

Rapport nr. 10

Sirkulærøkonomi for betong

Forbehold om ansvar

Denne rapporten fra Norsk Betongforening er utarbeidet av en arbeidsgruppe sammensatt av fagpersoner utnevnt av foreningen. I prosessen med utarbeiding av rapporten er det lagt vekt på å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten og de standarder som var gjeldende da arbeidet ble avsluttet.

Noen feil eller mangler kan likevel forekomme.

Norsk Betongforening forutsetter at rapporten brukes av personer med den nødvendige faglige kompetansen, og med forståelse for de begrensningene og forutsetningene som er lagt til grunn. Feil tolking og bruk av innholdet i rapporten er ikke Norsk Betongforening sitt ansvar.

Norsk Betongforening og medlemmer i arbeidsgruppen har ikke ansvar for direkte eller indirekte følger av eventuelle feil eller mangler i rapporten, eller bruken av innholdet i rapporten.

Forord

Sirkulære prosesser skal være miljøvennlige og bidra til at materialer i større grad brukes om igjen. Dette skal lede til at uttak av jomfruelige materialer og ikke-fornybare ressurser avtar, og at avfallsmengden reduseres. Økonomisk lønnsomhet er en sentral motivasjon for en bedrift, bransje og samfunnet. For mange bedrifter er det å kunne vise til økt grad av sirkulære prosesser og mindre produksjon av avfall, noe som gir god miljøprofil og bidrar til positiv omdømmebygging – og derigjennom økt lønnsomhet.

For mange betongprodusenter og de som kjøper betong kan regelverk og forskrifter knyttet til betong, miljø og sirkulærøkonomi være omfattende og uoversiktlige. Miljøkomiteen ønsker med denne veilederen og gi en oversikt over begrepsbruk, hva som er mulig å få til med dagens teknologier, samt hvilke begrensninger som ligger i gjeldende forskrifter og regelverk/standardverk. Vi håper at betong- og elementprodusenter kan ha nytte av veilederen og enklere ser muligheter for å gjøre sin egen produksjon mer sirkulær. Videre håper vi den også kan være til nytte for byggherreorganisasjoner når det skal settes kravspesifikasjoner som gjelder materialvalg og utførelse i anskaffelser.

For Miljøkomiteen er det viktig med helhetstenking. Vi må unngå å sub-optimalisere enkeltstående sirkulære prosesser på en slik måte at det gir andre negative effekter. Det sirkulære aspektet må hele tiden vurderes opp mot kvalitet, teknologi og betongens totale miljøpåvirkning.

Fremtidens materialteknologi vil sannsynligvis videreutvikles i retning av å utnytte avfall og avganger fra egen og annen industri, til å bli en ressurs og råvare i enda større grad. Betongindustrien må også henge med på denne utviklingen, og Miljøkomiteen ønsker med denne veilederen å bidra til at arbeidet/utviklingen blir mer oversiktlig, og at miljøgevinstene ved økt grad av sirkulærøkonomi synliggjøres tydeligere.

Oslo / Trondheim 12. desember 2022

Miljøkomitéen – Norsk Betongforening

Thomas Beck
Leder Miljøkomiteen
MAPEI

Gunrid Kjellmark
Redaktør for rapporten
SINTEF Community

Sammendrag

Det er satt nasjonale mål for at bygge- og anleggsnæringen (BA-næringen) skal oppnå høyere grad av sirkulærøkonomi, særlig gjennom reduksjon av mengden avfall som skapes i byggefasen. Videre at man har gode løsninger for ombruk eller materialgjenvinning av det avfallet som skapes i forbindelse med bygging, rehabilitering eller riving av bygget eller konstruksjonen.

Det har i de senere årene blitt økt oppmerksomhet på betong og miljø, da sementproduksjon bidrar til en betydelig andel av klimagassutslippene på verdensbasis, i størrelsesorden 6-8 %. Av den grunn har det de senere årene også kommet nye løsninger og produkter for å redusere bruken av portlandsement, eller utslippene fra denne, da ca 90 % av utslippet fra betong er knyttet til sementproduksjon. Nå har også begrepet sirkulærøkonomi blitt svært aktuelt for betong, og i denne veilederen forsøker vi å forklare hva sirkulærøkonomi kan være for sement- og betongindustrien og vi viser eksempler på hva som kan være mulig å få til her i Norge.

Sirkulærøkonomi handler om å utnytte ressursene våre best mulig ved å lukke materialslyfene for å hindre at ressurser går tapt. I sirkulærøkonomi er målet å unngå å lage avfall, og at det som blir til overs skal ombrukes, materialgjenvinnes eller energiutnyttes.

Resirkulering av betong og sirkulærøkonomi for ulike komponenter i betong er svært viktig fordi bygg- og anleggsprosjekter samlet inneholder store mengder tunge bygge- og anleggsmaterialer (betong, mur, tilslag osv.) som på en eller annen måte blir til overs på veien fra eksisterende byggegrunn med eller uten konstruksjoner og til etablering av nye konstruksjoner. Betongbransjen i Norge har per i dag omfattende fullskala erfaring med sirkulærøkonomi for enkelte materialkomponenter eller betongprodukter, men det ligger noen utfordringer og begrensninger i gjeldende regelverk. Dette regelverket går vi også inn på i denne veilederen. I dag er det fokusert mer på gjenbruk av gamle betongkonstruksjoner og elementer på et høyere nivå i gjenbrukspyramiden.

Sementindustrien har i mange år drevet med sirkulærøkonomi ved bruk av alternative materialer i produksjonen av sement, både som råmaterialer og som del av brennstoffene. I årene framover vil nye typer råmaterialer, bruk av klimanøytrale energikilder og energigjenvinning bidra til sirkulærøkonomien, videre vil selvsagt karbonfangst bidra til ytterligere reduserte klimagassutslipp for denne industrien.

I veilederen forklarer vi hva avfallspyramiden er, og ser nærmere på hva slags avfall som kommer fra betongnæringen og hvor store mengder det er snakk om. Statistisk Sentralbyrå (SSB) har tall som viser at byggenæringen fremdeles er den næringen som produserer mest avfall, hele 29 % av samlet avfallsmengde. I 2020 var summen av bygg- og anleggsavfall 3,3 millioner tonn, noe som tilsvarer en økning på 4 % fra 2019. Statistikken er imidlertid ikke komplett og spesielt for anleggsavfall foreligger det ikke godt nok datagrunnlag.

Materialgjenvinningsgraden økte gradvis fra ca. 20 % ved årtusenskiftet og var i 2015 på ca. 62 %. De siste årene har den imidlertid gått litt ned igjen, og en av forklaringene på dette er at det oppsto usikkerhet om bruken av lettere forurensede masser av betong og tegl til nyttige formål. Spesielt var det funn av Krom VI som skapte usikkerhet, og som førte til at denne typen masser ble lagt på deponi. I 2020 kom det et nytt og klarere regelverk

for lettere forurensede betongmasser, og det forventes at materialgjenvinningsgraden vil øke igjen. Tall fra SSB for 2020 viser at dette ikke har snudd ennå.

Vi har også sett på hvilke prosesser som bidrar til betongavfall, samt mulige tiltak for å oppnå høyere grad av sirkularitet for betong som byggemateriale. Vi trekker også fram aktuelle problemstillinger ved de ulike tiltakene. Noen av tiltakene kan gjennomføres allerede i dag, mens andre foreslåtte tiltak krever mer forskning, utvikling og dokumentasjon.

De ulike fasene i betongkonstruksjonens levetid, fra materialproduksjon til byggefase, bruksfase og rivningsfase er belyst, samt at både pøstøpte konstruksjoner og prefabrikkerte elementer er omtalt. Den påvirkningsmuligheten man har i designfasen av konstruksjonen er også sentral for betongens sirkulærøkonomi.

Vi har også belyst andre miljøaspekter ved bruk av betong, blant annet forklarer vi hvordan betong kan brukes til å binde CO₂ fra lufta gjennom naturlig karbonatisering. Videre noen aspekter vedrørende energibruk og -gjenvinning fra sement- og betongproduksjon. Avslutningsvis har vi listet noen pågående forskningsprosjekter hvor sirkulærøkonomi for betong er i fokus.

Definisjoner

I forbindelse med begrepet sirkulærøkonomi florerer en rekke ord og begreper. I denne veilederen har vi i hovedsak valgt å forholde oss til ordforklaringer og begreper, slik de er definert av Miljødirektoratet (Miljødirektoratet, 2022). Noen sentrale definisjoner er gjengitt i dette kapitlet. Andre referanser enn Miljødirektoratet er angitt i teksten.

Avfall: 1. juni 2021 kom det en ny Forurensningslov (Lov Om Vern Mot Forurensinger Og Om Avfall (Forurensningsloven), 1983), hvor lovens kapittel 5 omhandler avfall. I §27 defineres avfall, og med avfall menes løseobjekter eller stoffer som noen har kassert, har til hensikt å kassere eller er forpliktet til å kassere. Stoffer som har blitt til avfall, kan først opphøre å være avfall når det som minimum:

1. har gjennomgått gjenvinning
2. er alminnelig brukt til bestemte formål
3. kan omsettes i et marked eller er gjenstand for etterspørsel
4. innfrir de tekniske kravene som følger av de aktuelle bruksområdene og eventuelle produktkrav og -standarder, og
5. ikke medfører nevneverdig høyere risiko for helseskade eller miljøforstyrrelse enn tilsvarende gjenstander og stoffer som ellers kunne blitt brukt

Videre er det i § 27a. gitt definisjoner av spesialavfall: avfall som ikke hensiktsmessig kan behandles sammen med annet husholdningsavfall eller næringsavfall på grunn av sin størrelse eller fordi det kan medføre alvorlig forurensing eller fare for skade på mennesker eller dyr.

EPD (Miljødeklarasjon): En EPD, eller miljødeklarasjon, er et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte. Forkortelsen EPD brukes både i norsk og internasjonal sammenheng. EPD står for Environmental Product Declaration.

Kravene til hvordan en EPD skal lages er spesifisert i ISO-standarden 14025 Environmental Labels and Declarations Type III. En EPD lages på grunnlag av en livsløpsanalyse (LCA) etter ISO 14040-14044. De standardiserte metodene som sikrer at miljøinformasjon innen samme produktkategori lar seg sammenlikne fra produkt til produkt, uavhengig av region eller land. Hensikten er at kunden skal kunne sammenligne miljøprofil og foreta en vurdering og et valg basert på miljødeklarasjonen (EPD Norge, 2015).

Gjenbruk blir ofte brukt litt upresist om ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse.

Gjenvinning er ethvert tiltak der hovedresultatet er at avfall kommer til nytte ved å erstatte materialer som ellers ville bli brukt, eller et avfall har blitt forbedret til dette. Gjenvinning er en samlebetegnelse for materialgjenvinning og energiutnyttelse.

- Materialgjenvinning betyr at avfall omdannes til nye produkter, for eksempel ved at et plastmateriale smeltes om til plastpellets som kan brukes til å lage nye plastprodukter. Dette blir ofte kalt for resirkulering.

- Energiutnyttelse brukes om prosesser der energien fra avfall som brennes utnyttes i fjernvarmeanlegg som varmer opp bygg eller til å produsere elektrisitet.
- **I en sirkulærøkonomi er målet i hovedsak ombruk og materialgjenvinning, ikke energiutnyttelse.**

Kretsløp (sirkulært) er verdikjeder der produktene/materialene på ulike måter brukes lengst mulig og om igjen i et kretsløp.

Ombruk betyr at produkter eller materialer brukes på nytt til samme formål som før, uten at de må bearbeides noe særlig. Dette kan for eksempel være bygningselementer som hulldekker, stålbjelker, murstein eller vinduer som brukes om igjen av andre.

- Forberedelse til ombruk innebærer at kasserte produkter og materialer blir sjekket for skader og reparert dersom de ikke er i orden. På den måten kan de brukes på nytt, for eksempel en treball som repareres før den brukes videre. Eksempler på ombruk er:
 - Ombruk av materialet på stedet til samme bruk eller nye bruksområder
 - Ombruk av materialet andre steder enn på utbyggingsområdet
 - Demontering av materialer og bygningsdeler for mulig ombruk senere

Resirkulering er et generelt begrep som beskriver en prosess der ressurser, råvarer og produkter er i omløp og brukes om igjen i et kretsløp.

Ressurseffektivitet er en betegnelse som brukes for å beskrive hvordan vi utnytter ressursene vi har tilgjengelig på en effektiv måte slik at minst mulig går til spille, for eksempel når vi gjør om matbiogass til biogass og ulike typer biogjødsel.

Verdikjede er betegnelsen på ulike stadier som materialer/produkter gjennomgår i løpet av sin levetid, fra uttak av råvarer og produksjon via bruksfasen til avfallshåndtering.

Innhold

Forord	3
Sammendrag.....	4
Definisjoner	6
1 Innledning.....	10
1.1 Sirkulærøkonomi – hva er det?	10
1.2 Bruk av miljødeklarasjoner (EPD) for økt sirkularitet	11
1.3 Status og perspektiver for sirkulærøkonomi i betongindustrien	13
1.4 Sirkulærøkonomi i norsk sementproduksjon	14
1.4.1 Restmaterialer brukt som råmaterialer.....	14
1.4.2 Erstatning av Portlandklinker med substituttmaterialer.....	15
1.4.3 Bruk av alternativt brensel som erstatning for kull	15
1.4.4 Energigjenvinning fra sementproduksjon	16
1.4.5 Importerte sementer brukt i norsk betongproduksjon	16
2 Avfall fra betongnæringen.....	17
2.1 Avfallspyramiden	17
2.2 Avfall fra BAE-næringen	18
2.3 Betongavfall fra nybygg, rehabilitering og riving	19
2.3.1 Data for betongavfall fra SSB.....	19
2.3.2 Avfall fra betongproduksjon	22
2.4 Avfall fra norsk sementproduksjon	23
2.4.1 Produksjonsspill – overkjøringer	23
2.4.2 Gammelt murverk (murstein/ovnsforing og støpemasse)	23
2.4.3 CKD – tidligere avfall som har blitt et nyttig produkt (Multicem)	23
2.4.4 Metall fra utbyttede produksjonsdeler, møllekuler osv.....	24
2.4.5 Trevirke, blandet.....	24
2.4.6 Farlig avfall.....	24
3 Gjenvinning i betongindustrien	25
3.1 Returbetong fra byggeplass.....	25
3.2 Produkter for gjenbruk av returbetong.....	27
3.3 Tørrvask av betongbiler.....	27
3.4 Gjenvinning, gjenbruk av vaskevann, slam og restprodukter	28

3.5	Utnyttelse av gammel betong	29
3.5.1	Gjenvunnet eller resirkulert tilslag	29
3.5.2	Betong og CO ₂ -opptak	30
3.6	Armering	32
3.7	Energigjenvinning ved betongproduksjon	32
4	Prosjektering for sirkulærøkonomi med betong	34
4.1	Prosjektering av nybygg	34
4.1.1	Endringsdyktige bygg	34
4.1.2	Optimalisering for redusert materialbruk	35
4.1.3	Ombruk av bygningsdeler	36
4.2	Prosjektering for rehabilitering	37
4.3	Ombruk av eksisterende bygningsdeler	37
4.3.1	Bakgrunn	37
4.3.2	Regelverk for ombruk	38
4.4	Infrastrukturkonstruksjoner	39
5	Forskning og fremtidsvyer	40
5.1	CIRCULUS	40
5.2	SirkBygg	41
5.3	NEWSCEM	41
5.4	Slag2Value	42
5.5	RECONC – Resirkulert tilslag fra betongslam med CO ₂ -bindende egenskaper	42
5.6	RESGRAM	43
5.7	Biocrete	43
5.8	SafeRock	44
	Referanser	45

1 Innledning

I bygge- og anleggsprosjekter legges det beslag på store materialressurser gjennom byggets eller konstruksjonens levetid. De senere årene har det blitt satt søkelys på optimalisering av ressursbruk og det stilles stadig strengere krav til bedre ressursutnyttelse. Byggenæringen har et forbedringspotensial her, og materialer tilknyttet betongkonstruksjoner utgjør en stor del av dette.

