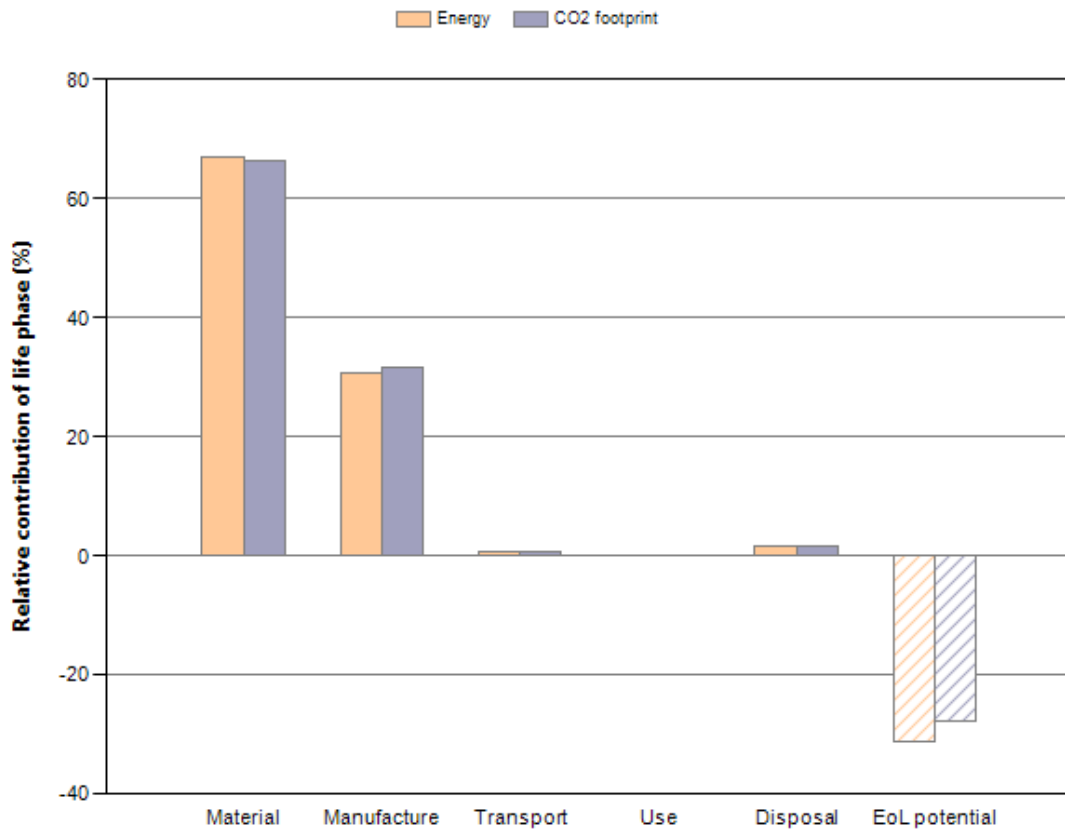
Resultatet av analysen är att den största energiåtgången sker i framställningen av materialet (67%). Det är även stor del som går åt vid tillverkningen av röret (30,7%). Den totala energiåtgången är $1,4 \cdot 10^3$ MJ och totala koldioxidutsläppet är 102 kg (tabell 4.9). Eftersom det går att återvinna röret finns en EoL-potential som är 437 MJ mindre och 28,4 kg mindre koldioxidutsläpp.

Ett diagram där en överblick fås på var energiåtgången samt koldioxidutsläppet för röret tillverkat i EN 1.4301 redovisas i diagram 4.7.

Tabell 4.9, Visar numeriskt och procentuellt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är i livscykeln för röret tillverkat i EN 1.4301.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	936	67,0	67,5	66,2
Manufacture	430	30,7	32,2	31,6
Transport	8,03	0,6	0,57	0,6
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	23,6	1,7	1,65	1,6
Total (for first life)	1,4e+03	100	102	100
End of life potential	-437		-28,4	

Diagram 4.7, åskådliggör det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett sex meter långt rör tillverkat i materialet EN 1.3401 har på en livscykel.



