

REGELVERKSHINDER FÖR INNOVATIVA LÖSNINGAR

FALLSTUDIE GC-VÄGAR I TRÄ

2023-03-14



REGELVERKSHINDER FÖR INNOVATIVA LÖSNINGAR

FALLSTUDIE GC-VÄGAR I TRÄ

BIDRAGSGIVARE

Infrasweden/Vinnova

UTFÖRARE

WSP Sverige

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

Modular Cycling

Sankt Jörgens väg 10B
422 49 Hisings Backa
ModC Networks AB
Org. Nr: 556872-9189
modularcycling.eu

KONTAKTPERSONER

Stefan Uppenberg, WSP

Jean Huvelle, Modular Cycling

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	4
1 INTRODUKTION	5
1.1 BAKGRUND	5
1.2 SYFTE OCH MÅL	5
1.3 METOD	6
2 PROJEKTERING AV ALTERNATIV GC-VÄG	6
3 JÄMFÖRELSE MED TRADITIONELL GC-VÄG	9
3.1 REGELVERKSHINDER	9
3.2 DRIFT OCH UNDERHÅLL	12
3.3 KLIMATPÅVERKAN	13
3.4 KOSTNADER	17
4 DISKUSSION	18
BILAGA A RITNING SEKTIONER OCH DETALJER	
BILAGA B MÄNGDFÖRTECKNINGAR	

SAMMANFATTNING

Omfattande regelverk som utvecklas långsamt är en utmaning och lyfts ofta som ett hinder för innovation, och beprövade lösningar väljs i och med att det är möjligt att göra "copy/paste" på tidigare genomförda projekt. Detta skapar hinder för introduktion av nya lösningar och innovationer och innebär att stora kostnader krävs för att överstiga hindren och bryta igenom.

Syftet med detta projekt är att tydliggöra regelverkshinder för användning av innovativa lösningar för utformning av GC-vägar, samt att visa hur sådana hinder kan lösas så att innovativa lösningar kan integreras i befintliga plan- och projekteringsprocesser. Detta görs genom att utgå från ett befintligt förfrågningsunderlag (FU) för en upphandlad entreprenad för att bygga gång- och cykelväg (GC-väg) och kartlägga vilka hinder som finns i regelverk för att FU hade kunnat öppna upp för att utföra GC-vägen med en alternativ, innovativ lösning med stora klimatfördelar, som upphöjd GC-väg i trä. Tanken är att ett sådant tydliggörande av regelverkshinder kan leda till snabbare och större acceptans och högre omställningstakt.

Studien visar att det inte finns några skarpa regelverkshinder i VGU eller liknande för att projektera och bygga den förslagna utformningen i trä. Det enda hindret för att, teoretiskt sett, direkt kunna tillämpa trälösningen i Skellefteå är kommunens krav på att anläggningen ska klara fordonsvikter på 15 ton. Trälösningen är dimensionerad för max 4,5 tons fordon, så beställare som vill bygga GC-väg i trä kan alltså behöva anpassa sina krav på fordon vid upphandling av underhållsentreprenader för att möjliggöra trälösningen.

Kostnads- och klimatanalysen visar att trälösningen kan vara ca 35% dyrare än den traditionella men har ca 40% lägre utsläpp av växthusgaser. Om man även tar hänsyn till utsläpp från förändrad markanvändning har trälösningen ca 70% lägre utsläpp än den traditionella, bland annat genom att trälösningen bara tar hälften så mycket markyta i anspråk och att byggandet av trälösningen kan göras utan markschakt. Om man även skulle ta hänsyn till kolsänkan i träet skulle trälösningen kunna uppnå klimatneutralitet, vilket skulle kunna ge en klimatbonus i entreprenadskedet som skulle göra lösningarna i stort sett kostnadsneutrala.

En generell slutsats från studien är att det behövs teststräckor för GC-vägar i trä för att verifiera många av de frågeställningar och antaganden som gjorts här kring utformning och underhåll.

1 INTRODUKTION

1.1 BAKGRUND

Det finns ett stort behov av mer innovation i infrastrukturbranschen för att nå klimatmål, öka produktivitet, kompetensförsörjning m.m. Omfattande regelverk som utvecklas långsamt är en utmaning och lyfts ofta som ett hinder för innovation, t.ex. i hindernanalyser som genomförts inom forskningsprogrammet Mistra Carbon Exit i samverkan med Infrasweden¹. Utöver regelverkskrav har beprövade lösningar ofta stora "mjuka fördelar" i form av tidsbesparing och riskminimering i och med att det är möjligt att göra "copy/paste" på tidigare genomförda projekt i planering, projektering och upphandlingskrav. Allt detta skapar hinder för introduktion av nya lösningar, innovationer, och innebär att stora kostnader krävs för att överstiga hindren och bryta igenom. Detta i sin tur innebär att det är främst stora privata aktörer som driver infrastrukturinnovation och att det är svårt att attrahera mindre aktörer och "startups". Innovationer och nya idéer behöver introduceras tidigt i projekt. Antingen genom att beställaren har önskemål eller att den projekterande konsulten ser möjligheter och tar upp det med beställaren. När man kommit så långt som till upphandling av entreprenad utifrån ett förfrågningsunderlag (FU) är de flesta aspekterna väldefinierade och det är då mycket svårt att göra större förändringar för utförandet.

Detta projekt syftar till att utgå från ett befintligt FU för en upphandlad entreprenad för att bygga gång- och cykelväg (GC-väg) och kartlägga vilka hinder som finns i regelverk och liknande för att FU hade kunnat öppna upp för att utföra GC-vägen med en alternativ, innovativ lösning, som upphöjd GC-väg i trä, som bedöms ha stora miljöfördelar. Tanken är att ett sådant tydliggörande av regelverkshinder kan leda till snabbare och större acceptans och högre omställningstakt.

Projektet är baserat på ett förslag från beställarnätverket för en klimatneutral anläggningssektor inom Infrasweden och har genomförts som ett enskilt projekt inom Infrasweden med medel som beviljats av Vinnova.

1.2 SYFTE OCH MÅL

Syftet med projektet är att tydliggöra regelverkshinder för användning av innovativa lösningar för utformning av GC-vägar, samt att visa hur sådana hinder kan lösas så att innovativa lösningar kan integreras i befintliga plan- och projekteringsprocesser.

Målet är att ta fram delar av ett alternativt FU (mängdförteckning, normalsektioner, klimatkalkyl m.m.) för en utförandeentreprenad för en specifik GC-väg i Skellefteå kommun, som nyligen upphandlats. Att göra om FU genom "skuggprojektering" innebär att vi går igenom varje viktigt steg som behöver göras för att möjliggöra den alternativa konstruktionen. Målet är att beskriva processen och identifiera var det finns begränsningar som hindrar framtagande av FU och användning av lösningen (regelverk, AMA Anläggning², tankesätt m.m.) och ta fram lösningar till varje punkt. Detta utan risk då underlaget som tas fram främst ska användas i utvecklings syfte och kommer inte att användas som underlag för byggnation. Det innebär även att en mängdförteckning tas fram som kan sedan användas för att analysera skillnader med avseende på växthusgasutsläpp och kostnader mellan traditionell och alternativ lösning.