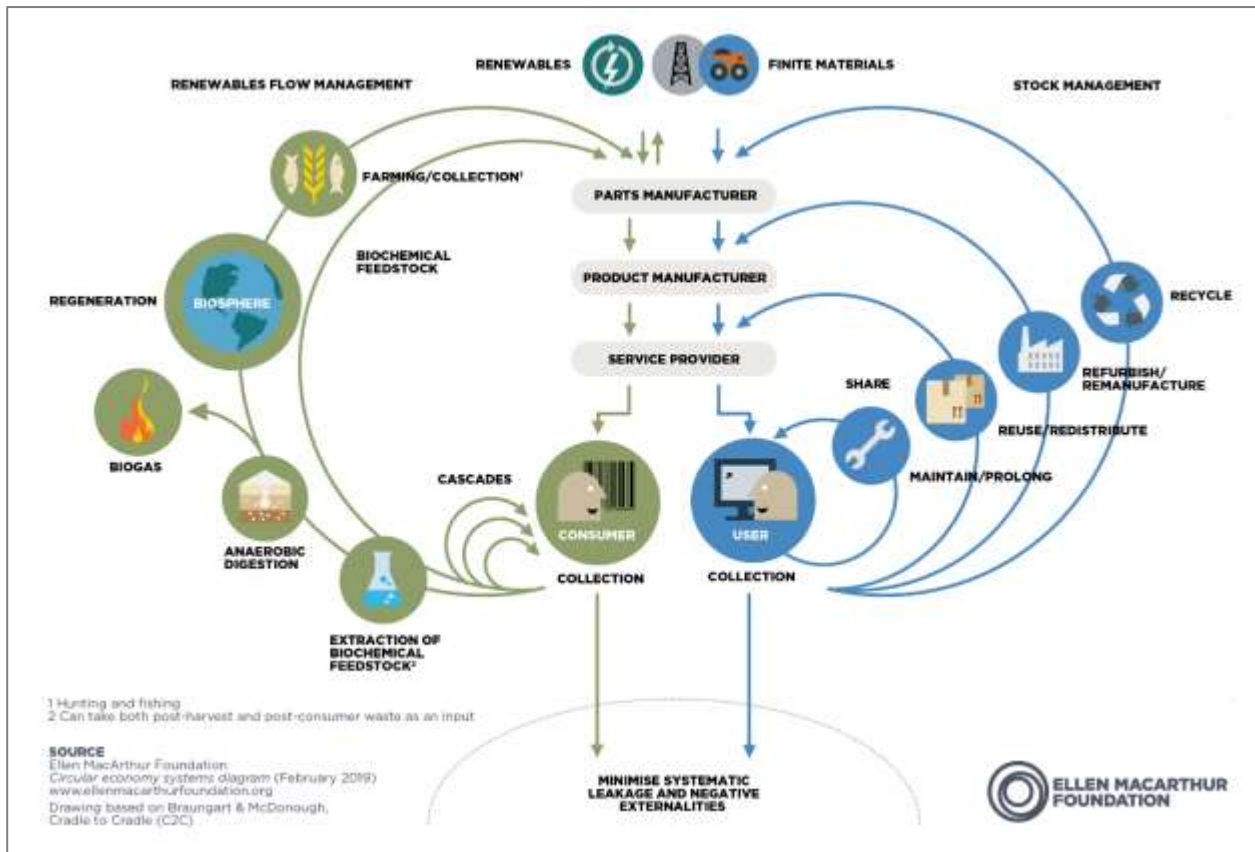
I Norge er det satt mål om 80 % material- eller energigjenvinning av avfall, med spesifikke mål for enkelte avfallsfraksjoner (Klima- og miljødepartementet, 2017)

Det har i de senere årene vært mye oppmerksomhet på betong og miljø, og det har pågått en rekke forsknings- og utviklingsprosjekter som har tatt for seg ulike deler av miljøutfordringene med betong. En stor del av utfordringene er knyttet til CO₂-utslipp i forbindelse med sementproduksjon da rundt 90 % av klimagassutslippene for betong kommer derfra. Av den grunn har det også pågått mye forskningsaktivitet for å erstatte deler av sementen (Portlandklinker) med andre materialer. Videre har det vært forsket på utvikling av nye bindemidler med lavere miljøbelastning. **Sirkulærøkonomi handler om noe mer enn klimagassutslipp. Denne forskjellen, og hva sirkulærøkonomi kan innebære for betong, prøver vi å forklare i denne veilederen.**

Innledningsvis forklarer vi hva sirkulærøkonomi er for sement- og betongindustrien og ser på status i vår bransje. Videre har vi sett på hva slags avfall som betongnæringen står for og hvor store mengder det er snakk om. Deretter belyser vi mulige tiltak for å oppnå høyere grad av sirkularitet for betong som byggemateriale, samt at vi trekker fram aktuelle problemstillinger ved de ulike tiltakene. Vi har sett på de ulike fasene i betongkonstruksjonens levetid, fra materialproduksjon til byggefase, bruksfase og rivningsfase. Veilederen inkluderer både plasstøpte konstruksjoner og prefabrikkerte elementer. Noen av tiltakene kan gjennomføres allerede i dag, mens andre foreslåtte tiltak krever mer forskning, utvikling og dokumentasjon. I veilederen gjør vi ingen forsøk på å rangere tiltaksområder etter effekt eller kost/nytte, da effekten av tiltak vil påvirkes av svært mange faktorer, avhengig av lokasjon, tilgang til råvarer og mulighet for bearbeiding av materialer.

1.1 Sirkulærøkonomi – hva er det?

Sirkulær økonomi handler om å utnytte ressursene våre best mulig ved å lukke materialslyffene for å hindre at ressurser går tapt, se Figur 1. I en sirkulærøkonomi er målet å unngå å lage avfall, og at alt skal ombrukes, materialgjenvinnes eller energiutnyttes. Med en sirkulærøkonomisk tankegang søker man å gjenoppbygge økonomisk, produsert, menneskelig, sosial eller naturlig kapital for å sikre forbedret flyt av varer og tjenester. Systemdiagrammet nedenfor illustrerer en kontinuerlig strøm av tekniske og biologiske materialer gjennom "verdisirkelen" (Ellen MacArthur Foundation, 2022).



Figur 1: Prinsippene for sirkulærøkonomi (Ellen MacArthur Foundation, 2022)

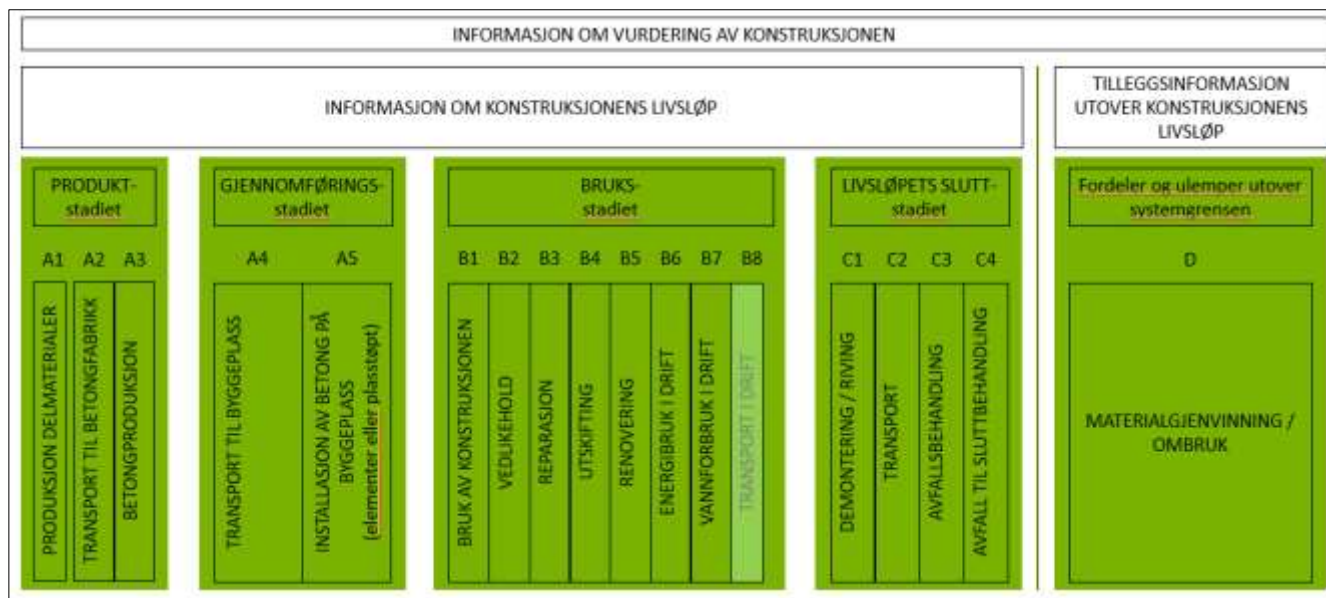
Med verdens naturressurser under press, må ressursene brukes langt mer effektivt for å redusere uttak av nye ressurser. Det er et mål at produktene skal vare så lenge som mulig, repareres, oppgraderes og brukes om igjen. Avfall må materialgjenvinnes og brukes som råvarer inn i ny produksjon, slik at de samme ressursene utnyttes flere ganger og minst mulig går tapt (Miljødirektoratet, 2020). I en sirkulærøkonomi er målet i hovedsak materialgjenvinning, ikke energiutnyttelse (Boye, E., 2019).

EU la i mars 2020 fram sin nye handlingsplan for sirkulærøkonomi, som er en høyt prioritert leveranse under the European Green Deal, EUs grønne vekststrategi (Regjeringen, 2020). Den norske regjeringen har satt som mål at "Norge skal være et foregangsland i utviklingen av en grønn, sirkulærøkonomi som utnytter ressursene bedre", og at det skal utarbeides en nasjonal strategi for sirkulærøkonomi (Regjeringen, 2022).

1.2 Bruk av miljødeklarasjoner (EPD) for økt sirkularitet

En EPD, eller miljødeklarasjon, er et kortfattet dokument som oppsummerer miljøprofilen til en komponent, et ferdig produkt eller en tjeneste på en standardisert og objektiv måte. Standardiserte metoder sikrer at miljøinformasjon innen samme produktkategori lar seg sammenlikne fra produkt til produkt, uavhengig av region eller land. Hensikten er at kunden skal kunne sammenligne miljøprofil og foreta en vurdering og et valg basert på miljødeklarasjonen (EPD Norge, 2015).

En EPD er delt inn forskjellige moduler. Ikke alle produkter/konstruksjoner kan omfatte alle modulene. Figur 2 er basert på tilsvarende Figur 2 i NS3720, og viser de ulike modulene i en EPD tilpasset betongproduksjon.



Figur 2: Systemgrensene og modulene i en miljødeklarasjon

For ferdigbetong er det normalt å utarbeide en EPD med modulene A1 – A3 evt. A1 – A4. I et spesifikt prosjekt vet man transportavstand fra betongfabrikk til byggeplass og kan legge inn antall km. I en generell produktspesifikk EPD kan man legge inn A4 for for eksempel 50 km og da vil det også være mulig å regne ut hvor mye energi og CO₂ hver transportert kilometer bidrar med.

For betongelementer kan EPD inneholde moduler til A5, og det er normalt at produsent av betongelementer også står for montasje på byggeplass. Dersom det brukes fugemørtler eller andre festeprodukter, skal disse inngå i A5.

De neste modulene (i B-serien) er vanskelig for betongprodusent å vite så mye om. Disse inngår som regel i en EPD for et bygg eller en konstruksjon. Den som utarbeider EPD for hele konstruksjonen (med B-modulene) vil da ha god nytte av å ha EPD for betongen med A1-A4 for ferdigbetong og A1-A5 for betongelementer.

B1 inkluderer karbonatisering av betong. Betong Norge har laget en kalkulator for betongelementer. Denne gir karbonatisering i kg per m². Ferdigbetongleverandørene venter på en NORSUS-rapport som skal vi veiledende verdier for plasstøpt betong i denne modulen.

Modulene C og D omhandler hva som skal skje med betongen etter endt levetid i konstruksjonen. Her gjelder det å planlegge at betong ikke skal rives og kjøres på deponi, men beskrive og planlegge for gjenvinning og verdiutnyttelse.

I C1 registreres betongens vekt (densitet) og EPD-generatoren i lca.no beregner da C3 og C4. Veiledningen sier at C2 skal være 85 km dersom man ikke vet eksakt transportavstand.

1.3 Status og perspektiver for sirkulærøkonomi i betongindustrien

Betong er verdens mest brukte byggemateriale og vil på en eller annen måte innvirke på eller samvirke med nær sagt alle sektorer av samfunnet hva angår forbruk av materialer, energi og utslipp i ulik grad. Det er i denne publikasjonen valgt å avgrense sirkulærøkonomiske aspekter i betongens delmaterialer til følgende fem grupper:

1. Tilslag, herunder gjenbruk av steinmasser, resirkulering av gammel betong, behandling og resirkulering av rivningsavfall og vaskede gravemasser til bruk i ny betong osv.
2. Bindemidler, herunder naturlige kalsinerte pozzolaner eller naturlige pozzolaner, aske fra ulike forbrenningskilder, CKD (cement kiln dust), silikastøv, flygeaske, slagg
3. Vaskevann fra betongblander og betongbiltrommel
4. Tilsetningsstoffer
5. Armering, herunder stang-, spenn- og fiberarmering

Bærekraftig utvikling inkluderer også sosiale forhold som ble opprinnelig formulert i Brundtlandskommisjonens rapport fra 1987 (Brundtland, G.H., 1987). Flere av FNs 17 bærekraftsmål har relevans for oss som arbeider med betong; mål nr. 9 (Industri, Innovasjon og Infrastruktur), mål nr. 11 (Bærekraftige byer og lokalsamfunn), mål nr. 12 (Ansvarlig forbruk og produksjon) og mål nr. 13 (Stoppe klimaendringene) påvirkes av betongindustrien direkte. Videre er det en indirekte påvirkning hvor betongindustrien også er relevant for mål nr. 1 (Utrydde fattigdom) ved å skape jobber, nr. 3 (God helse og livskvalitet) ved å bygge sykehus, institusjoner etc., og mål nr. 4 (God utdanning) ved å bygge skoler (*FNs bærekraftsmål, 2022*).

Resirkulering av betong og sirkulærøkonomi for de fem delkomponentene i betong listet opp ovenfor er altså svært viktig fordi bygg- og anleggsprosjekter samlet inneholder store mengder tunge bygge- og anleggsmaterialer (betong, tegl, pukk, grus osv.) som på en eller annen måte blir «til overs» på veien fra eksisterende byggegrunn med eller uten konstruksjoner og til etablering av nye konstruksjoner.

