

VARMFORZINKET STÅL OG BÆREDYGTIGT BYGGERI

LØSNINGER TIL EN
CIRKULÆR ØKONOMI



European General Galvanizers Association (EGGA) er brancheorganisationen for Europas generelle sektor for varmforzinkning. Det er en sammenslutning bestående af 14 nationale organisationer, der repræsenterer branchen i Europa.

'Det europæiske initiativ til varmforzinkning i bæredygtigt byggeri' startede med en vurdering fra mange interessenter i starten af 2000'erne, som kulminerede i 2008 med publikationen "Galvanizing in Sustainable Construction: A Specifiers' Guide"¹ under ledelse af professor Tom Woolley – en radikal fortæller for grønt byggeri, der gav anledning til et nyt og spændende syn på varmforzinkning, og hvordan dette stemte overens med bæredygtigt design.

Denne seneste publikation forklarer, hvordan varmforzinkningsbranchen bevæger sig fremad - ved at holde varmforzinket stål på forkant med løsninger til at tackle klimaændringer og levere den cirkulære økonomi, der nu er fast forankret i både politik og praksis.

Varmforzinket stål kan give innovative løsninger, der optimerer holdbarhed og letter den cirkulære økonomi i stålkonstruktioner og komponenter. Disse løsninger kan nemt indføres ved hjælp af denne veletablerede og enkle metode til beskyttelse af stål.

omslag: MFO-Park, Zürich: Varmforzinket stål anvendes til at revitalisere en gammel industrigrund

VARMFORZINKET STÅL OG BÆREDYGTIGT BYGGERI

LØSNINGER TIL EN
CIRKULÆR ØKONOMI



Udgivet af EGGA | Juli 2022

© Copyright 2021 European General Galvanizers Association

www.galvanizingeurope.org



Fremstille



Genbruge



Anvende



Genfremstille



Genanvende

INDHOLD

- 7 Udfordringen ved bæredygtigt byggeri
- 9 Varmforzinket stål i den cirkulære økonomi
- 18 Varmforzinket stål - politik for cirkulær økonomi omsættes til praksis
- 25 Design til genbrug af varmforzinket stål
- 27 Robustheden af varmforzinket stål til genbrug
- 37 Omforzinkning af varmforzinket stålinfrastruktur
- 43 Genanvendelse af zink på varmforzinket stål
- 47 Nedsættelse af kul, idet vedligeholdelse undgås
- 52 Bæredygtig livscyklus for konstruktioner i varmforzinket stål
- 57 Hvordan varmforzinkning beskytter stål
- 63 Varmforzinkningsbranchen
- 69 Miljøvaredeklarationer
- 72 Varmforzinkning for at opnå sunde bygninger
- 75 Referencer
- 77 Kildeangivelser og tak
- 78 Begreber inden for cirkulær økonomi
- 79 Yderligere oplysninger om varmforzinket stål

Casestudier

- 13 The Green House - design til fleksibilitet og genbrug
- 16 Information Point - klar til flytning og et nyt formål
- 23 Designet til dekonstruktion - Fraunhofer IWKS
- 31 Grandstand i Gramsbergen - genfødsel efter 40 år
- 34 Dursley Treehouse
- 40 Leeuwarden Energy Knowledge Centre
- 45 House D6 - bæredygtig reversibel beboelse
- 46 Tænk fremad - omdefinering af varmforzinket stål
- 54 Lydlinch Bridge - bygget i 1942 og i glimrende stand
- 56 Jernbanebygning i Bayern - 120 år og stadig i fin stand
- 61 Garsington Opera - pavillon, som kan nedtages
- 74 Tag venligst plads



EN ISO 1461

I hele dette dokument henviser begrebet "varmforzinket stål" til stålemner der er blevet nedsænket i smeltet zink, efter at emnerne er blevet fremstillet eller produceret. Dette er batchprocessen (eller 'generel') varmforzinkning, der normalt udføres i henhold til EN ISO 1461 for at give en zinkbelægning, der er tyk, stærk og giver fuld dækning af stålemnet. Denne kombination kan ikke opnås med andre typer zinkbelagt stål.



THE GREEN HOUSE
eat meet relax. onky.



UDFORDRINGEN VED BÆREDYGTIGT BYGGERI

Bekymringerne over virkningerne af klimaændringerne er både alvorlige og presserende

For at undgå de negative virkninger af klimaændringer har Det Internationale Panel for Klimaændringer (IPCC) anbefalet, at de globale udledninger af drivhusgasser, hvoraf CO₂ er den vigtigste, skal reduceres for at opnå klimaneutralitet inden 2050. Målet er at begrænse den globale opvarmning til 1,5° C over de førindustrielle niveauer².

Bekymringerne over virkningerne af klimaændringerne er både alvorlige og presserende. Med en voksende verdensbefolkning og en konsekvent stigende brug af forarbejdede materialer er der et klart behov for en ny tilgang til at maksimere værdien af råmaterialer ved at holde bygninger, infrastruktur, ressourcer og materialer i brug så længe som muligt.

Den første europæiske klimalov³, der blev indført af Europa-Kommissionen i 2020, foreslår et juridisk obligatorisk mål for udledninger af drivhusgas på nul i 2050 som en del af EU's Green Deal⁴. Disse ambitiøse mål understøttes af initiativer til at omstille industrien til en bæredygtig model baseret på

principperne for en cirkulær økonomi.

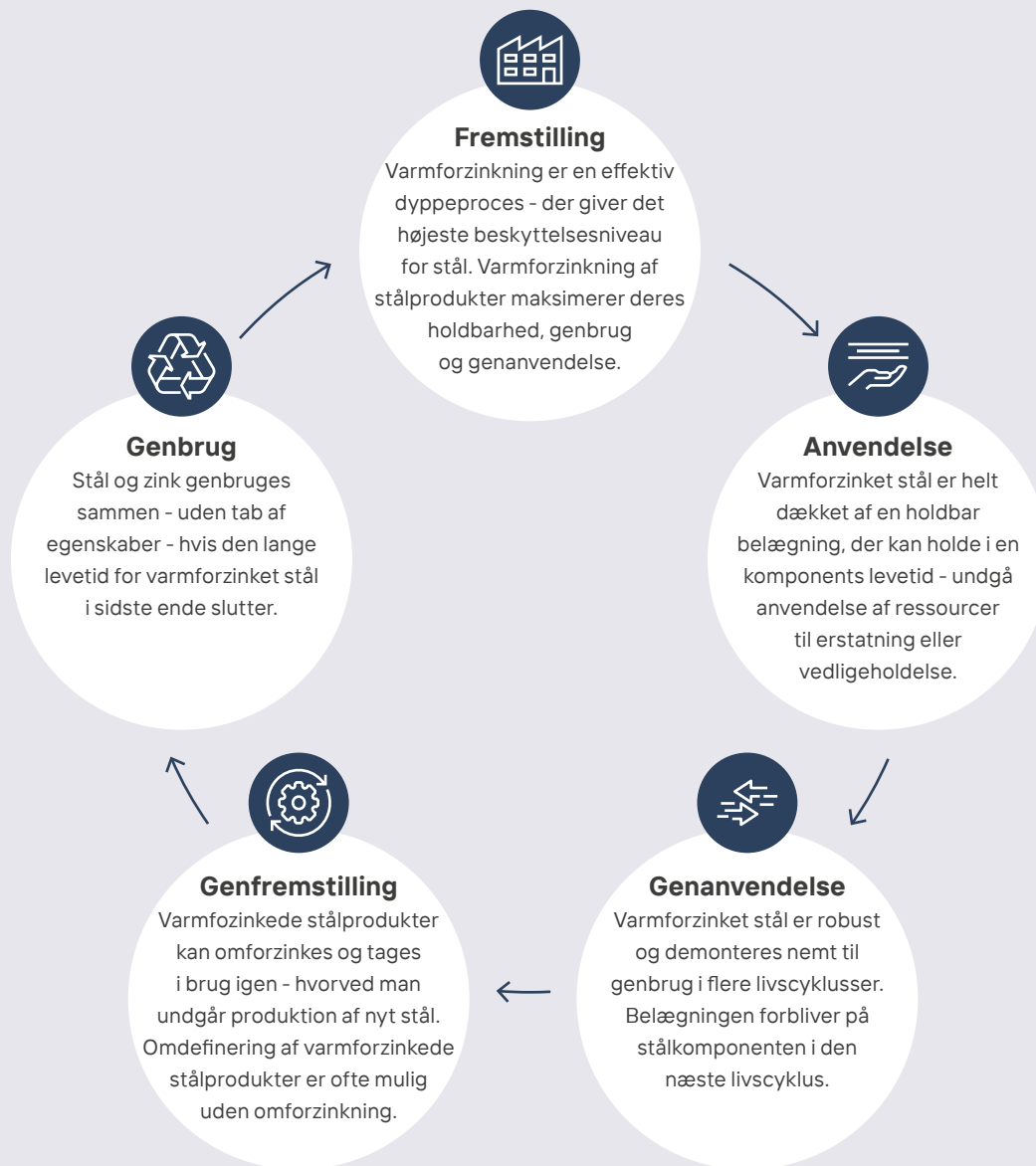
Varmforzinkningsbranchen har hilst det stigende fokus på oprettelsen af en cirkulær økonomi velkommen - omfattende design til holdbarhed, dekonstruktion, demontering og fleksibilitet samt genbrug, genvinding eller genfremstilling af materialer. Varmforzinkede stålkonstruktioner og -komponenter er ideelle cirkulære materialer til bygninger med lavt kulstofindhold.

Stål er afgørende for de teknologier og løsninger, der opfylder samfundets daglige behov og vil fortsat være det i fremtiden. Uanset om det drejer sig om transportsystemer, infrastruktur, boliger, produktion, landbrug eller energi, er stål bredt anerkendt som det 'permanente materiale i den cirkulære økonomi'.

I søgen efter optimal bæredygtighed i brugen af materialer skaber kombinationen af varmforzinkning og stål et næsten unikt partnerskab i leveringen af bæredygtige designvalg.

Venstre

The Green House (se side 12+13)



VARMFORZINKET STÅL I DEN CIRKULÆRE ØKONOMI

Byggeri i den cirkulære økonomi

Den cirkulære økonomi er en bevægelse fra lineære forretningsmodeller, hvor produkter fremstilles af råmaterialer og derefter kasseres i slutningen af deres brugstid, til cirkulære forretningsmodeller, hvor intelligent design fører til, at produkter eller deres dele repareres, genbruges, returneres og genanvendes.

En cirkulær økonomi har til formål at genopbygge kapital, hvad enten det er finansiel, fremstilling, menneskelig, social eller naturlig. Denne tilgang øger strømmen af varer og tjenesteydelser. Begrebet cirkulær økonomi medfører optimal ressourceeffektivitet. Den sikrer, at ressourcerne fordeles effektivt på produkter og tjenesteydelser på en sådan måde, at alles økonomiske velfærd maksimeres. Derudover skal produkterne designes, så de er holdbare, lette at reparere og i sidste ende skal genbruges. Omkostningerne ved genbrug, reparation eller genproduktion af produkter skal være konkurrencedygtige for at tilskynde til denne praksis. Det skal ikke længere være normen at udskifte et produkt med et nyt.

En cirkulær økonomi sikrer også, at værdien opretholdes i et produkt, når det når slutningen af sin brugstid, samtidig med at det reducerer eller fjerner affald. Denne idé er grundlæggende for det tredobbelte bundlinjekoncept om bæredygtighed, der fokuserer på spillet mellem miljømæssige, sociale og økonomiske faktorer. Uden en livscyklustilgang er det umuligt at have en ægte cirkulær økonomi.

Bygge- og anlægssektoren er en prioritet for en cirkulær økonomi, fordi den, baseret på at en bygnings fulde livscyklus⁵, er ansvarlig for:

- 50 % af de udvundne materialer
- 50 % af det samlede energiforbrug
- 33 % af vandforbruget
- 35 % af affaldsgenereringen

Cirkulært byggeri indebærer, at man fra starten tænker på, hvordan man designer en bygning, så den let kan demonteres i dens komponenter i slutningen af bygningens levetid for at genbruge dem.

Egenskaber ved varmforzinket stål





For at opnå dette ændrer konstruktørerne deres måde at tænke på:

- Design fleksible og tilpasningsdygtige bygninger, der leverer de grundlæggende funktioner i lang tid, men som samtidig kan tilpasses.
- Design på en 'genfunktionel' måde. På designstadiet tages der højde for bygningens fremtidige nye funktioner og nye brugere.
- Sørg for, at komponenterne kan genbruges, og design bygningen i overensstemmelse hermed.
- Brug ressourcer med en positiv restværdi.

Hvorfor varmforzinket stål?

Anerkendelsen af, at begrebet cirkulær økonomi er grundlæggende for at optimere materialers bæredygtighed, har igen gjort enkelhed, robusthed, holdbarhed og iboende genanvendelighed af metalkonstruktioner og komponenter til det vigtigste for bæredygtigt design. Varmforzinket stål illustrerer dette perfekt:

- Varmforzinking af stålprodukter efter fabrikation giver de højeste niveauer af korrosionsbeskyttelse
- Stålkonstruktionen eller komponenten opnår ofte sin designlevetid uden vedligeholdelse.
- Den varmforzinkede belægning kan følge stålkonstruktionen gennem flere

genbrugscyklusser.

- En varmforzinket belægning er i sagens natur modstandsdygtig over for klimaet, da dens beskyttelsesevne stort set ikke påvirkes af ændringer i temperatur og andre klimatiske faktorer.
- Varmforzinkede belægninger er bundet til stålet, hvilket gør det muligt at genanvende stålproduktet sammen med den oprindelige belægning uden behov for overmaling (tænk bare på de stilladsstænger, der gentagne gange samles og adskilles omkring vores bygninger).
- Varmforzinkede stålkomponenter, der har nået slutningen af deres designlevetid, eller som af anden grund afinstalleres, kan omforzinkes og returneres til deres oprindelige brug.
- Hvis genbrugscyklusserne slutter, genbruges både stål og zink sammen i de veletablerede processer for stålgenanvendelse,
- hvor zinken returneres uden tab af egenskaber til zinkproduktionsanlæg og til sidst tilbage til varmforzinkningsprocessen.

Hvis et materialesystem var specielt designet til den cirkulære økonomi, ville varmforzinking være et glimrende eksempel. Men det er her i dag og har fulgt disse principper i årtier.



THE GREEN HOUSE - DESIGN TIL FLEKSIBILITET OG GENBRUG



Genanvende



Green House kunne
skilles helt ad og
genopbygges på et
andet sted

Green House huser en restaurant med sit eget bylandbrug og et konferencecenter. I overensstemmelse med principperne for den cirkulære økonomi kan hele bygningen skilles ad. På grund af deres høje grad af præcision er stålkomponenter nemme at adskille og sætte sammen igen. Et særligt træk ved stålrampen i Green House er dens firkantede gitter, hvormed flere bygningskonfigurationer er mulige med et og samme byggesæt.

Om femten år forventes det at blive adskilt og genopbygget på et andet sted. Genbrug spillede også en vigtig rolle i materialevalget til projektet.

Pavillonen blev designet som et generisk byggesæt med en stålramme bestående af varmforzinkede stålsektioner, der let kan adskilles til genbrug. Varmforzinking blev også brugt til espalier til facader, taget (inklusive tagkonstruktion til et lille drivhus), balustrader og trappen i pavillonen.

Det varmforzinkede stål understreger perfekt den dristige karakter, som Green House og bylandbrugets drivhus er eksponent for. Arkitekterne erkendte også, at varmforzinking egner sig perfekt til demontering og genmontering - da belægningen ikke bliver beskadiget under denne procedure.

Hierarkiske modeller af den cirkulære økonomi illustrerer betydningen af varmforzinket stål



Levering af den cirkulære økonomi

Hierarkimodellerne for en cirkulær økonomi illustrerer meget godt varmforzinkningens vigtige rolle for at forbedre den allerede gunstige position for stål som et cirkulært materiale, fordi en varmforzinket belægning bliver en integreret del af stålkonstruktionen, der kan modstå slag og slitage under demontering og genbrug af stålet. Denne funktion er af stor værdi for genbrug, genfremstilling og formålsændret brug af stålkonstruktioner og komponenter.

En reduktion af produkternes vægt og dermed mængden af anvendt materiale er nøglen til den cirkulære økonomi. Stålintustrien har udviklet højstyrke og avancerede højstyrkestålkvaliteter til mange anvendelser. Disse kvaliteter bidrager til letvægtning af applikationer, fra vindmøller til konstruktionsplader og biler, da der kræves mindre stål for at give den samme styrke og funktion. Ved at yde maksimale korrosionsbeskyttelsesniveauer tillader varmforzinkning tyndere og lettere stålsektioner, fordi yderligere hensyntagen til korrosionstab under driften undgås.

Stål kan genbruges eller omdefineres på mange måder, med eller uden genfremstilling. Dette sker allerede med bilkomponenter, bygninger, togskiner og mange andre applikationer. Genbrug af stål er ikke begrænset til dets oprindelige anvendelse. Omdefinering går tilbage til oldtiden (smede sværd til plovsvær). Genbrugsprocenten vil stige i takt med, at miljøvenligt design, design til genbrug og genanvendelse og ressourceeffektivitet bliver mere almindeligt.

Hvis designere ønsker at integrere genanvendelige stålelementer i den konstruktionsmæssige del af en bygning, er varmforzinkning det ideelle belægningssystem. Varmforzinket stål vil ikke lide under afmontering og genmonteringsaktiviteter i modsætning til malet stål, der skal males igen eller i det mindste repareres. Desuden giver varmforzinkning længere levetidsforventninger til stål end andre overfladebehandlingssystemer, og det giver mulighed for hyppig genbrug af materialet.

