

Forord

Norsk Betongforenings publikasjon nr. 37 Lavkarbonbetong (NB37) ble publisert første gang i 2015. Publikasjonen har hatt stort gjennomslag som referansedokument i prosjekter med miljøambisjoner og krav til klimagassutslipp. Publikasjonen tar kun for seg betongmaterialet, armering behandles ikke.

Publikasjonen er delt i to hoveddeler:

- A. Spesifikasjon
- B. Veiledning

Spesifikasjonsdelen gir klassegrenser med konkrete krav til klimagassutslipp for lavkarbonbetong, differensiert på betongens fasthetsklasser, og alle nødvendige forutsetninger for bruk og dokumentasjon av lavkarbonklassene. Veiledningen gir informasjon om hvilke begrensninger standarder og regelverk gir på klimagassbegrensende tiltak, hvordan klimagassreduksjoner kan dokumenteres, og hvilke tekniske egenskaper vi kan forvente hos lavkarbonbetong.

Ved valg av lavkarbonklasse for hver enkelt konstruksjonsdel må den som spesifiserer klassen først kartlegge lokal tilgjengelighet av lavkarbonbetong. De valgte lavkarbonklassene gir realistiske generiske verdier for klimagassutslipp som kan inngå i et foreløpig klimagassregnskap. Det blir deretter opp til entreprenør og betongleverandør å dokumentere at riktig lavkarbonklasse er oppnådd ved hjelp av en miljødeklarasjon (EPD) eller klimadeklarasjon (CPD). Disse dokumentene brukes også i det endelige klimagassregnskapet for prosjektet.

Siden 2015 har byggebransjens ambisjonsnivå, kunnskapsnivået, markedssituasjonen og dokumentasjonsverktøy vært i sterk utvikling. Publikasjonen ble derfor revidert første gang i 2019, deretter i 2020, i 2024, og nå sist i 2025.

I denne revisjonen, august 2025, er det gjort flere større endringer:

- Klassesystemet er tilpasset det formatet som er forventet å bli brukt i neste versjon av den europeiske betongmaterialstandarden EN 206. Dette betyr at hver klasse har navn etter oppnådd klimagassreduksjon sammenlignet med bransjereferansen. Kravene er fortsatt differensiert på betongens fasthetsklasser.
- Kravene i klassesystemet er tilpasset overgangen til netto GWP-rapportering for sement.
- Klassesystemet er utvidet for å gi rom for klimagassreduksjon oppnådd ved hjelp av CCS (Carbon Capture and Storage) eller CCU (Carbon Capture and Utilization). Kravene til dokumentasjon er også tilpasset dette.
- Det er opprettet et eget klassesystem for betonger med største nominelle tilslagsstørrelse 8 mm eller mindre. Dette erstatter den tidligere definisjonen av lavkarbon sprøytebetong.
- Mye av veiledningsstoffet om lavkarbonbetong er flyttet over til Norsk Betongforenings rapport nr. 11, «Betong med redusert klimagassutslipp».

Det totale antallet lavkarbonklasser er noe større enn tidligere.

Norsk Betongforenings publikasjon nr. 37 må forventes å bli revidert på nytt så snart det foreligger behov for dette. **Det er derfor viktig å bruke siste tilgjengelige versjon av denne publikasjonen ved spesifisering av lavkarbonbetong.**

Revisjonsarbeidet er utført av:

Sverre Smeplass (leder), Skanska
Nina Linn Rasmussen, Nye Veier
Tom Fredvik, Heidelberg Materials Sement Norge
Ingrid Hegseth, Multiconsult
Lars Busterud, Schwenk Norge
Silje Gystad Ytterdal, Betong Øst
Vibeke Heitmann Solheim, Heidelberg Materials Prefab
Øyvind Sæter, Unicon
Lise Bathen, Statens Vegvesen
Britt Blom Marstrander, Spenncon
Thomas Bø, Betong Norge

Innhold

DEL A SPESIFIKASJONER	4
A.1 Lavkarbonklasser	4
Konstruksjonsbetong	5
Finsats og sprøytebetong.....	6
A.2 Forutsetninger	8
Dokumentasjon.....	8
Sammenhengen mellom fasthetsklasse, bestandighetsklasse og lavkarbonklasse	8
Valg av lavkarbonklasse	10
Bransjereferanse.....	10
Materialsammensetning.....	11
Nivå på grenseverdiene	11
Spesielle forhold ved produksjon av finsats og sprøytebetong	12
DEL B VEILEDNING	14
B.1 Materialstandarden NS-EN 206 + NA.....	14
Innledning	14
Eksponeringsklassens påvirkning på klimagassutslipp	14
Type II tilsetningsmaterialer	15
K-verdi metoden	15
Bruksregler for Type II materialer	15
Utvidede bruksregler og fravik fra NS-EN 206+NA	15
Statens vegvesens betongspesifikasjoner SV-Standard, SV-Lavvarme, og SV-Kjemisk	16
B.2 Dokumentasjon av oppnådd lavkarbonklasse	17
Dokumentasjonsmetoder	17
Hva er en miljødeklarasjon (EPD)?.....	17
GWP	17
Netto-beregning av GWP for sement	18
Typer av EPDer.....	18
Hva er en klimadeklarasjon (CPD)?.....	19
EPD-generatoren lca.no	19
Klimadokumentasjon med CCS (Carbon Capture and Storage)-reduerte sementer og betonger	19
Etterspørsel etter EPD-dokumentasjon	20
B.3 Tekniske egenskaper.....	21
Innledning	21
Støpelighet	21
Silikastøv	21
Flygeaske	22
Slagg	22
Fasthetsutvikling, temperaturfølsomhet og vinterstøp	23
Bestandighet	24
B.4 Lavkarbon sprøytebetong og finsats	24
REFERANSER	26

DEL A SPESIFIKASJONER

A.1 Lavkarbonklasser

Lavkarbonbetong defineres som betong produsert i samsvar med reglene i NS-EN 206+NA /1/, der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet. Klimagassutslippet defineres og målsettes i denne sammenhengen som CO₂-ekvivalenter, der bidraget fra andre gasser enn CO₂ er vektet iht. GWP (Global Warming Potential) /2/.

Denne publikasjonen definerer klassegrenser for klimagassutslippet for konstruksjonsbetong med største nominelle steinstørrelse større enn 8 mm, samt finsats og sprøytebetong med største nominelle steinstørrelse i området 4-8 mm.

For spesialbetonger som for eksempel AUV-betong og lettbetong vil det være store begrensninger i hvor lavt klimagassutslipp som kan oppnås ved bruk av tradisjonelle virkemidler som å erstatte sement med restprodukter som silikastøv, flygeaske og slagg. Ved bruk av CCS- eller CCU-reduert sement (se nest siste avsnitt i kapittel B.2) kan imidlertid også AUV-betong produseres i de beste lavkarbonklassene. Lettbetong vil også kunne produseres med lave klimagassutslipp, men her vil klimagassutslippet til den spesifikke lettklinkeren i stor grad bestemme hvilken lavkarbonklasse som kan oppnås.

Ved valg av lavkarbonklasse skal den som spesifiserer klassen (ved prosjektering eller bestilling) ha satt seg inn i de begrensningene for valg av materialsammensetning som er gitt i NS-EN 206+NA, og andre begrensninger knyttet til spesialbetonger, og produksjon og bruk av lavkarbonbetong, se kapittel A.2. Det er også en forutsetning at betongprodusenten kjenner disse begrensningene, og varsler dersom det ikke er mulig å tilfredsstille kravet til lavkarbonklassen uten å fravike standarden, eller at bruk av lavkarbonklassen vil gi bruksegenskaper som kan gi redusert på kvalitet på sluttproduktet.

Klimagassutslippet oppgis for 1 m³ betong, og dekker livsløpet fra råvareuttak til den ferdigblandede betongen forlater blandeverkets fabrikkport (modul A1-A3 i NS-EN 15804+A2 /7/). Utslippet oppgis som antall kg CO₂-ekv. /m³ betong. Ved omregning av klassegrensene fra kg/m³ til kg/tonn brukes densiteten 2400 kg/m³. Dersom en betongsammensetning levert på en bestemt byggeplass skal kunne sies å tilhøre en lavkarbonklasse, må dette kunne dokumenteres slik det er angitt i kapittel A.2.

Klassesystemene for deklarerer av lavkarbonbetong er bygd opp etter samme mal som den som forventes publisert i kommende versjon av NS-EN 206+NA. Dette systemet avviker fra det som er brukt i tidligere versjoner av denne publikasjonen. De GWP-verdiene som er gitt som bransjereferanse og klassegrenser i tidligere versjoner av publikasjonen er ikke direkte sammenlignbare med de som er gitt her. Dette skyldes en endring i beregningsprinsippet for GWP-verdien for sement (netto-rapportering har erstattet tidligere brutto-rapportering), se mer om dette i kapittel A.2.