¹ Eriksson, M., Uppenberg, S., *Barriers to Carbon Abatement in the Construction Sector – A Case Study within the Mistra Carbon Exit Programme*, WSP, 2021-03-26, samt Uppenberg, S., Eriksson, M., *Lösningar på hinder för nollutsläpp – Förslag till utlysningar och enskilda projekt inom InfraSweden2030*, WSP, 2022-03-24

² Allmän Material- och Arbetsbeskrivning, AMA, branschgemensamt referensverk för framtagande av tekniska beskrivningar, Svensk Byggtjänst

Detta projekt fokuserar på en specifik lösning (GC-vägar i trä) och ett specifikt projekt (GC-väg längs Torsgatan i Skellefteå), men metodologin som tas fram kan användas för andra innovationer i framtiden. Metoden innebär en systematisk beskrivning av den alternativa lösningen som möjliggör en genomgående utvärdering av lösningens funktionalitet i en vägprojekteringskontext. Ett slags verifikat som kan visa beställare och vägprojektörer att konceptet är praktiskt genomförbart och kan erbjudas offentliga kunder.

I beställarnätverket inom Infrasweden har man identifierat utmaningen att nya lösningar stöter på många hinder på väg mot förverkligande. Denna studie och metodansats har potentialen att bana vägen och underlätta för alla inblandade aktörer att inse potentialen och framför allt hur det kan göras i praktiken för att nå hela vägen fram till implementering i byggnation.

1.3 METOD

Projektet har genomförts under hösten 2022 i följande delar:

- Framtagande av specifikationer för prefabricerad, modulär GC-väg i trä
- Projektering av alternativ lösning i trä för en delsträcka av befintlig GC-väg
- Klimat- och kostnadsanalys
- Förankring med referensgrupp

Arbetet har utförts av medlemmar i projektgrupp bestående av:

- Stefan Uppenberg, WSP, projektledare
- Camilla Blomqvist, WSP, utredare klimat
- Carina Hansson, WSP, projektör GC-väg
- Ulrika Sellin, WSP, projektör GC-väg
- Jean Huvelle, Modular Cycling, VD

Projektresultaten har diskuterats och förankrats vid två möten med referensgrupp. Vid första mötet genomfördes även fältbesök till GC-väg Torsgatan samt ett antal befintliga träbroar i Skellefteå.

Referensgruppen består av:

- Tomas Nilsson, Skellefteå kommun, underhållsansvarig
- Rodrigo Velandia Badel och Per Henriksson, Skellefteå kommun, projektledare
- Inger Broberg-Kemi, Trafikverket, projektledare/vägtekniker
- Göran Berggren, RISE, expert träbyggande

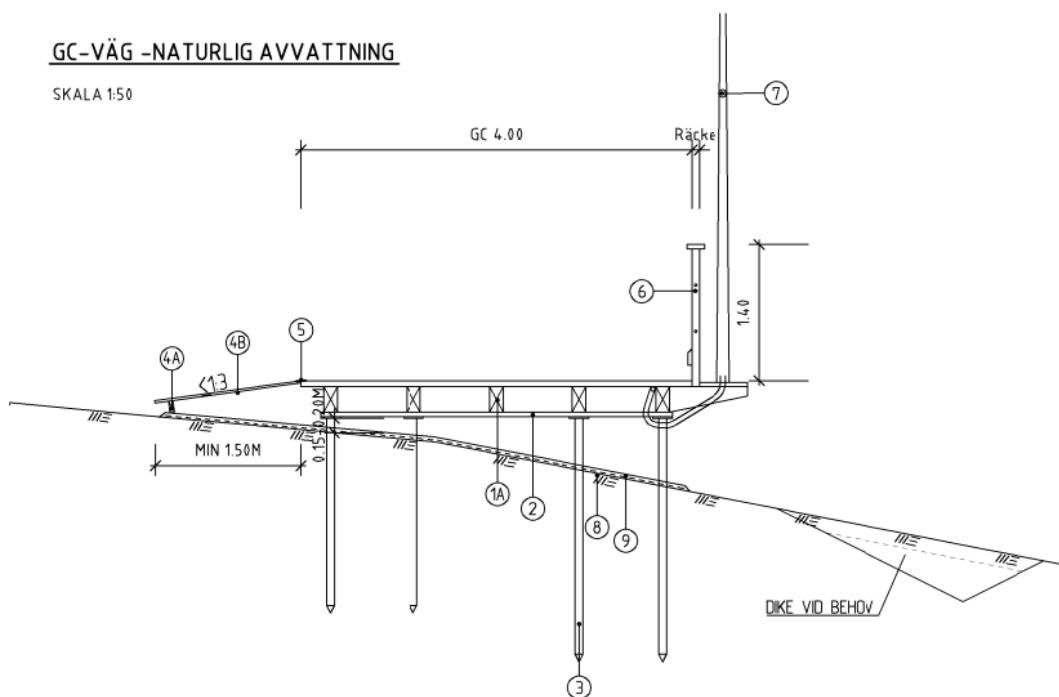
Det specifika studieobjektet GC-väg Torsgatan i Skellefteå har valts eftersom Skellefteå kommun, som är beställare för GC-vägen, ingår i Infraswedens beställarnätverk för klimatneutral anläggningssektor tillsammans med WSP och Modular Cycling. WSP har varit projektörer för den traditionella GC-vägen vilket gör att alla handlingar inklusive klimatkalkyl för projektet var lättillgängliga. Modular Cycling är leverantör av prefabricerade GC-vägar i trä.

2 PROJEKTERING AV ALTERNATIV GC-VÄG

Den alternativa lösning som studerats i projektet består av 12 meter långa och 4 meter breda prefabricerade farbanemoduler i svenskt trä, som lyfts på plats och monteras på markskruvar vilket minimerar behovet av schaktarbeten. Konstruktionen har samma bredd, 4 m, som befintlig GC-väg (3,5 m asfaltbeläggning + 0,25 stödremsa i grus på vardera sida) och är dimensionerad för max last (SS-EN 1990-1995) 5 kN/m² alt. 4500 kg servicefordon. Teknisk livslängd för produkten, förutsatt att underhållsplan följs, anges till 40 år, vilket är samma livslängd som den traditionella GC-vägen

dimensioneras för. Både för den traditionella och den alternativa lösningen beräknas asfalten respektive trätrall för farbanan behöva bytas ut i sin helhet efter ca halva livslängden. Utöver det behöver lagning av skador på asfaltbeläggning respektive utbyte av enstaka trätrall göras efter behov.