I en cirkulær økonomi vil der ske et skift fra en produktbaseret økonomi til en servicebaseret økonomi. Reparation/vedligeholdelse vil få stadig større betydning, og det samme gælder bestræbelserne på at begrænse afstanden mellem værkstedet og brugeren for at minimere miljøpåvirkningen. Dette vil stimulere de lokale økonomier og øge brugervenligheden for slutbrugeren.

Stålprodukter repareres let, eller hele det reparerede stålprodukt kan varmforzinkes igen.

Stål og zink er 100 % genanvendelige og kan genbruges igen og igen for at skabe nye stålprodukter i et lukket materialekredsløb. Genanvendt stål bevarer det oprindelige ståls iboende egenskaber, og dets magnetiske egenskaber sikrer nem og økonomisk overkommelig nyttiggørelse til genanvendelse fra næsten enhver affaldsstrøm, mens den høje værdi af stålskrot garanterer genanvendelsens økonomiske levedygtighed. I dag er stål verdens mest genanvendte materiale. Der genanvendes årligt over 650 millioner ton stål, inklusive før og efter forbrugerskrot⁶.

INFORMATIONSPUNKT – KLAR TIL FLYTNING OG GENBRUG



Genfremstille



Genanvende

Udviklingen af Les Glòries i den østlige ende af Barcelona har været en af byens mest betydningsfulde bymæssige opgraderinger. Under regenereringen af området ønskede Barcelonas bystyre et informationspunkt, der kunne informere lokale beboere om udviklingen, men også give information til turister.

En lukket konkurrence blev vundet af de lokale arkitekter Peris + Toral om en midlertidig konstruktion, der kunne flyttes til et andet sted efter sin planlagte 4-årige rolle som informationspunkt.

Efter omhyggelig undersøgelse af deres tilsigtede materialer blev der valgt en konstruktion, som bruger varmforzinkede stålrør til den udvendige ramme kombineret med en gennemskinnelig polykarbonathud og præfabrikerede træmoduler indvendigt. Disse moduler fungerer som informationskranker og et cykeludlejningssted. Alt dette blev leveret inden for et budget på € 170.000.

Efter at have tjent sin funktion yndefuldt siden 2015 har Peris + Toral for nylig fået til opgave af Barcelonas bystyre at genbruge konstruktionen som et ungdomscenter (casal de joves på catalansk) i byens St Martí-kvarter.

Herunder

Konstruktionen er let at demontere og kan flyttes og genbruges med minimal indvirkning på stedet





Venstre

Der blev anvendt varmforzinket stål til at skabe en midlertidig konstruktion til beskyttelse af bygningen under den omgivende fornyelse af området. Der blev valgt materialer, som skabte gennemsigtighed i konstruktionen, men som også let kunne dekonstrueres til et nyt liv

Nedenfor til venstre

Konstruktionen er både et informationspunkt og udlejningssted for elektriske cykler

Herunder

Konstruktionen er nu ved at blive omdefineret af arkitekterne som et ungdomscenter i en anden del af byen



VARMFORZINKET STÅL – POLITIK FOR CIRKULÆR ØKONOMI I PRAKSIS

For nyligt lancerede Europa-Kommissionen 'Cirkulær økonomi: Principper for bygningsdesign'⁷, der indeholder tre nøglescenarier (eller målsætninger) for at opnå reduktion af affald, optimering af materialeanvendelsen og reduktion af miljøpåvirkningen fra design og materialevalg gennem hele livscyklussen.

Kommissionens tre målsætninger kan forklares således:

Holdbarhed

Bygningers holdbarhed afhænger af bedre design, forbedret ydeevne af byggematerialer og informationsdeling. Konstruktionselementer bør holde lige så længe bygningen, når det er muligt. Hvis det ikke er muligt på grund af iboende forældelse eller forventede ændringer i kravene, bør de kunne genbruges, genanvendes eller afmonteres.

Tilpasningsevne

Forebyggelse af for tidlig nedrivning af bygninger ved at udvikle en ny designkultur.

Anvendelsesområdet for 'EF's principper for cirkulær økonomi for bygningsdesign 2020'

Målgruppe	Specifikke målsætninger		
	Holdbarhed	Tilpasningsevne	Reducere affald
Brugere af bygninger, ledere og ejere af faciliteter byggematerialer	■	■	■
Designteam	■	■	■
Entreprenører og bygherrer	■	■	■
Producenter (af byggematerialer)	■	■	■
Dekonstruktions- og nedrivningshold	■	■	■
Investorer, udviklere og forsikringsselskaber	■	■	■
Regeringer/ tilsynsmyndigheder/ lokale myndigheder	■	■	■

Reducere affald og fremme affaldshåndtering af høj kvalitet

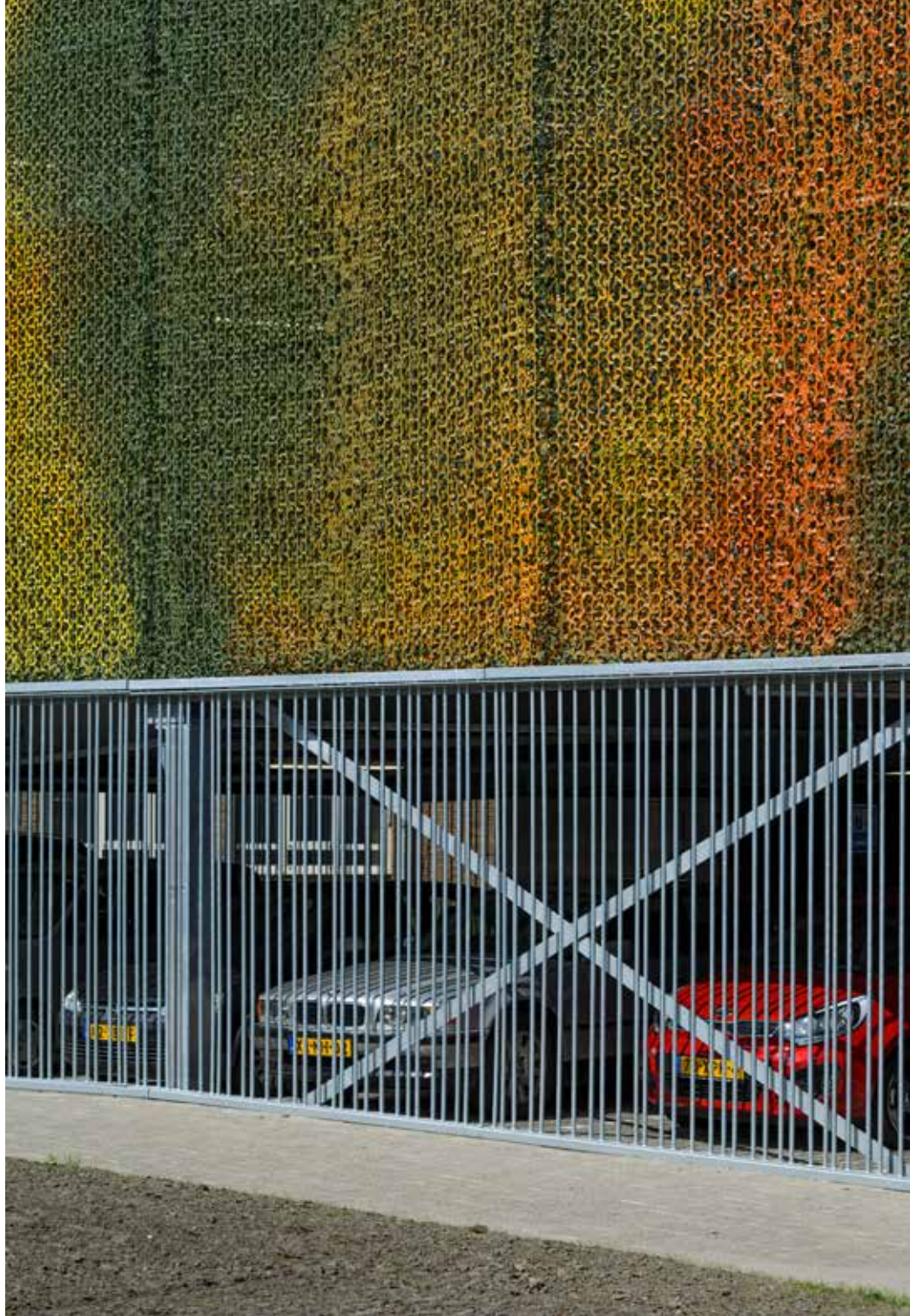
Designe produkter og systemer, så de let kan genbruges, repareres, genanvendes eller genindvindes.

Den bredere anvendelse af batchforzinket stål er i fuld overensstemmelse med disse nye målsætninger om bygningsdesign for den cirkulære økonomi. Varmforzinket ståls høje holdbarhedsniveau er bevist. Ved konstruktion med varmforzinket stål kan genbrug være en endnu mere fremtrædende løsning, end disse mål antyder. Genbrug er en værdifuld tilgang til både levering af bygninger, der kan tilpasses, og til nedbringelse af affald.

Europa-Kommissionen har identificeret måder, hvorpå disse principper kan gennemføres af hver af hovedaktørerne i byggeriets værdikæde. I nedenstående tabel er hovedprincipperne i denne politik, der understreger betydningen af varmforzinket ståls holdbarhed, blevet udtrykket.

Højre

Parkeringsplads ved Moorsport, Leiden



Nøgleprincipper om holdbarhed og andre aspekter inden for rammerne af 'EC Circular Economy Principles for Building Design 2020' ('EF's principper for cirkulær økonomi for bygningsdesign 2020')

Målgruppe	Drivkræfter bag brugen af varmforzinket stål
Brugere af bygninger, ledere og ejere af faciliteter	<p>Minimering af de samlede ejeromkostninger over tid</p> <p>Ejere og bygningsbrugere har en interesse i overordnede og mere langsigtede horisonter</p> <ul style="list-style-type: none"> – Reducere de samlede omkostninger pr. kvadratmeter/sammenlignende gennemsnit – Bruge værktøjer til at øge bygningens værdi <p>Fremme holdbarheden i brugsfasen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Skabe incitamenter gennem resultatbaserede kontrakter, der fremmer den optimale udnyttelse af bygningen
Designteam (bygningers konstruktion og arkitektur)	<p>Det er vigtigt at have kendskab til cirkulære økonomiprincipper til design af bygninger og materialer</p> <p>Arkitekter og designere bør være bekendt med designkrav og -strategier, begrebet livscyklusvurdering, potentialet for at øge indholdet af genanvendte materialer i produkter, fremtidigt genbrugspotentiale (produkt, komponent og bygning); (fremtid) genanvendelighed og transformationskapacitet (genbrugspotentiale og reversibel bygningsdesignscore)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Tilskynde designere til at anvende en livscyklustilgang, når de designer nye bygninger – Bruge eksisterende vejledninger om DFD/A* og feedback fra tidligere projekteksempler <p>Arkitekter og designere skal tage højde for alle livstidsomkostninger og fordele</p> <p>Hele livscyklusen skal tage hensyn til bygningens driftsomkostninger samt de potentielle ændringer i bygningens anvendelse. De omfatter miljømæssige og sociale virkninger og fordele, omstillingskapacitet, genbrugs- og genanvendelighedspotentiale</p>
Entreprenører og bygherrer	<p>Bruge byggeteknikker, der fremmer bygningers holdbarhed og materialernes modstandsdygtighed</p> <ul style="list-style-type: none"> – Simulere forskellige scenarier for holdbarhed og sammenlign omkostninger – Medtage de ressourcer, der er nødvendige for modstandsdygtighed over for installationsfejl – For at forbedre bygningens holdbarhed skal der bruges byggeteknikker, der letter vedligeholdelse og reparation af forskellige dele af bygninger og byggevarer og -systemer

*Design til demontering og tilpasningsevne

Målgruppe	Drivkræfter bag brugen af varmforzinket stål
Producenter (af byggematerialer)	<p>Overvej det potentielle holdbarhedsniveau for hele bygningens livscyklus baseret på dokumentation fra LCC for produktet</p> <ul style="list-style-type: none"> – Brug hele levetidsomkostning og miljøvurdering integreret med supplerende oplysninger ud over bygningens livscyklus – Brug kvalitative og modstandsdygtige produkter til deres miljø- og brugsegenskaber <p>Der bør anvendes principper for miljøvenligt design, og holdbarhed bør vurderes Produktstandarder bør, hvis de endnu ikke er udviklet, omfatte holdbarhed og et verifikationssystem til bekræftelse af en sådan holdbarhed</p> <p>Der bør udvikles løsninger, der giver større tilpasningsevne Fx på fabrikker, ved præfabrikation og modulære systemer</p>
Investorer, udviklere og forsikringselskaber	<p>Øget holdbarhed vil mindske den finansielle risiko Betydningen af produkters og materialers holdbarhed bør fremmes inden for den overordnede tilgang til bygninger og produkter, og hvordan der kan tages behørigt hensyn til dette</p> <p>Livscyklusberegning bør fremmes, når investeringsbeslutninger forberedes De øgede indtægtsstrømme, der kan genereres gennem reversibelt design, bør integreres i hele omkostningsanalysen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Udnyt fremtidige risici for vanskeligheder ved at dekonstruere bygninger og omkostninger ved affaldshåndtering – Overvej restværdien af bygninger for at hjælpe med besparelser i realkreditlån og pengestrømme – Anvendelsen af ISO-standard for DFD/A-kreditter inden for grønne offentlige indkøb og bæredygtige byggevurderingsordninger udgør et incitament til overvejelse på nuværende tidspunkt
Regeringer/ tilsynsmyndigheder/ lokale myndigheder	<p>Styrk politikker, der fremmer genbrug og genanvendelse af bygninger/byggematerialer af høj kvalitet Integrer livscyklustilgange i byggepolitikker</p> <p>Skab incitamenter til udvikling af designprincipper for cirkulære og bæredygtige bygninger Reversible produkter kan bruge flere ressourcer i starten (fx på grund af mere robust design), men gør det muligt at gendanne ressourcerne, men også genbruge produktet i flere livscyklusser</p>



DESIGNET TIL DEKONSTRUKTION – FRAUNHOFER IWKS



Genbruge



Genanvende



Fraunhofer IWKS (Institut for Materiale-genanvendelse og Ressourcestrategier) er på forkant med forskningen i ansvarlig brug af naturressourcer – baseret på princippet om, at ressourcerne skal bruges, men ikke forbruges. Deres fokus er på genvinding af materialer og genindførelse af disse materialer i nye produktcyklusser.

Fraunhofer IWKS' vigtige arbejde vil nu blive udført fra en ny bygning i Hanau, Tyskland, der er bygget i overensstemmelse med de samme bæredygtighedsprincipper, der driver deres aktiviteter. Dette kontor og tekniske center huser 80 medarbejdere i en bygning på 2.600 m², som sikrer korte afstande for god orientering og rum til uformel kommunikation.

Et vigtigt mål for bygningen var målet om sølvcertificering i henhold til retningslinjerne for bæredygtigt byggeri af føderale bygninger i Tyskland (BNB).

Bygningen, designet af hammeskrause arkitekten bda, er konstrueret af materialer, der er fri for skadelige stoffer og kan let

adskilles og genbruges eller genanvendes, når fremtidig dekonstruktion er nødvendig. Dette valg inkluderede omfattende brug af varmforzinket stål i bygningens facader. Den varmforzinkede belægning af disse facader vil udvikle en meget stabil overfladepatina i de kommende årtier og skabe en æstetisk tiltalende såvel som bæredygtig løsning.

"Bæredygtigt byggeri og den mest moderne, højteknologiske forskningsinfrastruktur, der er mulig. Både udenfor og indenfor var bæredygtighed og energieffektivitet i byggeriet vores højeste prioritet", sagde Andreas Meurer, bestyrelsesmedlem i Fraunhofer-Gesellschaft, ved den officielle åbning af bygningen og tilføjede, at "Facaden er f.eks. beklædt med forzinkede stålplader. Stålet yder et vigtigt bidrag til nul affaldshåndtering. Stålet kan genbruges fuldstændigt. Materiale-cyklussen er således lukket uden tab af kvalitet."

Ovenfor

Fraunhofer IWKS forsker i genindvinding og genbrug af materialer inden for den cirkulære økonomi

Venstre

Den varmforzinkede stålfacade blev valgt for at lette fremtidig dekonstruktion og genbrug samt for sin naturlige æstetik



DESIGN TIL GENBRUG AF VARMFORZINKET STÅL

Varmforzinkede stålbygninger og -konstruktioner kan designes med maksimal fleksibilitet og for at sikre, at deres byggematerialer kan nyde godt af flere livscykluser. Fremtidige design af stålkonstruktioner vil blive mere modulære, udnytte boltede forbindelser til at lette dekonstruktion og gøre komponenter bedre egnede til bredere genbrug. Varmforzinkning skaber mere værdi for disse genbrugte komponenter, da de ikke kræver yderligere beskyttelsesbehandling, og komponenterne selv vil være i god stand på genbrugsstedet.

Denne parkeringsplads med plads til 450 biler på Moorsport, Leiden, Holland bruger varmforzinket stål for at sikre, at det nemt kan demonteres og genopbygges på et andet sted, hvis og når byudviklingsplaner kræver det. Hele den demonterbare konstruktion, designet af Architectenbureau Paul de Ruiter, består af varmforzinkede søjler, bjælker og facadepaneler i en konstruktion, der er 36,4 meter bred og 80,4 meter lang. Varmforzinkning letter også brugen af slankere profiler, der lader mere naturligt lys komme ind på parkeringspladsen.