Konstruksjonsbetong

For konstruksjonsbetong med største nominelle steinstørrelse større enn 8 mm defineres åtte klasser lavkarbonbetong, der tallverdien i klassenavnet direkte gir redusert klimagassutslipp sammenlignet med bransjereferansen, målt i prosent.:

Lavkarbon 10R – kan vanligvis oppnås med ordinære flygeaske- og slaggsementer og små resepttekniske tiltak

Lavkarbon 20R - krever ofte bruk av spesielle resepttekniske tiltak

Lavkarbon 30R til 60R uten bruk av CCS eller CCU-reduerte sementer krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger som ikke kan forventes å være allment tilgjengelig, ei heller godkjent for bruk i alle bestandighetsklasser

Lavkarbon 70R til 80R kan bare oppnås ved bruk av bindemidler med CCS eller CCU -reduerte sementer, og disse betongene vil være godkjent for bruk i alle bestandighetsklasser

Klassene er definert med grenseverdier for deklarerte klimagassutslipp for fasthetsklasse B20-B65, slik disse er definert i NS-EN 1992-1-1+NA /3/ og NS-EN 206+NA /1/. Grenseverdiene for de åtte lavkarbonklassene er gitt i tabell 1.

Bransjereferansen som er oppgitt i tabell 1 er basert på et tilnærmet gjennomsnitt av betongsammensetninger produsert i Norge i 2022, der betongprodusent ikke har gjort tiltak for å redusere klimagassutslippet, og der sementen som er brukt har en GWP-verdi som tilsvarer gjennomsnittet for de sementtypene som ble solgt i det norske markedet i 2022 (konvertert fra brutto- til netto avregning av sementens GWP-verdi, se kapittel A.2 og B.2). Bransjereferansen kan brukes til å anslå besparelser i klimagassutslipp ved bruk av lavkarbonbetong.

Videre bør bruk av lavkarbonbetong vurderes opp mot andre tiltak som kan begrense klimagassutslippet for prosjektet, som f.eks. reduksjon av betongvolumet. Videre må lokal tilgjengelighet av lavkarbonbetong kartlegges. Dette er beskrevet videre i kapittel A.2.

Tabell 1. Lavkarbonbetongklasser for konstruksjonsbetong med grenseverdier for klimagassutslipp (begrenset til modul A1-A3 i NS-EN 15804:2012+A2:2019+AC:2021 /7/). Valg av klasse skal skje under de forutsetningene som er gitt i kapittel A.2.

Fasthetsklasse ¹⁾ og lavkarbonklasse	B20 ⁵⁾	B25 ⁵⁾	B30	B35	B45	B55	B65
Maksimalt tillatt klimagassutslipp, GWP-total [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]							
Bransjereferanse 2022 ⁶⁾	190	200	235	260	280	300	310
Lavkarbon 10R	171	180	212	234	252	270	279
Lavkarbon 20R	152	160	188	208	224	240	248
Lavkarbon 30R ²⁾	133	140	165	182	196	210	217
Lavkarbon 40R ²⁾	114	120	141	156	168	180	186
Lavkarbon 50R ²⁾	95	100	118	130	140	150	155
Lavkarbon 60R ²⁾	76	80	94	104	112	120	124
Lavkarbon 70R ³⁾	57	60	71	78	84	90	93
Lavkarbon 80R ⁴⁾	38	40	47	52	56	60	62

1. Se kapittel A.2 om sammenhengen mellom fasthetsklasser, bestandighetsklasser og lavkarbonklasser
2. Mulig nivå for flere typer materialsammensetning uten bruk av CCS- eller CCU- reduserte sementer. Gjennomførbarhet må avklares spesielt i de tilfellene standardverket ikke gir bruksregler for den aktuelle materialsammensetningen
3. Mulig nivå med CCS- eller CCU- reduserte sementer og lange transportavstander av betongens delmaterialer
4. Mulig nivå med CCS- eller CCU- reduserte sementer og moderate transportavstander av betongens delmaterialer
5. Kravene til de ulike lavkarbonklassene for betong i fasthetsklasse B20 og B25 forutsetter tilstrekkelig avstemming av fasthetsklassen og bestandighetsklassen. Dersom disse fasthetsklassene kombineres med bestandighetsklasser strengere enn M90 kan det i praksis bli svært vanskelig å tilfredsstille klassegrenser strengere enn Lavkarbon 30R uten bruk av CCS- eller CCU-reduisert sement
6. Se forklaring av bransjereferanse tidligere i dette kapittelet og i kapittel A.2.

Finsats og sprøytebetong

De klassegrensene som er gitt i tabell 1 kan ikke brukes for betongsammensetninger med største nominelle tilslagsstørrelse 8 mm eller mindre (finsats og sprøytebetong). For finsats og sprøytebetong defineres derfor fem klasser lavkarbonbetong, «Lavkarbon D8», der tallverdien i

klassenavnet direkte gir redusert klimagassutslipp sammenlignet med bransjereferansen for finsats sprøytebetong, målt i prosent. Klassegrensene er gitt i tabell 2.

Klassene er definert med grenseverdier for deklarerte klimagassutslipp for fasthetsklassene B30, B35 og B45, slik disse er definert i NS-EN 1992-1-1+NA /3/ og NS-EN 206+NA /1/.

Finsats og sprøytebetong kan deklarerer som «Lavkarbon D8» dersom det foreligger dokumentasjon på at betongen tilfredsstiller de kravene om maksimalt tillatte klimagassutslipp, GWP-total [kg CO₂-ekv. pr m³ betong] som er gitt i tabell 2:

Tabell 2. *Lavkarbonbetongklasser for finsats og sprøytebetong med grenseverdier for klimagassutslipp (begrenset til modul A1-A3 i NS-EN 15804:2012+A2:2019+AC:2021 /7/). Valg av klasse skal skje under de forutsetningene som er gitt i kapittel A.2*

Fasthetsklasse og lavkarbonklasse	B30	B35	B45
Maksimalt tillatt klimagassutslipp, GWP-total [kg CO ₂ -ekv. pr m ³ betong]			
Bransjereferanse D8	260	300	330
Lavkarbon D8 20R	208	240	264
Lavkarbon D8 30R ¹⁾	182	210	231
Lavkarbon D8 50R ¹⁾	130	150	165
Lavkarbon D8 60R ¹⁾	104	120	132
Lavkarbon D8 80R ²⁾	52	60	66

1. Mulig nivå for flere typer materialsammensetning uten bruk av CCS- eller CCU- reduserte sementer. Gjennomførbarhet må avklares spesielt i de tilfellene standardverket ikke gir bruksregler for den aktuelle materialsammensetningen
2. Mulig nivå med CCS- eller CCU- reduserte sementer

Se kapittel A.2 og B.4 for allokeringsregler for tilsetningsstoffer og fiber ved produksjon og dokumentasjon av lavkarbon sprøytebetong.

A.2 Forutsetninger

Dokumentasjon

Dersom en betong produsert ved et gitt produksjonsanlegg skal kunne sies å tilhøre en lavkarbonklasse, må dette kunne dokumenteres ved framlegging av miljødeklarasjon (EPD) eller 3. parts verifisert klimadeklarasjon (CPD), for den aktuelle betongsammensetningen. Klimagassdokumentasjonen skal dekke livsløpet fra «vugge til port», dvs. frem til og med produksjon i blandeverket (modul A1-A3 i NS-EN 15804+A2 /7/), og skal også inkludere verdien for transporten for en (1) kilometer, slik at prosjektene kan beregne transportbidraget fram til aktuell byggeplass. Klassegrensene for lavkarbonbetong gjelder uten transportbidraget til byggeplass. Gjennomsnitts-EPDer med gyldighet for flere produkter kan ikke brukes for klassifisering av lavkarbonbetong iht. NB37, se kapittel B2.

EPDer kan framlegges som publisert eller prosjektspesifikk EPD eller P-EPD (Prospective EPD). Videre i publikasjonen benyttes generelt begrepet EPD for alle disse fire variantene. Betong-produsentene vil ha et begrenset antall publiserte EPDer, så de fleste EPDene som sendes til prosjekter som etterspør dette, vil være prosjektspesifikke.

EPDer publiseres hos EPD-Norge. CPDer publiseres ikke hos EPD-Norge. CPD sidestilles med EPD som dokumentasjon dersom alle delmaterialene i betongen har bakgrunnsdata basert på EPD iht. NS-EN 15804+A2 /7/ eller LCA databaser. Dersom betongen inneholder et eller flere delmaterialer der bakgrunnsdata ikke er basert på EPD eller LCA databaser, skal betongen i tillegg til CPD dokumenteres med 3. parts verifiserte sertifikater som angir GWP-verdier eller GWP-besparelser for de aktuelle delmaterialene. Se mer om EPD og CPD i kapittel B.2.

Dersom GWP-besparelsene er oppnådd i CCS- (Carbon Capture and Storage)- eller CCU- (Carbon Capture and Utilization) prosesser som inkluderer massebalansert allokering er det en forutsetning at allokeringen begrenses til produkter fra det produksjonsstedet der karbonfangst-prosessen er gjennomført.

En EPD eller CPD er gyldig for et spesifikt produkt, og produktet anses som dokumentert så lenge betongsammensetningen ikke justeres mer enn at klimagassutslippet endres med maksimalt $\pm 5\%$ i forhold til deklart verdi. Om et prosjekt mottar betong fra en produsent som leverer fra flere betongfabrikker, kan det være tilstrekkelig at det utarbeides dokumentasjon for betongsammensetningen på en av fabrikkene. Denne dokumentasjonen er gyldig for identisk produkt fra de andre fabrikkene (betong med samme bindemiddelsammensetning og samme spesifiserte fasthetsklasse og bestandighetsklasse) forutsatt at klimagassutslippet ikke avviker med mer enn $\pm 5\%$ fra klimagassutslippet for den deklarte sammensetningen.