4.3.8 EN 1.4436

Det rostfria stålet EN 1.4436 är lämpligt att använda för condensat med en maximal temperatur på 120 °C samt vitlut med en maximal temperatur på 100 °C.

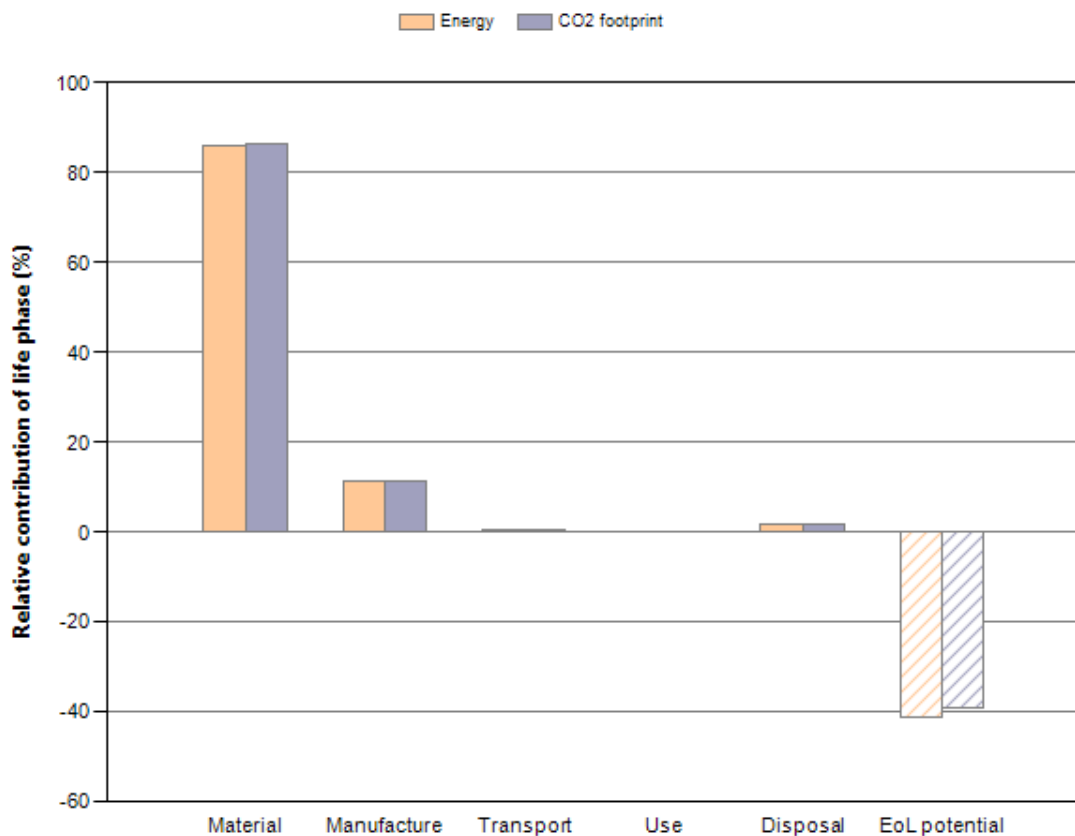
Resultatet av analysen som utfördes i Eco Audit visar att den största energiåtgången sker i framställning av materialet (86,1%) samt i tillverkningen av röret (11,3%). Totala energiåtgången under livscykeln är $1,23 \cdot 10^3$ MJ och totala koldioxidutsläppet är 92,3 kg. Det finns även en EoL-potential för EN 1.4436 och är en minskad energiåtgång på 508 MJ och minskat koldioxidutsläpp på 36 kg (tabell 4.10).

Ett diagram där en överblick fås på var energiåtgången samt koldioxidutsläppet för röret tillverkat i EN 1.4436 redovisas i diagram 4.8.

Tabell 4.10, Visar numeriskt och procentuellt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är i livscykeln för röret tillverkat i EN 1.4436.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,06e+03	86,1	79,6	86,3
Manufacture	139	11,3	10,5	11,3
Transport	8,03	0,7	0,57	0,6
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	23,6	1,9	1,65	1,8
Total (for first life)	1,23e+03	100	92,3	100
End of life potential	-508		-36	

Diagram 4.8, åskådliggör det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett sex meter långt rör tillverkat i materialet EN 1.4436 har på en livscykel.