Venstre og højre

Denne parkeringsplads ved Moorsport i Leiden er designet i varmforzinket stål for at sikre, at den let kan demonteres og flyttes



Et andet eksempel på brugen af varmforzinket stål til at skabe en fleksibel konstruktion er denne kombinerede bil- og cykelparkering i Frankfurt. Området tæt på banegården er planlagt til regenerering om 6-7 år, men havde brug for kortsigtede løsninger til bytransport. Konstruktionen er designet til dekonstruktion og bruger varmforzinket stål til let demontering og efterfølgende genbrug.

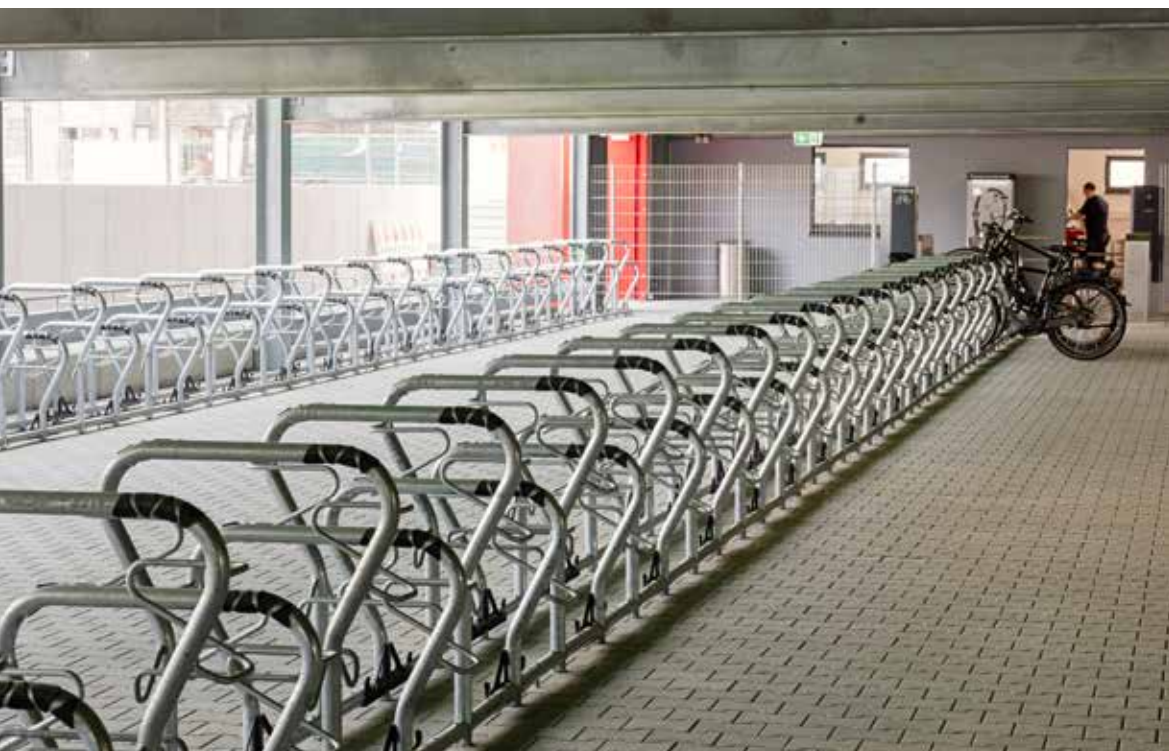
Industri- og multibygninger i enkelt etage og til flere formål udnytter allerede fordelene ved varmforzinket stål, og fremtidig optimering af tilslutninger, og andre designdetaljer vil yderligere styrke partnerskabet mellem varmforzinkning og stålkonstruktion⁸. For eksempel har brugen af boltede (snarere end svejsede) bjælker den dobbelte fordel at forbedre udsigterne til genbrug og samtidig øge størrelsen af konstruktioner, der kan dyppes i et varmforzinkningsbad.

Øverst nedenfor

Boltede forbindelser letter genbrug og øger størrelsen af konstruktioner, der kan varmforzinkes

Nederst og til venstre nedenfor

Midlertidig parkeringsplads og cykelparkering, Frankfurt



ROBUSTHEDEN AF VARMFORZINKET STÅL TIL GENBRUG

Modulopbyggede og standardiserede design ved hjælp af boltede forbindelser gør det muligt at genbruge

Varmforzinket ståls evne til at modstå flere livscyklusser i en genbrugt konstruktion illustreres af den stigende brug af midlertidige parkeringssystemer, som giver fleksible løsninger, der er hurtige at opføre, når og hvor der er behov for yderligere parkeringskapacitet.

Midlertidige parkeringssystemer kan demonteres og genbruges, enten med det samme eller opbevares til fremtidig brug. Den samme tilgang kan også anvendes på

andre stålkonstruktioner, hvis de også er designet til genbrug og har fordelene af en hård, slidbestandig og meget holdbar varmforzinket belægning, der vil ledsage stålkomponenterne gennem deres mange livscyklusser.

Eksemplet med 100 pladser i Stuttgart på billedet nedenfor blev taget i brug i juli 2018 og blev demonteret i juni 2019 efter 11 måneders drift. Det tog kun 7 dage at demontere og opbevare, klar til den næste livsfase.

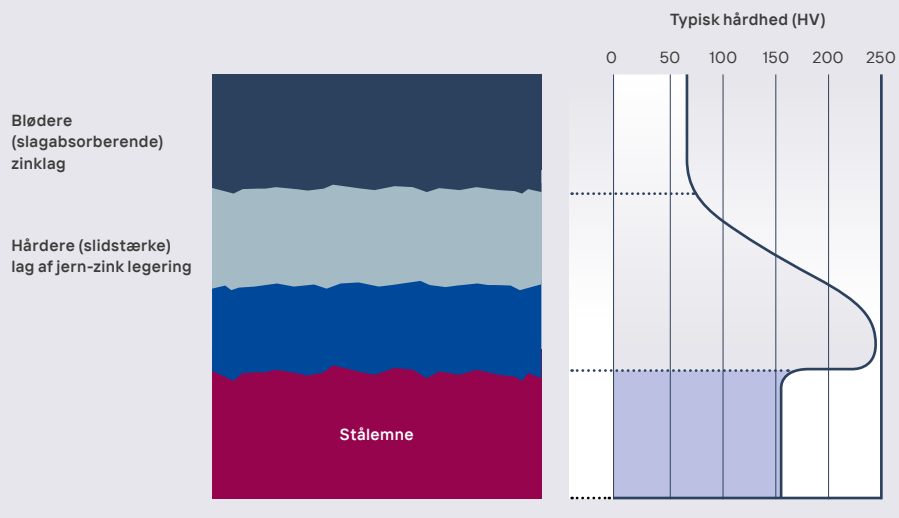
Højre
Midlertidige parkeringssystemer bruger modulopbyggede og fleksible design i forzinket stål



Den hårdhed og slidstyrke hvormed varmforzinket stål har vist sin berettigelse i en bred vifte af anvendelser - fra stilladser, der genbruges utallige gange til midlertidigt permanente broer, der er designet til hurtig indsættelse i katastrofeområder, men ofte bliver en vigtig del af den lokale infrastruktur, og derfor kan bruges i mange årtier, før de går videre til deres næste placering.

De samme principper og erfaringer med midlertidige konstruktioner og genanvendelige komponenter bruges nu til design af mere komplekse strukturer, der kræver fleksible løsninger til den cirkulære økonomi.

Forklaring på varmforzinket ståls hårdhed og slidstyrke



Ovenfor

Varmforzinket ståls robusthed er vigtig i anvendelser som midlertidigt permanente broer



Varmforzinket stål er
velegnet til en lang
række demonterbare
og midlertidige
anvendelser

Da byen Rotterdam fejrede 75 års byudvikling, fik arkitekterne MVRDV ideen til at bygge en kæmpe midlertidig trappe for at skabe et unikt udsigtspunkt for at se byen.

Den 29 meter høje varmforzinkede ståltrappe ('De Trap' på hollandsk) kunne hurtigt bygges og senere dekonstrueres til fremtidig genbrug. Besøgende kunne gå fra Stationsplein Groot Handelsgebouw til taget af Groot Handelsgebouw-bygningen. En biograf på taget og cateringfaciliteter gav et ekstra incitament til at gå de 57 meter til toppen.

De Trap er en innovativ udvikling, der udnytter varmforzinkede stålstilladseres velafprøvede robusthed





S.V. GRAMSBERGEN

KERKDIJK
TUINTECHNIEK

Van Braak
Zonweringen

PLUS
Sponsor - Sponsoren

BEELING
Balkenmarkt
Wierden

50-50-50

Belle
Sponsor - Sponsoren

Wierden
Sponsor - Sponsoren

Wierden
Sponsor - Sponsoren

Wierden
Sponsor - Sponsoren

Wierden
Sponsor - Sponsoren

Wierden
Sponsor - Sponsoren

TRIBUNE PÅ GRAMSBERGEN – GENFØDSEL EFTER 40 ÅR



Genfremstille



Genanvende



Anvende

En eksisterende Elascan-tribune blev reddet fra nedrivning takket være en mands entusiasme og beslutsomhed. I sommeren 2011 hørte Harry Haverkotte, tidligere bestyrelsesmedlem i SV Gramsbergen, at deres naboer fra Hoogeveen ville flytte til en ny sportspark.

Hovedtribunens gode tilstand fangede hans øje, så han købte den for € 7.000 inklusive omkostningerne ved demontering. Tribunen blev oprindeligt opført i 1976. Dengang præmierede Hoogeveens bestyrelse byggeriet til 139.200 hollandske floriner. Omvekslet til dagens værdi er det ~ € 163.000.

Inden for to år rejste der sig en vidunderlig 32 meter lang tribune fra jorden. Til sidst kostede tribunen kun € 35.000, mens en nybygning ville have kostet mindst € 200.000. Alt blev genbrugt, bortset fra bolte, møtrikker og de gamle træplader.

Brædderne blev erstattet af nye sæder. Den eneste dekorative lakering, der skulle udføres, var på indersiden af taget.

Varmforzinket ståls fremragende tilstand blev bekræftet under demontering. Den ydre konstruktion havde gennem 40 år været udsat for vejret, men det varmforzinkede stål var i perfekt stand og behøvede ikke at blive gen-forzinket. Den resterende varmforzinkede belægning er mere end 100µm tyk, og tribunen vil holde i mange flere årtier.

Venstre

Den nye tribune på SV Gramsbergen havde allerede været udsat for årtiers brug hos en anden nærliggende klub

Højre

Efter årtiers tjeneste var det varmforzinkede stål klar til direkte genbrug på det nye sted





Venstre

Den oprindelige Elascon-tribune tjente Hoogeveens-klubben siden opførelsen i 1976



Yderst til venstre

Da Hoogeveens flyttede til et nyt stadion, demonterede SV Gramsbergen tribunen til genbrug på deres grund

Venstre

Selv de mindre varmforzinkede stålforbindelser var i tilstrækkelig god stand til at blive demonteret til direkte genbrug



Venstre

Den rekonstruerede tribune på SV Gramsbergen klar til endnu en livscyklus for sit varmforzinkede stål, der kunne nå op på i alt 100 år

Bestemmelser om større genbrug af stålkonstruktioner

PROGRESS (PROvisions for GREater reuse of Steel Structures) var et EU RFCS-finansieret projekt med fokus på genbrug af etplansbygninger⁸. Undersøgelsen og dens anbefalinger giver yderligere impulser til den fremtidige brug af varmforzinket stål for at maksimere genbrugsmulighederne.

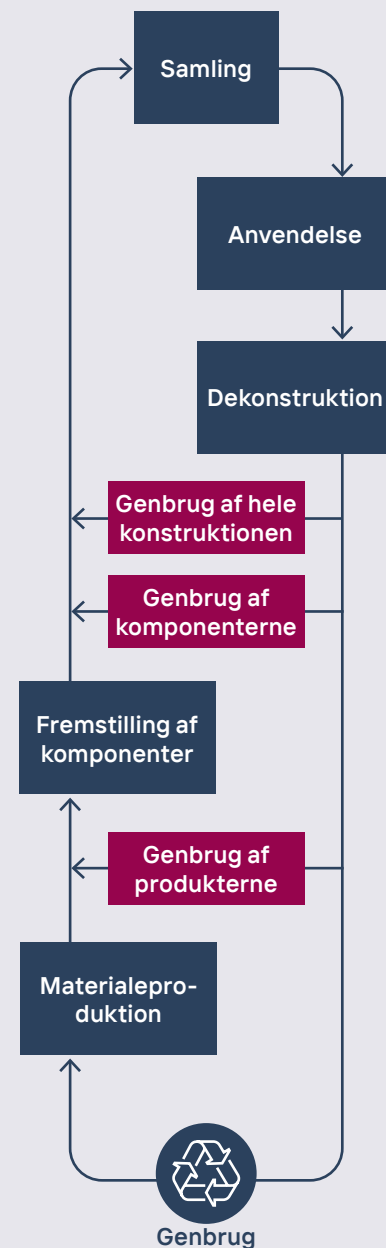
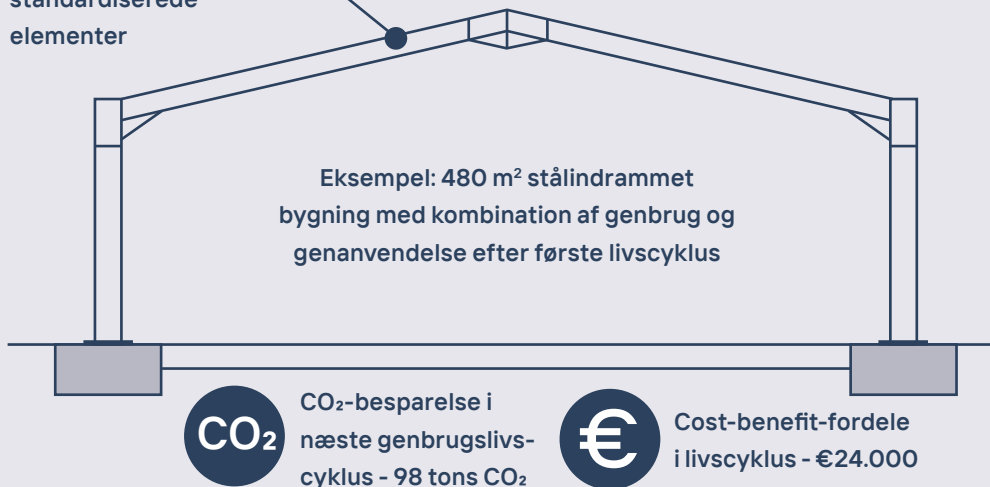
Projektet har leveret anbefalinger og praktiske oplysninger om fremstilling og detaljering af etplansbygninger fremstillet af genvundet stål og om udformningen af bygninger til fremtidig demontering og genbrug.

Fremtidig optimering af forbindelser og andre designdetaljer vil yderligere styrke partnerskabet mellem varmforzinkning og stålkonstruktion. For eksempel har brugen af boltede forbindelser den dobbelte fordel at forbedre udsigterne til genbrug og samtidig øge størrelsen af konstruktioner, der kan varmforzinkes.

"Varmforzinkede stålløsninger er at foretrække fremfor konstruktioner med flere mulige monterings- og demonteringscykluser"
Europæiske anbefalinger for genbrug af stålprodukter i etplansbygninger

Yderligere oplysninger:
www.steelconstruct.com/eu-projects/progress

Portalramme
designet til genbrug
med modulære og
standardiserede
elementer



DURSLEY TREEHOUSE



Genfremstille Genanvende

Dette hus opført på en lille grund i centrum af Dursley, England var designet til at have minimal indvirkning på de omkringliggende træer og for at bevare det naturlige habitat på stedet. Treehouse tiltrak stor interesse for sin smukke fritbærende konstruktion, dets lave miljøpåvirkning og for romantikken ved at bo i et 'træhus'.

Kunden var fast besluttet på, at virkningen af huset på sin placering skulle være meget lav og så miljømæssigt forsvarlig som muligt.

Genbrug af varmforzinkede stålkomponenter var en vigtig del af projektet. 76 stålnetsgulvpaneler, der allerede havde været i brug i 20 år, blev fremskaffet hos en lokal motorvirksomhed - panelerne blev rengjort og derefter varmforzinket til at udgøre de vigtige gangbroer rundt i huset.

Gelændere til gangbroer blev oprindeligt specificeret som rustfrit stål, men efter nøje eftertanke og overvejelse af omkostningerne, fik et fårehegn i stålnet nyt liv som udfyldningspaneler i de varmforzinkede

stålsektioner.

Vindeltrappen blev købt for mindre end € 200 fra en skrotplads - efter at have været brugt som brandtrappe i en lokal butik i de foregående 15 år.

For at fortsætte genbrugstemaet er første sals gulvbelægning genbrugt skifer fra et lokalt Rolls-Royce-værksted, og anden sals gulve er lavet af genanvendt bøgetræ fra en lokal skoles gymnastiksal.

De 27 beskyttede træer udgjorde en stor begrænsning og dikterede bygningens placering på stedet. For at beskytte trærødderne måtte jorden forblive uberørt, og derfor blev der foreslået en forhøjet bygning.

Denne komplekse bygning har stålpæle (som undgår trærødderne) i stedet for betonfundamenter. Husets hovedkonstruktion er en dobbelt ramme af træ, der er placeret på en stålkonstruktion, som i sig selv sidder på skruepæle designet til at minimere jordforstyrrelser. Disse skruepæle



Ovenfor

Genbrug af varmforzinkede stålkomponenter var en vigtig del af projektet. Stålnetsgulvene havde allerede været i brug i en lokal virksomhed

i varmforzinket stål er 10 m lange og er designet til fremtidig genbrug.