Sammenhengen mellom fasthetsklasse, bestandighetsklasse og lavkarbonklasse

Ved prosjektering av betongkonstruksjoner er det de lokale eksponeringsforholdene og påkjenningsmekanismene som bestemmer valget av eksponeringsklasse, og dermed bestandighetsklassen for den aktuelle konstruksjonsdelen. Den prosjekterende kan likevel fritt velge fasthetsklasse med de forutsetningene som legges til grunn for lastpåvirkning, spennvidder, tverrsnittsutforming, armeringstype og -mengde, og andre forhold.

NS-EN 1992-1-1+NA /3/ angir at «ved prosjekteringen bør det legges til grunn en realistisk forventet fasthet for den aktuelle bestandighetsklassen som benyttes». Standarden angir også som en veiledning minste forventede fasthetsklasse for hver bestandighetsklasse. Denne anvisningen har som hensikt å sikre at prosjektert armeringsmengde er tilpasset betongens reelle fasthets- og stivhetsegenskaper. Dersom konstruksjonen prosjekteres med en fasthetsklasse som er vesentlig lavere enn den fastheten som naturlig følger av valget av bestandighetsklasse, kan dette føre til at konstruksjonen utføres med for liten mengde fordelingsarmering.

Et eksempel på en uheldig kombinasjon av fasthets- og bestandighetsklasse kan være B30 M40. For de fleste valg av bindemiddeltype vil dette gi en betong som tilfredsstiller fasthetsklasse B45 eller B55, og som dermed bør prosjekteres som dette av hensyn til nødvendig armeringsmengde. For betongleverandøren kan det med den angitte kombinasjonen også bli svært vanskelig å tilfredsstille kravet til klimagassutslipp i lavkarbonklassene, fordi bindemiddelmengden i en slik betong er høyere enn normalt for fasthetsklasse B30.

Det er uproblematisk både for den prosjekterende og betongprodusenten at kravet til fasthetsklasse settes høyere enn det som naturlig følger av kravet til bestandighetsklasse. Kombinasjonene B30 M90 eller B35 M90 er helt i tråd med forutsetningene i NS-EN 1992-1-1+NA, og gir heller ikke spesielle utfordringer mht. kravene til lavkarbonklassene.

Valg av riktig fasthetsklasse kan i noen tilfeller ha nesten like stor effekt på klimagassregnskapet som valg av lavkarbonklasse. Det bør derfor ikke prosjekteres en høyere fasthetsklasse enn det som er strengt nødvendig for bruksformålet. Tabell 1 viser at kravet til klimagassutslipp for en B30-betong i Lavkarbon 20R er omtrent det samme som kravet til en B25 i Lavkarbon 10R. Med andre ord kan av klimagassutslippet reduseres like mye ved å gå ned en fasthetsklasse som ved å bruke resepttekniske tiltak for å oppnå en bedre lavkarbonklasse.

Ved bruk av fasthetsklassen B20 og B25 kan det være krevende å tilfredsstille kravene til Lavkarbon 30R eller bedre dersom betongen er prosjektert og spesifisert i eksponeringsklassene XC 1-4, og dermed bestandighetsklasse M60. Se fotnote 3 i tabell 1.

Valget av eksponeringsklasse har generelt betydning for klimagassregnskapet. Konstruksjonsdeler som egentlig hører hjemme i eksponeringsklasse X0 (tørre, oppvarmede rom innendørs iht. NS-EN 1992-1-1+NA, tabell 4.1) blir ofte rutinemessig prosjektert i eksponeringsklasse XC1, XC2, XC3 eller XC4. Dette utløser krav om bruk av bestandighetsklasse M60, selv om bestandighetsklasse M90 egentlig vil være tilstrekkelig. Dette fører i sin tur til at fasthetsklassen spesifiseres som B30, fordi denne fasthetsklassen oppfattes som sammenhørende med bestandighetsklasse M60 for alle aktuelle bindemiddelalternativer.

I mange tilfeller er fasthetsklasse B20 eller B25 tilstrekkelig for å ivareta bæreevnen i disse konstruksjonsavsnittene. En god del av den betongen som spesifiseres som B30 M60 kunne dermed ha vært spesifisert som B25 M90, med en betydelig klimagevinst.

Dersom en konstruksjonsdel er utsatt for klorider, og dermed hører hjemme i en av eksponeringsklassene XD1-3 eller XS1-3, er det viktig at den prosjekterende velger en fasthetsklasse som ikke er lavere enn det som naturlig følger av kravet til bestandighetsklasse, se det første avsnittet i dette kapitlet.

Valg av konstruksjonsutforming, spennvidder og tverrsnittsdimensjoner har stor betydning for det totale betongforbruket, og dermed på klimagassregnskapet. Dette bør også tas med i vurderingen når ambisjonsnivået mht. klimagassutslipp skal defineres.

Valg av lavkarbonklasse

De kombinasjonene av lavkarbonklasse og fasthetsklasse som det er gitt grenseverdier for i tabell 1 er ikke nødvendigvis tilgjengelig fra alle leverandører eller i alle regioner i Norge. Hvilken klimagass-reduksjon som kan oppnås lokalt er avhengig av parametere som:

- Tilgjengelighet av aktuelle bindemiddeltyper
- Tilslagskvalitet
- Transportavstand av råvarer til betongfabrikk
- Kompetanse og erfaring hos betongleverandør

Det er derfor viktig at den prosjekterende kartlegger mulige lokale begrensinger før det blir satt konkrete krav til klimagassutslipp i form av spesifiserte lavkarbonklasser i produksjonsunderlaget.

Dersom betongen i hulldেকেelementer skal klassifiseres som lavkarbonbetong iht. denne publikasjonen, og produsenten ikke har oppgitt fasthetsklasse etter NS-EN 1992-1-1+NA og NS-EN 206+NA, skal grenseverdiene for lavkarbonklassene settes som for fasthetsklasse B45 i tabell 1.

Bransjereferanse

Bransjereferansen er basert på et tilnærmet gjennomsnitt av betongsammensetninger produsert i Norge i 2022, der betongprodusenten ikke har gjort tiltak for å redusere klimagassutslippet. Det er tidligere tatt hensyn til forskjellene i GWP-verdier for hovedsementene fra de tre sementleverandørene i det norske markedet ved å bruke et gjennomsnitt for sementene, vektet mht. markedsandel. I denne revisjonen er bransjereferansen direkte basert på gjennomsnittsverdien for GWP for sementtypene. Dette gir litt høyere verdier for bransjereferansen enn i tidligere utgaver av publikasjonen.

Sementprodusentene i det skandinaviske markedet har inntil 2025 dokumentert klimagassutslippene fra sementproduksjonen med EPDer der sementens GWP-verdi inkluderer utslippsverdiene fra forbrenning av alternativt fossilt brensel, dvs. fossilt avfall fra andre industrier (brutto GWP rapportering). Denne praksisen har bakgrunn i historisk manglende sporbarhet for det alternative brensløst. Slik sporbarhet er nå etablert, og sementleverandørene i det skandinaviske markedet har derfor besluttet å følge «polluter pays»-prinsippet slik det er beskrevet EN 15804, dvs. utslippet tillegges det produksjonssystemet som har generert avfallet (netto GWP-rapportering). Dette harmonerer også med vanlig praksis i de fleste land i EU/EØS-området.

Denne endringen fører til at rapportert GWP-verdi (A1-A3) for sementproduktene reduseres med 10-25%. Bransjereferansen i klassifiseringssystemene for lavkarbonbetong i denne publikasjonen er redusert tilsvarende, dvs. med utgangspunkt i middelverdien for sementene fra de tre leverandørene.

Norsk sement- og betongbransje har i de siste årene ellers gjort betydelige tiltak for å redusere klimagassavtrykket for sement og betong. Bransjereferansen er derfor betydelig lavere i denne

versjonen av publikasjonen enn den var ved første gangs utgivelse i 2015. Selv når det tas hensyn til endringen i metodikken for avregning av GWP-verdi for sement har tiltakene bidratt til betydelig lavere utslipp.

Det er lokale og regionale forskjeller i klimagassutslippet for en og samme betongtype, delvis pga. forskjeller i lokal tilslagskvalitet, delvis pga. ulik transportavstand for bindemidlene. Dette betyr at enkelte produsenter vil kunne ha en ordinær produksjon som har klimagassutslipp en del lavere enn bransjereferansen, og som dermed har et meget godt utgangspunkt for å tilfredsstille kravene til de åtte lavkarbonklassene.

Materialsammensetning

Betongsammensetningen forutsettes å tilfredsstille kravene i NS-EN 206+NA /1/ for alle lavkarbonklassene. Standardens avsnitt NA.5.2.5.2.2 til NA.5.2.5.2.4, og tabell NA.12 gir regler for blandingssementer, og oppgir grenseverdier for dosering av pozzolaner (silikastøv og flygeaske) og hydrauliske bindemidler (slagg) i de ulike bestandighetsklassene. Det er også gitt regler for hvordan pozzolaner og hydrauliske bindemidler skal regnes inn i betongens masseforhold ved kontroll av kravene til bestandighetsklassene. Dette er omtalt videre i kapittel B.1.

Ved full eller delvis bruk av sement der det er allokert CCS- eller CCU-effekter er det vanligvis ikke nødvendig å bruke sement med lavt klinkerinnhold, en høy andel erstatningsmaterialer eller andre resepttekniske virkemidler for å oppnå høy karbonreduksjon, og dermed tilfredsstille kravene til alle lavkarbonklassene. Det kan likevel være tekniske eller kostnadmessige fordeler ved å bruke slike virkemidler i kombinasjon med CCS- eller CCU-redusert sement.