I projektet har en "skuggprojektering" av upphöjd GC-väg i trä genomförts för en specifik, 900 meter lång, delsträcka av GC-väg längs Torsgatan. Det innebär att för den specifika geografiska platsen och delsträckan har främst sektioner för alternativ lösning tagits fram baserat på förutsättningar på den specifika platsen. Placeringen i plan behövs som en förutsättning eftersom den var ett önskemål från kommunen inför projekteringen. Profilen från det traditionella förslaget har anpassats med hänsyn till modulerna och omgivande mark. CAD-modellen för den projekterade alternativa lösningen har sedan använts för att ta fram en mängdförteckning (MF) som tillsammans med en teknisk beskrivning (TB) ingår i ett förfrågningsunderlag (FU) för utförandeentreprenad. Framtagen MF har dock inte gjorts komplett utan omfattar de poster som skiljer sig åt mellan alternativen och bedöms påverka kostnaden. TB och FU har inte tagits fram i sin helhet eftersom det inte är aktuellt med upphandling av entreprenad. Framtagna sektioner och detaljer redovisas i Bilaga A. Ett exempel på normalsektion för GC-väg i terräng med naturlig avvattningsvisas i Figur 1 nedan. Projekteringen har utgått från Trafikverkets dokument Krav – VGU, Vägars och gators utformning, Publikation 2022:001 och Råd - VGU, Vägars och gators utformning, Publikation 2022:003. Kommuner och andra beställare måste inte följa VGU men gör det ofta ändå eftersom det är ett vedertaget dokument och ger tryggheten av beprövade lösningar.



Figur 1 Exempel på tvärsnitt för projekterad GC-väg i trä

För den befintliga GC-vägen, som nyligen färdigställt, har en anpassad MF för den valda delsträckan tagits fram baserat på befintligt FU för att kunna jämföra de två lösningarna med varandra. MF för både befintlig och alternativ lösning redovisas i sin helhet i Bilaga B.

I Tabell 1 nedan redovisas de huvudsakliga frågeställningarna som hanterats i projekteringsarbetet och vilka lösningar som valts.

Tabell 1 Frågeställningar som hanterats i projektering av prefabricerad, modulär GC-väg i trä

Frågeställning	Vald lösning	Kommentar
Grundläggning	Marskruv till tjälfrött djup. Moduler för farbana förankras i fästen på marskruvar via syll.	Grundläggningsmetoden gör att krav på tjällyftning klaras. Marskruv inte lämpligt för grundläggning ovan ledningsdragnings pga risk för skador på ledningar. Marskruv kan också vara svårt att använda i terräng med berg och block, då andra lösningar får väljas.
Utformning av farbana	Trärall utan beläggning.	För plan och rak sträckning behövs ingen beläggning. I svängar och vid lutningar kan en beläggning med asfalt, polymer eller liknande, behövas för att öka friktionen. En sådan lösning ökar dock kostnaden och försämrar klimatprestandan.
Utformning av slänt	Träslänt 1:3 som infästes ledat (gångjärn) i kant av farbanemodul.	Om det inom 1,5m från GC-kanten förekommer vertikalt fall >20cm eller om lutningen är >1:3 behövs räcke. För att undvika räcke behövs en form av slänt som säkerhet för trafikanter. Den flexibla infästningen gör att tjällyftning klaras utan risk för skador på slänt eller farbanemodul. Vattenavrinning säkerställs, samt att utformningen inte skadas av vinterunderhåll (plogning). Trafikverket framförde behov av att synliggöra gränsen mellan farbana och slänt med markering eller struktur för att minska risken för att cyklister och fotgängare av misstag ska hamna utanför farbanan.
Utformning av räcke	Sammanhängande räcke på motsatt sida träslänt. Enkelt räcke med ståndare och överliggare i trä och med uppspänd genomgående stålwire som horisontella "spjälor".	Höjd och avstånd mellan spjälor enligt krav i VGU. Liknande räckesfyllning används på t.ex. den nya Hisingsbron i Göteborg och är mycket materialeffektiva. Användning av räcke istället för slänt på båda sidor ger mindre markanvändning och större arkitektonisk frihet.
Anslutning till befintlig infrastruktur	Grundläggning av farbanemodul på stöd i betong eller stål och utspetsning ³ vid anslutning till befintlig väg eller GC-väg	Utspetsning gör att tjällyftning klaras utan att skada anslutning av träfarbana mot befintlig väg eller GC-väg.
Passage av diken och ledningar	Diken som ryms i spann mellan marskruvar leds i öppet dike under trämodulerna. Ledningar (el, tele, opto) förläggs i schakt enligt praxis. För ledningar som ej ryms mellan marskruvar (främst VA och fjärrvärme) föreslås resterande fyllning fungera som stöd för trämodulerna.	Lösningen möjliggör att bygga GC-väg ovanför dike och på så sätt bibehålla vägområdet oförändrad, något som kan leda till kostnadsbesparingar och minskad miljöpåverkan. Ledningar kan dras under modulerna. Ledning i mark kräver annorlunda grundläggning eller noggrann digital modell.
Utformning av belysning	Belysningsstolpar placeras på räckessidan och infästas utanför räcket i bultgrupp på balk som förankras under farbanemodul.	Även alternativ med belysning monterad under räcket överliggare är möjlig. Den lösningen ger lägre resursanvändning pga uteslutande av stolpar, men bedöms ge sämre ljusbild för trafikanters synlighet ur trygghetssynpunkt.

³ Utspetsning - kilformig urgrävning i mark och utfyllning med icke tjälfarligt material för att utjämna tjällyftning

	Kabeldragning förses med skyddsror i öppen dragning för att undvika skador eller skadegörelse.	Belysningen är oberoende av den valda konstruktionen.
Tillgänglighetsanpassning	Längsgående träbalk monteras på nedre delen av räckesståndare som stödstruktur för synskadade. Detaljutförning av träsläntsanslutningen iakttar synskadades behov enligt VGU m.m.	För traditionell GC-väg antas gränsen mellan asfaltbeläggning och grusad utgöra motsvarande stödstruktur. Liknande lösning studerades för Älvsbackabron över Skellefteälven vid fältbesök.
Anpassning till underhåll	Den projekterade GC-vägen i trä har dimensionerats för max fordonsvikt 4,5 ton för underhållsfordon. Längsgående träbalk monteras på nedre delen av räckesståndare som stöd för snöplog.	Skellefteå kommun kräver dimensionering för 15 ton fordonsvikt för underhåll. Det bedömdes inte vara möjligt för trälösningen. Se vidare avsnitt 3.1. Liknande lösning för plogstöd studerades för Älvsbackabron över Skellefteälven vid fältbesök.
Eftergivlighet	GC-vägen ligger till största delen utanför vägens säkerhetszon. Utformningen med träslänt på sidan mot intilliggande väg bedöms uppfylla kravet på eftergivlighet.	Inom säkerhetszon för väg får det inte finnas icke eftergivliga fast föremål som kan ge allvariga personsador vid påkörning med bil.