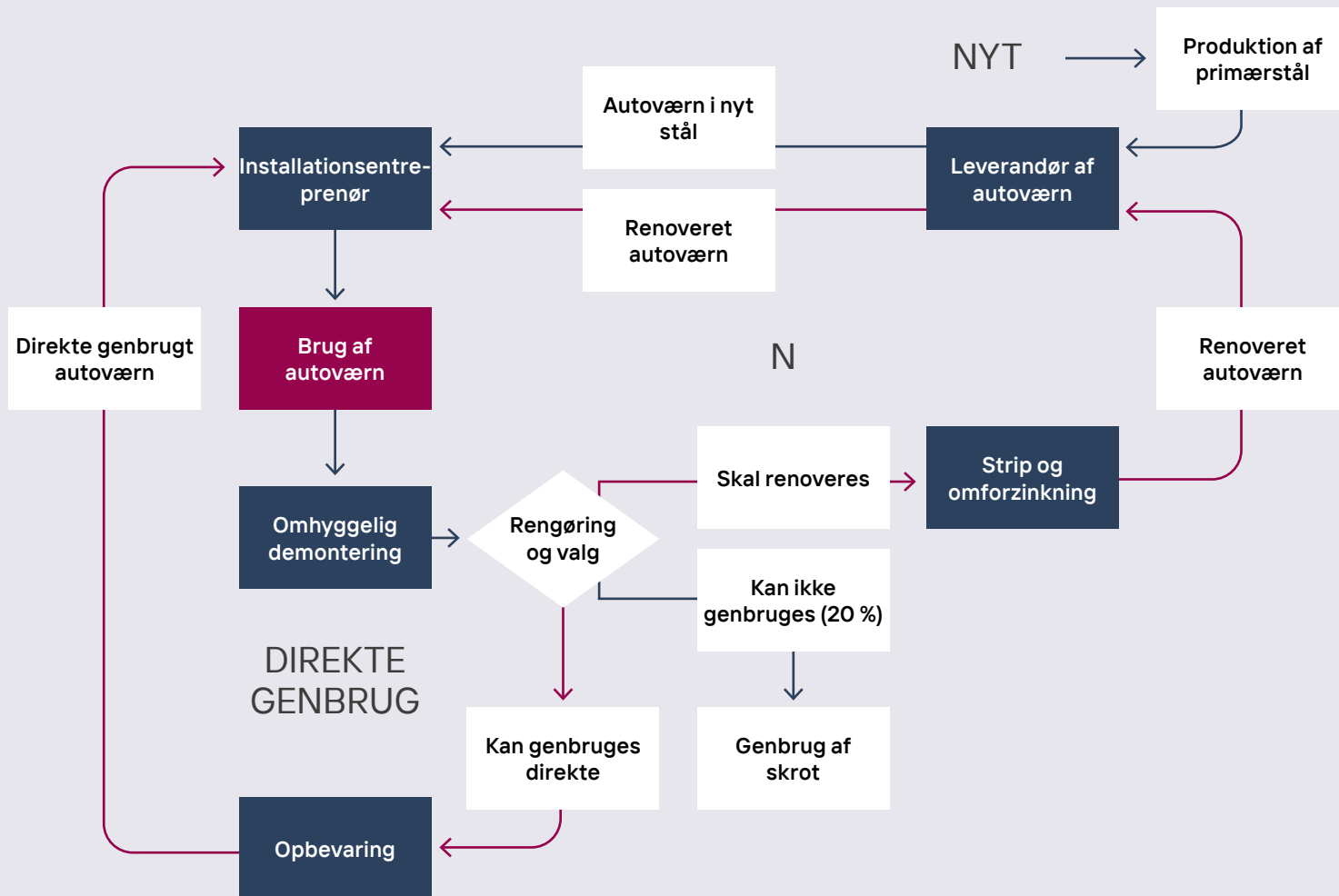
Bygningen opnåede PassivHaus-certificering og overholder de strenge kriterier for energieffektivitet og termisk komfort for at sikre, at opvarmningen er under 15kWh/m² om året. Bygningen har også termodynamiske solpaneler og sin egen vandforsyning, der reducerer CO₂-fodaftrykket yderligere.

Højre

Trappen blev tidligere anvendt som brandtrappe i en lokal butik



Renoveringskæde for varmforzinkning af autoværn i stål langs motorveje (Rijkswaterstaat)



OMFORZINKNING AF VARMFORZINKET STÅL I INFRASTRUKTUREN



Varmforzinkede autoværn i stål langs motorveje kan demonteres til genbrug eller genforzinkning med op til 70 % besparelser i CO₂-emissioner

Batchforzinket stål bruges i vid udstrækning i infrastrukturapplikationer til at levere årtiers vedligeholdelsesfri service. Søgningen efter cirkulære løsninger har identificeret betydelige muligheder for renovering og genbrug af disse allestedsnærværende varmforzinkede stålkomponenter.

En nylig beslutning truffet af det hollandske generaldirektorat for offentlige arbejder og vandforvaltning (Rijkswaterstaat) om at gennemføre både (i) direkte genbrug og (ii) omforzinkning og genbrug af autoværn (sikkerhedsbarrierer) på motorveje er resultatet af en undersøgelse af forsyningskæden og dens potentiale for forbedret cirkularitet, samtidig med at trafikikkerheden opretholdes⁹.

Et projekt, der omfattede installationsentreprenører, leverandører af autoværn og varmforzinkere støttet af specialiserede organer, TwyntraGudde og LBPSight, placerede hele kæden under det »cirkulære økonomimikroskop«. Tilgangen er allerede ved at blive gennemført i et

valideringsprojekt på hollandske veje.

"Vi har sammen besluttet, at det er både teknisk og økonomisk opnåeligt – takket være en åben holdning og entusiasme fra alle. Renovering af autoværn er logisk, men sker ikke automatisk," siger Henk Senhorst, projektleder fra Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaats beslutning om at gå videre med genbrug og omforzinkning var drevet af nogle vigtige evalueringer. De fandt, at autoværn ofte udskiftes som følge af andre vejvedligeholdelsesårsager, men kan have en resterende levetid på op til 24 år. Disse produkter kan genbruges direkte i vejsystemet.

Brugte autoværn, der kræver omforzinkning, kan renoveres med betydelige fordele sammenlignet med nye installationer, der medfører:

- 40 % reduktion af miljøomkostningerne
- 70 % reduktion i CO₂-emissioner
- 10 % reduktion i omkostninger

CO₂-besparelser med omforzinkning og genbrug

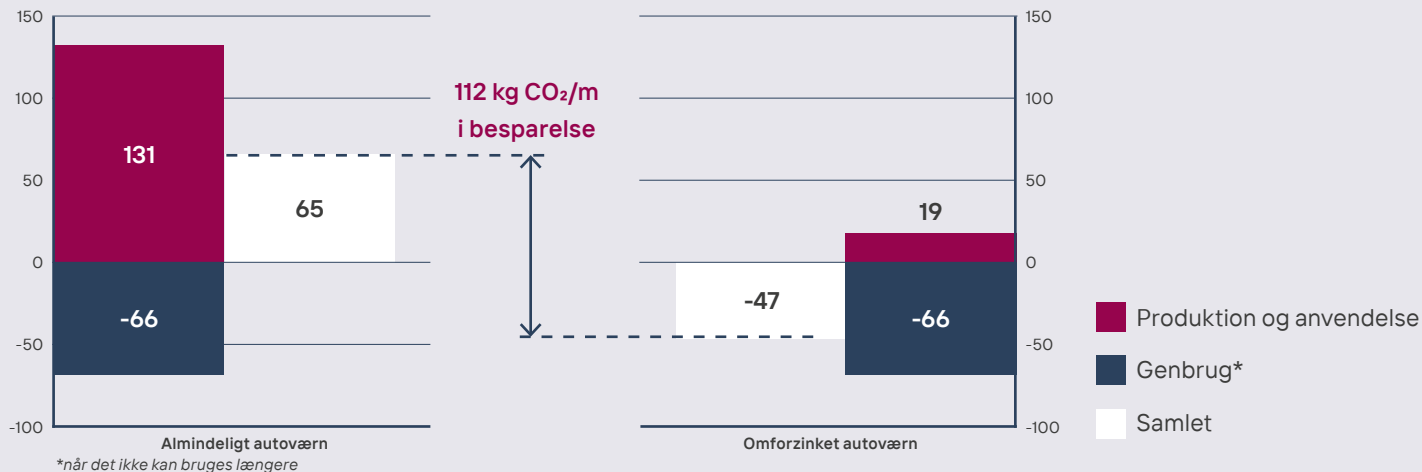
CE Delft undersøgte først mulighederne for at omforzinke i Holland i 2017¹⁰. De rapporterede, at der hvert år blev udskiftet 350 kilometer af motorvejens autoværn, hvoraf mange kunne genbruges.

Deres undersøgelse viste, at i gennemsnit var 67 % af disse værdifulde komponenter egnede til genbrug - hvilket er helt igennem muligt ved rengøring, stripning og omforzinkning.

CE Delft beregnede, at denne enkle procedure kunne spare 26 kton CO₂. Det svarer til mere end 8,3 millioner kilometer kørt i bil. Dette skyldes, at der for hver en meter installeret autoværn er en besparelse på 112 kg CO₂, når man bruger omforzinkede autoværn. Det er en besparelse, der kan ses umiddelbart ved gennemførelse af reparations- og genbrugsprincipperne i den cirkulære økonomi.

Reduktioner i den globale opvarmingspotentiale ved omforzinkning af brugte motorvejsautoværn

Kg CO₂/m (data for 1 meter autoværn)



Omforzinkning og genbrug kan også anvendes på komponenter, der ikke allerede har nydt godt af varmforzinkning

Disse midlertidige broer blev oprindeligt malet, men har fået et nyt liv med varmforzinkning. Et andet eksempel på reparation og genbrug gennemført med varmforzinkning.



Øverst til venstre

Malede brokomponenter ved levetidens slutning

Øverst til højre

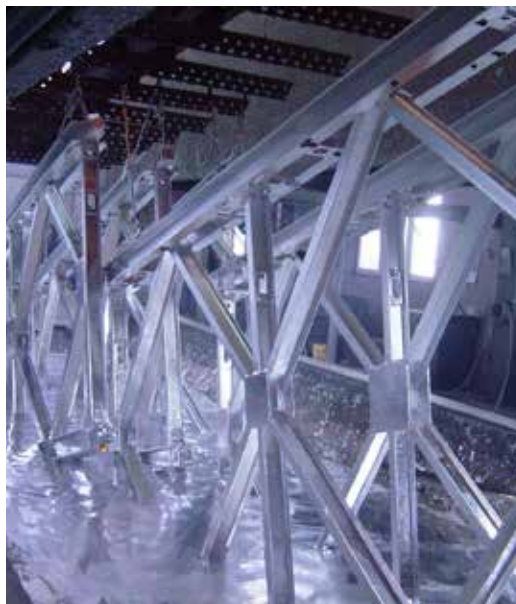
Brugt komponent renses før varmforzinkning

Nederst til venstre

Omforzinkning af brugte komponenter

Nederst til højre

Nyt liv i varmforzinkede broer



LEEWARDEN CENTER FOR ENERGIVIDEN



Genanvende

Leeuwarden Energy Knowledge Centre er bygget på det tidligere Skinkeskâns affaldsbortskaffelsessted vest for Leeuwarden i Holland. Denne innovative kontorbygning er en del af et Energicampus og skal huse en bred vifte af forsknings- og vidensinstitutioner inden for bæredygtighed og er arkitektonisk integreret i landskabet. Centret har et justerbart fundament og er bygget med cirkularitet som det vigtige i sit design og materialevalg.

Bart Cilissen fra Achterbosch Architects har beskrevet deres tilgang til cirkularitet... *"Det vigtigste ledende princip var: Brug dit logiske sind, og kør ikke fast i 'sumpen' af bæredygtighedscertifikater. Fokus var på det rigtige valg af byggematerialer og deres anvendelse. Gør cirkularitet synlig, det er sådan du kan beskrive det. Som arkitekter forsøger vi at tænke cirkulært så meget som muligt i hvert projekt. I designfasen skal du også tænke på genbrug af de byggematerialer, der er blevet brugt. Når bygningen er endeligt demonteret, kan den fuldt varmforzinkede stålkonstruktion afmonteres."*

Arkitekternes motivation for valget af varmforzinket stål gennem hele konstruktionen var stærkt fokuseret på dets enkelhed og harmoni med omgivelserne... *"Vi har bevidst valgt varmforzinket i stedet for pulverlakering, så du forbliver så ægte som muligt med materialet. Folk er i første omgang overrasket over, at stålet ikke er "farvet", men når du fortæller historien bag det, er de straks med på det. Jeg elsker den grå nuance, der passer perfekt til det aldrende træ på lamellens facade. Derudover havde vi også betydelige diskussioner med beboerne i nabolandsbyen, der frygtede, at denne bygning ville stige som en slags illuminationslygte på toppen af højen. Derfor valgte vi en træfacade, som ældes med tiden. Det varmforzinkede stål reflekterer til en vis grad en lys eller mørk dag og absorberer omgivelsernes farve,"* siger Bart Cilissen.

Arkitekterne søgte præfabrikerede løsninger, hvor det var muligt. Det varmforzinkede stål er samlet som meccano, gulvet og facaderne er fyldt med trærammeelementer, og loftet består af perforerede profiler.



Højre

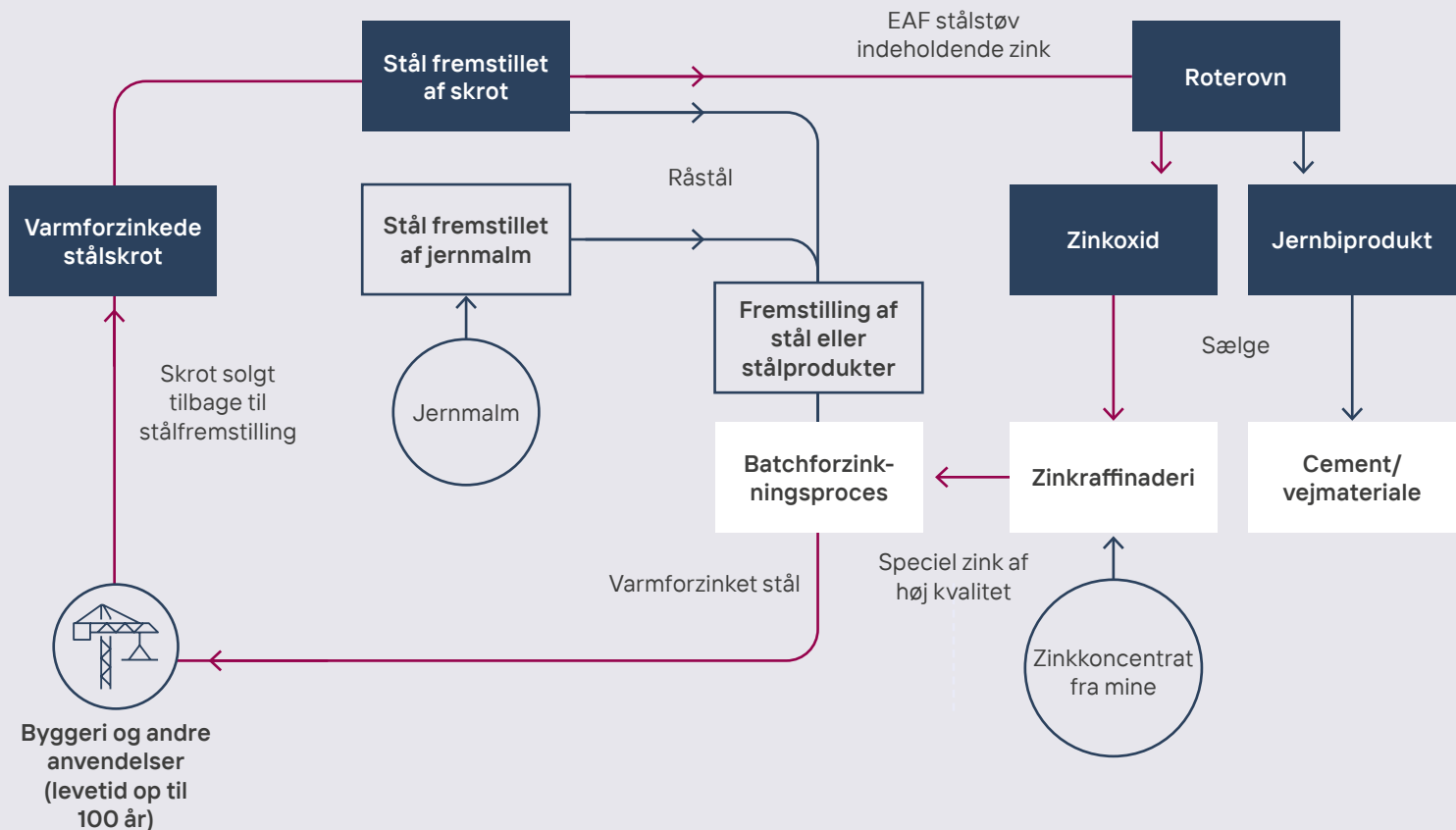
Centret blev bygget med cirkularitet som det vigtige i design og materialevalg

Et andet mål var den lettest mulige bygning. Opførelse af en bygning på en losseplads var en særlig udfordring. Affaldet nedenunder er dækket med en folie, der ikke måtte beskadiges, så tunge fundamenter var udelukket.

Bygningen flyder på plader placeret på folien i en sandseng. De 108 stålsøjler blev placeret frit med hver søjle på sin egen betonplade. Til en let og cirkulær bygning var en kombination af stål og træ det oplagte valg. Man undgik at anvende beton til bygningen.