4.3.9 EN 1.4563

Genom kontakt med Sandvik föreslogs materialet EN 1.4563 som de kallar Sanicro 28 vilket är ett rostfritt stål som klarar höga temperaturer, starka syror samt starkt korrosiva miljöer. Detta material är det enda som klarar alla temperaturer och koncentrationer av de medium som behandlats och har en lång livslängd. Det är dock mycket dyrt.

Materialet finns inte i CES EduPack och kunde därför inte analyseras.

4.3.10 Övriga material

Ett antal material har hittats som valts att inte undersökas, dessa är ABS, C-PVC och GG-hårdgummi-lining som klarar en viss koncentration av svavelsyra (bilaga 1). Även EN 1.4569 har valts att inte analyseras. Anledningen till detta är att materialen inte uppnår en tillräckligt hög koncentration eller temperatur så att en analys har varit lönsam. Att materialen har varit svåra att hitta information om eller haft ett orimligt högt pris har också spelat in.

Plasten PVC valdes att analyseras (bilaga 2) men då den inte uppnår de krav som ställs på varje material togs beslutet att inte ta med materialet i vidare jämförelser.

5 BEDÖMNING AV RESULTAT

Resultatet som presenterats i kapitel 4 jämförs och bedöms för att senare kunna dra slutsatser om vilka material som är att föredra vid olika förhållanden.

Det gäller att hitta en bra balans mellan aspekterna miljö och ekonomi. För miljöns skull är det viktigt att tänka långsiktigt och inte bara på vad som har lägst pris och bäst i ett startskede. För att spara på både ekonomi och miljö kan det vara en god idé att välja ett mer hållbart material som har en högre inköpskostnad och kanske till och med har en större påfrestning på miljön vid framställning, men som har en bättre hållfasthet och därmed längre livslängd.

5.1 Energiåtgång och koldioxidutsläpp

För samtliga material kan man se att framställningen av material är den mest avgörande faktorn för energiåtgång och koldioxidutsläpp i hela livscykeln. Därför kunde slutsatsen dras att själva valet av material är det mest betydelsefulla i hela processen. För att minska påfrestningen på miljön är det alltså mycket mer gynnsamt att välja ett mer miljövänligt material än att exempelvis lägga resurser på att försöka minska transportsträckan av materialet genom att välja en annan tillverkare som befinner sig på ett kortare avstånd. Om man tar hänsyn till hela förloppet materialet går igenom från upptagning av råvara till hantering av avfall har transportsträckan en relativt liten betydelse.

Efter valet av material är det för samtliga material tillverkningen som har näst störst påverkan på miljön. Därefter kommer transporten och hantering av avfallet. EoL är av stor betydelse men i dagsläget är det bara rören av stål som återvinns då de inte är möjligt att återvinna de andra materialen. Ett plaströr som återvinns förlorar "energi" och kan därför inte användas till samma produkt igen. Ännu en anledning till att plastmaterialen inte återvinns är att de har varit i kontakt med farliga ämnen och kan då innehålla rester av dessa.

Med hjälp av interna tabeller från SSG undersöktes skillnaden i stödavstånd för de olika rören med hänsyn till kostnad och miljö. Då stödavståndet är kort ökar antalet stöd vilket medför att det krävs mer material vilket i sin tur leder till en ökad kostnad och mer omfattande miljöpåverkan. Ett plaströr behöver ett antal fler stöd än ett rör i rostfritt stål.

I tabell 5.1 nedan åskådliggörs den totala energiåtgången och det totala koldioxidutsläppet för samtliga material som undersökts i projektet. Röret som har överlägset störst energiåtgång och koldioxidutsläpp under sin livscykel är det PTFE-linade röret med hela $5,55 \cdot 10^3$ MJ respektive 333 kg. Det är ett tungt rör vilket leder till ett ökat utsläpp när rören fraktas. Men med tanke på att det är ett av få rör som klarar en hög temperatur samt höga koncentrationer av svavelsyra kan det ändå vara värt att ha i åtanke när stark svavelsyra är inblandad.