3 JÄMFÖRELSE MED TRADITIONELL GC-VÄG

Baserat på projekterad lösning för GC-väg i trä har illustration för jämförelse mellan lösningarna tagits fram, se Figur 2. Den vänstra bilden är tagen på plats vid GC-väg Torsgatan vid fältbesök i oktober 2022.



Figur 2 Illustration för jämförelse mellan traditionell GC-väg och GC-väg i trä baserad på bild tagen på plats vid GC-väg Torsgatan vid fältbesök i oktober 2022.

3.1 REGELVERKSHINDER

För utformning av statliga GC-vägar och annan väginfrastruktur gäller Trafikverkets regelverk *Vägar och gators utformning*, VGU. Kommuner väljer ofta att hänvisa till VGU och andra trafikverksdokument för utformning av kommunal infrastruktur, även om de inte är skyldiga att göra det. Kommuner skulle till stor del kunna ta fram egna regelverk och vägledning för utformning, men skulle då själva behöva

verifiera funktioner, livslängder m.m. för utformningar som inte stämmer överens med VGU, vilket innebär ett ökat risktagande gällande kvalitet, ekonomi m.m.

VGU och andra regelverk utvecklas hela tiden och bygger till stor del på erfarenheter och testade lösningar. Så om man vill förändra regelverk för att tillåta nya innovativa lösningar måste det finnas tillräckligt mycket erfarenheter av tester av dessa lösningar. Det kan med andra ord skapa ett "moment 22" om man inte i tillräcklig utsträckning kan genomföra tester av alternativa lösningar på grund av konflikter med regelverk.

I projekteringen av GC-väg i trä visade det sig inte finnas några direkta hinder i regelverk för utformning, men ett antal frågor krävde nytänkande för anpassning, se Tabell 1 ovan. Nedan redovisas de största konflikterna med krav och andra förutsättningar för den specifika GC-vägen, som identifierades i projekteringsarbetet.

Krav på fordonsvikter

Krav på dimensionering för att klara fordonsvikter för snöröjning och annat underhåll visade sig vara ett av de största hindren för att kunna ersätta en traditionell GC-väg med en lösning i trä. Den projekterade GC-vägen i trä har dimensionerats för max fordonsvikt 4,5 ton, vilket enligt Modular Cycling är en samhällsekonomiskt rimlig dimensionering som möjliggör väghållning året runt överallt i Sverige. För det specifika fallet skulle det dock inte kunna godkännas av Skellefteå kommun utan att de skulle behöva besluta om avsteg från sina normalt angivna förutsättningar. Att minska kraven på fordonsvikt är ett effektivt sätt att minska kostnaden och miljöpåverkan även för den traditionella lösningen i och med att grundläggning och överbyggnad då kan dimensioneras med lägre resursanvändning.

Skellefteå kommun⁴ ställer krav på att GC-vägen ska klara 15 tons fordonsvikt för att de ska kunna använda större lastmaskiner på 7-12 ton plus plogutrustning, se Figur 3. Motiveringen till det kravet är till stor del rationalitet, att de ska kunna använda de maskiner de i dagsläget har och använder. Kommunen sköter vägunderhållet själva och har idag inte tillgång till mindre maskiner, men har nyligen köpt in en par mindre maskiner som ska testas för snöröjning och annat underhåll. En viktig fråga för Skellefteå är att det finns sommarjobb för samma fordon som används för vinterunderhåll. Det nuvarande kravet gör att det "känns bra och tryggt" i och med att man vet att man kan använda alla fordon som finns tillgängliga.



Figur 3 Exempel på underhållsfordon med vikt ca 12 ton

⁴ Personlig kommunikation med Tomas Nilsson, Skellefteå kommun

Trafikverket dimensionerar normalt GC-vägar för 8-10 tons fordonsvikt och anger som motivering⁵ att man upphandlar underhåll för en bred marknad, och att krav på mindre fordon för specifika delar av infrastrukturen gör att marknaden och antal anbudslämnare kan smalnats av rejält.

Både Skellefteå kommun och Trafikverket uppger dock att det finns möjligheter att göra avsteg från sina normala krav om man finner det motiverat. Trafikverket kan inom sina baskontrakt för vägunderhåll specificera skötselplan för en specifik lösning som en GC-väg i trä. Det görs i så fall av konsult som anlitas av Trafikverkets verksamhetsområde Underhåll. Modular Cycling anger att en underhållsplan följer med för träkonstruktionerna, som kan utvecklas till en skötselplan (inklusive väghållningsstrategi) i samråd med beställaren. Skellefteå kommun kan för sitt underhåll i egen regi på motsvarande sätt ta fram en skötselplan för specifika delar av infrastrukturen förutsatt att de kan försäkra sig om att de har fordon tillgängliga som klarar av vinterväghållningen. Exempel på möjliga underhållsfordon som klarar dimensioneringen på max 4,5 ton för GC-väg i trä visas i Figur 4.



Figur 4 Exempel på underhållsfordon med vikt ca 3,5 – 4 ton

Vägräcken

Skellefteå kommun kräver normalt att vanligt vägräcke med Kohlswa-balk (se Figur 5), eller motsvarande, används där det behövs räcke för GC-väg. Inget klenare än det godkänns i dagsläget. Motiveringen till det är att de inte ska skadas av de tunga vinterväghållningsfordonen, samt att kommunen vill ha så få vägräckestyper som möjligt att underhålla. Den projekterade GC-vägen i trä har ett träräcke längs hela sträckan, vilket alltså inte uppfyller kravet från Skellefteå kommun i dagsläget. Enligt RISE6 dimensioneras räcken till GC-broar i trä vanligtvis inte för att klara av laster från underhållsfordon. Kommunen är dock öppen för att den föreslagna räckeslösningen skulle kunna godkännas om man finner att lösningen är attraktiv ur ett helhetsperspektiv och att en specifik underhållsplan tas fram, enligt resonemang i avsnitt Krav på fordonsvikter ovan. En liknande lösning finns i bruk på Älvsbackabron i Skellefteå och på träbro i Bureå (se Figur 5).

⁵ Personlig kommunikation med Inger Broberg-Kemi, Trafikverket

⁶ Personlig kommunikation med Göran Berggren, RISE



Figur 5 Väg räcke med Kohlsua-balk (vänster), gammal träbro i Bureå (mitten) och räcke till Älvsbackabron (höger)

AMA-koder för MF och TB

Eftersom de flesta gator och GC-vägar byggs med grus/asfalt är beskrivningsverktyget AMA Anläggning anpassat till det. För en GC-väg i trä kan befintliga AMA-koder anpassas genom att själv lägga till kravställningar i beskrivningen för de olika delarna. Vid behov kan egna koder skapas för sådant som det inte redan finns beskrivningar för, så kallade 9-koder. Till AMA-koderna hör även så kallade mät- och ersättningsregler, MER, för hur angivna arbeten ska följas upp och ersättas. Om egna koder tas fram som det inte finns någon MER för måste en objektspecifik MER tas fram, OMER.