Genvinding af zink fra varmforzinket stål, uden tab af egenskaber, efter mange årtiers tjeneste



GENANVENDELSE AF ZINK PÅ VARMFORZINKET STÅL VED LEVETIDENS AFSLUTNING

Stål og zink
genbruges sammen
og adskilles let

Ved levetidens udløb – og hvis genbrug ikke er mulig – kan varmforzinket stål let genanvendes med andet stålskrot i produktionsprocessen for den elektriske lysbueovn (EAF). Zink, der er tilbage fra belægningen, fordamper tidligt i stålets genanvendelsesproces og opsamles i EAF-støvet, som derefter genanvendes i specialiserede faciliteter og ofte vender tilbage til raffineret zinkproduktion.

Siden begyndelsen af 1980'erne er der blevet anvendt en veletableret roterende ovnproces til behandling af EAF-støv, der indeholder værdifuld zink og andre elementer. Imponerende 98 % af det EAF-støv, der produceres af Europas stålproducenter, genanvendes¹¹. Denne proces er den mest anvendte metode til genanvendelse af dette støv, men der er også opstået forskellige andre innovative processer, herunder den roterende Siemens-Martin ovn, flerstrengt Siemens-Martin ovn og lav Siemens-Martin ovn. Roterovnen blev oprindeligt udtænkt til forarbejdning af udvaskningsrester under primær zinkproduktion, og EAF-støv er meget ens med hensyn til egenskaber som disse

rester – hvilket gør teknologien relativt let at tilpasse til genanvendelse. Den første tørreovn, der blev anvendt til genbrug af EAF-støv, var i Duisburg, Tyskland i begyndelsen af 1980'erne.

En vigtig drivkraft for genindvinding af disse støvformer er deres zinkindhold. Den bredere anvendelse af zink til belægninger på stål, navnlig i bilindustrien, har øget indholdet af EAF-støvs zinkindhold til et niveau, der gør genindvinding økonomisk attraktiv. Almindeligvis gør zinkindhold > 15 % i EAF-støvs genindvinding det økonomisk rentabelt, og det meste støv er på dette niveau.

Det vigtigste produkt ved genanvendelse af EAF-støv med roterende tørreovn er 'zinkoxid'. Dette sælges til et primært zinkraffineri, hvor det erstatter udvundet zinkkoncentrat. Zinkraffineriet producerer derefter de samme zinkbarrer (eller andre zinkprodukter af høj renhed), som kan anvendes direkte i varmforzinkningsprocessen. Denne løkke kan fortsætte uendeligt, og der er intet kvalitetstab i zink tilvejebragt ad denne vej.



HOUSE D6 – BÆREDYGTIG, REVERSIBEL BOLIG



Genanvende



Venstre

Alle tilslutninger er designet reversibelt for at lette fremtidig dekonstruktion

Designopgaven for dette hus i Oberberg-regionen i Tyskland bestod i at opføre en bæredygtig enfamiliebolig, der inkorporerer det omkringliggende landskab i boligarealet og skaber overdækkede udendørs rum til de regnfulde sommerdage i regionen. Bygningen følger det traditionelle, etværelses dybe langhuskoncept med hovedrum, der fylder hele bredden.

Stuen midt i bygningen når op under taget og danner det centrale fællesrum, hvorfra soveværelser, badeværelser og master bedroom på øverste etage er tilgængelige. En gangbro i varmforzinket stål med en gennemsigelig rist forbinder de to uafhængige enheder og fører til det fælles galleri i opholdsstuen på to etager. Den slanke stål- og træskeletkonstruktion er forbundet reversibelt på alle punkter.

De vigtigste varmforzinkede stålbjælker er boltet til søjlerne og tjener til at bære de slanke træbjælkelofter. Dette sikrer, at bygningen kan dekonstrueres, og at den varmforzinkede stålkonstruktion kan genbruges. Bjælkerne

forbliver synlige og skaber en varm atmosfære at leve i. Resultatet fra Aretz Dürr Architektur er en arkitektur, der fokuserer på det væsentlige minimum for at opnå det bedste mulige resultat. Bygningen var 'Årets Hus 2020' i Tyskland.



TÆNK FREMAD - OMDEFINERING AF VARMFORZINKET STÅL



Genfremstille Genanvende

Varmforzinkede stålkomponenter er standardløsninger i en lang række anvendelsesmuligheder. I dette innovative eksempel forventede BeL - Sozietät für Architektur en levedygtig næste brugsfase ved at vælge komponenter fra et modulært varmforsinket stålforskallingssystem, der ellers ville blive brugt under betonkonstruktion.

Ved at tilpasse dette varmforsinkede stålforskallingssystem til armaturer, fittings, hylde og skillevægge i denne cykelcrossbutik i Köln, er muligheden for at genbruge disse genstande sikret. De varmforsinkede stålkomponenter vil helt sikkert have en positiv værdi i fremtiden og skaber i dag en robust og kreativ baggrund for butikken.

Standardvarmforsinkede stålbjælkekomponenter, der anvendes som butiksfittings, kan i sidste ende genbruges til deres tilsigtede formål



Yderst til venstre
Staub & Teer Cycle Shop, Köln

Venstre
Butikstopstilling i standardiserede forskallingskomponenter, der er klar til senere genbrug

REDUKTION AF KULSTOF VED AT UNDGÅ VEDLIGEHOLDELSE

Manglende opmærksomhed på optimal korrosionsbeskyttelse kan efterlade en skadelig økonomisk arv af gentagne vedligeholdelsesomkostninger, der kan øge bygningers og infrastrukturens CO₂-fodaftryk i livscyklussen betydeligt.

Varmforzinkningens evne til at optimere stålkonstruktioners og komponenters holdbarhed har vigtige miljømæssige, økonomiske og sociale fordele.

Der er høje økonomiske og miljømæssige omkostninger forbundet med den gentagne vedligeholdelsesmaling af stålkonstruktioner. Disse byrder kan reduceres betydeligt ved en indledende investering i langsigtet beskyttelse.

Den langsigtede holdbarhed, som varmforzinkning giver, opnås med relativt lav miljøbelastning med hensyn til energi og andre globalt relevante påvirkninger, især sammenlignet med energiværdien af det stål, der beskyttes.

Uanset om det sker ved at reducere

vedligeholdelsesopgaver eller undgå for tidlig udskiftning af stålprodukter, vil varmforzinkning reducere det indeholdte kulstof i konstruktionen.

En undersøgelse foretaget af Environmental Technology Systems Department ved Institute for Environmental Protection Technology ved Technical University of Berlin omfattede en sammenligning mellem en malingsbelægning (EN ISO 12944) og varmforzinkning (EN ISO 1461) for en stålparkeringsplads i en livscyklusvurdering¹².

Centralt for LCA-sammenligninger er funktionsenheden – referenceantallet for sammenligningen. Der kan ikke foretages en objektiv sammenligning uden identiske sammenligningsvariable.

Den måde, disse værdier blev defineret på i undersøgelsen, var, at de to systemer skulle give korrosionsforebyggelse til en stålkonstruktion, der skulle anvendes i 60 år, og som blev anvendt på en stålkonstruktion som en fleretagers parkeringsplads med et

stålareal på 20 m²/t. Det blev antaget, at konstruktionen eksternt var udsat for korrosion på mellemniveau (korrosionskategori C3 fra ISO 9223).

Varmforzinkningssystemet er en 'engangs' korrosionsforebyggende behandling ved nedsækning i smeltet zink. Med en galvaniseret belægningstykkel på 100 µm og en gennemsnitlig korrosionshastighed for kategori C3 på 1 µm/år overstiger den beregnede holdbarhed langt de krævede 60 år.

For at sikre korrosionsforebyggelse i 60 år ved hjælp af malingsbelægningssystemet slibes komponenterne først for at fjerne rust. Derefter males de på fabrikken med en tre-lagsbelægning med en samlet lagtykkelse på 240 µm. Der er derefter behov for vedligeholdelse på stedet efter 20 og 40 år, der omfatter delvis rengøring og en vis fornyelse af belægningen.

En oversigt over de to systemer er vist i figuren modsat.

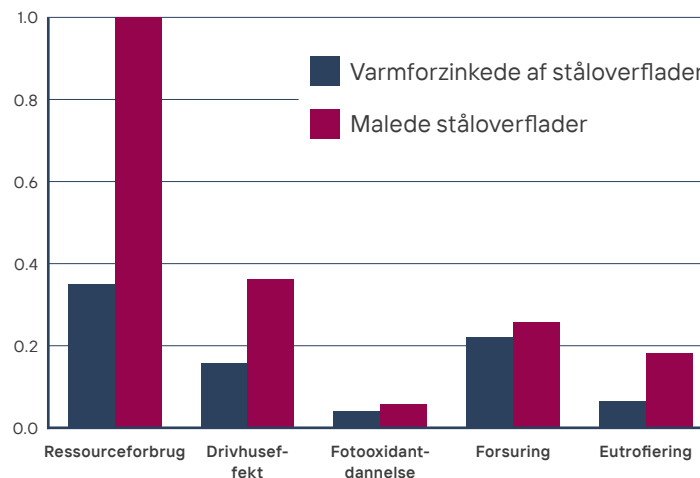
Resultaterne repræsenteres af fem forskellige miljømæssige påvirkningskategorier. Søjlediagrammet viser disse miljøpåvirkninger. Resultaterne normaliseres til den største medvirkende faktor (ressourceforbrug).

De medvirkende faktorer for varmforzinkningssystemet er lavere i alle påvirkningskategorier end for malingsystemet. I flere påvirkningskategorier er der markante forskelle. Til sammenligning med maling er varmforzinkningsscoren i kategorien eutrofiering kun 18 %, i ressourceforbrugskategorien er den kun 32 %, og i forhold til drivhuseffekten er den kun 38 %. Varmforzinkning er kendetegnet ved lavere forbrug af ressourcer og mindre forurening i hele sin levetid.

Undersøgelsen viser, at livscyklusvurdering er en meningsfuld metode til økologisk sammenligning af produkter. Den fremhæver markante forskelle mellem to etablerede korrosionsforebyggende systemer til stålkonstruktioner. Varmforzinkningssystemet viser lavere miljøpåvirkning for en stålkonstruktion med lang levetid end et malingsystem.

Lang levetid og fritagelse for vedligeholdelse, de velkendte fordele ved varmforzinkning, er grundlaget for disse miljømæssige fordele. I dette eksempel blev der, som det fremgår af tabellen overfor, opnået en besparelse på 57 tons CO₂ i løbet af parkeringspladsens 60-årige levetid.

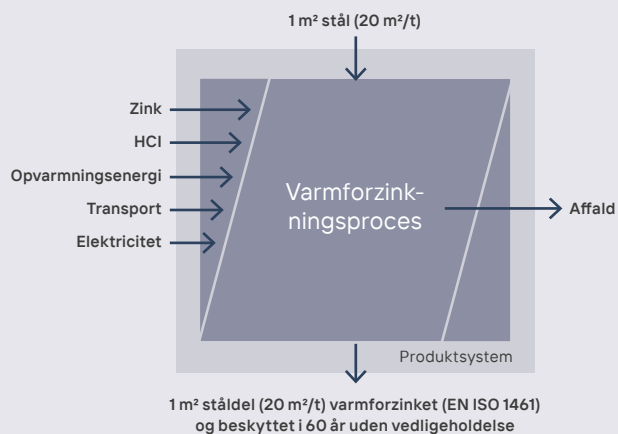
Sammenligning af stålindrammet parkeringsplads med en levetid over 60 år: LCA-resultater normaliseret til den højeste medvirkende faktor



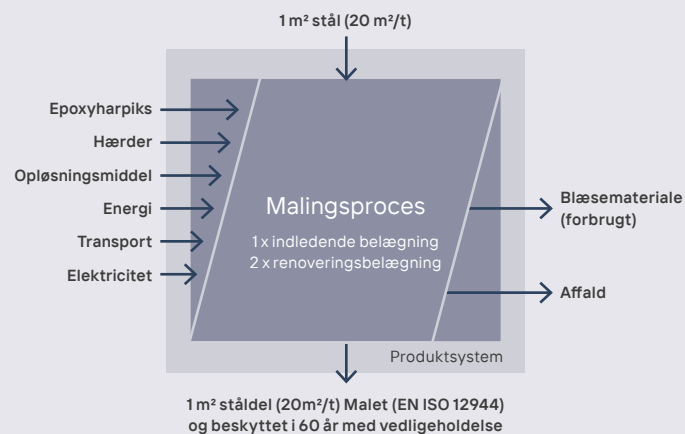
Sammenligning af stålindrammet parkeringsplads med en levetid over 60 år: CO₂-emissioner

Levetid (år)	Varmforzinket stålkonstruktion (kg CO ₂ -ækvivalent)	Malet stålkonstruktion (kg CO ₂ -ækvivalent)	Besparelse ved varmforzinkning (kg CO ₂ -ækvivalent)
60	41,500	98,600	57,100
40	41,500	71,600	30,100
20	41,500	60,500	19,000

Varmforzinket system



Malesystem



De øverste dele af Eiffeltårnet bliver malet hvert 5. år og de nederste sektioner hvert 10. år



Hver ommaling påfører 60 tons maling, og 15-20 tons maling eroderes mellem hver genmaling



Fjernelse af al eksisterende maling før genmaling kan ikke udføres uden langvarige lukninger



Hver ommaling tilføjer ~ 40 tons maling - hvilket gør det 700 tons tungere end det tilsigtede design



25 malere, som bærer 1.500 sæt arbejdsredskaber og 1.000 par læderhandsker



Afhængige af 50 km sikkerhedslinjer og 8.000 m² sikkerhedsnet, 1.500 pensler og 5.000 slibeskiver



€4 millioner til seneste ommaling

EIFFELTÅRNET - EN VEDLIGEHOLESARV



Eiffeltårnets jerndele, som er opført i 1889, er blevet malet om 19 gange

Da Gustave Eiffel byggede sit berømte tårn i 1889 til den internationale udstilling og hundredårsfejringen af den franske revolution, var det planlagt at være en midlertidig konstruktion. Han kunne ikke vide, at det stadig ville stå som det højtelskede vartegn i Paris over 130 år senere.

Men denne levetid har haft sin pris. Eiffeltårnets jernkonstruktioner blevet malet 19 gange, og en vedligeholdelsesmæssig malercyklus tager 18 måneder til en pris på €4 millioner¹³. Omkostningerne til ommaling anslås til ~14 % af de nuværende byggeomkostninger for tårnet.

Men det er omkostningerne i form af ressourcer, risici for arbejdernes sikkerhed og de bygningsmæssige konsekvenser af denne gentagne ommaling, der ikke bliver set af de millioner af turister, der besøger denne ikoniske konstruktion. Med ~40 tons maling føjet til konstruktionen ved hver maling, vil de strukturelle konsekvenser af denne ekstra masse i sidste ende skulle løses.

I de seneste maleprogrammer har det været nødvendigt at begynde at fjerne alle 19 tidligere malingslag fra visse områder af tårnet for at bevare dets konstruktionsmæssige integritet.

En lektion for nutidens konstruktioner, som alt for ofte bygges uden holdbarhed og undgåelse af vedligeholdelse i tankerne.

BÆREDYGTIG LIVSCYKLUS FOR KONSTRUKTIONER I VARMFORZINKET STÅL

Der er betydelige reduktioner i livscyklusomkostninger og miljøpåvirkninger, når varmforzinket stål anvendes til konstruktioner.

Disse fordele er blevet kvantificeret i en undersøgelse foretaget af Federal Highway Research Institute (BAST) i Tyskland, der konkluderede, at varmforzinkede broer er betydeligt mere økonomiske og miljømæssigt fordelagtige end malede broer, når de betragtes i hele konstruktionens livscyklus¹⁴.

Undersøgelsen foretaget af University of Stuttgart og Karlsruhe Institute of Technology vedrørende en bro med en spændvidde på 45 meter, der er typisk for motorvejsoverføringer. Den forventede levetid var 100 år. I løbet af denne periode vil den malede bro gennemgå en fuldstændig udskiftning af sin malingsbelægning ved mindst to lejligheder. Den varmforzinkede stålbro vil ikke krævede vedligeholdelse.

Et overraskende resultat af denne undersøgelse var den meget betydelige

reduktion i indirekte omkostninger, der ellers opstår, når der er behov for omfattende vedligeholdelsesaktiviteter. Disse indirekte omkostningsfordele er endnu større end reduktionen i de direkte vedligeholdelsesomkostninger i livscyklussen.

Levetidens bæredygtighedsfordele ved varmforzinket stål er blevet påvist i lignende undersøgelser, herunder en værdifuld sammenlignende vurdering af Rossi et al.¹⁵, der viste, at livscyklusomkostningerne ved varmforzinkning opnås selv efter kortere konstruktionslevetid.