Både materialen ECTFE och PVDF är mycket motståndskraftiga mot kemikalier och har en lång hållbarhet vilket gör materialen användbara inom många områden (se bilaga 1). ECTFE har en relativt hög energiåtgång på $1,95 \cdot 10^3$ MJ samt ett koldioxidutsläpp på 99 kg under livscykeln. Röret tillverkat i PVDF har en energiåtgång på $1,83 \cdot 10^3$ MJ och ett koldioxidutsläpp på 90,7 kg. Då dessa material är såpass hållbara kan en röranläggning med dessa material ändå spara både på utsläpp, energi och underhållskostnader i längden.

GAP-röret har en energiåtgång på $1,11 \cdot 10^3$ MJ samt koldioxidutsläpp på 57,7 kg som är avsevärt mindre än de material som är lämpade för samma koncentration av svavelsyra. Då samtliga material som är lämpade för svavelsyra är tillverkade av plast är antalet stöd samma. Resterande material (PE, PP och PVC) har inte likvärdig kemisk resistens och har ett snävare temperaturspann vilket medför att användbarheten för dessa minskar. De har även en högre energiåtgång samt koldioxidutsläpp än GAP-röret.

Det mest miljövänliga materialet som därför rekommenderas i största möjliga mån för vitlut och kondensat är EN 1.4307 med sin totala energiåtgång på $1,12 \cdot 10^3$ MJ och ett koldioxidutsläpp på 80,8 kg. Detta är det material Sweco redan använder idag. Möjligheten att återvinna materialet ger en energibesparing på 473 MJ och 28,4 kg koldioxid. Då EN 1.4307 är ett rostfritt stål medför det att färre stöd behövs vilket leder till både minskad kostnad och miljöpåverkan. För ett plaströr krävs stöd varannan meter medan det krävs stöd var femte meter för ett rör av rostfritt stål. Ett material tillverkat i rostfritt stål är att föredra om endast hänsyn till antal stöd tas.

Andra material som är lämpade för vitlut samt kondensat är EN 1.4301 och EN 1.4436. Dessa rör har högre energiåtgång samt koldioxidutsläpp än EN 1.4307 och har inte betydande bättre hållbarhet.

Tabell 5.1, Åskådliggör energiåtgång samt koldioxidutsläpp för samtliga material som har analyserats i projektet.

Material	1.4301	1.4307	1.4436	ECTFE	GAP	PE	PP	PTFE-lineat	PVC	PVDF
Total energiåtgång [GJ]	1,4	1,12	1,23	1,95	1,11	1,64	1,78	5,55	1,32	1,83
Totalt koldioxidutsläpp [kg]	102	80,8	92,3	99	57,7	80,4	81,6	333	67,8	90,7
End of life energi	-473	-473	-508	0	0	0	0	0	0	0
End of life CO2	-28,4	-28,4	-36	0	0	0	0	0	0	0

5.2 Livslängd och kostnad

Det rör som är lämpat till högst koncentration av svavelsyra och har lägst kostnad under dess livslängd är GAP-röret. Både ECTFE samt det PTFE-linade röret har en mycket högre kostnad än GAP-röret. PVDF-röret är enligt Simona ungefär 10 gånger dyrare än PP och nästan fem gånger så dyrt som GAP-röret. Röret tillverkat i ECTFE är det rör som klarar högst koncentration och för att garantera en lång livslängd som långsiktigt genererar lägre kostnader är materialet ändå trots hög kostnad värt att ha i åtanke när val av material ska utföras.

Om svavelsyra med en koncentration under 40% används är det lönsamt att använda rör tillverkade i PP eller PE då dessa material är resistenta mot denna koncentration och har ett mycket lågt inköpspris.

Det material som har lägst kostnad under dess livslängd och är lämpat för vitlut samt kondensat är EN 1.4307. Dock kan problem med korrosion uppstå och därför kan materialet EN 1.4563 trots sitt höga pris användas i utsatta områden såsom krökar för att uppnå en så lång livslängd som möjligt.