Branschens behov och utveckling av arbetssätt och metoder styr utvecklingen av AMA Anläggning och det sker hela tiden kompletteringar och revideringar. Om det skulle bli vanligt att bygga GC-väg med trämoduler kommer AMA Anläggning så småningom troligen att uppdateras för att passa för dem.

I framtagandet av mängdförteckning enligt AMA Anläggning för den projekterade lösningen behövde egna koder tas fram för följande delar:

- Borrning av markskruv
- Fundament för uppläggning av trämodul
- Räcke för gång- och cykelväg i trä
- Moduler av trä för gång- och cykelväg
- Inbrädning av slänt

3.2 DRIFT OCH UNDERHÅLL

Skellefteå kommun har mångårig erfarenhet av underhåll av flera träbroar i kommunen och ser inga egentliga problem med halka eller annat för befintliga träbroar med träfarbana. Det fungerar utmärkt med dubbdäck på cyklar då det ger en råare yta med bra friktion och dubben går lätt in i träet. Inte heller när det gäller saltning och sandning ser man några problem kopplat till träkonstruktionen, men det ställer krav på korrosionsskydd för metallinfästningar och markskruvar i likhet med om konstruktionen skulle byggas t.ex. på västkusten. Erfarenheterna av träkonstruktioner är också att de står emot fuktiga förhållanden bra, som vid snösmältning på våren. Sopning två gånger per år behövs för att ta bort påväxt på trä, men det görs även för den vanliga GC-vägen. Enligt RISE håller träkonstruktioner bättre ju längre norrut man kommer på grund av mindre påverkan av påväxt, mögel, kortare säsong med flytande vatten m.m.

”Slitlagret” på GC-vägen i trä kommer att behöva bytas ut ett antal gånger under den 40-åriga livslängden på grund av slitage. I Skellefteå är det snart aktuellt att göra det för Älvsbackabron och då överväger kommunen att helt enkelt vända på plankorna som utgör slitlagret. Enstaka plankor kommer även att behöva bytas ut löpande utöver det på grund av skador från plogning och annat. Kommunen påtalar vikten av att använda rätt träkvalitet för farbanan för att få så lång hållbarhet som möjligt.

Som ett led i att förbättra möjligheterna att utföra ”rätt” underhåll för träkonstruktioner vill Skellefteå kommun gärna montera inbyggda givare på sina träbroar. Dessa givare kan då ge information om temperatur, fuktkvot, relativ fuktighet och annat som är viktigt för att planera underhållet. Kommunen har redan monterat ett antal sådana givare men planerar att utöka antalet.

För den traditionella GC-vägen ingår också i det planerade underhållet att slitlagret i asfalt behöver bytas ut minst en gång under livslängden, och utöver det behövs troligen lagning av sprickor och liknande efter behov.

Det har inte ingått i denna studie att i detalj studera och jämföra skillnader i underhållskostnader över livslängden för de olika lösningarna. Men i diskussionerna som förts med Skellefteå kommun har de båda lösningarna bedömts vara likvärdiga när det gäller förutsättningar för utförande av underhåll och underhållskostnader, givet att begränsningar kopplat till fordonsvikter (se avsnitt 3.1) kan lösas.

3.3 KLIMATPÅVERKAN

GC-vägen i trä har jämförts med den befintliga GC-vägen avseende klimatprestanda, där klimatpåverkan har beräknats i form av växthusgasutsläpp (CO₂-ekv) med hjälp av Trafikverkets modellverktyg Klimatkalkyl. Beräkningen har baserats på MF för respektive alternativ, där byggskedets totala bidrag till klimatbelastning har kvantifierats. Processtegen som ingår i Klimatkalkyl är produktion av material och resurser, materialtransporter till eller inom byggarbetsplatsen, samt arbetsmoment inom byggarbetsplatsen. Verktyget är utformat enligt metodik för livscykelanalys (LCA) och använder generella emissionsfaktorer tillsammans med projektspecifik resursanvändning. Emissionsfaktorer som används i Klimatkalkyl är beslutade som effektsamband av Trafikverket.

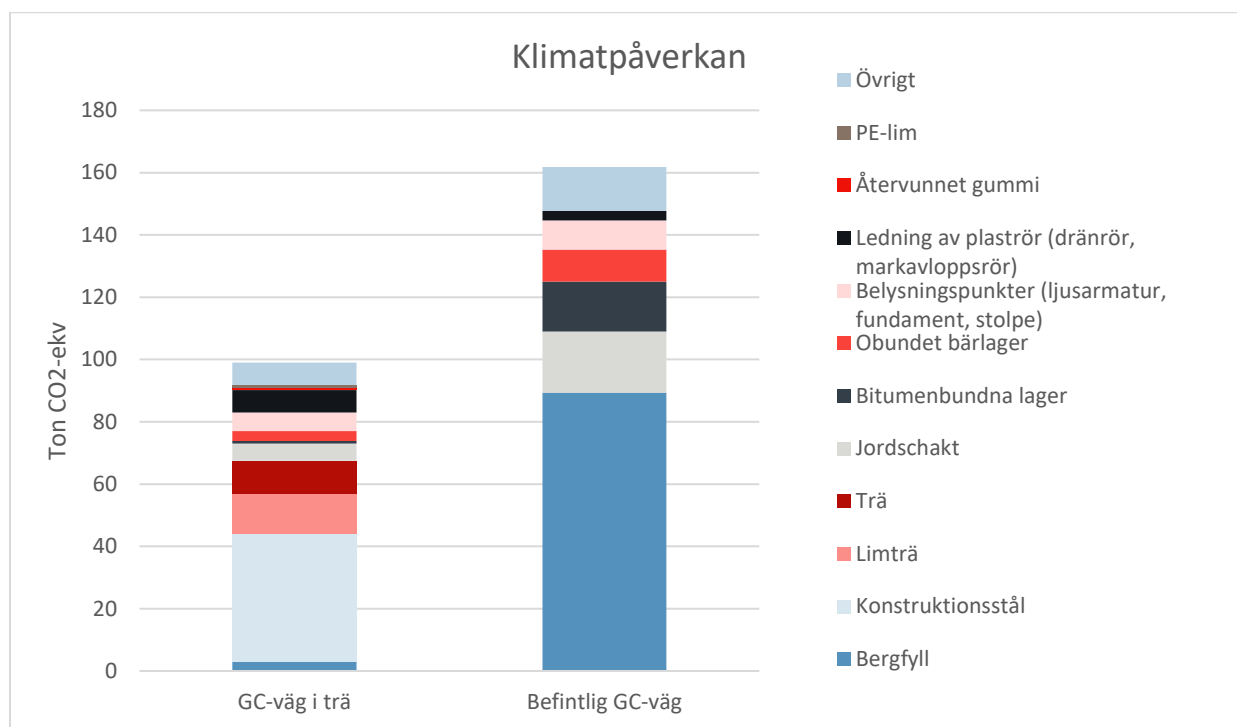
Klimatkalkylen visar att den alternativa lösningen i trä har en uppskattad klimatpåverkan på ca 99 ton CO₂-ekv från byggskedet, medan för standardlösningen uppskattas klimatpåverkan till ca 162 ton CO₂-ekv. Det motsvarar att trälösningen har ca 40 procent lägre klimatbelastning än standardlösningen, se Tabell 2.