Betongbransjen i Norge har per i dag omfattende fullskala erfaring med sirkulærøkonomi. Betongstandarden NS-EN 206+NA setter krav til dokumentasjon og kvalitet av betong med resirkulert tilslag og tilslaget selv. Det er gjennomført mange fullskala byggeprosjekter i Norge de siste 20 årene, hvor betong er gjenbrukt under produksjon av ny betong. Flere av disse har vært presentert på Norsk Betongdag og i fagtidsskrifter tidligere, se f.eks. (Jacobsen, S., 1999; Karlsson, M., 1999; Linja, A & Helland, S., 2001). Disse prosjektene har vært basert på forskning og utvikling som har resultert i veiledninger og spesifikasjoner.

I dag er oppmerksomheten også rettet mot gjenbruk av betongkonstruksjoner og -elementer på et høyere nivå i avfallspyramiden. Et eksempel på dette er fra Statsbyggs prosjekt med nytt regjeringskvartal, der hulldekker fra R4-blokken i Regjeringskvartalet ble brukt som nye dekker i prosjektet Storbylegevakta ved Aker sykehus i Oslo og i Kristian Augusts gate. Dette er nærmere omtalt i kapittel 4.3.2.

Videre er det viktig å være klar over at resirkulering av knust betong også kan gjøre stor nytte som bærelag, fylling rundt rør i grøfter og lignende, hvor det i mange tilfeller kan erstatte jomfruelige steinmasser. Knust betong kan også fungere som CO₂-absorbent, for eksempel ved å lage gabioner som kan brukes som støttemurer, eller ved bruk utendørs i middels fuktighet og kontakt med atmosfæren. Dette siste er særlig aktualisert etter at

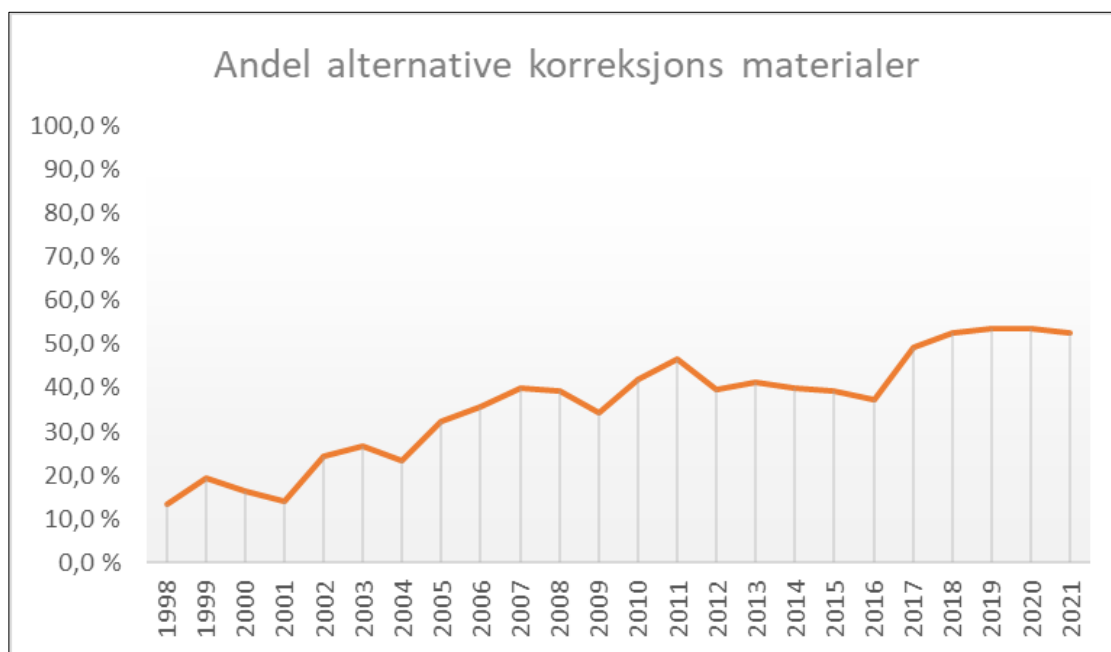
Miljødirektoratet nylig har vurdert at grenseverdiene for tillatt utlekking av arsen, nikkel (krom) III og krom (IV) kan være noe høyere ved bruk av betong og tegl (Miljødirektoratet, 2019).

1.4 Sirkulærøkonomi i norsk sementproduksjon

Sementindustrien har i mange år drevet med sirkulærøkonomi ved bruk av alternative materialer i produksjonen av sement, både som råmaterialer og som del av brennstoffene. I årene framover vil nye typer råmaterialer, bruk av klimanøytrale energikilder, energigjenvinning og karbonfangst bidra ytterligere til sirkulærøkonomien.

1.4.1 Restmaterialer brukt som råmaterialer

Ved sementproduksjon trenger man i tillegg til kalkstein og gips, korreksjonsmaterialer for justering av innholdet av silisium, aluminium og jern, alt etter type sement man produserer. De siste 20 årene har for eksempel Norcem erstattet over 50 % av de jomfruelige korreksjonsmaterialene med restmaterialer fra annen industri, se Figur 3. Kvarts er erstattet med slagg fra silikomangan-produksjon. Jernoksid er erstattet med kobberslag, et biprodukt fra produksjonen av titanoksid. Aluminiumsoksid er erstattet med serox, et sekundært materiale fra produksjon av aluminiumslegeringer.



Figur 3: Andel av restmaterialer som erstatter korreksjonsmaterialer ved Norcem Brevik fra 1998 til 2020

1.4.2 Erstatning av Portlandklinker med substituttmaterialer

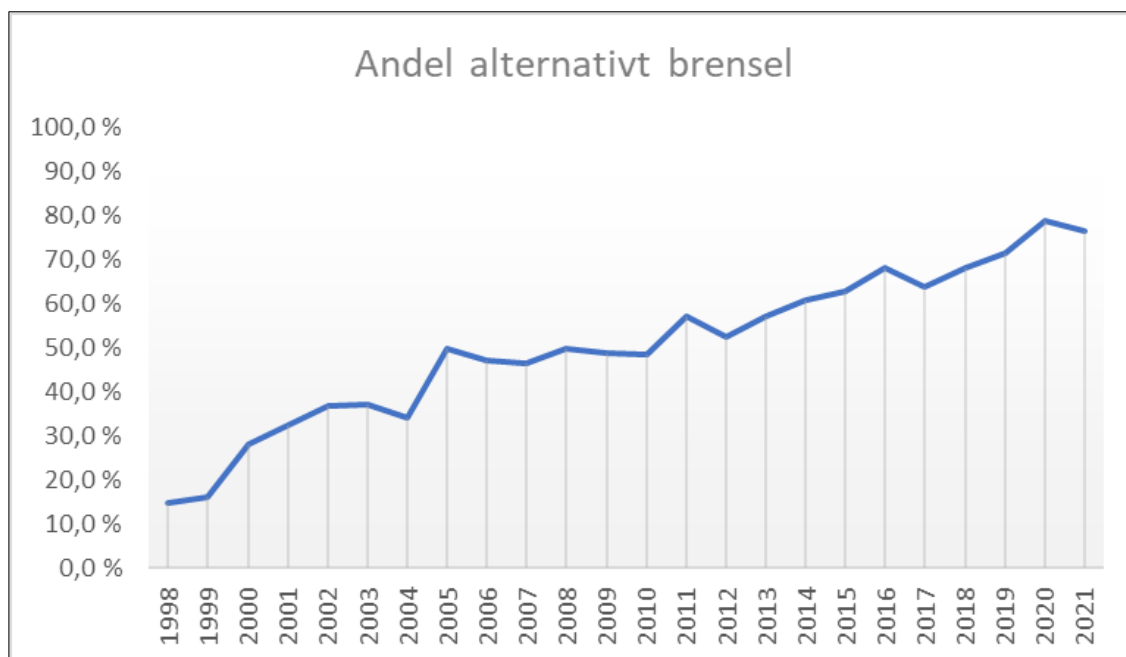
Sementindustrien har gjennom produktutvikling erstattet deler av Portland-klinkeren med andre materialer, gjerne restmaterialer fra annen industri. Dette er positivt med hensyn til sirkulærøkonomi, og gir ofte sementen forbedrede tekniske egenskaper. Alternativet vil ofte være å deponere disse restmaterialene. På verdensbasis er flygeaske (fra forbrenning av kull i varmekraftverk), slagg (fra stålindustrien) og kalkstein de vanligste materialene som erstatter Portlandklinker. I dag er naturlig kalsinerte og naturlige pozzolaner aktuelle som substituttmaterialer i sementproduksjon. Noen substituttmaterialer tilsettes i sementproduksjonen, mens andre, slik som silikastøv, tilsettes i betongproduksjonen. Flygeaske tilsettes både i sement- og betongproduksjonen.

Dagens sementer produsert ved Norcems fabrikker i Norge har en substituttandel på 19-24 %. Dette har redusert CO₂-utslippet til flygeaskecementene tilsvarende sammenlignet med sementene uten flygeaske. Den økte bruken av disse substituttene har også medført at flygeaske, silikastøv og slagg nå er inntektsbringende produkter, mens det tidligere var kostnadskrevende avfall og er blitt gode eksempler på sirkulærøkonomi i praksis.

For å få en sement med enda lavere CO₂-utslipp vil økt bruk av nåværende og nye substituttmaterialer være nødvendig i fremtiden. Dette vil imidlertid medføre at det må gjøres endringer i både sementstandarden og betongstandarden. Norsk Betongforening har bidratt til å øke interessen for redusert karbonavtrykk ved bruk av industrielle avfallsprodukter som substitutt for sement gjennom Publikasjon Nr. 37 - Lavkarbonbetong. Denne publikasjonen har tilnærmet funksjon som et normativt dokument, og har i praksis også påvirket utviklingen av det nasjonale annekset til NS-EN 206+NA.

1.4.3 Bruk av alternativt brensel som erstatning for kull

På slutten av 80-tallet startet Norcem med bruk av alternative brenslar som erstatning for kull. Fabrikken i Brevik har erstattet nesten 80 % av kullet med avfallsbaserte brenslar de siste 30 årene, se Figur 4. Avfall som ellers ville være et problem for samfunnet å bli kvitt, brukes som brennstoff og reduserer bruken av fossilt brennstoff. Dette er positivt både for sirkulærøkonomien og CO₂-utslipp, samt at det tar farlige stoffer ut av kretsløpet. I dag kommer 30 % av brennstoffets energiandel fra biobasert brennstoff. Det består bl.a. av dyremel med 100 % bioandel, FAB (Foredlet avfallsbrensel; papir, papp, tekstil, plast) med 56 % bioandel, og hotmix (maling, lakk og løsemidler blandet med flis) med 59 % bioandel. Biobrensel regnes som CO₂-nøytralt.



Figur 4 Andel alternativt brensel brukt i klinkerovnen ved Norcem's fabrikk i Brevik

1.4.4 Energigjenvinning fra sementproduksjon

Klinkerproduksjon krever mye energi, hvor kun en liten del gjenvinnes på fabrikk i dag. Andel gjenvunnet energi vil øke i framtiden når det nye fullskala fangstanlegget for CO₂ i Brevik kommer i drift i 2024. Fangst av CO₂ fra sementproduksjonen er et viktig element av Norcem's visjon om nullutslipp av CO₂ fra betongprodukter innen 2030, sett over et livsløpsperspektiv. Byggingen av fangstanlegget i Brevik er i gang når denne rapporten skrives, og har som mål å redusere utslipp av CO₂ med 400 000 tonn pr år. Mye av energien som trengs for å fange CO₂ dekkes av overskuddsvarme fra sementproduksjonen. Det vil gi en energigjenvinning på ca. 28 % av det klinkerovnen bruker av energi i dag.

1.4.5 Importerte sementer brukt i norsk betongproduksjon

Det er fire sementfabrikker som produserer så godt som all sementen til det norske markedet: To i Norge (Norcem Brevik og Norcem Kjøpsvik), en i Danmark (Aalborg Portland) og en i Tyskland (Schwenk). I tillegg har Norcem noe import fra det svenske søsterselskapet Cementsa.

Importsementen utgjør omtrent en femdel av det norske markedet. Importprodusentene gjør lignende tiltak som Norcem for å redusere material- og energibruk. Tilnærmingen har imidlertid vært noe forskjellig, for eksempel ved at flygeaske utelukkende tilsettes i betongproduksjonen og ikke i sementproduksjonen. Lavvarmesementen fra Schwenk er pr nå det sementproduktet med høyest substituttandel i markedet, med 70 % innblanding av slagg.

Både den tyske og den danske sementprodusenten har erstattet mye av det fossile brenselet med alternative og avfallsbaserte brensler. I Aalborg Portland er andelen alternative brensler på 53 % (2019), mens andelen for Schwenk sin fabrikk i Bernburg er på hele 97 %.

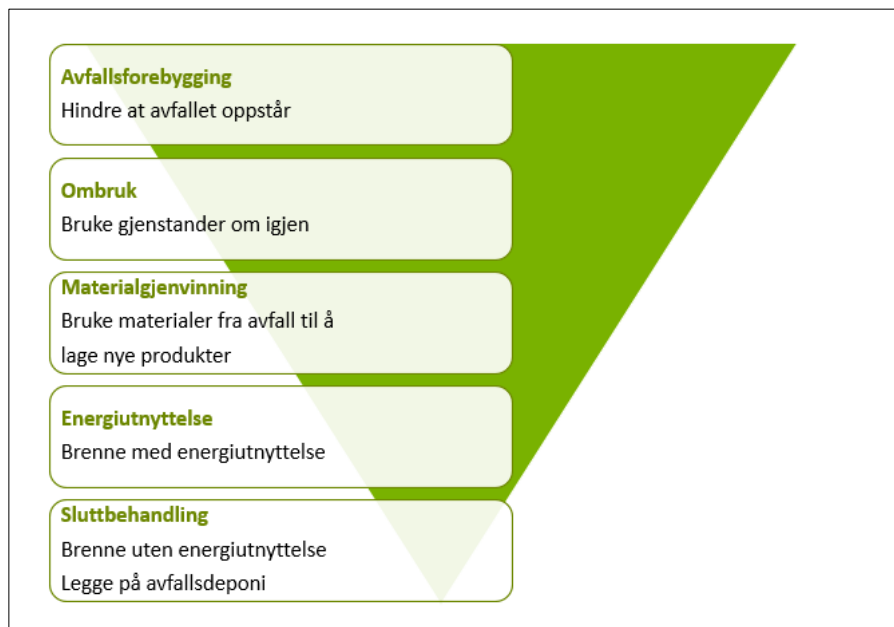
2 Avfall fra betongnæringen

Norsk avfallspolitikk ble utviklet på 80-90-tallet. Det ble utarbeidet en stortingsproposisjon (Miljøverndepartementet, 1989) om arbeid med spesialavfall, samt at det kom en stortingsmelding om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling (Miljøverndepartementet, 1992). Ved tusenårsskiftet kom det en ny stortingsmelding med Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets tilstand (Klima- og miljødepartementet, 2000), og til slutt en Avfall som ressurs – avfallspolitikk og sirkulærøkonomi (Klima- og miljødepartementet, 2017).

I dette kapitlet har vi forklart litt om avfall generelt og ulike definisjoner på avfall og avfallshåndtering. Videre har vi samlet informasjon og erfaringer fra aktører i bransjen om hva slags avfall som kommer fra betongnæringen, hvor store mengder det er snakk om og hva som gjøres med dette avfallet.