Vid användning av plaströr krävs fler stöd än vid användning av ett linat eller rostfritt rör. Detta leder till en ökad kostnad som också bör tas hänsyn till.

6 UTFÖRDA ANTAGANDEN

Uppskattningar och antaganden utfördes under rådgörande och hjälp av Swecos experter. Annars utfördes de med hjälp av rörtillverkare och distributörer, och genom kvalitativa bedömningar och antaganden utifrån logiskt tänkande och den kunskap som erhållits från utbildning. För att kunna genomföra arbetet i CES EduPack samt beräkningar behövdes följande uppskattningar och antaganden göras.

6.1 Material

Alla material som skulle undersökas existerar inte i CES vilket innebar att antaganden angående material behövdes.

Stålet EN 1.4307 existerar inte i CES EduPack, därför valdes EN 1.4306 istället. Efter undersökningar drogs slutsatsen att stålet 1.4306 är likvärdigt. De båda är varianter på stålet EN 1.4301 men har lägre kolhalt. Skillnaden mellan EN 1.4307 och EN 1.4306 är att EN 1.4306 har en nickelhalt på minst 10%, det vill säga 2% högre än EN 1.4307 som har en nickelhalt på minst 8%. Slutsatsen drogs att för beräkningarna i CES EduPack är skillnaden inte anmärkningsvärd (British Stainless Steel Assosiation, u.å.). Enligt Sandvik används 70-80% återvunnet material vid framställning av EN 1.4307. Medelvärdet av uppskattningen är 75% vilket är det värde som användes som data i CES EduPack. För de rostfria stålen EN 1.4301 och EN 1.4436 användes samma data som för EN 1.4307.

GAP-röret tillverkas av vinyl ester och förstärks med olika typer av glas. Enligt AZO Materials (2013) uppskattades det att E-glas är det som vanligen används, vilket därför kunde väljas i CES EduPack.

Stålet EN 1.0345 finns inte i CES EduPack. Enligt Baum används PTFE och stålet EN 1.0345 för PTFE-linade rör. En annan beteckning för EN 1.0345 är SS 1330 (Livalco Stål AB, u.å.). I CES EduPack är en annan beteckning för SS 1330 EN 1.0021. Alltså antas EN 1.0345 vara samma som EN 1.0021 som valdes i CES EduPack.

6.2 Transport

Alla rören antas fraktas med en lastbil på 32 ton och sträckan antas vara från den plats rören tillverkas till Swecos huvudkontor i Göteborg.

EN 1.4301, EN 1.4307 och EN 1.4436 tillverkas av Sandvik i Sandviken. GAP-röret tillverkas av Riverplast i Finland. PTFE-lineade rör tillverkas av Baum i Tyskland. ECTFE, PE, PP, PVC och PVDF tillverkas av Simona i Kiel.

6.3 Livslängd

För att få en uppfattning om vilken påverkan på miljön de olika rören har och vad de kostar spelar röranläggningens livslängd roll. Om ett rör har mindre miljöpåverkan och är billigare vid framställning men har en kort livslängd kan det ändå innebära att man långsiktigt sparar på både ekonomin och miljön genom att välja ett röralternativ som har något större

miljöpåverkan och är dyrare vid framställning men har en längre livslängd. På så vis kan en god rörkvalitet vara att föredra trots att det medför en högre inköpskostnad och kanske större miljöpåverkan vid framställning.

Vid rådgörande med rörtillverkare och distributörer var det svårt att erhålla konkret information i form av exakt antal år gällande rörens livslängd då variationen är stor beroende på vilka förhållanden rören utsätts för. Ganska grova uppskattningar gjordes med hjälp av rörtillverkare, distributörer, informationssökning på Internet och logiskt tänkande för att kunna föra en diskussion kring, analysera och dra slutsatser om vilket material som är att föredra.