Tabell 2 Total klimatpåverkan och primärenergianvändning för produktionskedje för de två GC-vägkonstruktionsalternativen enligt Klimatkalkyl.

Bygg, total	Ton CO ₂ -ekv
GC-väg i trä	99
GC-väg standardlösning	162

Resultatet kan delas upp mellan olika material och arbetsmoment, se Figur 6. Som figuren visar har bergfyll ett relativt stort bidrag till standardlösningens klimatpåverkan, som tillsammans med jordschakt, bitumenbundna lager och obundna bärlager motsvarar ca 83 procent av växthusgasutsläppen. För trälösningen kommer i stället de mesta växthusgasutsläppen från användningen av konstruktionsstål, trä och limträ, som tillsammans motsvarar ca 65 procent av träalternativets växthusgasutsläpp. Trälösningens lager med återvunnet polymer har beräknats med ett antagande om att lagret består till ca 95 procent av återvunnet däckgummi och ca 5 procent PE-lim. PE-limmet har beräknats med en emissionsfaktor som hämtats från EPD för PE-lim medan

däckgummit har beräknats med klimatkalkyls emissionsfaktor för nyttillverkat syntetgummi, med ett antagande om att det motsvarar ca tio procent av det nyttillverkade syntetgummits klimatpåverkan. Gummilagret får ett knappt märkbart utslag på klimatkalkylen vilket beror på att det är en så pass liten mängd som används och att gummit är återvunnet.



Figur 6 Klimatpåverkan från byggskedet för respektive alternativ enligt Klimatkalkyl. Övrigt inkluderar skogsavverkning, kabel (hjälpkraft), jord fyll, geotextil, lättfyllnad (cellplast XPS), betongpåle SP1 och dagvattenbrunn.

En avgränsning som gjorts för klimatkalkylen är att arbetsmoment så som flytt av stolpar, borring av markskruv, sågning av asfalt, röjning, underhåll av gräs, kabelskydd i plast, markeringsband och diverse kontrollmoment har exkluderats, på grund av att de har försumbara bidrag och/eller saknar motsvarighet i Klimatkalkyl. För trälösningen har alla massor antagits som fall B, medan det för standardlösningen antas både fall A och B, baserat på det verkliga fallet. Approximationer och omräkningar som har gjorts anges nedan i punktform:

- Vägmärken med tillhörande fundament, stolpe och skylt, har modellerats under antagandet att de motsvarar ca 20 procent av byggdelen Belysningspunkter Väg (fundament, stolpe) (6.4).
- Fundament för uppläggning av trämodul antas motsvaras av byggdelen Betongpålar, SP1 (6.4).
- För trumma i plast med dimension 400 mm används byggdelen Ledning av plaströr, markavloppsrör dim 225 (6.4), med antagande om samma tjocklek på trumma trots annan dimension. Faktorn 400/225 används för omräkning av motsvarande längd.
- Återvunnet polymer beräknas med emissionsfaktor för polyeten (HDPE) som hämtats från Klimatkalkyl.
- Till ljusarmaturer, med 5 m stolpe, har Belysningspunkter Väg (fundament, stolpe) (6.4) använts, där byggdelen har skalats med faktorn 5/12 på grund av att byggdelen antar 12 m, och betongen och armeringen i byggdelen har nollats.

Möjligheter att reducera växthusgasutsläpp

Prioriterat för klimatanalysen är alternativskiljande aspekter, men genom att utreda effektiviseringsåtgärder finns reduceringspotential för båda alternativen. Exempelvis kan konstruktioner optimeras för minskad resursanvändning vilket kan leda till både klimatmässiga och ekonomiska besparingar. Till exempel kan belysningsstolparna för trälösningen tas bort om belysningen istället monteras på räcket. Vidare kan klimatförbättrade alternativ användas för material som har stora bidrag till klimatpåverkan. Till exempel för konstruktionsstål håller branschen på att ställa om till klimatneutralitet och i samband med vätgassatsningen HYBRIT förväntas fossilfritt stål kunna levereras inom ett par år. Det finns leverantörer som redan idag kan leverera stål med utsläpp på 330–560 kg CO₂-ekv per ton stål (ArcelorMittal Europé, Celsa), jämfört med 2 200–2 600 kg CO₂-ekv per ton stål som är standardvärde i Klimatkalkyl. Detta ger en potentiell reduktion på ca 39 ton CO₂-ekv för trälösningen (-40%) och ca 8 ton CO₂-ekv för standardlösningen (-5%).

Även asfaltbranschen ställer om och i dagsläget finns det flera leverantörer som levererar klimatförbättrad asfalt med mer än halverade utsläpp jämfört med konventionell varmasfalt (Skanska, PEAB, NCC). En del leverantörer menar till och med att genom inblandning av biogent kol och rätt sluthantering av asfalten kan den fungera som en kolsänka och därmed få nära nettonollutsläpp. För den standardiserade GC-vägen skulle klimatförbättrad asfalt generera en potentiell reduktion på ca 7 ton CO₂-ekv (-5%), medan det skulle ge en knappt märkbar effekt för trälösningen.

Vidare kan man titta på diesel, som används i de flesta arbetsmoment, där utbyte till förnybara alternativ eller elektrifiering/vätgas kan leda till stora reduktioner. För att ersätta fossila drivmedel kan exempelvis HVO (hydrerad vegetabilisk olja) och eldrivna transporter och arbetsfordon användas. HVO är en biodiesel som framställs genom hydrering av vegetabiliska oljor och/eller animaliska fetter från exempelvis slaktavfall. Det har samma kemiska uppbyggnad som fossil diesel, fast med ca 80–90 procent lägre klimatpåverkan, och kan blandas i diesel eller användas direkt i dieselmotorer. Genom att ersätta fossil diesel med HVO kan en reduktion på ca 13 ton CO₂-ekv (-13%) uppnås för trälösningen och ca 68 ton CO₂-ekv (-42%) för standardlösningen. Den stora reduktionspotentialen för standardlösningen visar hur pass beroende den är av fossila drivmedel (främst i samband med masshantering), och att om den fossila dieseln ersätts med lämpligt biobaserat alternativ så finns stora reduktionsmöjligheter att hämta.

En annan åtgärd med reduktionspotential är att se över produktionen av krossmaterial. Genom att exempelvis elektrifiera krossningsprocessen kan standardlösningens växthusgasutsläpp reduceras med ca 12 ton CO₂-ekv (-7%) och trälösningens växthusgasutsläpp med ca 1 ton CO₂-ekv (-1%).