2.1 Avfallspyramiden

Klima- og miljødepartementet har utarbeidet en avfallsstrategi hvor de nasjonale avfallsmålene er beskrevet. Norsk avfallspolitikk tar utgangspunkt i en overordnet målsetting om at avfall skal tas hånd om slik at det blir til minst mulig skade og ulempe. Avfallspolitikken fremmer forebygging av at avfall oppstår, ombruk, materialgjenvinning og energiutnyttelse. Strategien er også i tråd med EUs rammedirektiv for avfall og prioriterer avfallsforebygging, gjenvinning og ressursutnyttelse i tråd med avfallshierarkiet (Boye, E., 2019; Miljødirektoratet, 2022), se Figur 5. I EUs avfallshierarki er høyeste prioritet å unngå at avfall oppstår, deretter å styre avfallet som har oppstått i en prioritert rekkefølge.



Figur 5 Prioritert rekkefølgen for håndtering av avfall. Mål om materialgjenvinning som kommer fra EU vil gjelde for Norge gjennom EØS-avtalen (Boye, 2019).

2.2 Avfall fra BAE-næringen

Statistisk Sentralbyrå (SSB) har tall som viser at byggenæringen fremdeles er den næringen som lager mest avfall, hele 29 % av samlet avfallsmengde. I 2020 var summen av bygg- og anleggsavfall 3,3 millioner tonn, noe som tilsvarer en økning på 4 % fra 2019. Nasjonal Handlingsplan for bygg- og anleggsavfall har tall som viser at summen av bygg- og anleggsavfall var 2,8 millioner tonn i 2018, hvorav ca. 65 % kom fra bygg og 35 % kommer fra anlegg. Statistikken er imidlertid ikke komplett og spesielt for anleggsavfall foreligger det ikke godt nok datagrunnlag. Naturlige gravemasser av jord og stein regnes ikke som en del av anleggsavfallet.

EUs avfallsdirektiv hadde en målsetting om at 70 % av avfallet fra bygge- og anleggsvirksomhet skulle materialgjenvinnes innen 2020. Denne målsettingen omfatter ikke materialgjenvinning av farlig avfall eller forbrenning med energiutnyttelse.

Materialgjenvinningsgraden økte gradvis fra ca. 20 % ved årtusenskiftet og var i 2015 på ca. 62 %. De siste årene har den imidlertid gått litt ned igjen, og en av forklaringene på dette er at det oppsto usikkerhet om bruken av **lettere forurensede masser av betong og tegl** til nyttige formål. Spesielt var det funn av Krom VI som skapte usikkerhet, og som førte til at denne typen masser ble lagt på deponi. I 2020 kom det et nytt og klarere regelverk for lettere forurensede betongmasser, og det forventes at materialgjenvinningsgraden vil øke igjen. Likevel viser tall fra SSB at man ikke nådde målet om 70 % materialgjenvinning av byggavfall i 2020, se kapittel 2.3.1.

Det er Nasjonal handlingsplan for bygg- og anleggsavfall 2021-2023 (NHP5) som fastsetter bygg, anleggs- og gjenvinningsbransjen nasjonale mål og ambisjoner for avfallsreduksjon, riktig sortering, forsvarlig håndtering og materialgjenvinning av bygg- og anleggsavfall. NHP skal bidra til en bærekraftig, forsvarlig og varig sirkulærøkonomi. For å oppnå dette har de skissert delmål som vist Figur 6 (Lindstad et al., 2021).



Figur 6: NHP sine delmål for å bidra til bærekraftig, forsvarlig og varig sirkulærøkonomi, Kilde NHP 5

I februar 2020 kom Samfunnsøkonomisk analyse og NIBIO ut med en rapport (Ibenholt et al., 2020), hvor de har analysert de samfunnsøkonomiske kostnadene og nytten av å redusere avfallsmengder fra byggebransjen, herunder minimere generert avfall, øke ombruken av byggavfall og øke materialgjenvinningen. Rapporten konkluderer med at *avfallsminimering både er bedriftsøkonomisk lønnsomt (for utbyggere) og samfunnsøkonomisk lønnsomt, og har høyere lønnsomhet enn de øvrige tiltakene. Således er tiltak for å redusere mengden generert avfall den mest lavthengende frukten av de tre vurderte tiltakene, og det er her hovedtyngden av innsats bør legges. Videre sier denne rapporten at "Ombruk er ikke lønnsomt for utbygger, og har store barrierer grunnet regelverk" og "Materialgjenvinning kan gi reduserte utslipp av klimagasser, men gir få kostnadsbesparelser".*

2.3 Betongavfall fra nybygg, rehabilitering og riving

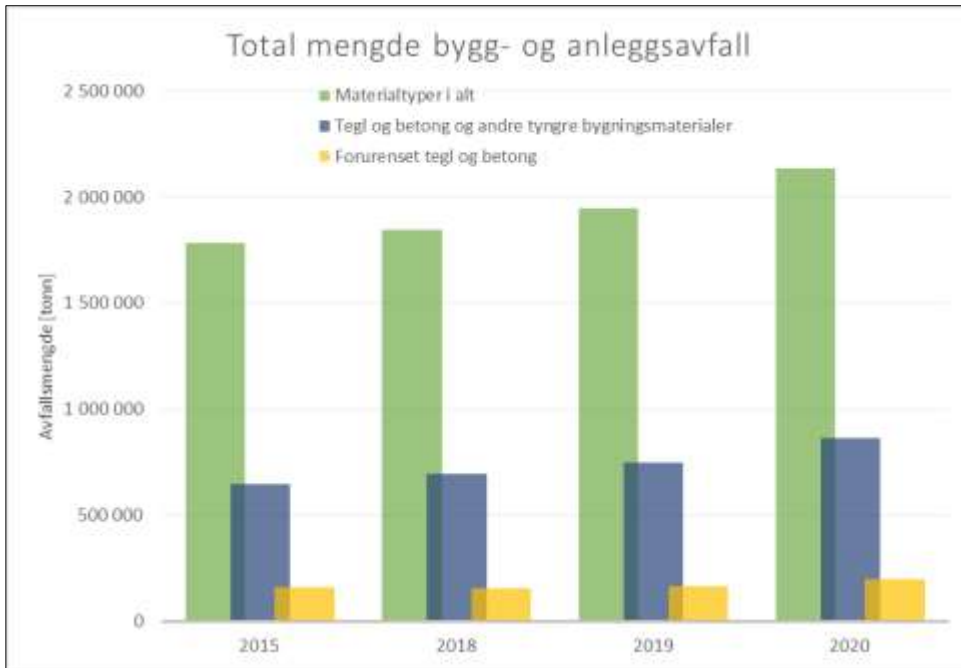
Alt av materialer som er igjen etter et byggeprosjekt og som leveres hos et avfallsmottak er byggavfall. Utover dette kommer det en del avfall som ikke er med i statistikken for byggavfall, men som er knyttet til betongproduksjon eller andre aktiviteter, som for eksempel:

- Avfall fra produksjon av betongelementer
- Returbetong fra byggeplasser
- Uregistrert rehabilitering (privat husholdning og mindre entreprenører)
- Rehabilitering av bad (små foretak eller privatpersoner), kan utgjøre 20 000 – 50 000 tonn årlig
- Andre avfallsstrømmer, brannmurer, takstein, puss og tegl fra fasader

I 2015 gjennomførte Norsus (tidligere Østfoldforskning) og SINTEF en materialestrømsanalyse for betongavfall fra bygg og anlegg, hvor mengde byggavfall fra nybygg, rehabilitering og riving, samt hvordan mengden betongavfall vil utvikle seg i fremtiden ble gjort rede for. I arbeidet med denne rapporten fant man at det sannsynligvis er delstrømmer av betongavfall fra byggeaktivitet som faller utenfor statistikken. Videre at mengden betongavfall som registreres fra anleggstiltak sannsynligvis var for lav. Disse faktorene er i stor grad gjeldende, også i 2022.

2.3.1 Data for betongavfall fra SSB

I dette kapitlet har vi samlet noe statistiske data på avfall knyttet til betong og betongprodukter. Figur 7 viser total mengde bygg- og anleggsavfall som er levert til avfallsbehandling i årene 2015 og 2018-2020. 2015 er tatt med for å vise nivået for avfallsbehandling og materialgjenvinning slik det var før nedgangen som følger av usikkerheten knyttet til krom VI.



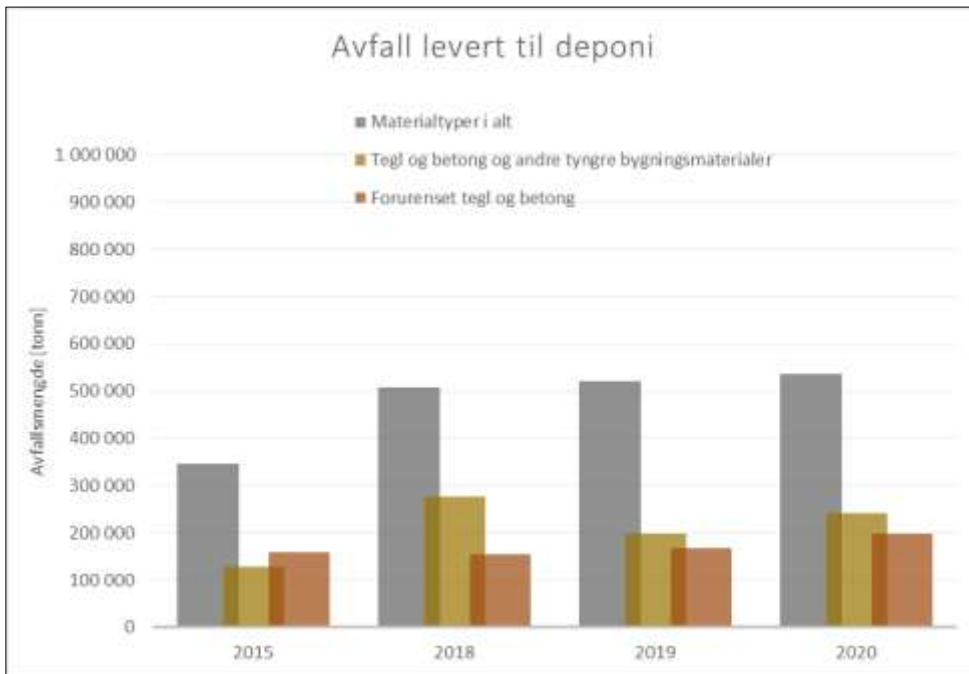
Figur 7: Bygg- og anleggsavfall levert til avfallsbehandling 2015-2020 (SSB)

Figur 8 viser den totale mengden bygg- og anleggsavfall og andel tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer som er levert til materialgjenvinning, samt gjenvinningsgraden for betong. I gjenvinningsgraden er også forurenset tegl og betong regnet med. Forurensete materialer går alltid til deponi.



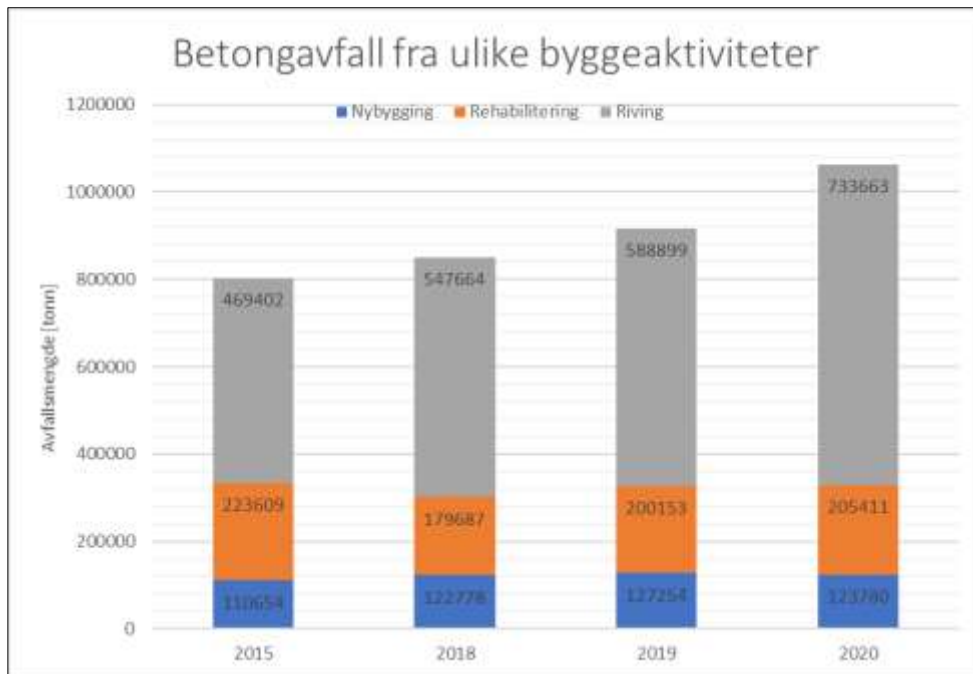
Figur 8: Total mengde bygg- og anleggsavfall og andel tegl, betong og andre tyngre bygningsmaterialer som er levert til materialgjenvinning, samt gjenvinningsgraden for betong (SSB)

Figur 9 viser den totale mengden bygg- og anleggsavfall som er levert til deponi, samt betongprodukter. Her ser vi at også en del betongprodukter som ikke er kategorisert som forurenset går til deponi. Ca. 25 % av betong som rives er definert som forurensete masser, noe som gjerne skyldes overflatebehandling i bygget (NHP sekretariat, 2017).



Figur 9: Total mengde bygg- og anleggsavfall som er levert til deponi, samt betongprodukter (SSB)

Figur 10 viser hva slags byggeaktivitet (nybygg, rehabilitering eller riving) betongavfallet kommer fra. Det er ingen overraskelse at det meste av betongavfallet er knyttet til rehabilitering og riving, og at nybygg har en lavere andel avfall. Likevel er det årlig snakk om mer enn 100 000 tonn betong. I neste avsnitt går vi litt nærmere inn på hva dette avfallet kommer av.



Figur 10: Oversikt over hva slags byggeaktivitet betongavfallet kommer fra (SSB)

2.3.2 Avfall fra betongproduksjon

Når en betongkonstruksjon produseres, så skjer dette basert på to hovedmetoder for utstøping: (1) Støping / sprøyting på byggeplass, hvor betongen blir fraktet i fersk tilstand fra betongfabrikken til byggeplass. Denne betongen kalles også fabrikkbetong eller ferdigbetong. (2) Den andre måten er utstøping i eget produksjonsanlegg, som regel betongelementer, men også det som omtales som betongvarer.

Det blir restprodukter fra flere ledd i disse prosessene. Restprodukter fra selve blandedprosessen er i stor grad de samme uavhengig av utstøping.

Slam fra vasking av blandeutstyr, biler og pumper

Alt blandeutstyr rengjøres regelmessig, minst en gang om dagen. Betongbiler og -pumper vil også ha en del betongrester etter tømning. Dette gir mye slamholdig vann samt utvasket tilslag. Vann kan resirkuleres til ny produksjon eller til ny vasking, og dette gjøres i stor grad i dag. Som et eksempel viser erfaringstall at slam fra vasking utgjør 1-2 % av mengde i hulldekkproduksjon

Se ellers kapittel 3.4. for tiltak som gjøres med slam og vaskevann.

Returbetong/overskuddsbetong

Fra produksjon, transport og utstøping vil man få avfall fra flere ledd i prosessen:

- Fersk betong med feil kvalitet. Spesielt er hulldekkproduksjon ømfintlig for feil konsistens.
- For mye bestilt betong/returbetong. Gjelder spesielt fabrikkbetong.
- Herdet betong som kapp, rester og vrakbetong i elementproduksjon.