6.4 Precision av mätvärden

För att hitta ett material som är likvärdigt till de som inte finns i CES EduPack utfördes undersökningar som anses tillräckligt precisa för att ge ett rättvist resultat. Om hänsyn tas till hela förloppet materialet går igenom från upptagning av råvara till hantering av avfall har transportsträckan en relativt liten betydelse (se alla tabeller). Det innebär att de antaganden och uppskattningar av transportsträckan som utförts inte har någon avgörande betydelse för resultatet. Precisionen av mätvärdena tolkas som tillräckliga.

Alla material som skulle undersökas existerar inte i CES EduPack vilket innebar att antaganden angående material behövdes. Undersökningarna som utfördes för att hitta likvärdiga material att stoppa in i CES EduPack för att kunna utföra analysen, generera mätvärden och få fram ett resultat har enligt bedömning ha mindre inverkan på det slutliga resultatet och anses därför tillräckligt precisa. Slutsatsen drogs att för beräkningarna i CES EduPack är skillnaden inte avgörande eller av större betydande grad och precisionen av mätvärdena anses tillräcklig.

Uppskattningar och medelvärden av exempelvis procentandel återvunnet material anses precisa. Materialandelar och massberäkningar antas vara mer eller mindre exakta vilket ger god precision.

Vid rådgörande med rörtillverkare och distributörer var det svårt att få konkret information i form av exakt antal år gällande rörens livslängd då variationen är stor beroende på vilka förhållanden rören utsätts för. Precisionen anses mindre bra och diskussionen sker inte på några pålitliga grunder, utan är baserade på grova uppskattningar av rörtillverkare, distributörer och projektgruppen. Uppskattningen av livslängden har stor betydelse för resultatet men dock har den inte någon påverkan på mätvärdena i CES utan det är diskussionen och slutsatser om vilket material som är att föredra som påverkas.

7 SLUTSATS

I detta kapitel presenteras slutsatser av de resultat, jämförelser och rekommendationer som genererats i projektet.

7.1 Rekommendationer för val av rörmaterial

Efter att miljöpåverkan och kostnader jämförts och analyserats kunde slutsatser dras om vilket material som är mest lämpat för respektive medium. Att föredra är givetvis de rör som har lägst kostnad och minst miljöpåverkan då kostnad för nuvarande är den del som väger tyngst vid val. Utifrån detta kunde slutsatsen dras att för svavelsyra är GAP-röret det mest miljövänliga som har längst livslängd samt flest fördelar. Det klarar starka koncentrationer och har ett relativt lågt pris. Det behöver alltså inte nödvändigtvis vara så att ett mer miljövänligt material är dyrare. Det PTFE-linade röret som använts i tidigare projekt Sweco utfört har mer än fem gånger så stor miljöpåverkan är GAP-röret och är dessutom dyrare och har kortare livslängd.

Det rörmaterial som är lämpligast att använda för kondensat och vitlut är EN 1.4307 och är även det material som används i dagsläget. EN 1.4307 klarar höga temperaturer på kondensat men då vitlut är starkt basiskt klarar inte materialet en lika hög temperatur och då används vanligtvis duplexstål.

Av de rörmaterial som valdes att gå vidare med och göra analys på är det inget som har samma balans mellan kostnad, hållbarhet och miljövänlighet som de Sweco använder i projekt i dagsläget (undantag PTFE). Om ett företag som ska behandla svavelsyra är beredd på att lägga en stor kostnad för att få en längre livslängd är PVDF det material som är miljövänligast efter GAP-röret. Detta kan leda till mindre kostnader i längden.

Slutsatsen som kan dras av detta är att såvida Sweco slutar använda de PTFE-linade rören i projekt arbetar företaget redan hållbart när val av rörmaterial ska ske. Det som tidigare var ett omedvetet val ur ett hållbarhetsperspektiv är nu bekräftat genom detta projekt.

7.2 Störst källa till miljöpåverkan

Vilket tydligt framgår i resultatet är det val av material som är den största och mest avgörande källan till miljöpåverkan. Det är framtagningen av materialet som är mycket krävande för miljön och det är här förändringsarbete mot en mer hållbar process främst bör ske. Då tillverkningsmetod, transport, användning av produkt och EoL har en betydligt mindre miljöpåverkan är förändringsarbete mot ett mer hållbart samhälle inom de aspekterna inte lika betydelsefull. Självklart är allt arbete för en mer hållbar process värdefull och bör ske i alla aspekter.