Herunder
**Galvaniseret bro over Rur,
Monschau, Tyskland**



Resumé af BAST-undersøgelsen af bæredygtigheden i stålbroers livscyklus

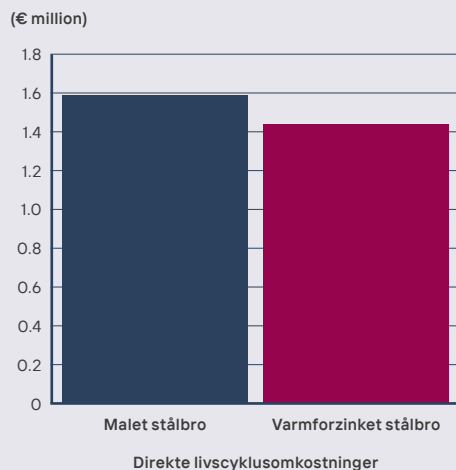
Livscyklusomkostninger over 100 års scenarie

Direkte

Montering, vedligeholdelse, reparation og nedlukning af hele konstruktionen

Økonomiske omkostninger - €

10 % reduktion med varmforzinket stål



Miljømæssige omkostninger

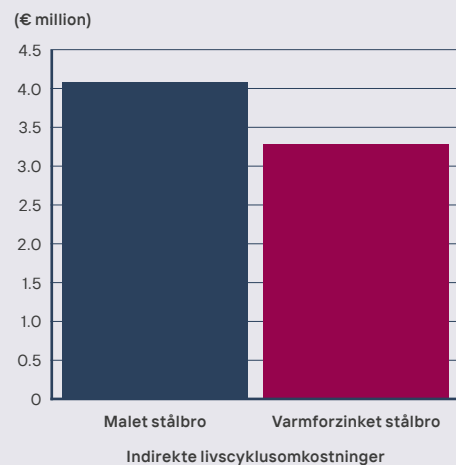
Reduktioner i alle påvirkningsindikatorer

Påvirkningsindikator	Besparelser med en varmforzinket stålbro
Globalt opvarmningspotentiale	5%
Ozonnedbrydningspotentiale	2%
Forsuringspotentiale	1%
Eutrofieringspotentiale	3%
Fotokemisk ozonskabelsespotentiale	40%
Primær energifterspørgsel	10%

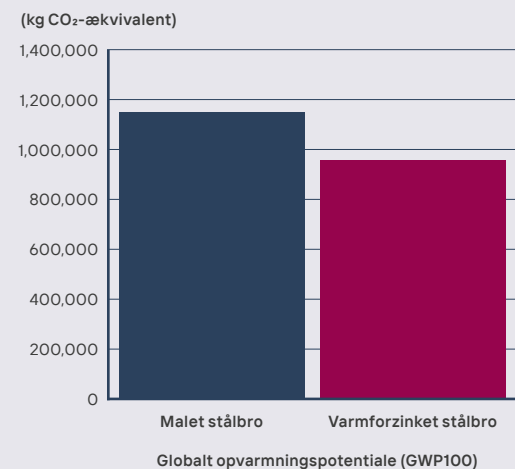
Indirekte

Konsekvenser af vedligeholdelse – herunder trafikforsinkelser, længere rejsetider og øget brændstofforbrug (også kaldet for 'eksterne omkostninger')

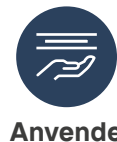
20 % reduktion med forzinket stål



Over 200.000 kg of CO₂ sparet



LYDLINCH BRIDGE – BYGGET I 1942 OG I GOD STAND



Allerede i 1942 overvejede Forsvarsministeriet skitseplaner for invasionen på D-dag. Hvor og hvornår landgangen ville finde sted, var tophemmelig, men invasionsstyrkens hurtige bevægelse til sydkysthavnene var en fælles faktor for alle alternativer.

En sådan rute, A357 gennem Dorset, skulle forbedres ved Lydlinch. Den maleriske, smalle stenbro over Lyden-floden kunne ikke modstå vægten af tunge kampvogne. I 1942 opførte den canadiske hærs ingeniører en midlertidig, varmforzinket stålbro Callender-Hamilton ved siden af den ældre konstruktion. Kampvognene og det tunge udstyr blev omdirigeret over den varmforzinkede bro på vej til Europa.

Broen var ikke beregnet til at blive en permanent konstruktion, men er forblevet i drift efter at være blevet overført til Dorset County Councils kontrol. Den har båret vejens østgående trafik lige siden.

Broen har kun oplevet mindre ændringer i sit oprindelige design, siden den blev opført. Der

blev udført reparation af trædækket i 1985 og 2009. Det eneste arbejde af strukturel betydning var at styrke broen i 1996 for at sætte den i stand til at overholde nye standarder for at bære 40 t lastbiler.

På det tidspunkt sagde Ted Taylor, Dorsets chefbroingeniør: *"Vi har ikke haft nogen reelle problemer med at sikre, at denne "midlertidige bro" er bragt op til den nye standard, og broen var i bemærkelsesværdig god stand"*.

Forstærkningen bestod af boltede 'T'-sektioner til de eksisterende tværgående dækbjælker og tilføjelsen af nogle langsgående bjælker, men de to vigtigste spær blev efterladt som de var i 1942. På nogle få afsnit, hvor der havde fundet en masse skæring og efterjustering af design sted, blev sektionerne omforzinket.

Broen blev besigtiget i 2014 og var i meget god stand.

De inspicerede komponenter omfattede de vigtigste diagonale spær,

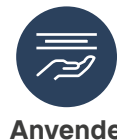


sammenføjningsplader og nogle bolthoveder. Den gennemsnitlige lagtykkelse på de diagonale spær varierede fra 126 μm til 167 μm . På pladesektionerne var den gennemsnitlige zinklagtykkelse 131 μm til 136 μm . På bolthoveder varierede den gennemsnitlige zinklagtykkelse fra 55 μm til 91 μm .

Efter at have startet livet som en midlertidig konstruktion er Callender-Hamilton broen ved Lydlinch stadig i god stand 78 år efter den første opførelse og kan forventes at eksistere i langt over 100 år.



JERNBANEBYGNING I BAYERN – 120 ÅR OG STADIG I FIN TILLSTAND



I juni 1898 idriftsatte Royal Bavarian State Railways den del af Ammersee Railway, der går fra Mering til Schondorf sammen med stationen i St. Ottilien. Stationsbygningen var en lille varmforzinket bølgeblikhytte der fungerede som både billetkontor og personalerum.

Med opførelsen af en ny stationsbygning i 1914 blev hytten stort set forældet og blev i 1925 forladt, omgivet af underskov i udkanten af en eng, hvor den blev brugt som ly for en vandpumpe indtil 1980'erne. I 2001 blev hytten

restaureret af munkene i St. Ottilien Archabbey. Restaureringen bestod hovedsageligt af rengøring af pladerne, og hytten er nu genindsat på St. Ottilien togstation, nær perronen.

Efter 120 års tjeneste er størstedelen af de varmforzinkede bølgeplader stadig stort set intakte - hvilket ubestridt er bevis på levetiden og fleksibiliteten ifm. varmforzinket stål i konstruktionen.



Venstre

Da den blev inspiceret i 2016 viste mange af de varmforzinkede stålplader stadig deres typiske 'zinkblomst', og lagtykkelsen blev målt til >90 µm

HVORDAN VARMFORZINKNING BESKYTTER STÅL



Toppen øverst

Nedsænkning i smeltet zink giver fuldstændig dækning af den varmforzinkede belægning

Foroven nederst

Varmforzinkede brobjælker afventer afsendelse

Batchforzinkning ifølge EN ISO 1461¹⁶ er et korrosionsbeskyttelsessystem for stål, hvor stålet bliver belagt med zink for at forhindre det i at ruste. Det er en enkel, men yderst effektiv proces, hvor afrensede jern- eller stålkomponenter dyppes i smeltet zink (som normalt er omkring 450° C). En række lag af zink-jernlegering dannes af en metallurgisk reaktion mellem jern og zink - hvilket skaber en stærk binding mellem stål og dets beskyttende lag.

En typisk dyppetid er omkring fire til fem minutter, men det kan være længere for tunge emner eller hvor zinken skal trænge ind i invendige hulrum. Ved hævnning fra zinkbadet deponeres et lag smeltet zink oven på legeringslaget. Ofte køler dette for at fremvise det lyse skinnende udseende, der typisk er forbundet med varmforzinkede stålprodukter.

I virkeligheden er der ingen afgrænsning mellem stål og zink, men en gradvis overgang gennem serien af legeringslag, der giver den metallurgiske binding. Forholdene i varmforzinkningsanlægget, såsom temperatur,

fugtighed og luftkvalitet, påvirker ikke kvaliteten af varmforzinkningsanlægget.

En af zinkens væsentligste egenskaber er den's evne til at beskytte stål mod korrosion. Stålets levetid og holdbarhed forbedres væsentligt, når det belægges med zink. Der er intet andet materiale, der kan give så effektiv og omkostningseffektiv beskyttelse af stål.

Når stål er ubeskyttet, korroderer det i næsten alle udsatte miljøer. Varmforzinkning stopper korrosion af stål på to måder - en fysisk barriere og elektrokemisk beskyttelse. Belægningen giver en kontinuerlig, uigennemtrængelig metallisk barriere, der ikke tillader fugt og ilt at nå stålet. Belægningen reagerer med atmosfæren for at danne en kompakt, vedhæftende patina, der er uopløselig i regnvand.

Den typiske lagtykkelse kan variere fra 45 µm til mere end 200 µm. Forskning gennem mange år har vist, at levetiden for denne barrierebeskyttelse er proportional med tykkelsen på zinkbelægningen. Med andre ord

vil en fordobling af lagtykkelsen fordoble belægningens levetid.

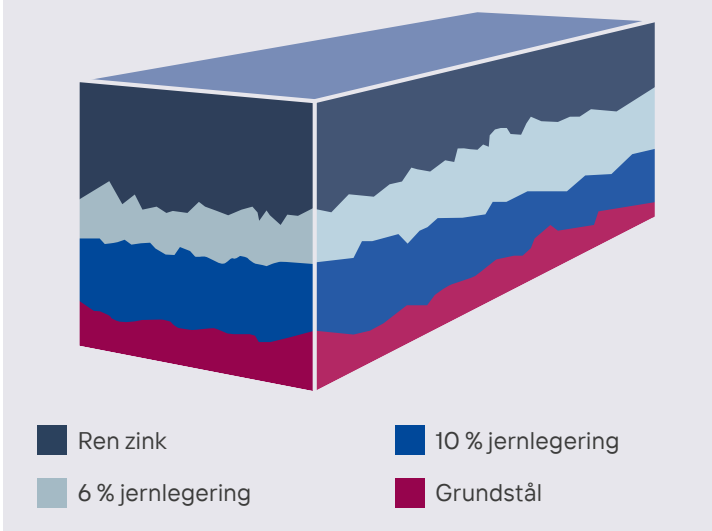
Zink beskytter også stål galvanisk. Når ubehandlet stål udsættes for fugt, såsom i et beskadiget område, dannes der en galvanisk celle. Zinken omkring skadepunktet korroderer frem for stål og danner korrosionsprodukter, der bundfælder på ståloverfladen og beskytter den. Der forekommer ingen sidelæns korrosion på skadesteder.

Legeringslagenes hårdhed er ofte betydeligt højere end det underliggende stål. Derfor giver varmforzinkning unik beskyttelse mod mekaniske påvirkninger. Varmforzinkning er 20 gange hårdere, 10 gange mere modstandsdygtig over for slid, 8 gange mere slagfast og har op til 4 gange højere vedhæftningsevne end et typisk malingsystem¹⁷. Stålkomponenter kan ruste i deres kanter, når de er malet eller lavet af stålplader, der er blevet belagt, før de skæres eller udformes. Dette er ikke tilfældet for batchforzinket stål. Varmforzinkning giver fuldstændig dækning og optimal kantbeskyttelse, da belægningen normalt bliver tykkere i hjørner og kanter.

Varmforzinkning yder fremragende kemisk og termisk modstand. pH-værdien er en vigtig faktor, der påvirker zinkbelægningers korrosionsadfærd i væsker. Ved en pH over 5,5 og under 12,5. udviser zinkbelægninger en stabil adfærd i opløsninger. Inden for dette interval dannes et beskyttende lag på zinkoverfladen, så korrosionshastigheden er meget lav. Den termiske modstand er ligeledes fremragende. Varmforzinkede stålkonstruktioner, såsom skilifte, i alpine regioner og på Antarktits' forskningsstationer er eksempler på ydeevne i ekstremt lave temperaturer.

Ved at neddyppe stål i smeltet zink beskyttes selv utilgængelige

Skematisk snit gennem en typisk varmforzinket belægning



områder mod korrosion. Varmforzinkning beskytter hule profiler indvendig såvel som udvendig.

Varmforzinkning forbedrer også brandmodstandsevnen i visse stålkonstruktioner¹⁸. Denne forbedring af brandmodstandsevnen er baseret på den reducerede emissivitet af varmforzinkede ståloverflader sammenlignet med normale ståloverflader. Emissivitet er et mål for, hvor meget et materiale udveksler termisk stråling med sit miljø. Især i den indledende fase af en brand fører et lavt niveau af emissivitet til en betydeligt forsinket opvarmning af komponenterne. Denne effekt, i kombination med andre aspekter af brandteknik, er ofte i stand til at opnå en påkrævet brandmodstandsvarighed og undgå overdimensionering af stålbjælker og søjler eller andre brandbeskyttelsesmetoder, der forbruger både energi og ressourcer.





GARSINGTON OPERA – PAVILLON, SOM KAN NEDTAGES



Genanvende



Garsington Operas flytning til Wormsley, en frodig engelsk pastoral ejendom mellem London og Oxford, har væsentligt opgraderet deres faciliteter i overensstemmelse med forventningerne hos operagæster fra det 21. århundrede. Den nye pavillon byder på fremragende akustik og en perfekt ramme til at opleve operaforestillinger af allerhøjeste kvalitet. Sommerpavillonen med 600 pladser er designet til at blive demonteret årligt inden for 3-4 uger og efterlader ingen permanente spor, når den fjernes.

Pavillonen blev bygget ved hjælp af præfabrikationsteknikker, der minimerede materialeaffald, sikrede et ensartet håndværksniveau, reducerede byggetiden på stedet og gjorde det muligt at samle/ demontere den varmforzinkede stålbygning så hurtigt og økonomisk som muligt.

Hele stålkonstruktionen var præfabrikeret og varmforzinket, hvilket giver en vedligeholdelsesfri, korrosionsbestandig beskyttende finish.

Den varmforzinkede belægning blev udvalgt pga. sin langsigtede beskyttelse - Garsington har en 15-årig lejekontrakt på stedet, og bygningen er designet til en levetid på mindst denne periode - og for dens holdbarhed, et centralt aspekt i betragtning af, at bygningen er designet til årligt at blive opstillet og demonteret. De mere langsigtede miljøaspekter ved en vedligeholdelsesfri belægning var også af afgørende betydning for designteamet.

Innovativ akustisk forskning fremmede brugen af en letvægtskonstruktion af varmforzinket stål og stof, der normalt ikke er forbundet med auditoriekonstruktion - alt sammen i stand til gentagne gange at blive rejst og demonteret uden beskadigelse af komponenterne.

Ovenfor

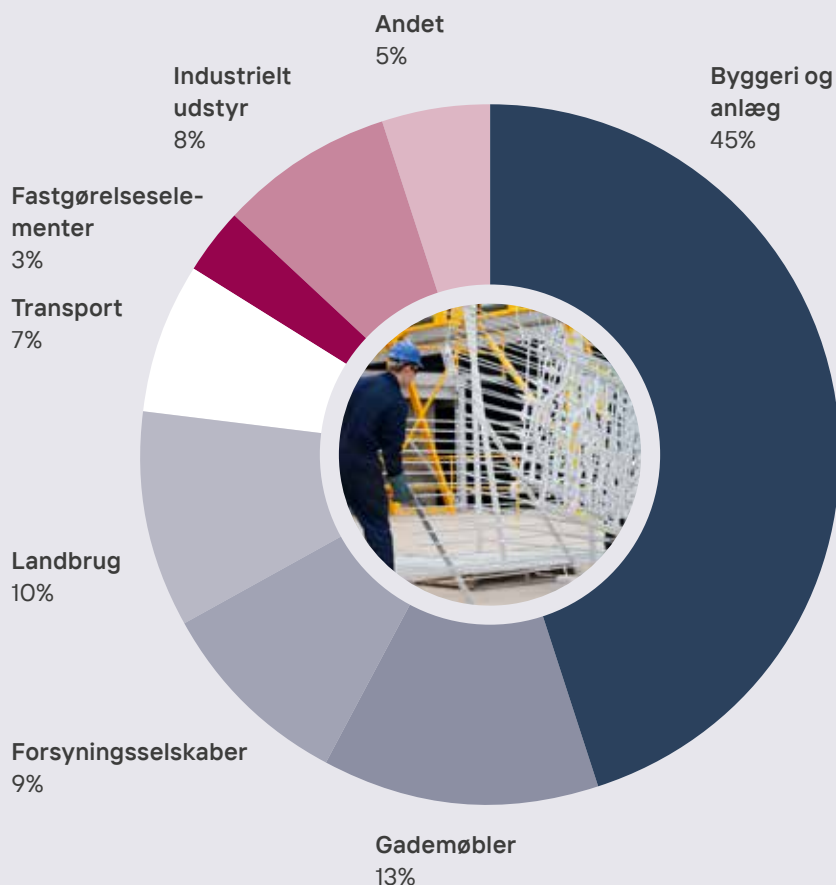
Forzinket stål letter den årlige opbygning og nedtagning af pavillonen

Højre

Operapavillonen danner ramme om forestillinger hele sommeren hvert år



Batchforzinkning, iht. EN ISO 1461, anvendes i vid udstrækning i byggeri, infrastruktur og fremstilling



Source: EGGA

1836

Første industrielle patenter til processen med varmforzinkning

~22,500

Personer, som er direkte beskæftiget

8 millioner

Tons stålprodukter, der årligt beskyttes

700

Varmforzinkningsanlæg opretholder varmforzinkning på lokalt plan i hele Europa



Især små eller mellemstore virksomheder skaber lokal beskæftigelse og social værdi



Kan anvendes til alt fra små fastgørelseselementer til store konstruktionsbjælker på mere end 20 meter i længden

VARMFORZINKNINGSBRANCHEN

Europas batchforzinkningsindustri er passende fordelt over hele kontinentet, hvilket sikrer, at forzinkningskapacitet er lokalt tilgængelig for fremstillings- og byggebranchen. Stål behøver ikke at tilbagelægge store afstande til et nærliggende varmforzinkningsanlæg, og det holder transportomkostningerne og miljøpåvirkningerne så lave som muligt.