Returbetong/overskuddsbetong er den største utfordringen på avfallssiden i betongproduksjonen. Det er vanlig at det bestilles mer enn beregnet behov, da det vil være et større problem for entreprenøren om det ikke er bestilt nok.

Returbetong regnes som næringsavfall. Næringsavfall skal enten leveres godkjent deponi eller gjenvinnes. Mellomlagring av fast eller flytende betong krever tillatelse, hvilket innebærer at man ikke uten videre kan deponere eller lagre overskuddsbetong på byggeplassen. Dette er nærmere beskrevet i Forurensingsloven §§ 11, 27, 29 og 32.

Erfaringstall fra noen av de største betongprodusentene viser at returbetong fra byggeplass utgjør litt over 1 %, men på grunn av at produsentene som regel har gode rutiner for gjenbruk av denne betongen kan deponeringsgraden for avfall av dette være så lav som <0,1 % av produksjonsvolumet.

Av miljømessige hensyn, samt at det fremover forventes en økning i deponiavgiftene, er målsettingen for 100 % gjenbruk, men det er et fåtall fabrikker som er der i dag.

Se kapittel 3 for tiltak bransjen gjør for å redusere avfallsmengden fra betongproduksjonen.

2.4 Avfall fra norsk sementproduksjon

2.4.1 Produksjonsspill – overkjøringer

Det er vanskelig å unngå overkjøringer og lekkasjer fra produksjonsavdelingene på en sementfabrikk. Årsaken kan være transportbelter som begynner å gå skjevt så noe av materialet renner av, det slites hull i nedfall og så videre. Det produseres og transporteres store volumer med materialer døgnet rundt, så mengden produksjonsspill kan bli høyt i løpet av kort tid.

Produksjonsavfall (ca. 2800 tonn/år) fjernes ved hjelp av støvsugerbil og deponeres i eget deponi i Norcem's gruver. (Kjøpsvik 1700 tonn/år)

2.4.2 Gammelt murverk (murstein/ovnsforing og støpemasse)

I løpet av året byttes det ut ca. 400-500 tonn ildfast murstein og sprøytemasse fra ovnsystemet i Norcem sine to fabrikker. Ildfast foring blir slitt over tid og byttes ut når det er nødvendig under de rutinemessige revisjonsstansene på fabrikkene. Avfallet har hittil blitt deponert i gruvene, men et nytt prosjekt på gang for å se på muligheten for å blande det inn med kalksteinen.

2.4.3 CKD – tidligere avfall som har blitt et nyttig produkt (Multicem)

Ovnsstøv (Cement Kiln Dust – CKD) er et avfallsmateriale som av prosestetniske årsaker fjernes fra ovnsystemet (Jacobsen, S., 2007). Dette ble tidligere deponert, men i perioden 2005 - 2010 begynte Norcem å undersøke mulighetene for å lage en miks av CKD og sement (Jacobsen, 2007). Dette er nå i salg i flere ulike varianter og har blitt et alternativ for stabilisering av usikker grunn, hvor det ellers brukes rene sement- eller kalkprodukter.

CKD tilsettes (< 1%) i Industri og Standard FA sement når det er mulig. (fra 500 til 1600 tonn/år avhengig av etterspørsel på Multicem).

2.4.4 Metall fra utbyttede produksjonsdeler, møllekuler osv

Det kastes rundt 240 tonn blandede metalleder fra Norcem sin fabrikk i Brevik hvert år. Avfallet leveres til Franzefoss for resirkulering. Ved fabrikkene i Kjøpsvik er tallet 350 tonn/år.

2.4.5 Trevirke, blandet

Det kastes rundt 200 tonn/år med blandet trevirke fra Brevik og 50 tonn/år fra Kjøpsvik. Avfallet leveres til Franzefoss og brukes der som basis i produksjon av foredlet avfallsbrensel (FAB) som brennes på Norcem.

2.4.6 Farlig avfall

Norcem ender opp med henholdsvis ca 60 og 90 tonn/år av ulike avfallstyper fra fabrikkene i Brevik og Kjøpsvik som leveres til Renor. Der blandes det inn i brensel, som igjen brukes hos Norcem.

3 Gjenvinning i betongindustrien

3.1 Returbetong fra byggeplass

Når betongbilen har med fersk betong tilbake fra byggeplass så kaller vi det returbetong. Dersom returbetongen fremdeles har tilfredsstillende konsistens, etterfylles betongbilen gjerne med ny, fersk betong og den kjøres ut til byggeplass igjen. Dette er tillatt så lenge kjøper har bestilt *egenskapsdefinert* betong i henhold til NS-EN 206+NA. Returbetongen kun utgjør en liten andel av det totale nye lasset, samt at returbetongen er av samme eller bedre fasthets- og bestandighetsklasse som den nye bestilte betongen. Tiden det har gått fra blandetidspunkt er avgjørende for om betongen kan forventes å ha god nok støpelighet til å brukes på nytt. En slik umiddelbar ombruk er gunstig i et sirkularitetsperspektiv, og gir redusert avfall for betongprodusenten. Dersom kjøper har bestilt *foreskrevet* betong, kan man som regel ikke bruke returbetong.

Det finnes også sterkt retarderende stoffer som gjør at returbetongen holdes flytende til neste dag, hvor den døgngamle betongen igjen blandes med ny fersk betong for så å kjøres ut til byggeplass uten at verken kvalitet eller normal størknings-/herdeforløp forstyrres. Det krever erfaring for å vite hvor mye retarder man må bruke i forhold til mengde, type betong og temperatur.

Returbetong fra betongpumper er i stor grad små mengder og blir dumpet for kjøring til godkjente mottak. Større mengder returbetong, f.eks. grunnet feilbestilling eller reklamasjon kan benyttes til støping av egnede betongklosser. Disse klossene er på typisk 600 – 1000 liter og flere av systemene er slik at betongklossene kan bygges oppå hverandre og låses til hverandre. Det er enkelt å demontere en vegg som er bygd opp av slike klosser. Klossene benyttes gjerne som skillevegger på gjenvinningsstasjoner og pukkverk, som støttemurer, til flomsikring eller midlertidig veisikring.

Betongprodusentene har gjerne ventelister av kunder som er interessert i å kjøpe. Det skilles gjerne mellom produkter med god estetisk kvalitet og strengere kontroll av hva slags returbetong som går i, og produkter hvor dette ikke er like viktig. Det er stor prisforskjell på disse produktene når betongleverandør selger dem videre til kunde. Slike produkter har blitt mer og mer etterspurt og årlig produseres det tusenvis av disse, og betongprodusentene har gjerne ventelister av kunder som er interessert i å kjøpe.



Figur 11: Reconblokker støpt av returbetong. Foto: Sandnes & Jærbetong AS



Figur 12 Betongklosser støpt av returbetongbetong som stables/bygges til blant annet lave forstøtningsmurer, skillere på P-plasser, innramming av industriområde el.l. Foto: Sandnes & Jærbetong AS / Unicon AS



Figur 13 Ryfoss-blokka er et produkt som primært er laget av returbetong, og som markedsføres av Ryfoss Betong. Blokka kan stables til støttemurer. Foto: Ryfoss Betong

Som det er redegjort for i kapittel 2, så er det relativt store mengder betong som kommer i retur fra bygge- og anleggsprosjekter. Vi ser at betongprodusentene i stor grad klarer å utnytte denne betongen til gode formål, slik at en lavere andel returbetong går til deponi. Bransjen bør imidlertid ikke la dette bli en sovepute for ikke å ta tak i utfordringen med at det generelt bestilles for mye betong. Selv om for eksempel etterspørselen etter slike betongklosser er høy, brukes disse klossene i noen tilfeller til konstruksjoner som blir svært overdimensjonerte. Bransjen bør rette fokus mot å få ned mengden returbetong ved å få til mer presise bestillinger av mengde betong.

3.2 Produkter for gjenbruk av returbetong

Dette er et konsept som er utviklet og selges av en av tilsetningsstoffleverandører på det norske markedet. Opprinnelsen til teknologien var å omdanne returbetong, altså fersk og flytende betong, til runde harde kuler. Prosessen gjøres i trommelen på betongbilen, og betongen tilføres kjemikalier under tromling slik at betongen agglomererer til runde partikler som tømmes ut på bakken eller en betongplate og som deretter herder.



Figur 14: Returbetong som er kjemisk behandlet og tromlet til runde kuler/partikler som kan gjenbrukes som tilslag. Foto: Mapei

Disse partiklene er i første omgang ment å kunne gjenbrukes som tilslag. Betongkulene som kommer ut av denne prosessen har høyere porøsitet enn normalt tilslag, men er på den annen side helt runde og kuleformede. Den ene egenskapen er negativ, mens den andre er positiv, og totalt sett er disse kulene derfor egnet for betongproduksjon.

3.3 Tørrvask av betongbiler

Spesialproduktene for gjenbruksteknologien har også blitt videreutviklet, og det tilslaget man får ut fra prosessen beskrevet i 3.2, kan igjen benyttes til å «tørrvaske» betongbiler. Langtidsforsøk har vist at ved å tromle tørre returbetongkuler i trommelen på en tom, men «møkkete» betongbil, oppnår man at kulene tar til seg ca. 80–90 % av sementslammet som sitter på innsiden av trommelen. De resterende 10 – 20 % er i all hovedsak

sandpartikler og kan vaskes ut i en lett vask med vann. Fullskalaforsøk har vist at partiklene/kulene kan brukes 10 – 15 ganger i tørrvaskprosessen før de ikke lenger absorberer sementpartikler og bidrar til vaskeprosessen. Etter at partiklene/kulene er mettet med sementpartikler kan de for eksempel benyttes som tilslag i betongstøping av klosser.

Denne prosessen medfører at man unngår å bruke store mengder vann til å vaske en tom og møkkete betongbil. Det lille man må vaske med vann er stort sett sand og dette sedimenterer raskt i vaskebassenget og man skaper dermed mye mindre slam i vaskeprosessen, sammenlignet med tradisjonell vask av betong med vann. Det har også vist seg at den lille mengden vann man må vaske betongbiler med etter tørrvask kommer ut med betydelig lavere pH. Forsøk har vist at pH synker fra ca. 12 og ned til ca. 9,5. Dette skyldes at sementpartikler i all hovedsak allerede er fjernet og at vaskevannet fra vask utført etter tørrvask i hovedsak inneholder sandpartikler. Som en følge av dette vil en forvente at vannet i vaskeanlegget vil sedimentere raskere og følgelig bli renere. Eventuelt gjenbruk av vaskevann i produksjon av betong vil derfor forventes å foregå med mindre utfordringer.

Studier utført i CIRCULUS-prosjektet (Novakova, I. et al., 2022) viser at tilsvarende tørrvask i enkelte tilfeller også kan utføres med grovt tilslag (> 8 mm). Det er da begrenset hvor mange tørrvaskesykler man kan gjennomføre, samt at kvaliteten på tilslagspartiklene man sitter igjen med er lavere.

3.4 Gjenvinning, gjenbruk av vaskevann, slam og restprodukter

NS-EN 206+NA sier at det ikke er noen begrensninger på bruk av «Vann gjenvunnet fra prosesser i betongindustrien». Slik gjenvunnet vann kan dermed erstatte alt blandevann i en betongproduksjon. Vannet må imidlertid oppfylle krav i NS-EN 1008. Gjenvunnet vann har normalt litt høyere densitet (1,01 g/cm³) og kan inneholde partikler opp til 0,25 mm størrelse.

De aller fleste betongfabrikker har i dag spesialanlegg som håndterer vaskevann fra betongbiler, pumper og renhold av fabrikk. Disse anleggene består av flere parallelle sedimenteringskammer, og det reneste vannet kan benyttes om igjen både i produksjon av ny betong samt som vaskevann for blandemaskin og innvendig trommel på betongbil. Vaskevann har høy pH og vil som oftest inneholde partikler. Gjenbruk av vaskevann betinger god kontroll på alkalieinnhold og mengde fast stoff i slamvannet. Det er viktig å ha jevn kvalitet på dette vannet når det skal gjenbrukes som blandevann i betongproduksjon. Utfordringen med gjenbruk av vaskevann er selve partiklene, som i praksis fungerer som filler, og variasjoner av partikkelinnhold vil kunne medføre ujevn konsistens. Mange som gjenbraker vaskevann unngår å gjøre dette i betongprodukter med høyere fasthetsklasser, typisk grense går på B30. De sedimenterte massene legges til avrenning, tørking og bortkjøring til godkjent deponi. De fine sedimenterte massene kan også benyttes som jordforbedringsprodukter i landbruket.

Miljødirektoratet innfører krav om kjemisk kvalitet til prosessvann fra betongproduksjon som skal slippes ut i naturen eller til avløpsnett. Et høringsutkast var ute høsten 2021 og de nye kravene forventes innført fra starten av 2023, med en overgangsperiode på to eller tre år.

Kravene til prosessvann som skal slippes ut er todelt:

1. Krav til maksimalt innhold av en del tungmetaller, deriblant Cr(VI).
2. Krav om at pH i prosessvann ikke får overstige 9,5. Ved spesielt sensitivt miljø, kan kravet til maksimal pH senkes til 8,0.

3.5 Utnyttelse av gammel betong

3.5.1 Gjenvunnet eller resirkulert tilslag

I NS-EN 206:2013+A1+NA:2022 (utgitt 04.11.22) kap. 3.1.2.16r resirkulert og gjenvunnet tilslag definert, og det er to forskjellige tilslag/metoder som er godkjent: **gjenvunnet tilslag** (vasket eller knust) eller **resirkulert tilslag**.

Det er mulig å vaske fersk betong og dermed skille bindemiddel og tilslag. Dette tilslaget defineres som **gjenvunnet vasket tilslag**. Dette kan benyttes som tilslag i ny betongproduksjon, i inntil 5 %. Dersom andel er større enn 5 % skal tilslaget fraksjoneres i henhold til NS-EN 1260:2002+A1:2008+NA:2016.

Gjenvunnet knust tilslag er definert som knust herdnet betong fra betongblandeverk, betongvare- og betongelementfabrikker. Dette kan benyttes i en andel på 5 % i hver av fraksjonene 0/4 mm og 4/32 mm (2022). Det er også mulig å tilsette mer enn 5 %, men da stilles det ytterligere krav til tilslaget gitt i tabell NA.5 i NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2022 og tilslaget defineres da som **resirkulert tilslag**.

Resirkulert tilslag defineres som «tilslag som kommer fra bearbeiding av uorganiske materiale som tidligere har vært brukt i byggearbeider». Ved bruk av Tabell NA.7 er det mulig å erstatte andelen grovt tilslag med 40 % avhengig av eksponeringsklasse uten ekstra dokumentasjon av betongens egenskaper. Videre kan andelen økes ved spesifisering av betongegenskaper i prosjekteringsfasen. Dette er rivningsbetong som man nødvendigvis ikke kjenner opprinnelsen til.

Returbetong som ikke benyttes til støping av blokker, kan herdes og deretter knuses og gjenbrukes som tilslag i betongproduksjon. Da vil dette bli definert som **Gjenvunnet tilslag**.

Knust betong, enten det er gjenvunnet tilslag eller resirkulert tilslag kan også benyttes ubundet som fyllmasse, bærelag, grøftepukk, dreneringsmasse o.l. En stor fordel med en slik løsning er at betongen som blir knust til pukk- og gruspartikler oppnår høy spesifikk overflate. Betongen får dermed god kontakt med luft og vil kunne karbonisere raskt med CO₂ som finnes i luften, se kapittel 3.5.2. Dermed oppnår man at betongen binder opp maksimalt med karbon i løpet av kort tid.