Således kan alternativens klimatpåverkan, med dagens teknik, reduceras till ca 46 ton CO₂-ekv för trälösningen och ca 67 ton CO₂-ekv för standardlösningen, vilket motsvarar 55-60% reduktion av utsläppen. Även om alla redovisade reduktionsåtgärder görs har trälösningen fortfarande ca 30% lägre utsläpp än den traditionella lösningen. Genom att utreda fler effektiviseringsåtgärder finns troligtvis större reducering att hämta, men det kräver större ansträngningar. De beräknade reduceringsnivåerna kan uppnås med produkter som finns tillgängliga på marknaden idag.

Utsläpp från förändrad markanvändning och möjliga kolsänkor

Vid byggande av infrastruktur tas ofta naturmark i anspråk och omvandlas till infrastrukturmark. Det medför ett nettoutsläpp av växthusgaser i och med att biomassa i träd och annan växtlighet tas bort och ger upphov till koldioxidutsläpp i förbränningsprocesser och annat, att det markkol som finns lagrat i marken oxideras, samt att den årliga kolsänka (upptag av koldioxid från atmosfären), som växtligheten utgör, försvinner. Utsläppen från förändrad markanvändning för den specifika GC-vägen

har beräknats baserat på metodik från SLU⁷ och redovisas i Tabell 3. Det aktuella området utgörs till hälften av skogsmark och till hälften av gräs-/ängsmark. Skillnaden mellan lösningarna beror främst på att trälösningen endast tar halva ytan i anspråk jämfört med den traditionella, samt på att man inte behöver schakta i någon större utsträckning för trälösningen, vilket gör att det inte blir lika stora utsläpp från oxidering av markkol som för den traditionella lösningen.

Om man lägger ihop utsläppen från förändrad markanvändning med utsläppen från byggandet i Tabell 2 ger det totalt 227 ton CO₂-ekv för trälösningen och 769 CO₂-ekv för den traditionella lösningen, vilket motsvarar ca 70% lägre utsläpp för trälösningen jämfört med den traditionella.

Tabell 3 Utsläpp från förändrad markanvändning för trä-GC och traditionell GC

GC-lösning	Yta (m ²)	Utsläpp förändrad markanvändning (ton CO ₂ -ekv)
Trä	4750	128
Traditionell	10500	607

Möjliga negativa utsläpp genom kolsänkor

Genom att bygga i trä erhålls en temporär kolsänka, eftersom träet i konstruktionen binder koldioxid så länge konstruktionen står kvar. Det vill säga i minst 40 år enligt den tekniska livslängden. För byggnader i trä finns metoder framtagna av bland annat LFM30⁸ och NollCO₂⁹ för att kunna tillgodoräkna sig sådana kolsänkor som negativa utsläpp av växthusgaser som kan balansera andra utsläpp. Det finns dock många olika åsikter kring hur man ska se på sådana kolsänkor och det finns ännu inte någon fastslagen metodik för detta på EU-nivå eller FN-nivå. Enligt både LFM30 och NollCO₂ får man räkna motsvarande hälften av kolinnehållet i träbyggnaden som ett negativt utsläpp av CO₂-ekv beräknat som 1,83 kg CO₂ per kg trävara. Enligt NollCO₂ måste man dessutom kunna uppvisa certifikat för hållbart skogsbruk, Continuous Cover Forestry¹⁰ (CCF), för motsvarande mängd trä. Enligt Modular Cycling innehåller trälösningen ca 185 ton trä vilket enligt beskrivna metoder skulle ge upphov till upptag av ca 170 ton koldioxid. Det skulle i så fall balansera hela utsläppet från byggandet (99 ton CO₂-ekv) och en stor del av utsläppen från förändrad markanvändning.

Modular Cycling föreslår att koppla leveransen av trämoduler till en cirkulär tillverkningsplan där åtgärd för återbruk och återvinning av uttjänta moduler redovisas. Detta kan ligga till grund för mer specifika beräkningar av kolsänkans storlek baserat på vilken permanens som kan garanteras.

Det pågår även utveckling av asfalt med innehåll av biomassa, som leverantörer som Skanska¹¹ m.fl. hävdar ska kunna räknas som kolsänkor, med resultatet att en asfaltbeläggning skulle kunna räknas som klimatneutral, eller till och med ge ett nettoupptag av växthusgaser. Om man för den traditionella lösningen antar att den använda asfalten är klimatneutral skulle utsläppen i Tabell 2 reduceras till 148 ton.

⁷ Beräkning baserat på metod som föreslås i SLU-rapporten *Kolförråd och kolsänka i skog och mark inom Stockholms stad* (Lindahl & Lundblad, 2021)

⁸ LFM 30, Lokal Färdplan Malmö 2030, <https://lfm30.se/>

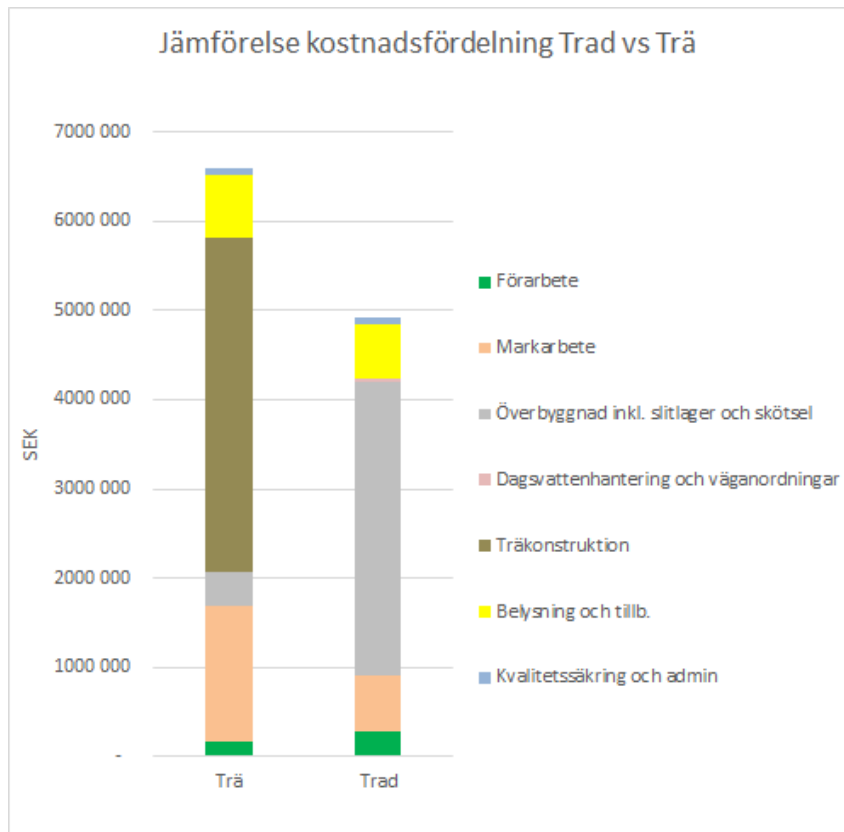
⁹ Certifieringssystemet NollCO₂, SGBC, <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/>

¹⁰ CCF inom NollCO₂, <https://www.sgbc.se/app/uploads/2022/09/NollCO2-Climate-Action-CCF-220912-1.pdf>

¹¹ <https://www.skanska.se/49d982/siteassets/vart-erbjudande/produkter-och-tjanster/asfalt/gron-asfalt-kampanj/gron-asfalt-biozero-pdf-.pdf>

3.4 KOSTNADER

Baserat på framtagen MF för båda lösningarna har en erfaren kalkylator på WSP beräknat anläggningskostnaderna för utförande av de traditionella AMA-posterna för båda lösningarna, och Modular Cycling har kompletterat med kostnadsbedömningar av de delar som är specifika för träkonstruktionen. Resultatet för anläggningskostnads kalkylen redovisas i Figur 7 nedan.