Fravik fra standardens regler for materialsammensetning medfører et utvidet ansvar for produsenten, og skal som et minimum avklares med byggherren. Dersom betongprodusenten velger å fravike standardens regler for å oppnå en gitt lavkarbonklasse skal dette angis på følgeseddelen. Dette er omtalt videre i kapittel B.1.

NS-EN 206+NA gir mulighet til å dokumentere samsvar med kravene til bestandighetsklassene ved direkte funksjonsprøving av aktuelle bindemiddelsammensetninger. En slik dokumentasjon er omfattende og skal gjennom en vurdering av et sertifiseringsorgan før betongen kan produseres. Der slik dokumentasjon er utført vil det kunne settes andre krav til masseforhold, og andre regler for bruk av silikastøv, flygeaske og slagg enn det som er gitt som preaksepterte løsninger i standarden.

I bestandighetsklassene MF45 og MF40 (frostbestandig betong) er det ikke gitt regler for en del av de bindemiddelkombinasjonene som kan være aktuelle ved produksjon av lavkarbonbetong i klassene Lavkarbon 30R til 50R. NS-EN 206+NA, tabell NA.14 gir imidlertid mulighet til å dokumentere frostbestandighet for slike bindemiddelkombinasjoner.

Nivå på grenseverdiene

Lavkarbon 60R tilsvarer omtrent det karbonreduksjonsnivået det er praktisk mulig å oppnå for konstruksjonsbetong med de bindemidlene som er allment tilgjengelig i det norske markedet i dag, når vi ser bort fra sementer som har fått allokert CCS eller CCU-effekter.

Det er som regel også nødvendig å bruke tradisjonelle proporsjonerings-tekniske virkemidler for å holde bindemiddelmengden nede. Dette betyr at det kan være nødvendig å bruke relativt mye grovt tilslag. Såkalte «reduerte betongsammensetninger», dvs. betong med mye sand og lite stein har

normalt et noe høyere bindemiddelvolum, og vil dermed ha et dårligere utgangspunkt for å tilfredsstille grenseverdiene for lavkarbonklassene. Effekten på klimagassutslippet av vanlige resepttekniske tiltak og virkemidler er vist i Norsk Betongforenings rapport nummer 11 "Betong med redusert klimagassutslipp".

Dersom vi ser bort fra betong der det er brukt sement som har fått allokert CCS- eller CCU- effekter kan Lavkarbon 40R til 60R bare oppnås ved bruk av spesielle sementtyper, eller ved tilsetning av store mengder slagg eller flygeaske, gjerne i kombinasjon med en stor mengde silikastøv. Dette krever god innsikt i standardens regler for bruk av slike materialer, og spesielt reglene for kontroll av samsvar med spesifisert masseforhold for de ulike bestandighetsklassene. Dette er omtalt videre i kapittel B.1.

Grenseverdien for Lavkarbon 40R tilsvarer i praksis det laveste klimagassnivået det er mulig å oppnå ved kombinert bruk av flygeaske og silikastøv som tilsetningsmateriale innenfor de rammene som er gitt i NS-EN 206+NA. Tilsvarende vil grenseverdien for Lavkarbon 60R være det nivået det er praktisk mulig å oppnå ved bruk av slagg som tilsetningsmateriale, eller bruk av sementtyper med høyt slagginnhold.

Det er enklest å tilfredsstille kravet til Lavkarbon 40R eller Lavkarbon 50R for konstruksjonselementer i eksponeringsklasse X0, og dermed bestandighetsklasse M90, fordi denne bestandighetsklassen gir moderate krav til sammensetning av bindemidlet, sammenlignet med de strengere bestandighetsklassene.

Lavkarbon 70R og 80R kan bare oppnås ved bruk av CCS- eller CCU-reduerte sementer og disse betongene vil kunne tilfredsstille kravene til materialsammensetning i alle bestandighetsklassene. Betongprodusenter som har lange transportavstander av delmaterialene eller klimagassintensiv produksjon, vil normalt oppnå Lavkarbon 70R som den beste klassen. For produsenter med moderate transportavstander vil normalt Lavkarbon 80R oppnås, og for de produsentene med de beste rammebetingelsene vil klimagassreduksjon ned mot 90 % være oppnåelig.

Når fiber tilsettes betongen for å oppnå en armeringseffekt, vil det være naturlig å utelate fiberen i beregningen av betongens GWP-total, og dermed ved dokumentasjon av oppnådd lavkarbonklasse. Fiber må dermed inkluderes i klimagassregnskapet for prosjektet på samme måte som stangarmering. Dette gjelder også om polypropylen-fiber brukes for å gi betongen økt brannmotstand.

Dersom mikrofiber brukes for å gi betongen økt stabilitet i fersk tilstand må dette regnes med i betongens EPD. Bruk av tilsetningsstoffer som akselerator, stabilisator etc. tilsatt på byggeplass skal regnes med i betongens EPD dersom slike tilsetninger gjøres planmessig. Dersom tilsetningene gjøres for å tilpasse betongens egenskaper i enkeltlass, kan effekten på betongens GWP-total neglisjeres.

Spesielle forhold ved produksjon av finsats og sprøytebetong

Beregningen av GWP-total for finsats og sprøytebetong gjøres for modul A1- A3, dvs. etter samme prinsipp som for konstruksjonsbetong. For sprøytebetong betyr det at herdeakseleratoren, sprøyteretarder, «internal curing» og alle andre tilsetningsstoffer tilsatt på blandeverket tas med i

GWP-verdien ved dokumentasjon av lavkarbonklasse. Fibertilsetning som brukes for å oppnå armeringseffekt eller brannsikkerhet regnes ikke med i GWP-total verdien i denne sammenhengen.

Ved bruk av finsats som fugebetong til hulldekkekonstruksjoner er det vanlig å bruke frysepunktsnedsettende tilsetningsstoff under vinterforhold. Dette tilsetningsstoffet skal medregnes i betongens GWP-verdi ved dokumentasjon av lavkarbonklasse.

Sprøyteakselerator, som benyttes for å oppnå momentan avbinding, minimalt prelltap og sikre arbeidsforhold under og etter sprøyting av betongen, allokeres til utførelsesfasen (A5), og tas dermed ikke med i GWP-total verdien i denne sammenhengen.

Lavkarbon sprøytebetong er videre omtalt i kapittel B.4.

HØRINGSUTKAST

DEL B VEILEDNING

B.1 Materialstandarden NS-EN 206 + NA

Innledning

Dette kapitlet fokuserer på de delene av NS-EN 206 +NA /1/ som har innvirkning på betongens klimagassutslipp. Kapitlet bør leses i sammenheng med kapittel B.3 Tekniske egenskaper, fordi ønsker om spesifikke tekniske egenskaper ofte påvirker klimagassutslippet. Det er ikke alltid mulig å kombinere reduksjon av klimagassutslipp med ønskede tekniske egenskaper.

Reglene i nasjonalt tillegg (NA) overstyrer reglene i standardens hoveddel. Et eksempel på dette er: Standardens hoveddel, hvor punkt 5.2.5.2.2 setter virkningsfaktoren (k-verdi) for flygeaske lik 0,4. Standardens nasjonale tillegg, punkt NA.5.2.5.2.2, setter k-verdien lik 0,4, 0,7 eller 1,0 avhengig av bestandighetsklassen (se avsnittet om k-verdimetoden under).

NS-EN 206+NA gir regler for betongsammensetninger med utgangspunkt i at konstruksjonen skal tilfredsstille kravet til prosjektert brukstid. Reglene, og tilhørende grenseverdier, er derfor avhengig av hvilken eksponeringsklasse og tilhørende bestandighetsklasse som er spesifisert for betongen. Bestemmelsene i NS-EN 206+NA er konservative, og gjelder for alle tillatte produkter innen en gitt gruppe, for eksempel alle sementer innen CEM II/A-V (sementer med 6-20% flygeaske, se NS-EN 206+NA, tabell NA.12), uavhengig av sementprodusent. Standarden åpner likevel for at man kan dokumentere nye eller endrede bruksbetingelser for spesifikke produkter eller kombinasjoner av produkter.

Det er mulig å fravike NS-EN 206+NA, men dette medfører et utvidet ansvar for produsenten, eller den prosjekterende dersom fraviket er spesifisert i byggeunderlaget. Alle fravik av denne typen bør være godkjent av byggherren.

Eksponeringsklassens påvirkning på klimagassutslipp

Kravene til betongsammensetningen er avhengig av prosjektert eksponeringsklasse, og tilhørende bestandighetsklasse. Eksponeringsklassene er ikke valgbare, de er gitt av det ytre miljøet konstruksjonen står i.

For noen konstruksjoner kan det være prosjektspesifikke ønsker for betong-sammensetningen som vil påvirke klimagassutslippet. Et eksempel er et dekke/gulv som står i et tørt miljø (innendørs og oppvarmet). Betongen står i eksponeringsklasse X0, og skal plasseres i bestandighetsklasse M90. Dersom dekket/gulvet skal slipes så anbefaler NB15 at betongen har et vann/bindemiddel forhold $< 0,4$. Det er da fristende å velge bestandighetsklasse i M40 grunnet ønsket om $v/b < 0,4$. Grunnet kravene til materialsammensetning i standarden vil et valg av M40 gi strengere krav til betongen, og dermed høyere klimagassutslipp, enn om betongen plasseres i M90. Den korrekte beskrivelsen vil her være å sette bestandighetsklasse M90, men med en presisering om at masseforholdet $v/b < 0,4$. I et slikt tilfelle er det da også viktig at den prosjekterende velger en fasthetsklasse som er i samsvar med forventet oppnådd fasthet for den aktuelle betongen, se kapittel A2.