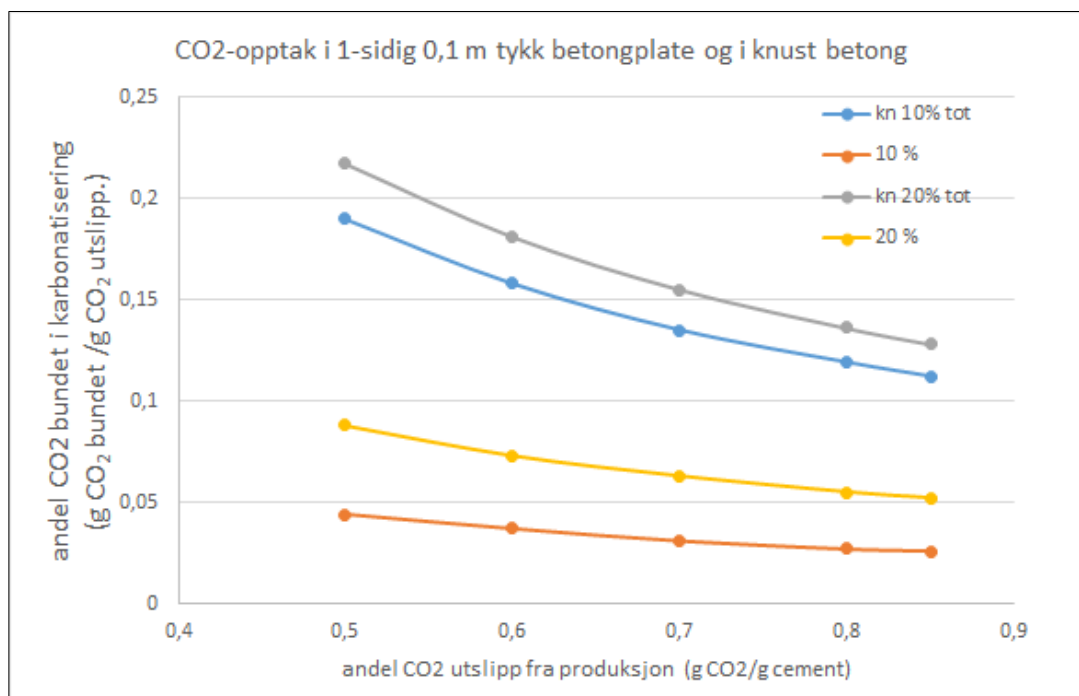
Knust betong som benyttes som tilslag, enten den kommer fra elementproduksjon (gjenvunnet tilslag) eller fra rivningsbetong (resirkulert tilslag), vil normalt ha høyere porøsitet enn normalt betongtilslag. Man oppnår dermed høyere vannbehov. Det må avveies hvor stor andel knust betong som er hensiktsmessig å benytte, da behovet for vann og bindemiddel vil kunne øke ved høyere andel knust betong i betongtilslaget.

Det er mange eksempler på vellykket bruk av resirkulert tilslag i produksjon av nye betongkonstruksjoner i Norge de siste 20 årene (Jacobsen, S. & Harryson, T., 2005; Johansen, K. & Dahl, P.A., 2000; Linja, A & Helland, S., 2001).

3.5.2 Betong og CO₂-opptak

Betong kan binde betydelige mengder CO₂ fra atmosfæren ved karbonatisering. Dette er en langsom prosess, hvor CO₂ i luften reagerer med hydratisert sement og danner stabile forbindelser i betongen. Ved relativt enkle grep kan denne bindingen forsterkes (Jacobsen, S., 2019). Det kan derfor være hensiktsmessig å knuse ned gammel betong og tilrettelegge for ubundet bruk, fremfor å benytte resirkulert betong bundet som tilslag i ny betong. Ved riktig utførelse, kan man oppnå økt CO₂-binding i betongen i ubunden bruk, sammenlignet med i hel konstruksjon (Jacobsen, S., 2019; Jacobsen, S. & Jahren, P., 2001).

Vi kan anta at mesteparten av betongen karbonatiserer ensidig, som en kjempestor plate med 0,1 m tykkelse, og får et karbonisert overflatesjikt med tykkelse fra noen mm til noen cm avhengig av forhold som tid, klima og betongens kvalitet (Jacobsen, S. & Jahren, P., 2001). En del av betongen kan vi anta knuses ned til sand og pukk, som relativt raskt (< 1 år) karbonatiserer fullstendig på grunn av partiklenes størrelse (Jacobsen, S., 1999). Figuren nedenfor viser andel CO₂ som bindes ved karbonatisering som andel av utslipp fra produksjon (y-aksen), og hvordan dette varierer med utslipp fra produksjonen (x-aksen). De fire kurvene viser opptak av CO₂ i henholdsvis knust betong og totalt opptak for to ulike scenarier: 10 % og 20 % resirkulering av årlig betongforbruk.



Figur 15: CO₂-binding i betong ved varierende grad av knusing og resirkulering i ubundet bruk (Jacobsen, S., 2019)

Figuren viser at ved å øke mengden knust betong fra 10 til 20 %, samt bruke resirkulert betong ubundet, slik at den raskt karbonatiserer, kan vi få et betydelig økt CO₂ opptak. Avhengig av utslippsnivået fra produksjonen, kan totalt opptak bli opp mot 22 % av utslippene dersom følgende forutsetninger legges til grunn for beregningene: 27 mm gjennomsnittlig karboniseringsdybde i plate, 10 og 20 % resirkulering og 0,3 g CO₂ bundet / gram sement fullstendig hydratisert og karbonisert (Jacobsen, S., 1999; Jacobsen, S. & Jahren, P., 2001). Forutsetningene er realistiske for eksisterende «historiske» betongkonstruksjoner, som i figuren altså utgjør 90 og 80 % av all betong. Dette er også i tråd med andel av riving/knusing/deponering/ubundet gjenbruk, i

størrelsesorden 10–20 % av betongproduksjon(NHP, 2017). Merk at andel bundet ikke avhenger av totalt utslipp, men kun av andel knust, samt utslipp pr enhet produsert sement. Det vil si at jo større andel knust betong av det som produseres er, og jo mindre andel utslipp pr enhet produsert sement er, desto større blir andelen CO₂ bundet av CO₂ som slippes ut.

Resirkulert betongtilslag kan gjenbrukes som løst tilslag (ubundet bruk), f.eks i vei (Petkovic, 2007) etter at avfallsplan er laget med opplysninger om opprinnelsen til betongen og offentlige krav til kontroll, kartlegging av innhold av miljøgifter og miljøsanering og er oppfylt (NHP, 2017). Armeringsstål fjernes og betongen knuses og fraksjonerer i et pukkverk. For at den ubundne bruken skal være optimal med tanke på CO₂ binding, må betongen være i kontakt med atmosfærisk luft og ikke være vannmettet.



Figur 16 Gabioner fylt med knust betong kan være en nyttig måte å utnytte rivningsbetong på. De kan for eksempel brukes til å lage støttemurer. En annen positiv miljøeffekt er at den knuste betongen vil oppta CO₂ fra atmosfæren gjennom økt karbonatisering. Foto: Betongfokus

3.6 Armering

Armering er en sentral del av de fleste betongkonstruksjoner. Standard stangarmering, trådarmering og nettarmoring produseres i stor grad fra gjenvinning av skrapmetall. Det reduserer klimagassutslippet til om lag 20 % sammenlignet med produksjon fra jomfruelig stål. Mange kommuner og utbyggere stiller derfor krav om at all armering skal være produsert fra skrapmetall. Dette kan imidlertid virke mot sin hensikt da mengden tilgjengelig resirkulert stål ikke er tilstrekkelig til å dekke behovet på verdensbasis.

Jomfruelig stål kan ha store variasjoner i klimagassutslipp ved stadige forbedringer i jernmalmbasert produksjon. Et tallfestet krav til utslipp basert på EPDer vil derfor gi et tryggere resultat enn et krav til prosentandel skrapbasert jern.

Produsentene av spennarmering benytter en blanding av skrapbasert stål og jomfruelig stål. Blandingsforholdet varierer, men ingen av leverandørene kan i dag dokumentere bruk av rent skrapbasert stål. Det medfører at spennarmerte konstruksjoner, som f.eks. hulldekker, får et klimagassfotavtrykk som er høyere pr. tonn armering og dermed blir utelukket dersom kravet til kun skrapbasert armering er absolutt. Spennarmering er vesentlig mer effektiv enn slakkarmering, så man bør ikke sammenligne utslipp uten å ta hensyn til resten av konstruksjonen. Altså sammenligne utslipp per funksjonell enhet av hele konstruksjonen, basert på EPD.

Både tradisjonell stangarmering og spennarmering er relativt greit å skille fra betongmaterialet i en resirkuleringsprosess med knusing. Stål som sorteres ut fra resirkulering av betong går til gjenvinning. I mange sammenhenger benyttes det imidlertid fiberarmering i kombinasjon med spenn- eller stangarmering. Betong som inneholder fiberarmering, enten i stål eller polypropylen (Makro PP-fiber), lar seg vanskelig resirkulere til bruk i ny betong. Slik betong blir karakterisert som forurenset og må leveres til godkjent deponi. I noen tilfeller kan betong armert med stålfiber brukes som fyllingsmateriale. Bruk av makro PP-fiber har i all hovedsak opphørt, og bl.a. Statens Vegvesen har forbudt bruken da det er svært uheldig om slik plastfiber havner i naturen. I forbindelse med brannsikring av tunneller, er det imidlertid fremdeles tillatt å benytte PP-mikrofiber.

Det finnes også armeringsprodukter av mineralske ressurser, som for eksempel basalt eller silisium (glassfiber), og det utvikles stadig nye armeringsprodukter. Et eksempel er i prosjektet Dare2C (*Dare2C*, 2017), hvor det er gjort forsøk med aluminiumsarmering, da med en tilpasset betongsammensetning. Slike produkter blir imidlertid nisjeprodukter, som ikke utgjør en særlig stor andel av den totale mengden armeringsprodukter.

3.7 Energigjenvinning ved betongproduksjon

Selv om ikke energibruken knyttet til betongproduksjonen bidrar til en spesielt stor klimabelastning sammenlignet med CO₂-utslippet knyttet til sementproduksjon eller produksjon og transport av råmaterialer, så har vi her valgt å belyse noen momenter som gjelder dette. Nedenfor er prosesser knyttet til energibruk og utslipp ved betongproduksjon listet:

- Energi til oppvarming av vann og tilslag
- Energi til å drifte betong-/elementfabrikken
- Energi til oppvarming av betong i herdefasen, i elementfabrikk eller ved vinterstøp på bygge- og anleggsplasser

Det varierer hva slags energikilder som brukes til oppvarming ved blandestasjonene. Noen fabrikker har elektrisk oppvarming eller fjernvarme, men det er relativt vanlig med fossilt brensel som fyringsolje eller gass. Noen blandeverk bruker treflis og bioenergi til oppvarming. Miljøkomiteen oppfordrer derfor aktører i næringen til å søke etter andre, mer miljøvennlige energikilder til oppvarmingsformål.

I EPD-verktøyet på lca.no, utviklet av betongbransjen, kan man se hvordan ulike former for energi- og fyringskilder påvirker klimagassregnskapet. I EPD-generatoren ligger det en rekke energivalg i modul A3, produksjon, og utslippet fra de ulike valgene summeres i resultatet for A3. A3 inneholder også belastning fra ulike avfallstyper og ulik håndtering av disse, men energiforbruket står for hovedmengden av utslippet. Ved bruk av treflis og bioenergi som hovedkilde vil utslipp i A3 for total produksjon av betongelement inklusive betong og armering bli vesentlig redusert sammenlignet med bruk av fossilt brensel som fyringsolje eller gass som hovedkilde.

4 Prosjektering for sirkulærøkonomi med betong

4.1 Prosjektering av nybygg

Det er i prosjekteringsfasen man kan påvirke ressursutnyttelsen for konstruksjonen mest, og arbeidet som legges ned her er premissgivende for sirkulariteten av det som skal bygges. Utbyggere for nybygg bør i større grad legge til rette for samspill og frihet i kontraktene. Det bør være insentiver for gode, sirkulære løsninger. Det må tas stilling til om man skal optimalisere på kort sikt for å minimere materialforbruk, eller lang sikt med tanke på endringsdyktighet og bestandighet.

Det er mye å hente i prosjekteringen av betongkonstruksjoner for å redusere materialbruken og tilhørende utslipp, både når det kommer til materialvalg og konstruksjonsløsninger. I dette kapitlet har vi belyst noen aspekter man bør hensynta for å tilrettelegge for bedre ressursutnyttelse og ombruk i prosjekteringsfasen.

4.1.1 Endringsdyktige bygg

De aller fleste nybygg bygges for et spesielt formål og for å dekke et bestemt behov, men det er store sjanser for at dette formålet og behovet vil endre seg en gang i fremtiden.

Ved å prosjektere fleksible og endringsdyktige bygg, oppnår man bygg som det er lettere å ombruke i fremtiden. Å bygge endringsdyktige bygg kan føre til høyere klimagassutslipp i selve byggefasen, men på sikt kan det gi bedre miljøregnskap ved at bygget kan endres fremfor å rives etter et visst antall år. Betong er et sterkt materiale med lang levetid og lavt vedlikeholdsbehov, og er derfor godt egnet for å bygge endringsdyktige bygg.

Endringsdyktige bygg kan oppnås på flere måter. Eksempler på konstruksjonsmåter eller designløsninger som bidrar til endringsdyktighet uten demontering eller riving kan være:

- Større avstander mellom søyler og større spennvidde i dekkene gir større fleksibilitet i arealene. Innvendige vegger kan enklere flyttes og arealer kan lettere konverteres til annen type bruk.
- Økt kapasitet for taklaster vil gi mulighet for grønne tak med vannfordrøyning, takhager eller energiproduserende utstyr. Eller også gi mulighet for påbygg.
- Reduserte dekketykkelser gir større utnyttelsesmuligheter
- Flate undertak gir stor fleksibilitet til tekniske føringer og til å endre romstruktur. Takhøyden vil da være den samme i hele etasjen.
- Utkraget dekkekant gir mulighet for enklere endring av fasade.
- Innstøpt teknisk anlegg, hvor føringsrør gir mulighet til å trekke nye typer kabler, ledning og rør for å møte fremtidens behov.

En ny byggemetode, som har kommet de senere årene, er såkalte fiberarmerte etterspente dekker. Denne konstruksjonsmetoden brukes gjerne i større kontor- eller leilighetsbygg hvor man ønsker store, åpne arealer, med stor grad av fleksibilitet for ombygging til nye romløsninger. I slike bygg er det vanskelig å resirkulere eller ombruke dekkeelementene, så her er det kvalitetene ved å kunne endre arealenes funksjonalitet som vurderes viktigere i et livsløpsperspektiv.

4.1.2 Optimalisering for redusert materialbruk

Prosjektet Øvre Steinaunet i Trondheim, er et av flere prosjekter hvor prosjekterende hos entreprenøren optimaliserte konstruksjonen med hensyn til **valg av eksponeringsklasse**, slik at man for alle deler av konstruksjonen har valgt lavest mulig eksponeringsklasse og dermed kan bruke en betong med **lavere bestandighetsklasse**. I Powerhouseprosjektene (*Powerhouse*, 2022) er dekkene prosjektert i eksponeringsklasse X0 for å gi mulighet til å bruke en betong med lavt karbonavtrykk. Denne betongen ble senere mal for innføring av *Lavkarbon Pluss* i Norsk Betongforenings Publikasjon Nr. 37 - Lavkarbonbetong, og i neste omgang til revisjon av reglene i det norske tillegget til NS-EN 206+NA. Ved slike grep, kan man redusere det totale sementforbruket i konstruksjonen nokså betydelig.