Figur 7 Anläggningskostnads kalkyl för traditionell och trä-GC

Trälösningen bedöms enligt kalkylen ovan vara ca 35% dyrare än den traditionella lösningen. Kostnaderna för markarbeten för trälösningen avser främst grundläggning med markskruv. Träslänt och räcke står för ca 13% av kostnaden för trälösningen. Det finns dock många osäkerheter kopplade till kostnader främst för trälösningen. Ungefär hälften av skillnaden mellan alternativen kan hänvisas till höga virkespriser vid tidpunkten för kostnadsberäkningen, hösten 2022. Trälösningen är också i nuläget i ett utvecklingsstadium, och allt eftersom den utvecklas mot serieproduktion och uppskalning kommer effektiviseringar i produktionen kunna göras och kostnaderna troligtvis kunna sänkas.

I den specifika entreprenaden för GC-väg längs Torsgatan utgick en klimatbonus till entreprenören om 7 kr per kg CO₂-ekv som kunde minskas jämfört med ett utgångsläge. Om den prislappen på växthusgasutsläpp tillämpas på skillnaden mellan lösningarna som redovisas i Tabell 2 skulle det motsvara en bonus på ca 440 000 kr. Om även negativa utsläpp på grund av träkonstruktionens kolsänka hade tillåtits räknas in hade trälösningen kunnat nå nollutsläpp vilket skulle ha motsvarat ca 1,1 miljoner kr baserat på att 162 ton utsläpp för den traditionella lösningen reduceras till noll ton.

4 DISKUSSION

Studien har visat att det inte finns några skarpa regelverkshinder i VGU eller liknande för att projektera och bygga den förslagna utformningen i trä. Det är mest en fråga om brist på erfarenhet, ovana vid nya lösningar och konservativa normer kring underhållsfrågor. Det enda, och mycket viktiga, hindret för att teoretiskt sett direkt kunna tillämpa trälösningen i Skellefteå skulle vara kravet på att anläggningen ska klara fordonsvikter på 15 ton. Om det kravet ska uppfyllas blir trälösningen så kraftigt dimensionerad att den inte bedöms vara intressant eller möjlig ur ett kostnads- och miljöperspektiv. Nyckelfrågan är alltså om kommunen kan använda fordon på max 4,5 ton för underhållsarbeten som snöröjning och sopning. Det finns sådana fordon som används i liknande klimat och Skellefteå kommun har köpt in och kommer att testa den typen av fordon och är öppna för att kunna anpassa sina krav om testerna faller väl ut. Skellefteå kommun bedriver underhållet i egen regi, men för andra kommun eller Trafikverket som inte gör det blir det viktigt att anpassa krav på fordonstyper vid upphandling av underhållsentreprenader för att möjliggöra GC-vägar i trä. Användning av lättare fordon underlättar också övergången till eldrivna fordon på sikt.

En GC-väg i trä innebär ca 95% reduktion av vikten på själva anläggningen. Det innebär dels en stor minskning av behovet av tunga transporter för massor och byggmaterial men vid referensgruppsmötet framfördes också att det är stor fördel om man bygger i områden med dåliga markförhållanden och skredrisker, till exempel vid vattendrag. Den lägre vikten på anläggningen gör helt enkelt att risken för skred minskar i sådana områden.

Skellefteå kommuns mångåriga erfarenheter av träbroar med träfarbana visar att det troligen inte är någon större skillnad mellan trälösningen och den traditionella lösningen med avseende på halkrisker, underhållsrutiner och underhållskostnader, förutsatt att farbanan sopas två gånger per år. Möjligheterna till att planera underhållet av träkonstruktioner skulle kunna förbättras genom att installera givare för fukt m.m. på träkonstruktionerna.

Kostnads- och klimatanalysen visar att trälösningen kan vara ca 35% dyrare än den traditionella men har ca 40% lägre utsläpp av växthusgaser. Utsläppen bedöms kunna reduceras med ca 60% för båda lösningarna om man använder dagens bästa tillgängliga teknik med avseende på material och drivmedel med låga växthusgasutsläpp. Skillnaden mellan lösningarna ökar avsevärt, till 70% lägre för trälösningen, om man även tar hänsyn till utsläpp från förändrad markanvändning, bland annat genom att trälösningen bara tar hälften så mycket markyta i anspråk och att byggandet av trälösningen kan göras utan markschakt. Det mindre ianspråktagandet av mark gör också att trälösningen medför mindre påverkan på biologisk mångfald och gör att det blir lättare att återställa markområdet om man inte längre vill ha en GC-väg där. Om man även skulle ta hänsyn till kolsänkan i träet skulle trälösningen kunna uppnå klimatneutralitet, vilket skulle kunna ge en klimatbonus i entreprenadskedet som skulle göra lösningarna i stort sett kostnadsneutrala.

En generell slutsats från studien är att det behövs tester för att verifiera många av de frågeställningar och antaganden som gjorts här. Skellefteå kommun och många andra har visserligen stor erfarenhet av träbroar, men det finns liten erfarenhet av denna typ av mer omfattande offentlig träinfrastruktur i Sverige. Träinfrastruktur har dock använts i stor omfattning genom historien både i Sverige och utomlands och det handlar mer om att återuppliva kunskapsunderlaget än att återuppfinna hjulet.

Ökningen av fordonsvikter har gjort träet mindre lämpligt som konstruktionsmaterial för vägbroar och liknande, men om smarta val görs vad gäller underhållstrategi kan trävirke prestera utmärkt för anläggning av gång- och cykelvägar där belastningen blir betydligt mindre. Nyckelfrågorna för framgång är högkvalitativ konstruktiv utformning och utförande samt noggrann uppföljning av skötselplanen för att förebygga skador och tidigt upptäcka behovet av korrektivt underhåll.

Modular Cycling är engagerade i ett annat innovationsprojekt med RISE och bland andra Orust och Uddevalla kommun där demonstrationsprojekt planeras anläggas under 2023-2024. I Spanien har flera sträckor anlagts där träkonstruktioner används för att täcka diket bredvid en statig väg, vilket blir ett effektivt och miljövänligt sätt att anlägga en GC-sträcka parallellt med bilvägen.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 65 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00
Org nr: 556057-4880
wsp.com