7.3 Framtida arbete

Förslag till framtida arbete presenteras.

- Undersök om det är möjligt att minska transportsträckorna och på så vis minska påverkan på miljön genom att exempelvis hitta tillverkare och distributörer av materialen närmare.
- Ta fram mer exakt livslängder på rören vid olika förhållanden för att få ett mer pålitligt resultat och kunna dra mer säkra slutsatser.
- Analysera övriga material i CES EduPack för att se vilka av dem som är mest miljövänliga.
- Utföra mer exakta mätningar av miljöpåverkan och ekonomi med andra verktyg.
- Utföra en mer noggrann analys angående vilket tryck röret klarar.
- Utföra omfattande hållfasthetsberäkningar.
- Utföra precisa kostnadsberäkningar.
- Utföra analyser på de rörmaterial som inte undersökts men nämnts i projektet.
- Finn ett sätt att systematiskt och kontinuerligt uppdatera beslutsunderlagen i takt med utvecklingen av nya material.
- Utföra ingående studier om montering.
- Sammanfogningar av rör till rörsystem med hänsyn till kostnad och miljöpåverkan.
- Utföra analyser med hänsyn till temperaturdifferenser, icke linjära flöden och hela rörsystem.
- Analysera övriga material i den tabell Sweco använder idag vid materialval för rörkonstruktioner.

7.4 Felkällor

Eventuella felkällor identifierades.

Om antaganden som utförts i projektet är felaktiga kan det påverka resultatet. Troliga felkällor är uppskattning av livslängden och antaganden om material, se kapitel 6.

8 REFERENSER

AZO Materials. (2013) E-glass fibre

<http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=764> (2016-05-25)

Baum. (u.å) Lined Pipes <http://www.baumkunststoffe.com/en/products/pipes-and-fittings/din/lined-pipes> (2016-04-13)

British Stainless Steel Assosiation. (u.å.) Comparison of 304 or 316 and 304L or 316L type compositions and effect on corrosion resistance.

<http://www.bssa.org.uk/topics.php?article=110> (2016-05-25)

Bruder, U. (2003) Vårt att veta om plast [Elektronisk]. Landskrona: Bruder Consulting AB. http://www.ikem.se/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=7f1533e4-4ad2-48f3-86df-221b8743fc9c&FileName=Bok_Vart-att_veta_Plast.pdf (2016-05-06)

Imatra, M. (1999) Plastilion GAP katalog.

http://lyma.com/sites/default/files/PLASTILON_GAP_katalog_ver_2.pdf (2016-04-14)

Elvingson, P. (u.å.) hållbar utveckling. *Nationalencyklopedin*.

<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/hallbar-utveckling> (2016-05-05)

FN-förbundet. (2012) Hållbar Utveckling. *FN-fakta* [broschyr].

<http://www.fn.se/PageFiles/14110/2-12%20Hållbar%20utveckling.pdf> (2016-04-14)

GPA. (u.å.) ECTFE21 - Rör SDR21. http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/ECTFE/Ror/Ror/ECTFE21___-___Ror___SDR21

(2016-05-01)

GPA. (u.å.) GAP - VE PN16. http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/GAP/Ror/Ror/VE___PN16___-___PN16

(2016-05-24)

GPA. (u.å.) PE100-11 - Rör SDR11. http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/PE/Ror/Ror/PE100-11___-___Ror___SDR11

(2016-05-03)

GPA. (u.å.) PP07 - Rör SDR 7,4. http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/PP/Ror/Ror/PP07____Ror___SDR___74

(2016-05-03)

GPA. (u.å.) PVDF21 - Rör SDR21 http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/PVDF/Ror/Ror/PVDF21___-___Ror___SDR21

(2016-05-03)

GPA. (u.å.) Produkter - ECTFE. <http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/ECTFE>

(2016-05-19)