I flere bruprosjekter, for eksempel Trysfjordbrua i Kristiansand kommune og Sandsfjordbrua i Suldal kommune, er det brukt **lettere tilslag for å redusere totalvekten** for dermed å kunne redusere tverrsnittet og oppnå lavere materialbruk. I et annet bruprosjekt i tilknytning til E39, ble det vist hvordan optimalisert resept og dimensjonering kan gi store reduksjoner i CO₂ utslipp ved bygging av store betongbruer (Kanstad, T. & Jacobsen, S., 2021).

Hulldekker er et annet eksempel, der et spennarmert dekke med omtrent halve betongforbruket av et massivt dekke kan ha tilnærmet samme ytelse. Betongen i hulldekker er svært sementfattig, og klarer kravene til Lavkarbonklasse A uten tiltak. Betongen lages imidlertid med B45, noe som er unødvendig høyt, fordi effektiv produksjon krever tidlig kapping og utheising. Likevel kommer hulldekker gunstig ut sammenlignet med plasstøpt. Ved å prosjektere **elementer med slankere tverrsnitt** vil man kunne utnytte den høyere betongfastheten bedre. Slankere tverrsnitt reduserer imidlertid produktenes fleksibilitet og kan begrense produktets potensial med tanke på ombruk.

Noen elementfabrikker opplever også kundekrav til bestandighetsklasse som ikke har forankring til den eksponeringen konstruksjonen blir utsatt for. Her kan det finnes mer miljøvennlige alternativer om bestandighetsklassen endres. Dessverre blir slike forslag gjerne avvist med at dette var spesifisert i konkurransegrunnlaget og at man ikke har lov til å gjøre endringer.

Generelt må spesifisering av fasthet- og bestandighetsklasse gjøres fornuftig, og byggherre må ha en bevissthet rundt hvilken levetid konstruksjonen skal dimensjoneres for. Dersom man mener det er svært sannsynlig at deler av bygget skal gjenbrukes etter prosjektert brukstid, kan man vurdere å "overdimensjonere" konstruksjonen noe for fremtidig bruk. Krav om høy fasthetsklasse trenger nødvendigvis ikke å medføre krav til lavt masseforhold. Kreves det lavt masseforhold må en ta hensyn til at dette vil gi høyere fasthet og tilhørende øke behovet for svinnfordelende armering.

Man vil også kunne gå ned til en lavere betongkvalitet (og dermed lavere sementforbruk) dersom man hadde stilt **krav til trykkfasthet ved 56 eller 90 døgn fremfor 28 døgn**, som det stilles krav til i norsk standard. Statens Vegvesen åpner for dette for enkelte betongkvaliteter. For elementbransjen er ikke dette så relevant da kravet til tidligfasthet har medført at sluttfastheten ikke har vært en begrensning.

Når det gjelder utnyttelsesgraden for betongkonstruksjoner, er det antagelig ikke så mye å hente her. Rådgivere for plasstøpte konstruksjoner oppgir en utnyttelsesgrad på 90-95 % i prosjekteringen, mens konstruktører hos elementprodusenter hevder å bruke utnyttelsesgraden fullt ut. De har lov til å gå til 105 %, og det gjøres i enkelte

tilfeller. Utfordringen i elementfabrikkene kan være at den industrielle produksjonen, med lange spennarmerte strekk, krever at hele benken armeres med det som kreves av det mest påkjente produktet. Det medfører dermed at mange produkter får en lavere utnyttelsesgrad. Alternativer ville være en lavere utnyttelse av produksjonsutstyret og dermed dyrere produkter. Lavere utnyttelse av produksjonsutstyret vil også medføre høyere belastning fra modul A3 (produksjon) i en EPD, altså færre tonn med produkter med samme energibelastning for fabrikkbygninger.

En annen, generell utfordring i bransjen er at det ofte prosjekteres med **unødvendig mye armering i enkelte deler av konstruksjonen**. Dette skjer fordi en i prosjekteringsfasen ikke har tid til å optimalisere alle tverrsnitt. Ved å prosjektere med større variasjon i armeringsmengde, ulik diameter og senteravstand, i alle konstruksjonsdeler, vil en kunne redusere den totale armeringsmengden en god del. En kan f.eks. la være å armere rene trykksoner, der dette ikke er et behov. En effekt av en slik optimalisering vil kunne gjøre det noe mer krevende for jernbinderne på byggeplass.

En annen utfordring, når det gjelder armering, er at betongen som leveres ofte har en vesentlig høyere fasthet enn det som er prosjektert for, blant annet fordi betongens fasthet ofte styres av bestandighetsklassen. Da vil man kunne få utfordringer med å tilfredsstille kravet til minimumsarmering, noe som kan resultere i riss.

4.1.3 Ombruk av bygningsdeler

Ombruk av betongvarer er i de fleste tilfelle kun aktuelt for prefabrikkerte betongelementer. For anleggsbransjen vil dette typisk være aktuelt for elementbroer, tunnelelementer, midtdelere eller liknende. For byggebransjen vil ombruk i hovedsak være aktuelt for betongelementer i bærekonstruksjonen, dekker og søyler, eller for fasadelementer.

Det er viktig å tenke enkel gjenbruksgeometri (eksempel geometri med gjentakende form) og listevarer i stedet for spesialvarer. God dokumentasjon for forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) og rapportering fra hele produktkjeden og alle delprodukter er nødvendig for tilrettelegging for ombruk. Her er utstrakt bruk av BIM, hvor man legger elementinformasjon inn i modellen, f.eks. støpedagbøker, resepter, materialeegenskaper osv. en nøkkel for å lykkes. Per i dag er det større grad av gjenbruksgeometri for horisontale betongelementer, eksempelvis hulldekker. Gjenbruk av vertikale betongelementer, eksempelvis fasader, har betydelig potensiale dersom geometriene i større grad standardiseres som moduler. Det forenkler muligheten til implementering i nye bygg.

Når det gjelder selve håndteringen og montasje av elementene, kan det utvikles systemer som forenkler mulighetene for gjenbruk. Veggskiver kan for eksempel monteres med skrugjenger, punktinjisering eller liknende i stedet for injisering av hele bolteforbindelser. Dette forenkler både demontering, foredling og gjenbruk i flere omganger. Det kan også etableres løfteanordninger som ikke støpes igjen i byggefasen. Plassering og kapasitet for løftepunktene må da også inngå i FDV-dokumentasjonen. Utviklingsprosjektet SirkBygg, som er beskrevet i kap. 0, har fokus på utvikling av løsninger som dette.

Dersom man allerede i designfasen planlegger for at konstruksjonen skal kunne demonteres, kan man gjøre demonteringen mindre ressurskrevende ved å unngå fugestøp og konstruktiv eller direkte påliggende påstøp i tilfeller der det er mulig. Dette kan imidlertid kreve mer avstiving i form av veggskiver eller skrånstivere for konstruksjonsstabilitet, og må vurderes i hvert tilfelle.

Videre må det være insentiver for tilrettelegging for ombruk av betongelementene og bedre sirkulærøkonomi. Insentiver kan for eksempel være BREEAM- eller CEEQUAL-sertifikater, eller pålegg i norsk lovgivning.

4.2 Prosjektering for rehabilitering

Når eier av et bygg kommer til det punkt hvor videre bruk av bygget fordrer oppgradering og rehabilitering, eller det vurderes å rive bygget for å bygge nytt, så er det beste tiltaket i et sirkulærøkonomisk perspektiv om man kan rehabilitere bygget. Det vil si at det gjøres en vurdering av hvilke bygningsdeler som kan brukes videre og hvilke som skal byttes ut. Begrepet endringsdyktig tas ofte inn i kravspesifikasjonen av bygg, hvor nettopp ulike senere bruk er tatt høyde for i prosjekterings- og planleggingsfasen.

Før man kan bestemme seg for å bruke en bygningsdel videre, så må det gjøres vurdering av den tekniske tilstanden. For betongkonstruksjoner er den vanligste årsaken til at man må rehabilitere at det er oppstått skader som påvirker armeringen. Det kan for eksempel være karbonatisering eller kloridinntrengning som fører til rustdannelse i armeringen. Hvis det går langt nok, kan det føre til avskalling fra betongoverflaten. Til slutt risikerer man brudd i armeringen. Det kan gjøres flere ulike prøver for å stadfeste konstruksjonens tilstand, f.eks. kloridprøver, karboniseringsdybde og kjerneprøver for å bestemme trykkfasthet. Det finnes en rekke behandlingsmetoder for å rehabilitere betongkonstruksjoner dersom man tar tak tidlig nok, slik som realkalisering, katodisk beskyttelse, utskifting eller beskyttelse av overdekning, overflatebehandling osv. Rehabiliteringsmetoder for betongkonstruksjoner er bl.a. beskrevet i SINTEF Byggforskanvisningene:

- 720.105 Nedbrytningsmekanismer i betongkonstruksjoner
- 720.111 Tilstandsanalyse av betongkonstruksjoner
- 720.125 Beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner – prinsipper, metoder og kvalitetssikring
- 720.423 Mekanisk reparasjon av betong
- 720.427 Overflatebehandling av betongkonstruksjoner som beskyttelse mot nedbryting
- 720.431 Elektrokjemisk realkalisering og elektrokjemisk kloriduttrekk av betong

Dersom resultatet av tilstandsvurderingen er slik at bygget kan rehabiliteres, så gjøres en ny vurdering av muligheten for videre bruk av bygget. Dette innbefatter flere ulike fag, for eksempel arkitekt for bruk av arealer og rådgivende ingeniør for nye statiske beregninger. En ombygging prosjekteres etter samme prinsipper som for nybygg, inklusive statiske beregninger, arbeider for betongrehabilitering og arbeider med nye bygningsdeler i henhold til utførelsesposter i Norsk Standard.

4.3 Ombruk av eksisterende bygningsdeler

4.3.1 Bakgrunn

For betongbransjen skiller prefabrikkerte betongelementer seg ut som byggevare med stort potensial for ombruk. Hulldekker med liten eksponering mot ytre miljø er spesielt interessant, da bestandighet og levetid i så måte ofte er betydelig lenger enn dimensjonerende levetid. Når det gjelder betongprodukter og regelverk for gjenbruk av materialer, møter man utfordringer knyttet til at regelverket er uoversiktlig, mangelfullt og vanskelig å forstå.

Norge er gjennom EØS-avtalen forpliktet til å imøtekomme EUs krav og regelverk for tilvirkning av byggevarer. Dette skal sikre handel mellom landene med like forutsetninger. Europa er regulert gjennom EUs byggevareforordning (Construction Products Regulation – CPR). Denne reguleringen tredde i kraft i 2013, og erstattet det gamle byggevaredirektivet (Construction Products Directive – CPD). Byggevareforordningen skal sikre at alle omsatte byggevarer tilfredsstillende grunnleggende produktkrav. Den Europeiske byggevareforordningen, og tilhørende nasjonale tillegg, er derfor eneste mulighet for å dokumentere tilfredsstillende egenskaper for byggevarer som skal omsettes i EØS-området. Vår egen Plan og Bygningslov (PBL), og tilhørende forskrifter, er derfor skrevet med utgangspunkt i EUs regelverk. Den norske Byggevareforskriften (DOK) og Teknisk forskrift (TEK17) skal oppfylles i denne sammenheng.

I Norge er det Byggevareforskriften som setter bestemmelser for dokumentasjon for omsetning av produkter til byggverk. I kortform går forskriften ut på at 7 grunnleggende krav skal dokumenteres. Basert på dokumentasjonen utstedes det en ytelseserklæring for produktet. Det settes krav til følgende aspekter:

1. Styrke og stabilitet
2. Sikkerhet ved brann
3. Hygiene, helse og miljø
4. Sikkerhet i bruk
5. Beskyttelse mot støy
6. Energioptimering
7. Bærekraftig utnyttning av naturressurser

Når det foreligger en ytelseserklæring i henhold til felleseuropeiske tekniske spesifikasjoner, heter det at produktet er CE-merket. Forkortelsen CE er fransk og står for Conformité Européenne (Europeisk samsvar). I de aller fleste tilfeller skal ytelseserklæringen også inkludere en erklæring fra et uavhengig kontrollorgan. Kontrollorganet skal bekrefte at produsenten løpende gjennomgår kvalitetsrevisjoner, og at produsentens organisasjon, kvalitetssystem og produksjon er skikket for å erklære sine produkter med CE-godkjenning. Produktet er dermed klar for omsetning i markedet.

For byggeprosjekter er det forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17) som definerer krav til det minimum av egenskaper et byggverk skal ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. Inkludert i dette er det krav om dokumentasjon som synliggjør oppfyllelsen av kravene i Byggevareforskriften. Prosjektering av konstruksjoner i henhold til Norsk Standard sikrer at kravene i både byggevareforskriften og teknisk forskrift ivaretas. Tiltakshaver/entreprenør er altså pliktet til å kunne dokumentere produktene og prosjekteringsgrunnlaget for byggverket.

4.3.2 Regelverk for ombruk

I perioden 2019 – 2021 ble det gjennomført et pilotprosjekt der ca. 300 m² hulldekkeelementer fra bygg R4 i regjeringskvartalet ble demontert, tilpasset og resertifisert, og montert på nytt i Oslo Storbylegevakt. Prosjektet ble ledet av Skanska, med deltagelse fra Statsbygg, Oslo kommune, Veidekke, Kontrollrådet, OBOS og Contiga (*Teknisk Ukeblad*, 2022).

Parallelt med det praktiske arbeidet ble det gjennomført en konseptutredning for å utvikle en prosessbeskrivelse i form av nødvendige prosedyrer, dokumentasjon og prosjekteringsunderlag for ombruksprosessen. Konseptutredningen fikk finansiell støtte fra Enova. Arbeidet ble basert på eksisterende standarder for prosjektering, produksjon og montasje av hulldekker, dvs. NS-EN 1992-1-1 + NA, NS-EN 13369, NS-EN 1168 og NS-EN 13670 + NA. Sammen med disse standardene dannet prosessbeskrivelsen grunnlag for resertifisering av de gamle hulldekkene. Prosessbeskrivelsen inneholder blant annet krav til prøving og dokumentasjon av hulldekkenes fasthets- og bestandighetsegenskaper, som underlag for vurdering av bæreevne og restlevetid.

Prosessbeskrivelsen ble senere brukt som grunnlag for utviklingen av en ny norsk standard for ombruk av hulldekker, NS 3682, som ble publisert av Standard Norge i 2022. Standarden skal på samme måte som prosessbeskrivelsen fra Storbylegevakta oppfattes som et supplement til reglene i det allerede eksisterende regelverket for hulldekker.

Forskrift om dokumentasjon av byggevarer ga tidligere krav om CE-merking for byggevarer produsert iht. harmoniserte europeiske standarder. Den felleseuropeiske standarden for produksjon og bruk av hulldekker er harmonisert, og gir derfor grunnlag for CE-merking. Eldre elementer mangler naturlig nok slik CE-merking. Dette gav en periode usikkerhet om ombrukte hulldekker kunne omsettes i markedet. Den stadig økende interessen for ombruk førte til at forskriften ble oppdatert i 1. juli 2022. Etter denne revisjonen kan brukte byggevarer omsettes, uten krav om CE-merking. For ombrukte hulldekker var denne revisjonen likevel ikke kritisk, fordi disse produktene nå kan sertifiseres etter NS3682, som er en nasjonal standard, og derfor ikke harmonisert.