Type II tilsetningsmaterialer

NS-EN 206+NA definerer type II tilsetningsmaterialer som materialer som er pozzolane eller latent hydrauliske, dvs. har «sementlignende»-egenskaper når de blandes sammen med sement og vann. Type II tilsetningsmaterialer kan erstatte deler av sementen enten innblandet i sementene eller som tilsetningsmaterialet i betongen. I NS-EN 206+NA gis det regler for bruk av silikastøv, flygeaske, kalksteinsfiller og slagg.

K-verdi metoden

NS-EN 206+NA stiller krav til største tillatte masseforhold (vann/bindemiddel) for betonger i de ulike bestandighetsklassene, avhengig av bindemiddelsammensetning. Masseforholdet defineres på følgende måte:

$$m = v / (c + k \cdot p)$$

der:	m	-	masseforhold vann/bindemiddel
	v	-	totalt fritt vanninnhold
	c	-	sementinnhold
	k	-	virkningsfaktor for aktuelt tilsetningsmateriale, f. eks silikastøv
	p	-	innhold tilsetningsmateriale

Virkningsfaktoren k reflekterer tilsetningsmaterialets effekt på betongens bestandighetsegenskaper. Type II-materialene har forskjellige virkningsfaktorer. Virkningsfaktoren for ett og samme materiale kan også være forskjellig for ulike bestandighetsklasser.

Bruksregler for Type II materialer

Bruksreglene for type II materialer er gitt i NA-EN 206+NA, der det gis regler for k-verdi (effekt) og hvor mye som kan regnes med. Det gis også bruksregler for kombinasjoner av flere type II-materialer i samme betongsammensetning. Bruksreglene er avhengig av den bestandighetsklassen og typen sement (sementklasse) som benyttes.

Utvidede bruksregler og fravik fra NS-EN 206+NA

Det er i NS-EN 206+NA avsnitt NA 5.3.2 (902) gitt mulighet for å utvide bruksbetingelsene for sementer og bindemiddel basert på prøving og dokumentasjon av betongens egenskaper. Ved å følge reglene gitt i NA5.3.2 kan det blant annet dokumenteres høyere k-verdier for type II materialer, endrede krav til masseforholdet vann/bindemiddel, regler for bruk av tilsetningsmaterialer i frostbestandig betong (bestandighetsklassene MF), etc.

Standardens avsnitt NA 5.3.2 gir regler for hvordan betongens egenskaper skal dokumenteres, og at dokumentasjonen skal fremlegges for vurdering hos et sertifiseringsorgan for betongproduksjon. Det finnes flere eksempler på at norske betongleverandører har utarbeidet og fått godkjent slik dokumentasjon. I Norge er det normalt Kontrollrådet som brukes som sertifiseringsorgan, og som skriver akseptbrev på utvidete bruksbetingelser.

Dersom utvidede bruksregler benyttes og egnethet ikke er påvist, dokumentert og vurdert av sertifiseringsorganet, må kunden varsles og følgesedlene merkes med at betongen ikke er i samsvar med NS-EN 206+NA.

I de tilfellene der endrede bruksregler benyttes, men dokumentasjon om egnethet ikke er fremlagt til vurdering for sertifiseringsorganet, så kan byggherren akseptere at betongen leveres med de endrede bruksreglene. Betongen er da ikke i henhold til NS-EN 206+NA, og byggherren må forsikre seg om at de endrede bruksreglene gir en konstruksjon med de egenskapene, den pålitelighet og levetid som er krevd i lovverk og forskrifter. Dette er et stort ansvar å ta for en byggherre, og bør kun gjøres etter nøye vurdering.

Statens vegvesens betongspesifikasjoner SV-Standard, SV-Lavvarme, og SV-Kjemisk

Statens vegvesens vegnormal N400 gir spesifikke krav til delmaterialer og materialsammensetning for betongspesifikasjonene SV-Standard, SV-Lavvarme og SV-Kjemisk

Betongspesifikasjonen SV-Standard tar utgangspunkt i kravene til bestandighetsklasse MF40 i NS-EN 206+NA, men gir begrensninger i form av et begrenset utvalg forhåndsgodkjente sementtyper, og strengere bruksregler for bruken av type II tilsetningsmaterialer. Den samlede effekten av disse tilleggskravene er at det i noen tilfeller kan være utfordrende å tilfredsstille klasse Lavkarbon 20R for SV-Standard betong uten bruk av CCS- eller CCU-redusert sement.

Betongspesifikasjonen SV-Lavvarme tar utgangspunkt i kravene til bestandighetsklasse MF45 i NS-EN 206+NA, og gir de samme begrensningene mht. valg av sementtype som SV-Standard. For SV-Lavvarme er det gitt bruksregler som tillater medregnet inntil 40% flygeaske, dvs. mer enn det som er spesifisert i NS-EN 206+NA. Intensjonen med denne betongspesifikasjonen er å begrense varmeutviklingen og dermed redusere risikoen for fastholdingsriss utløst av temperaturforskjeller mellom støpeavsnitt eller mellom betong og berggrunn. Betongspesifikasjonen er spesielt tiltenkt kulverter og ved bruk skal den forhåndsdokumenteres for faktisk varmeutvikling. SV-Lavvarme gir i enkelte tilfeller mulighet til å tilfredsstille kravet til Lavkarbon 40R uten bruk av CCS- eller CCU-redusert sement. Ettersom denne materialspesifikasjonen avviker fra NS-EN 206+NA må bruken avklares og avtales spesielt i hvert enkelt tilfelle. For bruk i konstruksjoner i vegnettet skal bruk av spesifikasjonen begrunnes spesielt.

Betongspesifikasjonen SV-Kjemisk tar utgangspunkt i kravene til bestandighetsklasse MF40 i NS-EN 206+NA, men gir begrensninger i form av et begrenset utvalg forhåndsgodkjente sementtyper, og strengere bruksregler for bruken av type II tilsetningsmaterialer. Denne materialspesifikasjonen gir mulighet til å tilfredsstille klasse Lavkarbon 30R for SV-Kjemisk – betong, uten bruk av CCS- eller CCU- redusert sement.

B.2 Dokumentasjon av oppnådd lavkarbonklasse

Dokumentasjonsmetoder

Ved klassifisering av lavkarbonbetong iht. denne publikasjonen (NB37) skal betongens klimaprofil (GWP-verdi) dokumenteres enten med miljødeklarasjon (EPD), eller 3. parts verifisert klimadeklarasjon (CPD). EPD'en skal være produktspesifikk. Gjennomsnitts EPD for en produktgruppe aksepteres ikke. CPD sidestilles med EPD dersom alle delmaterialene i betongen har bakgrunnsdata basert på EPD iht. NS-EN 15804+A2 eller LCA databaser.

Dersom betongen inneholder et eller flere delmaterialer der bakgrunnsdata ikke er basert på EPD eller LCA databaser, skal betongen i tillegg til en CPD dokumenteres med 3. parts verifiserte sertifikater som angir GWP-verdier eller GWP-besparelser for de aktuelle delmaterialene.

I det etterfølgende beskrives dokumentasjonsmetodene.

Hva er en miljødeklarasjon (EPD)?

For å møte behovet for å deklare miljøbelastninger for et produkt eller en tjeneste, er det utviklet standardiserte miljødeklarasjoner, EPDer, som står for Environmental Product Declaration. På norsk er det oversatt til miljødeklarasjon, men betegnelsen EPD brukes både i Norge og internasjonalt. En EPD er et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste.

En EPD bygger på livsløpsvurderinger av miljødata fra råvareuttak, produksjon, bruksfase og avhending (LCA). Krav og regler for utarbeidelse av LCA finnes i NS-EN ISO 14040:2006 /4/ og NS-EN ISO 14044:2006 /5/. Hovedreglene for hvordan man utarbeider en EPD er spesifisert i NS-EN ISO 14025:2010 /6/. Utarbeidelse av EPDer er basert på produktkategoriregler (Product Category Rules, PCR) som må følges. Regler for utarbeidelse av PCR for byggematerialer er standardisert i NS-EN 15804+A2 /7/. For betong benyttes PCR: NPCR 020:2021 Part B.

EPDer for betong skal følge kravene i NS-EN 15804+A2. For ferdigbetong skal modul A1-A4, samt modul C og D, alltid inkluderes. For betongelementer skal modul A1-A5, samt modul C og D, alltid inkluderes. Behandling av avfall fra fabrikk tilordnes A3 selv om dette er «C-modul-aktiviteter».