GPA. (u.å.) Produkter - PVDF. <http://www.gpa.se/produkter-sv-se/Industri/PVDF>

(2016-05-19)

GPA. (u.å.) Resistenstabell. <http://www.gpa.no/fileadmin/uploads/PDF/Resistenstabell.pdf>

(2016-05-03)

Jernkontoret. (2015) Återvinning av järn och stål.
<http://www.jernkontoret.se/sv/stalindustrin/tillverkning-anvandning-atervinning/atervinning-av-jarn-och-stal/> (2016-05-19)

Livallco Stål AB. (u.å.) Rör - Sömlösa rör (DIN / EN-standard).
http://www.livallco.se/artiklar/ror/?lang=sv_se (2016-05-25)

Nationalencyklopedin. (u.å.) oxiderande syror.
<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/oxiderande-syror>
(2016-05-04)

River Plast. (u.å) Pastilion by River Plast. <http://www.riverplast.fi/en/plastilon/> (2016-05-19)

Standard Solutions Group (2008). *SSG 7270, Max stödavstånd för inomhus och utomhus förlagda rörledningar* [internt material].

Standard Solutions Group. (2011) *SSG 7650, Rörssystem. Anvisningar för val av material och komponenter samt klassning, kontroll och besiktning* [internt material].

Steeltex AB. (u.å.) Rostfritt stål. <http://www.steelex.se/rostfritt.html> (2016-05-19)

Sweco. (2014). Industri i ett större sammanhang [broschyr]

Terselius, B. (u.å.) Termoplast. *Nationalencyklopedin*.
<http://www.ne.se.proxy.lib.chalmers.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/termoplast>
(2016-05-25)

Tibnor. (u.å) Produktblad Svetsade rör [broschyr]

Water & Wastes Digest. (2003) Can Your Pipe Pass the Acid Test. *Water & Wastes Digest Magazine*, 9 december. <http://www.wwdmag.com/pipe/can-your-pipe-pass-acid-test>
(2016-05-19)

BILAGOR

1 Resistenstabell

2 Analys PVC

Bilaga 1. Resistenstabell

Bilaga 1, Visar vilka material som är resistent mot vilket medium med en viss temperatur samt koncentration.

Medium	Koncentration	Temperatur	ABS	C-PVC	PVC	PP	PE	PTFE	PVDF	GAP	ECTFE	GG-hårdgummi	EN 1.4301	EN 1.4436	EN 1.4307	EN 1.4462	EN 1.4563	EN 1.4539
Kondensat		90 °C																
Kondensat		120 °C																
Kondensat		130 °C						-					-	-				
Kondensat		150 °C						-					-	-				
Kondensat		160 °C						-					-	-				
Svavelsyra	10%	50 °C																
Svavelsyra	40%	50 °C																
Svavelsyra	50%	50 °C																
Svavelsyra	60%	50 °C																
Svavelsyra	80%	50 °C																
Vitlut		100 °C								-								
Vitlut		150 °C																
Vitlut		180 °C																

markerat fält motsvarar att materialet är beständigt mot mediumet.

En linje i ett fält motsvarar att uppgift saknas om material är beständigt mot mediumet.

Material	Tryckområde [bar]
ABS	10
C-PVC	25
PVC	25
PP	16
PE	25
PTFE	10 (16, 25, 40)*
PVDF	16
GAP	16
ECTFE	10

*PN 16, 25 och 40 kan fås på förfrågan

Bilaga 2. PVC

Tabellen visar numeriskt och procentuellt hur stor energiåtgång samt koldioxidutsläpp det är i livscykeln för röret tillverkat i PVC.

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 footprint (kg)	CO2 footprint (%)
Material	1,19e+03	90,0	57,9	85,4
Manufacture	117	8,9	8,8	13,0
Transport	11,1	0,8	0,788	1,2
Use	0	0,0	0	0,0
Disposal	3,95	0,3	0,277	0,4
Total (for first life)	1,32e+03	100	67,8	100
End of life potential	0		0	

Diagrammet åskådliggör det koldioxidutsläpp samt den energiåtgång ett fem meter långt rör tillverkat i materialet PVC har på en livscykel.