Hvert anlæg er tilpasset efterspørgslen efter visse anvendelsesmuligheder og til at afspejle den lokale efterspørgsel. Mindre fabrikker specialiserer sig i lettere komponenter, mens større stålkonstruktioner konstruktionstålarbejde behandles på større fabrikker. Den naturlige udvikling i branchen har skabt en meget effektiv og konkurrencedygtig sektor.

Varmforzinkning benyttes til en lang række forskellige anvendelser. Selv om byggeriet skaber den største efterspørgsel, er der vigtige anvendelser af batchforzinket stål inden for vedvarende energi, transport, landbrug, forsyningselskaber og en række industrielle,

tekniske anvendelsesmuligheder. Hvor der anvendes stål, følger varmforzinkning efter.

Hovedparten af virksomhederne i varmforzinkningsbranchen er små eller mellemstore virksomheder, der ganske ofte er gamle familievirksomheder.

Anlæggene spiller en vigtig rolle for den lokale beskæftigelse og økonomiske udvikling i deres respektive områder. Det anslås, at den europæiske batchforzinkningsbranche beskæftiger ca. 22.500 mennesker og har en økonomisk værdi på € 3.200 millioner.

Varmforzinkning udføres altid i et industri anlæg, der indeholder alle faser af processen. Stål kommer ind i den ene ende af anlægget, og det færdigvarmforzinkede produkt kommer ud af den anden.

Det vigtigste råmateriale, zink, anvendes meget effektivt i varmforzinkningsprocessen. Dyppefunktionen sikrer, at zink, der ikke påføres stålet, forbliver i varmforzinkningsbadet. Zink, der oxiderer på overfladen af badet (kaldet »aske«), fjernes og genanvendes let (undertiden på samme sted). Slagge dannet i bunden af badet fjernes med jævne mellemrum og har også en høj markedsværdi for genanvendelse.

Energi er nødvendig for at opvarme Varmforzinkningsbadet og leveres normalt af naturgas eller i nogle tilfælde af elektriske ovne. Selv om varmforzinkningsbranchen ikke anses for at være blandt de mest energiintensive industrisektorer, har den gjort en stor indsats for at styre sin energiudnyttelse effektivt. I nogle lande har varmforzinkningsbranchen fastsat mål for energieffektivitet og tilskyndet til forbedret energistyring og ny teknologi for at nå disse mål. Eksempler på disse fremskridt er:

- Indførelse af solenergi til anlægs energibehov
- Forbedret brænderteknologi for at opnå større energieffektivitet
- Mere effektive låg till badenen (bruges under vedligeholdelse og/eller nedetid)
- Øget brug af spildvarme til opvarmning af forbehandlingskar
- El til transport og løft på stedet

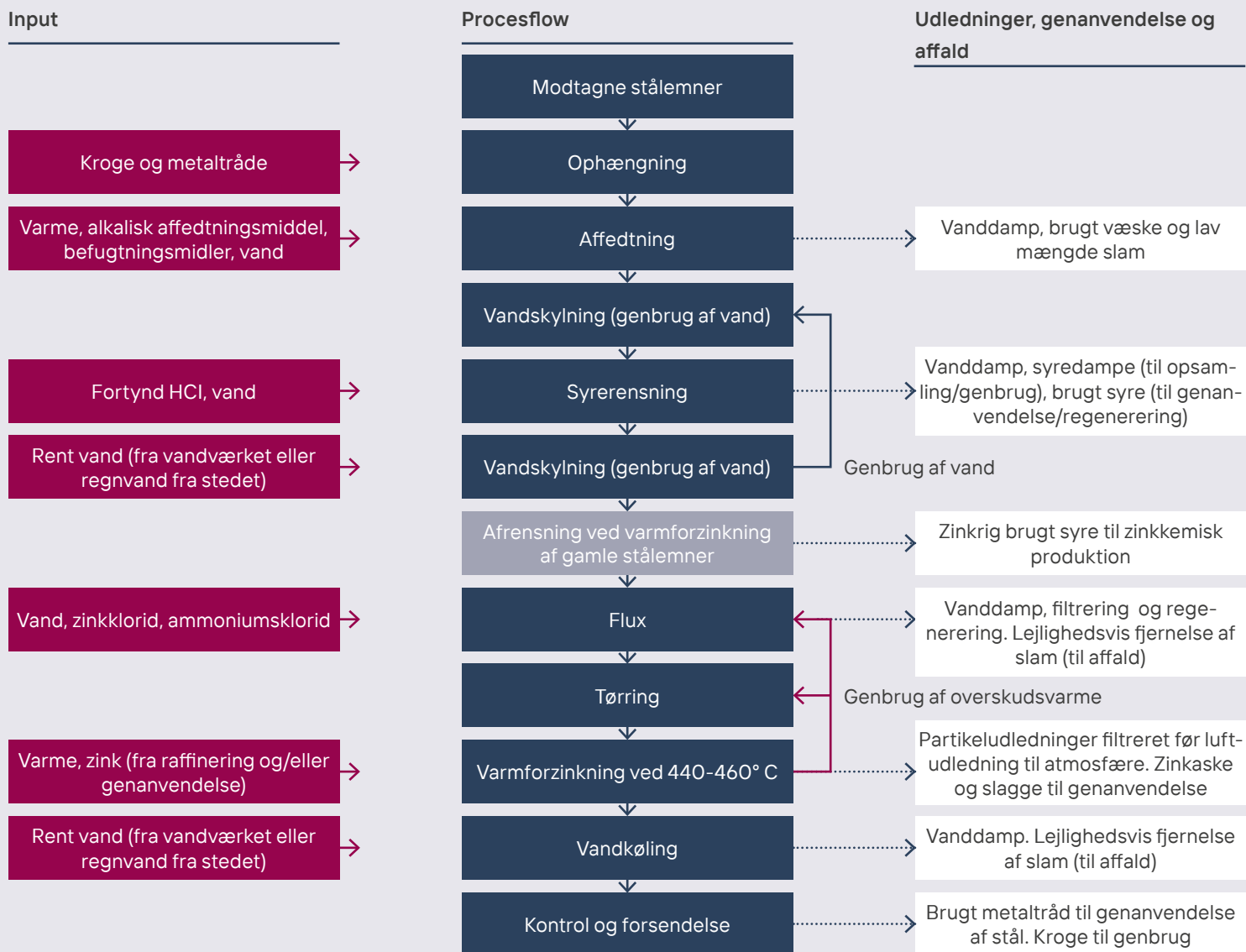
Udledninger i anlægget kontrolleres omhyggeligt for at undgå forstyrrelser eller problemer for det omkringliggende miljø. Varmforzinkningsanlæg er reguleret i henhold til EU's Direktiv om industrielle udledninger¹⁹, og en Referencenote om bedste praksis (BREF)²⁰ for varmforzinkning opfordrer til fælles kontrolniveauer i hele Europa.

Forbehandlingstrin i processen er primært rettet mod rengøring af stålemnerne. Procesmaterialer, såsom saltsyre og fluxopløsninger, har alle vigtige genanvendelses- og/eller regenereringsveje. For eksempel:

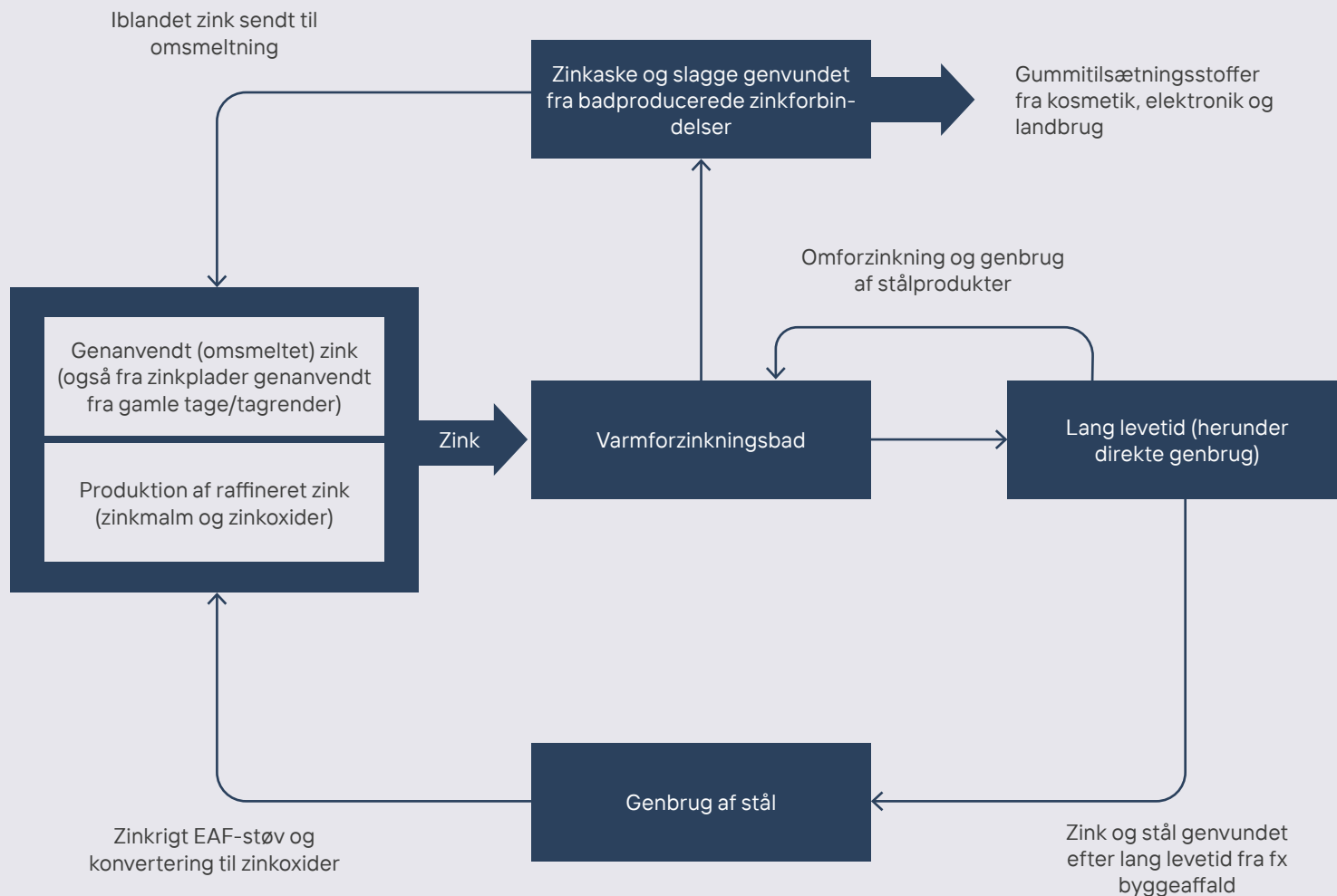
- Brugte saltsyreopløsninger anvendes til fremstilling af jernklorid til behandling af kommunalt spildevand
- Forbedret overvågning og vedligeholdelse af fluxtanke betyder, at disse sjældent bortskaffes til affald, og kun små mængder slam kræver periodisk bortskaffelse. Lukket fluxkredsløb til genanvendelse anvendes i mange anlæg
- Der er udviklet syrebaserede affedtningsmaskiner ved omgivelsestemperatur

Varmforzinkningsanlæg bruger relativt små mængder vand sammenlignet med andre belægningsteknologier. Faktisk er det meget sjældent, at et varmforzinkningsanlæg udleder spildevand. Alt vand, der genereres, kan returneres til processen, med kun lave mængder stabile faste stoffer sendt til ekstern bortskaffelse. I nogle tilfælde har det været muligt for varmforzinkningsanlæg at eliminere brugen af vandværksvand ved at indsamle regnvand, som falder på stedet.

Varmforzinkningsprocessen: Input, udledninger, affald og genbrugsstrømme



Strømme af genanvendt zink inden for varmforzinkningsprocessen og efter årtiers tjeneste



Fakta om zink

Verden er naturligt rig på zink, og metallet er inde i en moden og økonomisk attraktiv genbrugssløjfe.



Der genanvendes årligt
7 millioner tons



De kendte ressourcer
udgør 1.900 millioner tons



0,5 mio tons zink, anvendes
til batchvarmforzinkning, og
beskytter hvert år 8 millioner
tons stål i Europa



Der udvindes årligt 12 millioner
tons zink ved mineproduktion



Zink er det 23. mest udbredte
grundstof i jordskorpen



Alt i alt anvendes der samlet
19 millioner tons zink årligt

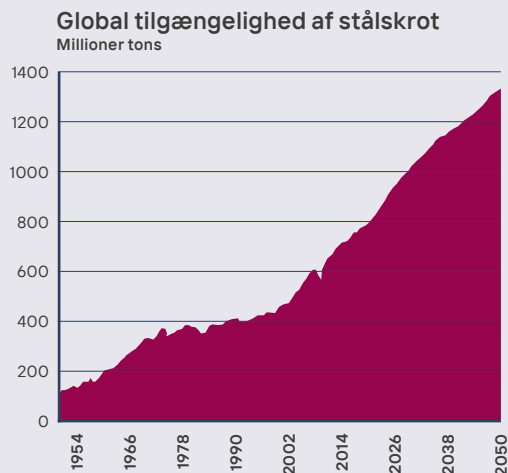
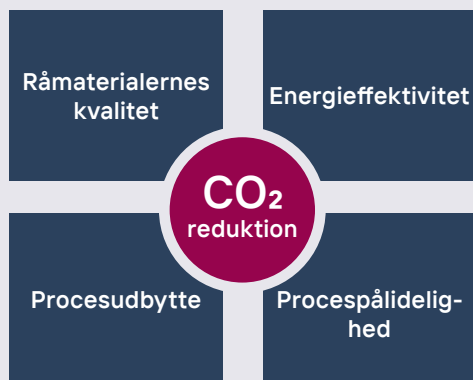
Kilde: International
Zinc Association;
US Geological
Survey; EGGA



Dekarbonisering af stålproduktionen

Stålproducenter sætter ambitiøse mål for CO₂-reduktion og investering i transformationsprojekter. World Steel Association samler verdens førende stålproducenter og taler for en 3-sporet tilgang, der ikke kun vil reducere CO₂-udledningerne men også vil bidrage til at skabe en mere bæredygtig drift af den globale økonomi:

Spør 1 – Reducerende påvirkning af effekt *Forbedring af driftseffektiviteten* - gennem en 4-trins effektivitetsgennemgangsproces ("Step Up").



Maksimer brugen af skrot – stål er allerede verdens mest genanvendte materiale, og den globale skrottilgængelighed forventes at nå op på en milliard tons i 2030, hvilket vil føre til yderligere reduktioner i CO₂ pr. produceret ton stål.

Banebrydende teknologi – revolutionering af stålproduktionen ved hjælp af brint til at erstatte fossile brændstoffer og CO₂-opsamling og lagring for at forhindre emissioner.

Spør 2 – Avancerede stålprodukter, der muliggør samfundsmæssig omstilling

Stål yder et enormt bidrag til at reducere udledningerne i andre sektorer – inden for mobilitet, vedvarende energi og nulenergibygninger.

Spør 3 – Fremme af materialeeffektivitet gennem den cirkulære økonomi

Stålindustrien arbejder sammen med sine kunder for at fremme en hel livscyklustilgang til stålprodukter og deres design og materialevalg.

Yderligere oplysninger:
www.worldsteel.org

MILJØMÆSSIG PRODUKTERKLÆRING

Miljødata vedrørende batchforzinkning er tilgængelige for brugere og politiske beslutningstagere

Livscyklusopgørelsesdata (LCI) er et vigtigt redskab til detaljeret undersøgelse af produkternes og tjenesternes miljøpåvirkninger i livscyklussen. LCI-data er imidlertid ikke lette for produktbrugere at fortolke, og det bliver nu mere og mere almindeligt at kommunikere miljøpræstationer gennem det enklere format af en miljøproduktklæring (EPD).

EGGA har udviklet en paneuropæisk LCI-undersøgelse af et gennemsnitligt varmforzinket stålprodukt. Det endelige resultat af dette arbejde var livscyklusopgørelsesdata for en batchforzinkningsproces, baseret på data indsendt af medlemmer af EGGAs nationale foreninger fra deres egne aktiviteter i henhold til ISO 14040/14044²¹. Det gennemsnitlige energiforbrug, ressourceforbrug og udledning emission af stoffer til miljøet som følge af en LCI af et repræsentativt udsnit af anlæg, der opererer på europæisk plan, blev beregnet i overensstemmelse med de definerede systemgrænser.

Varmforzinkning er en korrosionsbeskyttelse,

der kan leveres fra en række forskellige operatører, som ikke vil kunne identificeres på specifikationsstadiet i, eksempelvis, konstruktionsprojekter. En virksomheds EPD kan derfor være mindre nyttig for denne type korrosionsbeskyttelse. På denne baggrund udpegede EGGA det italienske konsulentfirma Life Cycle Engineering til at oprette et »sektorbestemt« EPD til varmforzinkning af stålprodukter.

EPD'en er baseret på en prøve, der dækker mere end 1 mio. tons af produktionen (~19 %) fra 66 virksomheder i 14 lande til anlæg, der blev anset for at være yderst repræsentative for den europæiske industri²².