GWP

En EPD inneholder 21 ulike miljøindikatorer. For Global Warming Potential (GWP), finnes det 5 ulike verdier:

- **GWP-total** – total klimapåvirkning, summen av GWP-fossil, GWP-biogenic og GWP-luluc
- **GWP-fossil** – klimapåvirkningen fra fossilt brensel (inkl. kalsineringen i sementproduksjon og karbonatisering).
- **GWP-biogenic** – klimapåvirkningen fra biogent karbon, dvs. CO₂ frigjort som et resultat av forbrenning eller nedbrytning av organisk materiale. Dersom verdien er negativ, er CO₂ lagret produktet. Er verdien positiv er det et utslipp på grunn av dekomponering/forbrenning.
- **GWP-luluc** – klimapåvirkningen fra bruk og endring av mark og land.
- **GWP-IOBC** – klimapåvirkning beregnet etter prinsippet om umiddelbar oksidasjon av biogent karbon. For A1-A3 antas det at biogent karbon som er bundet i treet, slippes ut i samme modul.

For betong er GWP-total tilnærmet lik GWP-fossil og GWP-IOBC, fordi betong består av lite biogent karbon. For klimagassberegninger etter NS 3720 og TEK17 skal det for byggevarer med biobaserte råvarer benyttes verdi for GWP-IOBC. Klassegrensene i NB37 er basert på GWP-total.

Netto-beregning av GWP for sement

Fra 15. juni 2025 ble netto-beregning av GWP for sement og betong innført i Norge. Tidligere har sementprodusentene som leverer i det skandinaviske markedet inkludert utslipp fra forbrenning av fossilt avfall i beregningen av GWP, grunnet manglende sporbarhet for alternative brensler. Dette kalles brutto-beregning. Med bedre sporbarhet følger produsentene nå «polluter pays»-prinsippet etter de felleseuropeiske standardene på feltet, dette kalles netto-beregning.

Den skandinaviske betongbransjen er en del av den europeiske, og konkurrerer følgelig med foretak i EU/EØS-området. Med endringen i den skandinaviske beregningsmetoden fra brutto til netto, vil skandinavisk GWP dokumentasjon for betong og betongprodukter samsvare med praksisen ellers i EU/EØS. Denne tilpasningen gjør GWP- dokumentasjonen for betong og betongprodukter mer sammenlignbar, samt at aktørene i bygge- og anleggsnæringen får mer enhetlige og presise GWP-verdier for betong og betongprodukter.

Pågående bygge- og anleggsprosjekter som allerede har inngått avtaler basert på brutto-beregning, og ønsker å ferdigstille prosjektene på denne måten, har fortsatt (i en overgangsperiode) mulighet til å be betongprodusentene utarbeide GWP-dokumentasjon basert på brutto-beregning.

Typer av EPDer

Det er i utgangspunktet to grunnleggende typer EPDer, produktspesifikke EPDer og gjennomsnitts EPDer. Ved klassifisering av lavkarbonbetong setter NB37 krav til at bare produktspesifikk EPD kan brukes til dokumentasjon av GWP-total verdien.

Produktspesifikk EPD kan foreligge som publisert EPD og som prosjektspesifikk EPD. En **publisert EPD** (også kalt referanse-EPD) er en EPD på et spesifikt produkt som er godkjent og publisert av EPD-Norge. Denne kan enten brukes direkte, eller som referanse-EPD til prosjektspesifikke EPDer. Publiserte EPDer hos EPD-Norge har en gyldighet på 5 år.

En **prosjektspesifikk EPD** er en EPD på et spesifikt produkt som er tilpasset et spesifikt prosjekt. Prosjektspesifikke EPDer registreres og publiseres nødvendigvis ikke hos EPD-Norge, men refererer til en publisert EPD (NEPD-nummer) som betongprodusenten har publisert hos EPD-Norge, se forrige avsnitt. Hensikten med denne referansen er å dokumentere at betongprodusenten har verktøy og kompetanse til å utvikle EPDer i tråd med gjeldende LCA-standard. Det er derfor ikke nødvendigvis noen direkte sammenheng mellom rapporterte GWP-verdier i den publiserte EPD'en og den prosjektspesifikke.

For prosjekter vil en prosjektspesifikk EPD fungere som fullverdig dokumentasjon ved klassifisering av lavkarbonbetong, dette gjelder også ved klassifisering i BREEAM NOR. Det kan utvikles et ubegrenset antall prosjektspesifikke EPDer per publisert EPD. Prosjektspesifikke EPDer har en gyldighetsperiode tilsvarende den publiserte EPD'en den refererer til.

I slutten av 2024 introduserte EPD-Norge en ny type EPD; **Prospective EPD**, som betegnes P-EPD. Denne typen kan foreligge som publisert eller prosjektspesifikk. P-EPD skal fylle et behov og et gap for innovative produkter som nylig er lansert eller som ennå ikke er lansert på markedet, når det ikke

er mulig å oppfylle kravet om 12 måneders datakvalitet. P-EPD'en skal revideres etter at 12 måneders produksjonsdata er tilgjengelig. P-EPDer kan bare opprettes med eksplisitt tillatelse fra EPD-Norge. P-EPDer er i samsvar med ISO 14025 og NS-EN 15804+A2.

I andre land er det vanlig å bruke gjennomsnitt EPD, som kan være en ordinær EPD som har gyldighet for flere produkter, en generisk EPD eller bransje-EPD for ett produkt, eller en generisk EPD eller bransje-EPD for flere produkter. Miljøprestasjonene til produktene som er inkludert i en gjennomsnitt EPD kan ikke variere mer enn $\pm 10\%$. Gjennomsnitt EPDer kan ikke brukes for klassifisering av lavkarbonbetong iht. NB37.

Hva er en klimadeklarasjon (CPD)?

En CPD skiller seg fra en EPD ved at den kun dokumenterer en (1) miljøindikator; GWP-total. På lik linje som EPD bygger CPD på livsløpsvurderinger fra råvareuttak, produksjon, bruksfase og avhending (LCA). CPD'en skal være 3. parts verifisert og basert på ISO 14025 og NS-EN 15804+A2. CPD sidestilles med EPD som dokumentasjon dersom alle delmaterialene i betongen har bakgrunnsdata basert på EPD iht. NS-EN 15804+A2 eller LCA databaser. Vi skiller ikke mellom publiserte og prosjektspesifikke CPDer siden CPD ikke publiseres av EPD-Norge.

Dersom betongen inneholder et eller flere delmaterialer der bakgrunnsdata ikke er basert på EPD eller LCA databaser, skal betongen i tillegg til CPD dokumenteres med 3. parts verifiserte sertifikater som angir GWP-verdier eller GWP-besparelser for de aktuelle delmaterialene. For betongene dette gjelder, vil det på CPD'en stå en uthevet tekst som opplyser om de delmaterialene som ikke er basert på EPD eller LCA databaser og at CPD'en kun er gyldig sammen med 3. parts verifisert sertifikat for de aktuelle delmaterialene.

EPD-generatoren lca.no

EPDer og CPDer kan blant annet lages med EPD-generatoren lca.no som er et 3. parts verifisert WEB-basert regneark som gjør det mulig for den enkelte betongprodusent å utvikle egne EPDer og CPDer for betong. Tilgang til EPD-generatoren skjer via www.lca.no. EPD-generatoren kan enkelt tilpasses enkeltbedrifter ved å legge inn bedriftens spesifikke data.

Klimadokumentasjon med CCS (Carbon Capture and Storage)-reduerte sementer og betonger

Etter oppstart av CCS-anlegget hos Heidelberg Materials i Brevik er det to systemgrenser for sementene, en med og en uten karbonfangst. Hver sementtype vil være tilgjengelig med tre ulike GWP-nivå; "uten CCS", "evoBuild" og "evoZero". EvoBuild har den GWP-verdien som tilsvarer karbonfangsten fordelt på totalt produsert sementklinkervolum, mens evoZero har en GWP-verdi der alt karbonutslipp fra sementklinkerproduksjonen er kompensert.

Heidelberg Materials har utviklet en «karbonbank» som overvåker, rapporterer og verifiserer volumene av lagret og solgt karbonbesparelse, verifisert av DNV. For å kunne selge evoBuild og evoZero sement må det være tilgjengelig karbonbesparelse i karbonbanken, og ved salg gjøres det uttak fra karbonbanken tilvarende karbonbesparelsen til evoBuild/evoZero sementene.

Sementen uten CCS-allokering har en ordinær EPD, mens evoBuild har en P-EPD, som skal revideres etter at 12 måneders produksjonsdata er tilgjengelig. Betong med sement uten CCS og med evoBuild sement dokumenteres på samme måte, med henholdsvis EPD og P-EPD.

For evoZero sementen vil GWP-verdien dokumenteres i en tabell i kapittelet “Ytterligere miljødokumentasjon” i P-EPD’en til evoBuild. Denne tabellen viser de ulike stegene i prosessen ved fabrikken i Brevik. Sluttkunden som har kjøpt evoZero sement skal via portalen til karbonbanken kunne hente ut et sertifikat som dokumenterer karbonbesparelsen knyttet til sitt kjøp. GWP-verdien til betong med evoZero sement dokumenteres med CPD og sertifikat fra karbonbanken, mens de andre miljøindikatorne dokumenteres i P-EPD’en.

For å oppnå lavkarbonklassene Lavkarbon 70R og 80R er det nødvendig å bruke CCS-sementen evoZero, se kapittel A.1 og A.2.

evoBuild/evoZero sementene fra Brevik fraktes først og fremst med bulkbil/-båt til lokale sementterminaler i hele landet etter behov. Sementtypene (Standardsement FA og Industrisement) produsert i Brevik og Kjøpsvik har identiske retningsgivende fysikalske verdier og er derfor å anse som ett og samme produkt. evoBuild/evoZero sement fra Brevik kan derfor distribueres til sementsilo som inneholder samme sementtype fra Kjøpsvik.