I overensstemmelse med reglerne i det internationale EPD® system: PCR 2011:16 "Korrosionsbeskyttelse af forarbejdede stålprodukter"²³ præsenteres den angivne enhed (den referenceenhed, som resultaterne er relateret til) for 1 års beskyttelse af 1 m² stålplade af 8 mm tykkelse, beregnet på grundlag af levetiden på 63 år forudsagt af EN ISO 14713-1. Resultaterne viser, at de

miljømæssige belastninger ved varmforzinkning er en meget lille andel af det samlede produkt (~ 5% for globalt opvarmnings-potentiale).

Et forenklet resumé af EPD-resultaterne for de vigtigste miljøkonsekvensindikatorer, der kræves i PCR, er vist modsat. Du kan finde flere oplysninger om den fulde EPD på www.egga.com.

Varmforzinkningsbranchen arbejder også tæt sammen med stålkonstruktionsbranchen på nationalt plan for at sikre, at der foreligger gennemsigtige og solide miljødata for varmforzinkede stålprodukter, hvor det er nødvendigt:

- I Tyskland har [bauforumstahl e.V.](http://www.bauforumstahl.de) og [Industrieverband Feuerverzinken e.V.](http://www.industrieverband-feuerverzinken.de) samarbejdet om at udgive en EPD "Varmforzinkede stålkonstruktioner: Åbne valsede sektioner og tunge plader" i overensstemmelse med kravene i [Institut Bauen und Umwelt e.V.](http://www.institut-bauen-und-umwelt.de)²⁴
- I Holland har [Zink Info Benelux](http://www.zinkinfo.nl) samarbejdet med stålindustriens partnere om at medtage data om varmforzinket stål i den nationale Milieu Relevante Product Informatie (MRPI) database for byggematerialer.
- I Frankrig har [Galvazinc](http://www.galvazinc.com) udarbejdet en Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) til varmforzinket stål.

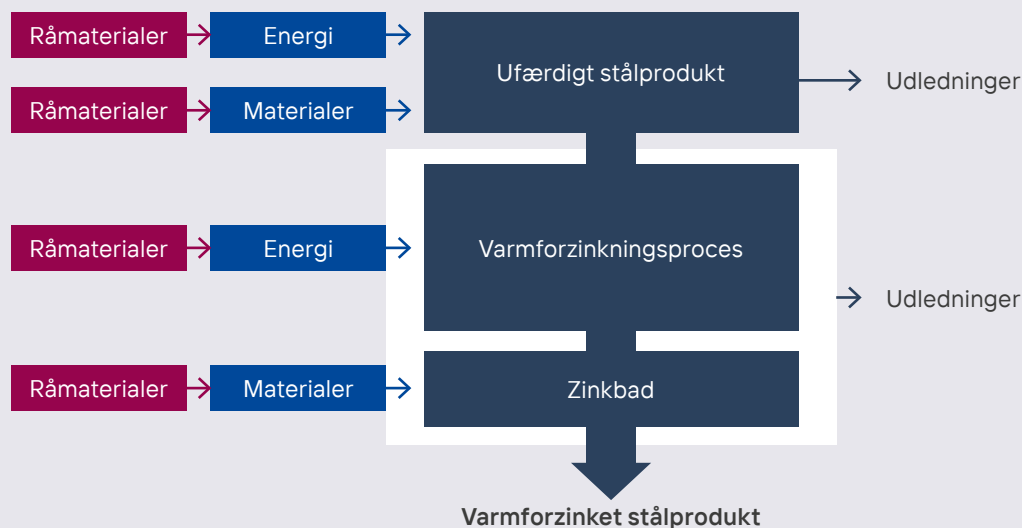
Grundlaget for EGGAs sektorspecifikke EPD for batchvarmforzinkning

Substrat	Stålblade med dimension 1 m x 1 m x 8 mm og en vægt på 62,4 kg
Varmforzinket lagtykkelse (iht. EN ISO 1461)	85 µm
Eksponeringsmiljø	Korrosionskategori C3 (som defineret i ISO 9223) med en gennemsnitlig zinkkorrosionshastighed på 1,35 µm om året
Forventet vedligeholdelsesfri levetid for zinklagtykkelsen	Minimum 63 år
Funktionel enhed (resultater)	Belastninger pr. år for beskyttelse

EGGAs sektorielle EPD-resultater (belastninger pr. år for beskyttelse af en 1 m x 1 m x 8 mm stålplade).

Miljømæssige påvirkningsindikatorer	Bidrag til varmforzinket stålprodukt fra varmforzinkning iht EN ISO 1461
Globalt opvarmingspotentiale, GWP [kg CO ₂ eq]	0,12
Ozonedbrydningspotentiale, ODP [kg CFC-11 eq]	1,28E-08
Fotokemisk ozonskabelse, POCP [kg C ₂ H ₄ eq]	3,50E-05
Forsuringspotentiale, AP [kg SO ₂ eq]	1,05E-03
Eutrofieringspotentiale, EP [kg PO ₄ eq]	9,30E-05
Udtømning af abiotiske ressourceelementer, ADP-elementer [kg Sb eq]	1,19E-05
Udtømning af abiotiske ressourcer-fossile, ADP-fossile brændstoffer [MJ]	1,55

EGGA livscyklusopgørelse for varmforzinket stål: systemoversigt



SUNDE BYGNINGER MED VARMFORZINKNING

Gennemsnitspersonen bruger kun 10 % af sin tid udendørs. Med 90 % af tiden brugt indendørs²⁵ er god indendørs luftkvalitet derfor vigtig for at kontrollere sundhedsrisici og opretholde produktiviteten på arbejdspladsen.

Flygtige organiske stoffer (VOC' er) som stammer fra byggematerialer, møbler og finish såsom malingsbelægninger spiller en væsentlig rolle i indendørs luftkvalitet. Politikerne bliver nu gjort opmærksomme på betydningen af indendørs luftkvalitet på grund af dens indvirkning på sundhed og velvære og den virkning, den kan have på præstation og produktivitet. Selv om det er vanskeligt at forbinde bestemte VOC'er eller produkter direkte med særlige helbredsmæssige klager, vokser beviset, og for nogle kemikalier er virkningerne kendt.

Som en inaktiv, metallisk zinkbelægning, der består af et naturligt forekommende essentielt element, er varmforzinket stål det perfekte valg til optimal indendørs luftkvalitet – hvilket eliminerer tilstedeværelsen af VOC'er og andre syntetiske materialer.



Zink – det sunde byggemateriale

Zink er afgørende for menneskers sundhed og afgørende for et sundt immunsystem



Zink forbedrer vores hukommelse og tænkning ved at interagere med andre kemikalier for at sende beskeder til det sensoriske hjernecenter. Zink kan også reducere træthed og humørsvingninger.

Fordi zink bruges til at generere celler, er det især vigtigt under graviditeten for det voksende foster, hvis celler hurtigt deler sig.



Hos kvinder kan zink hjælpe med at behandle menstruationsproblemer og lindre symptomer på præmenstruelt syndrom.

Zink er afgørende for smag og lugt. Det er nødvendigt for fornyelse af hudceller og for at holde vores hår og negle sunde.

Vi bruger zink i shampoo og produkter til solcreme.

Hos mænd beskytter zink prostata og hjælper med at opretholde sædkvalitet og mobilitet.



Zink har vist sig effektiv til bekæmpelse af infektioner og kan endda reducere varigheden og sværhedsgraden af forkølelse. Zinks rolle i at afbøde virkningerne af COVID-19 bliver mere og mere klar²⁶.

Zink hjælper med at holde os i gang... og nyde en sund aktiv livsstil. Blandt alle vitaminer og mineraler viser zink den stærkeste effekt på vores altafgørende immunsystem.

Zink er afgørende for at aktivere vækst hos spædbørn, børn og teenagere.

PLEASE BE SEATED



Genfremstille



Genanvende

Please Be Seated, består af en række stigende og faldende koncentriske cirkler, der giver bænke og buer til folk at sidde på og gå under. Det er et samarbejde mellem Arup og den britiske designer Paul Cocksedge om at omdanne Finsbury Avenue Square i Broadgate, London med en storstilet installation i lokalsamfundet, og det var en del af den årlige London Design Festival.

Den unikke installation bruger træ indkøbt fra genbrugte stilladsplanker og varmforzinkede stålstilladsstænger til at bringe fokus på genbrug og genanvendelse af byggeaffald.

Efter at være blevet flyttet fra Londons Broadgate er der planer om at genopføre anlægget i et nyt sted.

Denne unikke installation bruger genbrugte varmforzinkede stålstilladsstænger og træ fra genbrugte stilladsplanker



REFERENCER

¹ Galvanizing in Sustainable Construction: A Specifiers' Guide, Edited Prof. Tom Woolley, published by EGGA (2008) www.egga.com/publications/galvanizing-and-sustainable-construction-a-specifiers-guide/

² IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]

³ COM(2020) 563 final - Amended proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law)

⁴ COM/2019/640 final - Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - The European Green Deal

⁵ ec.europa.eu/environment/topics/circular-economy/levels_en

⁶ Steel - The Permanent Material in the Circular Economy, The World Steel Association, 2016. ISBN 978-2-930069-86-9

⁷ Circular Economy: Principles for Buildings Design (DG GROW), ec.europa.eu/docsroom/documents/39984

⁸ European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings, 1st Edition 2020, Ana M. Girão Coelho; Ricardo Pimentel; Viorel Ungureanu; Petr Hradil; Jyrki Kesti, Published by ECCS – European Convention for Constructional Steelwork

⁹ Verkenning duurzame geleiderail Spoor bestaand: Rapportage en advies na de gezamenlijke ketenverkenning in 2020, Versie 1.0, Sjoerd Jongsma; Tim Brockhoff; Joost Meijer (TwynstraGudde). (in Dutch) circulairemaakindustrie.nl/app/uploads/2020/07/Rapportage-Verkenning-Duurzame-Geleiderail-inc.-bijlage-1-en-2.pdf and <https://rwsinnoveert.nl/@216458/innovatieopgaven/>

¹⁰ <https://www.ce.nl/publicaties/1540/lca-resultaten-van-geleiderails> (in Dutch)

¹¹ Piret N L 'Processing of Zinc-bearing Iron and Steelmaking Residues - An Overview', Lead & Zinc 2010, Pb-Zn Short Course, COM 2010, Vancouver

¹² Ökobilanzieller Vergleich von Korrosionsschutzsystemen für Stahlbauten, Technische Universität Berlin, Berlin (2006)

¹³ www.toureiffel.paris/en/the-monument/painting-eiffel-tower

¹⁴ Kuhlmann, U.; Maier, Ph.; Ummenhofer, T.; Zinke, T.; Fischer, M.; Schneider, S. Untersuchung zur Nachhaltigkeitsberechnung von feuerverzinkten Stahlbrücken, Bergisch Gladbach, final report BASt Vorhaben FE 089.0291/2013, 2014.

¹⁵ Comparative life cycle cost assessment of painted and hot-dip galvanized bridges, B. Rossi, S. Marquart, G. Rossi. Journal of Environmental Management, 197 (2017) 41-49, Elsevier.

¹⁶ EN ISO 1461, Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles — Specifications and test methods

¹⁷ *Die Feuerverzinkung im Leistungsvergleich*, H. Gackenhaimer, GAV-Kolloquium (2003) (in German)

¹⁸ JIRKU, J. and WALD, F. Influence of Zinc Coating to a Temperature of Steel Members in Fire, Journal of Structural Fire Engineering, Vol 6, 2015

¹⁹ Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), OJL 334, 12 December 2010

²⁰ IPPC Reference Document on Best Available Techniques in the Ferrous Metal Processing Industry, 2001, European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau

²¹ ISO 14040, "Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework.

²² Environmental Product Declaration: Batch Hot Dip Galvanizing of Steel Products to EN ISO 1461 – European Average, International EPD System Certification Number S-P-00915. www.environdec.com/library/_?Epd=11877

²³ Product Category Rules 2011:16 Corrosion protection of fabricated steel products, Version 2.2, 2016-07-01. www.environdec.com/product-category-rules-pcr

²⁴ Hot-dip galvanized structural steel: Hot rolled steel sections and heavy plates bauforumstahl e.V. & Industrieverband Feuerverzinken e.V., EPD-BFS-20180167-IBG1-DE, Institut Bauen und Umwelt e.V. (2018) www.ibu-epd.com

²⁵ Schweizer, Christian & Edwards, Rufus & Bayer-Oglesby, Lucy & Gauderman, William & Ilacqua, Vito & Jantunen, Matti & Lai, Hak-Kan & Nieuwenhuijsen, Mark & Künzli, Nino. (2007). Indoor time-microenvironment-activity patterns in seven regions of Europe. Journal of exposure science & environmental epidemiology. 17. 170-81. 10.1038/sj.jes.7500490.

²⁶ The Potential Impact of Zinc Supplementation on COVID-19 Pathogenesis Inga Wessels, Benjamin Rolles and Lothar Rink. Frontiers in Immunology. 2020; 11: 1712

KILDEANGIVELSER OG TAK

Denne publikation er blevet muliggjort af de nationale sammenslutninger inden for European General Galvanizers Association, som har delt deres viden om varmforsinket stål i den cirkulære økonomi og samlet de casestudier, der illustrerer vejledningen. Dette er blevet understøttet af værdifulde oplysninger fra World Steel Association, European Convention for Constructional Steelwork og International Zinc Association.

Kildeangivelser for billeder

Omslag Ikiwaner CC BY-SA 3.0

6, 12 & 13 Lucas van der Wee

11 Rasmus Hjortshøj/COAST

16 & 17 Peris+Toral Arquitectes

19, 24 & 25 Pieter Kers - Beeld.nu

22 & 23 hammeskrause architekten bda

26 Jan Siefke (Below top), Jörg Hempel (Below bottom and left)

27 Christmann & Pfeifer

28 Mabey Bridge, Skate park gutesk7/Shutterstock.com

29 Ossip van Duivenbode

30 & 31 Maité Thijssen/Zink Info Benelux

32 FC Gramsbergen/Maité Thijssen/Zink Info Benelux

34 & 35 Charles Hosea Photography Limited

37 Rijkswaterstaat

39 Institut Feuerverzinken

EGGA udtrykker sin særlige påskønnelse af Bruno Dursin (Benelux), Holger Glinde (Tyskland) og Iqbal Johal (UK/Irland), som har samarbejdet om at indsamle, analysere og udarbejde de oplysninger, der er præsenteret i denne vejledning.

40 & 41 Tristan Fopma

44 & 45 Aretz Dürr Architektur

46 BeL - Sozietät für Architektur

49 Institut Feuerverzinken

50 & 51 Stéphane Compoin

52 Institut Feuerverzinken

54 & 55 Galvanizers Association

56 Institut Feuerverzinken /Flummi-2011 CC BY-SA 3.0

57 Galvanizers Association/Institut Feuerverzinken

59 Jan Siefke

60 Stephen Wright

61 Dennis Gilbert

62 Galvanizers Association

72 Greg Storrar

74 Mark Cocksedge

BEGREBER INDEN FOR CIRKULÆR ØKONOMI

Vurdering af livscyklus

Samling og evaluering af input, output og potentielle miljøpåvirkninger for et produktsystem i hele dets livscyklus

Levetidsomkostning

Metode til systematisk økonomisk evaluering af levetidsomkostninger i en given analyseperiode

Genbrug

Enhver nyttiggørelse, hvorved affaldsmaterialer genbehandles til produkter, materialer eller stoffer, hvad enten det er til originalformål eller andre formål

Renovering

Ændring og forbedring af et eksisterende bygge- og anlægsarbejde med henblik på at bringe det op på en acceptabel tilstand

Genfremstilling

Genfremstilling er processen med at tilbageføre et brugt produkt til i det mindste dets oprindelige ydeevne, der svarer til eller er bedre end den, der er produceret af det nyfremstillede produkt

Reparere

Tilbageførelse af et produkt, en komponent, en samling eller et system til en acceptabel tilstand ved fornyelse eller udskiftning af slidte, beskadigede eller nedbrudte dele

Omdefinering

Brug af en forældet genstand, som ejeren betragtede som affald, med en anden anvendelse helt forskellig fra den oprindelige

Genanvende

Enhver operation, hvorved produkter eller komponenter, der ikke er affald, anvendes igen til samme formål, som de er udtænkt til

YDERLIGERE OPLYSNINGER OM VARMFORZINKET STÅL

Norden

Nordic Galvanizers
www.nordicgalvanizers.com
info@nordicgalvanizers.com

Benelux

Zinkinfo Benelux
www.zinkinfobenelux.com
info@zinkinfobenelux.com

Frankrig

Galvazinc
www.galvazinc.com
info@galvazinc.com

Italien

Associazione Italiana Zincatura
www.aiz.it
info@aiz.it

Østrig

Fachverband Metalltechnische Industrie
www.fmmi.at

Polen

Polskie Towarzystwo Cynkownicze
www.portal-cynkowniczy.pl
office@portal-cynkowniczy.pl

Rumænien

Asociația Națională a Zincatorilor
www.anaz.ro

Spanien

Asociación Técnica Española de
Galvanización
www.ateg.es
galvanizacion@ateg.es

Tjekkiet og Slovakiet

Asociace českých a slovenských zinkoven
www.acsz.cz
info@acsz.cz

Tyrkiet

Genel Galvanizciler Derneği
www.galder.org.tr
info@galder.org.tr

Tyskland

Industrieverband Feuerverzinken e.V.
www.feuverzinken.com
info@feuerverzinken.com

UK and Ireland

Galvanizers Association
www.galvanizing.org.uk
ga@hdg.org.uk

Ungarn

Hungarian Hot Dip Galvanizers Association
www.hhga.hu



www.galvanizingeurope.org