Etterspørsel etter EPD-dokumentasjon

I anbud- eller tilbudskonkurranser er det vanlig å be om teknisk og miljømessig dokumentasjon for materialer og varer som vil inngå i leveransen. Betong er naturlig nok ikke en lagerført vare. For denne produktgruppen er det derfor nødvendig å stille tekniske krav iht. klassifiserings-systemene i de felleseuropeiske standardene for betongmaterialer og betongkonstruksjoner. Tilbyderen må da levere ytelses- og samsvarserklæringer som påviser samsvar med kravene i standarden i løpet av produksjonsperioden.

NB37 gir mulighet til å bruke samme prinsipp mht. kravene til klimagassutslipp. Ved å spesifisere krav til lavkarbonklasse iht. NB37 kan byggherren få sikre estimat til bruk i klimagassbudsjettet for prosjektet, og tilbyderen blir kontraktsmessig forpliktet til å dokumentere at kravet er tilfredsstillt.

Dette prinsippet gir mulighet for optimalisering av både klimagassavtrykk, tekniske egenskaper og materialkostnader i prosjektet. Utførende entreprenør og betongleverandør vil sammen kunne utvikle betongtekniske løsninger som er godt tilpasset de spesifiserte tekniske og miljømessige kravene, tilgjengelighet av aktuelle delmaterialer og den valgte produksjonsteknikken på byggeplass. Å sette minimumskrav i form av krav til lavkarbonklasse gir også mulighet til å etablere bonus-/malusordninger for de totale klimagassutslippene i prosjektet.

Alternativet med å kreve full forhåndsdokumentasjon i form av EPD eller CPD vil kunne føre til at muligheten for optimalisering forsvinner. Betongleverandørene får også et betydelig merarbeid med å dokumentere klimagassutslipp for et utvalg betonger for flere aktuelle tilbydere.

B.3 Tekniske egenskaper

Innledning

Lavkarbonbetong basert på tradisjonelle virkemidler, dvs. erstatning av sement med tilsetningsmaterialene silikastøv, flygeaske og slagg kan få andre bruksegenskaper på byggeplass enn betong der det ikke er gjort tiltak for å redusere klimagassutslippet. Det er viktig å ha kjennskap til disse effektene ved planlegging av støpearbeid med lavkarbonbetong.

Dette gjelder ikke lavkarbonbetong basert på sement som har fått allokert CCS- eller CCU-effekter. CCS-teknologiene påvirker ikke sementproduktets tekniske egenskaper. Bruk av sementer med CCS- eller CCU-effekter gjør det mulig å produsere lavkarbonbetong som har eksakt de samme egenskapene som betong der det ikke er gjort tiltak for å redusere klimagassutslippet.

Det kan være fornuftig å kombinere CCS- eller CCU-sement med de tradisjonelle tiltakene for å redusere betongens klimagassutslipp. Dette kan være motivert ut fra ønsket om å optimalisere produksjonsegenskapene, f.eks. støpelighet eller herdevarme, eller også ønsket om å begrense karbonreduksjonskostnadene ved å minimalisere forbruket av CCS- eller CCU-sement.

Det er viktig å være klar over den påvirkningen de tradisjonelle tiltakene har på betongens egenskaper i fersk tilstand, i tidlig herdefase, og i ferdig konstruksjon.

Støpelighet

Tilsetningsmaterialene silikastøv, flygeaske og slagg påvirker betongens støpelighet til en viss grad, men påvirkningen er i de aller fleste tilfeller akseptabel og lett forutsigbar. Sementtyper med høyt slagginnhold (CEM III/A og CEM III/B) vil ofte gi betonger med tilsynelatende god støpelighet ved svært lavt bindemiddelinhold, men slik betong har ofte redusert komprimerbarhet. Det kan derfor være fornuftig å gjennomføre prøvestøp før bruk av denne typen betong.

Ved bruk av erstatningsmaterialer for å oppnå lavkarbonbetong vil betong i klasse Lavkarbon 10_R og 20_R normalt ha støpelighetsegenskaper som ikke skiller seg merkbart fra tradisjonell betong. For høyere klasser kan man forvente litt større utslag, avhengig av hvilke virkemidler som er brukt for å oppnå karbonreduksjon. I de fleste tilfeller er det likevel uproblematisk å oppnå ønsket støpelighet ved riktig tilpassede tiltak.

Lavkarbonbetong med tilsatt flygeaske kan ha litt lenger avbindingstid enn ordinære betongtyper, dette kan påvirke egenskapene ved brettiskuring og stålglatting. Det er vanlig å kompensere for dette ved bruk av akselerator eller økt betongtemperatur, eller i noen tilfeller tildekking etter avretting. Dersom det er tvil om det er mulig å oppnå akseptable produksjonsegenskaper mht. overflatebehandling bør det gjennomføres prøvestøp.

Silikastøv

Silikastøv brukes normalt som tilsetningsmateriale ved betongproduksjon. Det finnes sementtyper med innmalt silikastøv i det europeiske markedet, men ingen av disse er tilgjengelige i Norge.

Bruk av silikastøv som ren sementerstatning ($k=1$, se kapittel B.2) kan noen ganger gi en liten reduksjon i støpelighet ved lave doseringer (mindre enn 3 % av sementvekten), dette gjelder primært betong i bestandighetsklasse M60. Effekten lar seg enkelt kompensere ved bruk av superplastiserende tilsetningsstoff. Samtidig bidrar silikastøvet til betydelig bedre stabilitet mot

vannutskillelse og steinseparasjon. I SKB-betong er det derfor vanlig å bruke silikastøv som stabiliserende virkemiddel.

Når virkningsfaktoren er høyere ($k=2$, bestandighetsklassene M45, MF45, M40 og MF40, se avsnitt B.1) vil moderate doseringer silikastøv gi økt støpelighet i all betong. Dette gir særlig merkbart utslag i betonger med masseforhold 0,40 eller lavere (bestandighetsklassene M40 og MF40).

Flygeaske

Flygeaske brukes både som tilsetningsmateriale ved produksjon av sement, og som tilsetningsmateriale ved betongproduksjon. Når flygeasken males sammen med sementen vil den bli mer finkornet, og vil derfor gi en litt annen påvirkning på betongens støpelighet enn flygeaske tilsatt ved betongproduksjon. Samtidig er det vanlig å male flygeaskesementer en del finere enn standard portlandsementer, for å kompensere for en mer langsom fasthetsutvikling. Dette gir et positivt bidrag til betongens stabilitet, uten at støpeligheten målt ved synkmål nødvendigvis reduseres.

Flygeaske tilsatt i betongproduksjon skal iht. NS-EN 206+NA (se avsnitt B.1) brukes med virkningsfaktor $k=0,4$, $k=1,0$ eller $k=0,7$, avhengig av sementtype og bestandighetsklasse. Ved bruk av flygeaske tilsatt i betongproduksjonen vil dermed det totale bindemiddelinholdet bli noe større enn både ved bruk av ren portlandsement og flygeaskesementer, avhengig av hvilken virkningsfaktor som brukes.

Noen av sementleverandørene i det norske markedet har utarbeidet dokumentasjon som muliggjør bruk av høyere virkningsfaktorer for flygeasken enn det som er gitt i standarden, forutsatt brukt i samme bindemiddelkombinasjon som angitt i dokumentasjonen.

Dette fører totalt sett til at det ikke er mulig på en enkel måte å forklare effekten av bruk av flygeaske på betongens støpelighet. Rent generelt vil betonger med flygeaske likevel som regel ha minst like god støpelighet som betonger uten flygeaske, og ofte bedre stabilitet. Dette fører også til at det som regel er enklere å produsere SKB med flygeaske enn uten.

Slagg

Slagg brukes i hovedsak som tilsetningsmateriale ved produksjon av sementer av typen CEM II og CEM III (se avsnitt B.1). I Sverige og Storbritannia brukes slagg i et visst omfang som tilsetningsmateriale også ved betongproduksjon.

Slaggsementer gir et lavt sementforbruk for å oppnå en gitt støpelighet. Dette gir i seg selv en positiv effekt på klimagassutslippet, og et godt utgangspunkt for å oppnå ønsket lavkarbonklasse. Mange av de betongprodusentene som bruker slaggsement med moderat slagginnhold (CEM II) produserer betong i Lavkarbon 20R som standard vare.

For slaggsementer med høyt slagginnhold (CEM III) kan støpeligheten være påvirket av at en finmalt sement kombinert med en liten sement- og vannmengde kan gi høy viskositet, dvs. stor væskeseighet, og det er nødvendig å gi betongen litt høyere synkmål enn normalt for å oppnå ønsket støpelighet.

Det vil i mange tilfeller være fornuftig å gi slaggbetongen et litt høyere sement- og vanninnhold enn det som teoretisk er mulig, både for å redusere væskeseigheten, og for å unngå stabilitetsproblemer relatert til høy følsomhet for doseringen av superplastiserende tilsetningsstoff.

Fasthetsutvikling, temperaturfølsomhet og vinterstøp

Bruk av tilsetningsmaterialer som flygeaske og slagg gir en mer langsom fasthetsutvikling enn betonger uten disse materialene. Dette kan være ugunstig der det er lagt opp til korte produksjonssykluser, f.eks. i elementindustrien. Når tilsetningsmaterialene males inn som en del av sementen er det vanlig å øke finmalingsgraden på det ferdige sementproduktet for delvis å kompensere for den langsomme fasthetsutviklingen. Ved tilsetning av flygeaske eller slagg direkte i betongproduksjonen kan det være vanskelig å kompensere for langsom fasthetsutvikling uten å senke masseforholdet, og dermed øke bindemiddelinholdet. Det er som regel uaktuelt å øke bindemiddelinholdet når hensikten er å oppnå lavkarbonbetong.

Selv om betong med flygeaske alltid har en mer langsom fasthetsutvikling, er den mindre temperaturfølsom ved lave temperaturer enn vanlig konstruksjonsbetong. Det vil si at forskjellen i fasthetsutvikling mellom betonger med og uten flygeaske er mindre ved lave temperaturer enn ved høye.

Lavkarbonbetong basert på flygeaske har altså ikke spesielt ugunstige egenskaper for vinterbruk. Betong i klasse Lavkarbon 10R og 20R kan som regel brukes som vinterbetong med helt ordinære tiltak. Betong i klasse Lavkarbon 30R vil kunne gi behov for ekstra tiltak som økt bruk av isolasjonsmaterialer. Hvis redusert varme- og fasthetsutvikling skal kompenseres med fyring, økt temperatur i fersk betong eller andre energikrevende tiltak, er det viktig at dette tas med i det totale klimagassregnskapet for prosjektet. Dersom vintertiltakene inkluderer endringer i betongsammensetningen, som f.eks. bruk av størknings- eller herdeakselerator, skal dette tas med i betongens EPD, se kapittel A.2.

Ved bruk av betong i klassene Lavkarbon 30R til Lavkarbon 60R der klimagassreduksjonen er basert på flygeaske eller slagg, må det regnes med spesielle tiltak ved vinterproduksjon, f.eks. kombinasjon av tildekking med isolasjonsmaterialer og fyring.

Bruk av flygeaske som tilsetningsmateriale gir redusert total varmeutvikling, og betong med mer enn 30 % flygeaske brukes derfor også som lavvarmebetong. Dette er gunstig med tanke på begrensning av maksimumstemperaturen i grove konstruksjoner, og bidrar også til å redusere faren for opprissing når temperaturtøyningene er fastholdt i støpeskjøter, eller ved kontaktstøp mot fjell.

Ulike typer slagg har ulik effekt på varmeutviklingen, men de fleste typene gir en mindre markert effekt på varmeutviklingen enn flygeaske. For å oppnå lavvarmebetong basert på slagg må andelen slagg ofte være større enn 50 % av det totale bindemidlet. Man oppnår da også en svært langsom varmeutvikling, som i seg selv bidrar til å redusere maksimaltemperaturen i konstruksjonen. Betonger med slaggsement kan ha et relativt høyt autogent svinn. Dette kan delvis oppheve den gunstige effekten av lav varmeutvikling på tendensen til opprissing pga. fastholdt termisk dilatasjon.

Betong basert på sement med høyt slagginnhold (mer enn 50%) har i tillegg til lav varmeutvikling også høy temperaturfølsomhet, og vil derfor få en langsom fasthetsutvikling ved lave herdetemperaturer. For slike betonger er det spesielt viktig å hindre varmetap under vinterforhold. I mange tilfeller kan det også være nødvendig å tilføre varme i form av varmluft, vannbåren varme i innstøpte eller bruk av varmekabler.

Bestandighet

I kombinasjon med rene portlandsementer kan tilsatt silikastøv regnes inn i masseforholdet med virkningsfaktor $k=2$ i de bestandighetsklassene som er rettet mot kloridindusert armeringskorrosjon (M40, MF40, M45 og MF45). Dette er gunstig også med hensyn til oppnådd klimagassavtrykk. Virkningsfaktoren i den bestandighetsklassen som er rettet mot karbonatisering (M60) er satt til 1.

Virkningsfaktoren for tilsatt flygeaske er satt relativt lavt, $k=0,4$ i bestandighetsklasse M60, hovedsakelig fordi det er påvist at flygeaske har en lite gunstig effekt på karbonatisering når den brukes som tilsetningsmateriale. I bestandighetsklasse M60 er kravet til største masseforhold $m<0,60$ for betonger basert på rene portlandsementer, $m<0,55$ for betonger basert på sementer med inntil 20 % innmalt flygeaske (noe avhengig av den spesifikke sementtypen), og $m<0,50$ for betonger basert på sementer med opptil 35 % innmalt flygeaske. Dette tilsvarer at virkningsfaktoren for flygeasken antas å være i området 0,50 – 0,60 når den er innmalt.

Effekten av flygeaske på kloridinntrengning og kjemisk nedbrytning er generelt bedre enn på karbonatisering. NS-EN 206+NA gir en virkningsfaktor på $k = 0,7$ for tilsatt flygeaske i de bestandighetsklassene som er rettet mot kloridindusert armeringskorrosjon og kjemisk nedbrytning (M40, MF40, M45 og MF45).

Som nevnt i kapittel B.1 har noen av sementleverandørene i det norske markedet utarbeidet dokumentasjon som muliggjør bruk av høyere virkningsfaktorer for flygeasken enn det som er gitt i standarden.

B.4 Lavkarbon sprøytebetong og finsats

Sprøytebetong og annen finsats (største nominell steinstørrelse 8 mm eller mindre) har fått et eget classesystem for lavkarbonbetong, "Lavkarbon D8", se kapittel A1. Dette er motivert av at den totale tilslagsandelen i slike betonger er noe mindre enn i konstruksjonsbetong, og at bindemiddelvolumet dermed blir noe større. Sprøytebetong og annen finsats har dermed et betydelig høyere klimagassutslipp enn konstruksjonsbetong med største nominelle steinstørrelse større enn 8 mm, når vi forutsetter tilnærmet lik bindemiddelsammensetning. Det er dermed nødvendig å etablere en annen bransjereferanse for slike betonger, se tabell 2 i kapittel A.1.

Beregningen av GWP-total for sprøytebetong og annen finsats gjøres for modul A1- A3, på samme måte som for konstruksjonsbetong med største nominelle steinstørrelse større enn 8 mm, se tabell 1 og 2. Det betyr at herdeakselerator, sprøyteretarder, «internal curing», frysepunktsnedsettende tilsetningsstoff og alle andre tilsetningsstoffer tilsatt på blandeverket tas med i klimagassregnskapet.

Ved bruk av sprøytebetong er det nødvendig å bruke sprøyteakselerator for å oppnå momentan avbinding, minimalt prelletap og sikre arbeidsforhold under, og etter påføring av betongen. Det er ikke utarbeidet allmenne retningslinjer for hvordan denne sprøyteakseleratoren skal innregnes i et klimagassregnskap, dvs. om GWP-verdiene for sprøyteakseleratoren skal medregnes i modul A1 (råmateriale) eller modul A5 (utførelse) i det ferdige betongproduktet. Vi har i denne publikasjonen forutsatt at sprøyteakseleratoren skal medregnes i modul A5, og dermed ikke inkluderes i GWP-total verdien ved kontroll av tilfredsstilt krav til «Lavkarbon D8». Eventuelle fibertilsetninger regnes heller ikke med i GWP-total verdien i denne sammenhengen (unntatt når polypropylen-fiber brukes for å gi økt stabilitet i fersk betong), se også kapittel A.2.

Det er fullt mulig å oppnå klimagassreduksjon også for sprøytebetong. Virkemidlene er de samme som for konstruksjonsbetong, dvs. bruk av sement som har fått allokert CCS- eller CCU-effekter, eller bruk av erstatningsmaterialer som silikastøv, flygeaske eller slagg, og generell optimalisering av bindemiddelmengden. «Lavkarbon sprøytebetong» må selvfølgelig tilfredsstille spesifisert fasthetsklasse, bestandighetsklasse og energiabsorpsjonsklasse på samme måte som ordinær sprøytebetong, og ellers samsvare med de kravene som er gitt i NS-EN 206+NA og Norsk Betongforenings publikasjon nr. 7 «Sprøytebetong til bergsikring».

Ved bruk av lavkarbon sprøytebetong basert på erstatning av sement med flygeaske, eller sement med høyt slagginnhold har det i en del tilfeller vist seg nødvendig å bruke herdeakselerator i tillegg til sprøyteakselerator for å oppnå tilstrekkelig tidligfasthet og dermed akseptabel sikkerhet mot nedfall på stuff. Herdeakseleratoren tilsettes i blandeprosessen på blandeverket, og går dermed naturlig inn i modul A1 i betongens EPD, på samme måte som andre delmaterialer og tilsetningsstoffer. Dette gir et lite, men ikke ubetydelig bidrag til betongens klimagassutslipp.

REFERANSER

1. NS-EN 206:2013+A2:2021+NA:2022 «Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar»
2. <https://www.ipcc.ch/report/ipcc-second-assessment-full-report/>
3. NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018 «Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger»
4. NS-EN ISO 14040:2006 «Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Prinsipper og rammeverk»
5. NS-EN ISO 14044:2006 «Miljøstyring - Livsløpsvurdering - Krav og retningslinjer»
6. NS-EN ISO 14025:2010 «Miljømerker og deklarasjoner - Miljødeklarasjoner type III - Prinsipper og prosedyrer»
7. NS-EN 15804:2012+A2:2019 «Bærekraftige byggverk - Miljødeklarasjoner - Grunnleggende produktkategoriregler for byggevarer»