4.4 Infrastrukturkonstruksjoner

Grep for sirkularitet i infrastrukturkonstruksjoner i betong vil primært være optimalisering av konstruksjonen for minst mulig materialbruk, men også for å sikre lang levetid. Infrastrukturkonstruksjoner har gjerne også krav til høy kvalitet og bestandighet, da svikt i konstruksjoner vil kunne ha svært store økonomiske, sosiale eller miljømessige konsekvenser.

Mange infrastrukturkonstruksjoner er i seg selv store, og ligger ikke nødvendigvis nærme etablerte betongfabrikker. Derfor blir det ofte etablert mobile betongfabrikker på slike prosjekter. Ofte tas det også ut store mengder masser, både løse og faste, og disse kan vurderes om er egnet som betongtilslag. Det kan gi stor samfunnsmessig gevinst om prosjekter med store masseuttak kan ses på i helhet for å få god masseforvaltning.

Det er i Norge store mengder masser som tas ut i forbindelse med ulike anleggsprosjekter, og det kan være utfordrende å få utnyttet disse på en god måte. Har prosjektet tilgang på knuste betongmasser, vil disse også kunne gjenvinnes som bærelagsmasser, om de ikke også kan benyttes som tilslag i ny betong.

For infrastrukturkonstruksjoner, slik som bruer eller kaianlegg, vil ytre belastning fra klima og slitasje i større grad være årsak til at deler av konstruksjonen må skiftes ut eller repareres etter noen år. Her kan man se på muligheter for bygging med elementer som produseres på fabrikk, for eksempel for å minske risiko for innbygging av klorider allerede i byggefase ved bygging av kyst- og havnekonstruksjoner. Videre kan man se på løsninger for overgang mellom peler, søyler eller dekke som gjør det mulig å skifte ut elementene ved behov.

5 Forskning og fremtidsvyer

I dette kapitlet lister vi noen pågående forskningsprosjekter og annen innovasjon for fremtidig utvikling av sirkulærøkonomi i betongbransjen.

5.1 CIRCULUS

Om prosjektet:

CIRCULUS (*CIRCULUS*, 2019) omhandler gjenvinning og gjenbruk av betong. Bakgrunnen for prosjektet er kommende krav innenfor EU (som også omfatter Norge) vedrørende resirkulering av minst 70% av såkalt ikke-farlig konstruksjons- og rivningsavfall, herunder betong. Bygge- og anleggsnæringen, kommunene og andre aktører står dermed overfor et kommende skifte i forhold til hvordan denne typen byggavfall skal håndteres.

Gjennom CIRCULUS søker nøkkelaktører å få ny kunnskap som kan gi økt gjenvinning og lavere miljøfotavtrykk for betongkonstruksjoner i et livsløpsperspektiv. Prosjektet omfatter forskning relatert til miljøpåvirkninger, tilstandskartlegging, demontering og rivning, logistikk, behandling og separering, gjenvinning og resirkulering, metode- og produktutvikling, og analyse av bærekraft.

CIRCULUS skal bidra til å løfte betong høyere opp i avfallspyramiden, med fokus på gjenbruk og resirkulering som gir økt verdiskapning. Målet er å nå 75% gjenbruk og gjenvinning av betongkonstruksjoner og 75% redusert energibruk. Miljø- og klimagevinster vil oppnås gjennom lavere forbruk av sement og nytt materiale, mindre utslipp og deponering, redusert påvirkning på omgivelsene (støy, støv). Resultatet fra prosjektet vil bringe oss nærmere flere av FNs bærekraftsmål. I prosjektet er hele verdikjeden representert. En slik helhetlig tankegang gjør at den sirkulære verdikjeden for betong blir ivaretatt.

Partnere:

Østbø AS, SINTEF Norlab AS, Iris Produksjon AS, Avinor, Forsvarsbygg, JAro AS, AF Decom AS, Bodø kommune, Nordland Betongelement AS, Mapei AS, Norcem AS, Nordland Betong AS, UiT, SINTEF Narvik AS, SINTEF Helgeland AS, KUPA AS, NTNU

Periode for gjennomføring:

2019-2023

5.2 SirkBygg

Om prosjektet:

I fremtiden må vi kunne ombruke bygningsobjekter på en langt mer rasjonell og kostnadseffektiv måte enn i dag. Prosjektet SirkBygg (*SirkBygg*, 2021) skal bidra til å endre måten vi bygger på og til et markedsgjennombrudd for «design for demontering og ombruk» av nybygg (DfD).

Gjennom piloter skal Sirkbygg utvikle nye løsninger og produkter som gjør nybygg til gode donorbygg i et fremtidig lavkarbonsamfunn hvor sirkulære løsninger vil være en premiss. Forskningen vil konsentrere seg om de store byggesystemene i stål, betong og tre. En viktig forutsetning for å lykkes er at konsepter og tekniske løsninger er både byggbare, demonterbare og ikke minst ombrukbare ut fra et kostnads-, HMS-, klima- og ressursperspektiv. Samtidig skal den endrede måten å bygge på bidra til god arkitektur og brukeropplevelse.

Partnere:

Skanska, SINTEF, Contiga, Spenncon

Periode for gjennomføring:

2021-2025

5.3 NEWSCEM

Om prosjektet:

NEWSCEM (*NEWSCEM*, 2018) er et forskningsprosjekt hvor målet har vært å finne egnede materialer som kan erstatte flygeaske i fremtiden. Flygeaske vil bli en ressurs som blir mindre tilgjengelig i fremtiden, da verdenssamfunnet har som mål å redusere i energiproduksjon som er basert på fossilt brensel.

I Newscem er det undersøkt en rekke materialer, der enkelte er jomfruelige materialer, men der også enkelte er eksempler på mineraler som er avganger fra andre industrier. Eksempler på dette er slagg (ikke fra stålproduksjon, som tradisjonelt er benyttet som substitusjonsmateriale i sement og betong) og bio-kull-flygeaske.

Partnere:

Norcem, Norbetong, Mapei, Rambøll, Skanska, Consolis Spenncon, IBRI Rheocenter, Statens vegvesen

Periode for gjennomføring:

2018-2022

5.4 Slag2Value

Om prosjektet:

Elkems smelteverk produserer, i tillegg til hovedprodukter av Si og FeSi, omkring 65 000 tonn slagget per år. Slagget er et svært heterogent materiale, men består hovedsakelig av metallisk silisium og en oksidisk del. Motivasjonen bak prosjektet Slag2Value (*Slag2value*, 2020) er å hente ut Si fra slaggmaterialet og resirkulere dette til egen produksjon, og foredle restslagget til nytt bindemiddel/SCM til betong. Herunder ligger det et betydelig økonomisk potensial ved at man får full verdi for Si-metallet. Elkem stiller krav om at nye investeringer ikke medfører økt deponi. Innovasjonen i prosjektet ligger i å etablere prosesser for å hente ut metallisk Si fra slagget, og deretter videreforedle rest-slagget til et salgbart produkt for betongproduksjon.

Gjennom 2021 ble det gjennomført et bredt testprogram for å avdekke potensialene ved ulike separasjonsmetoder for slagget. Parallelt med dette ble det utviklet en karakteriseringsmetode som bidro til økt forståelse av de egenskaper ved slagget som har sterkest innvirkning på separasjonspotensialet. Samtidig ble det gjennomført lab-skala betongtester med innblanding av oksider med vidt forskjellige utgangspunkt, for å samle data rundt hvordan variasjon i ulike kritiske parametere påvirker herdeforløp og endelig produktkvalitet. Første pilotskala støpetest hos betongprodusent er gjennomført med svært lovende resultater.

Partnere:

Elkem, Sintef, Unicon, Future Materials

Periode for gjennomføring:

2020-2024

5.5 RECONC – Resirkulert tilslag fra betongslam med CO₂-bindende egenskaper

Om prosjektet:

Prosjektet RECONC (*RECONC*, 2020) skal utvikle tilslag fra betongslam. Tilslaget skal oppfylle samme tekniske krav som naturlig tilslag og ha dokumentert lavere CO₂-fotavtrykk og minimal utlekking av tungmetaller.

Tilslaget skal utvikles ved bruk av Mapei sitt Re-Con Zero produkt i en tørrvaskprosess på betongfabrikkene. Når man utvinnet tilslag fra slammet, bindes CO₂ raskere enn om slammet deponeres. Den nye betongen vil kunne binde mer CO₂ fordi både sementpastaen og det resirkulerte tilslaget absorberer CO₂. Når mindre slam blir sendt på landdeponi, kan avfallet fra betongindustrien reduseres til nesten null. I tillegg vil man forbruke betydelig mindre mengde vann i vaskeprosessene på betongfabrikken.

Partnere:

Mapei Norge, SINTEF, Norcem, Ølen Betong, Velde, Schwenk Norge, Universitetet i Agder, NORSUS, Agder Fylkeskommune

Periode for gjennomføring:

2020-2024

5.6 RESGRAM

Om prosjektet:

Gravemasser av jord og stein (løsmasser) fra forskjellige byggeprosjekter i urbane områder representerer en ressurs som ofte ikke blir utnyttet. Store volumer gravemasse blir hvert år deponert. Formålet med prosjektet RESGRAM (*RESGRAM*, 2016) var å utvikle resirkulert tilslag fra denne typen masser generert på Nord Jæren. Ved hjelp av forskningsbasert tilnærming ble det resirkulerte tilslaget produsert med de samme egenskapene som naturlig tilslag. Dette er en nødvendig ambisjon for å møte markedets behovet. Dette fjerner samtidig mye av skepsisen i markedet til at resirkulert tilslag har dårligere kvalitet enn naturlig tilslag på grunn av mulige fremmedkomponenter (f.eks. treverk, betongrester etc.), variasjon i mineralogi og muligheter for innhold av miljøfarlige stoffer.

Prosjektet ble ferdigstilt i november 2020 og det er gjennomført et demonstrasjonsprosjekt i Liveien sammen med Stavanger kommune. Resirkulert klimavennlig tilslag er benyttet i rørgrøft og i forsterkningslaget til veien som ligger over grøften. Setningsmålinger gjøres på 3 ulike dybdenivåer. Resultater fra de første 14 ukene viser tilfredsstillende ytelse fra materialene. RESGRAM har avsluttet et MSc prosjekt ved UiA der den mekaniske styrken til resirkulert tilslag ble målt hos Velde over lengre tid. Resultatene viste at produksjonen av resirkulert tilslag over tid var stabil. Resultater fra RESGRAM har blitt presentert på fagseminar om sirkulærøkonomi og gjenbruksmasser.

I 2022 ble denne teknologien satt i ordinær produksjon av AF Decom sammen med Rimol og Nes Miljøpark.

Partnere:

SINTEF, Velde Industrier, Kristiansand Cementstøberi, Statens vegvesen, Universitetet i Agder

Periode for gjennomføring:

2016-2020

5.7 Biocrete

Om prosjektet:

Årlig kastes én million tonn trerester i Norge. 30 % av dette kommer fra byggeindustrien, og vel 94 % av dette går til forbrenning. I prosjektet Biocrete (*Biocrete*, 2022) pyrolyseres treavfallet til et stabilt biokull som består av 90 % rent karbon. Dette biokullet blandes inn i betong, noe som gjør at man kompenserer CO₂-utslippene fra betongproduksjon ved at karbonet fanges i betongen. Prinsippet er enkel lagring. Ved å gjenbruke avfallet istedenfor å brenne det reduseres utslippet av CO₂, som igjen gir en positiv effekt på klimaet. Overskuddsvarmen går fortsatt til fjernvarme eller lignende, så det er også tatt vare på.

Partnere:

Skanska, Oplandske Bioenergi, Norsk Biokullnettverk, Con-Form, Betong Øst, Snøhetta, og NTNU representert ved tre masterstudenter.

Periode for gjennomføring:

2020-2022

5.8 SafeRock

Saferock AS (*SafeRock*, 2019) er et norsk firma som jobber med utvikling av geopolymer-bindemiddel til betong. Geopolymer er mineraler som løses i alkalisk miljø og der mineralene polymeriseres (danner lengre kjeder) og blir til et nettverk som danner bindemiddel mellom tilslagskorn.

Geopolymer kan produseres fra tre typer material; flygeaske, slagg eller bergarter. I tilfellet til Saferock skal man benytte mineralet som er avgang fra ilmenitt-mineralutvinning i Jøssingfjord. Her finnes et deponi av steinmineral som ved ytterligere prosessering vil bli mulig å utnytte som råstoff (mineral) til geopolymer. Geopolymer i Saferocks tilfelle utnytter dermed en avgang fra mineralindustrien og produserer et bindemiddel til betong som har betydelig lavere CO₂-avtrykk, sammenlignet med Portlandsement (under halvparten).

Referanser

Biocrete. (2022). <https://www.biocrete.no/>

Boye, E. (2019). *Framtiden i våre hender Rapport N o 3-2018 2*. Fremtiden i våre hender.

Brundtland, G.H. (1987). *Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development*. Geneva, UN-Document A/42/427.

CIRCULUS—Bærekraftig betonggjenvinning - Prosjektbanken. (2019). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/299322>

Dare2C. (2017). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/269767>

Ellen MacArthur Foundation. (2022). *What is a circular economy?* <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

EPD Norge. (2015, april 15). *Hva er en EPD?* EPD Norge. <https://www.epd-norge.no/hva-er-en-epd/>

FNs bærekraftsmål. (2022). <https://www.fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal>

Ibenholt, K., Frisell, M. M., Gobakken, L. R., Hegnes, A. W., & Walbækken Mikkel Myhre. (2020). *Samfunnsøkonomisk analyse av redusert avfall i byggebransjen* (Nummer 25).

Jacobsen, S. (1999). Bruk av resirkulert tilslag i bygg og anlegg. *Statens Vegvesen: SK-kurs Miljøvennlig produksjon, utførelse og avfallshåndtering av betong. Quality Airport Hotel Gardermoen*, 10 s.

Jacobsen, S. (2007). Properties of cement kiln dust and use in cementitious materials. *Int. conf. sustainability in the cement and concrete industry, Proc. Norw. Concrete Ass. 2007 (ISBN 9788282080019)*, 121–135.

Jacobsen, S. (2019). Riktig resirkulering kan øke CO₂-opptak i betong. *Byggeindustien*. <http://www.bygg.no/article/1382054>

Jacobsen, S. & Harryson, T. (2005). Pilestredet park – krav til gjenbruk og konsekvens for betong. *SINTEF-NTNU Betonginformasjonsdag 2005, STF50 A05150, Trondheim, SINTEF ISBN 82-14-03568-6*.

Jacobsen, S. & Jähren, P. (2001). Binding of CO₂ by carbonation of Norwegian OPC concrete. *3rd ACI/CANMET international symposium on sustainable development and concrete technology, Supplementary papers*, 329–338.

Johansen, K. & Dahl, P.A. (2000). Hulldekker med resirkulert pukk—Unngå spor av tegl. *Byggeindustrien 4/2000*.

Kanstad, T. & Jacobsen, S. (2021). *Green Concrete mix design: Robust Eco-friendly C100 concrete from particle packing to bridge tower analysis in the «Ferry-free E39-project»*.

Karlsson, M. (1999). Materialgjenvinning av betong—Erfaringer RIT 2000. *Norsk Betongdag*.

Klima- og miljødepartementet. (2000). *Regjeringens miljøvernpolitikk og rikets miljøtilstand*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/stmeld-nr-8-1999-2000/id192641/?ch=1>

Klima- og miljødepartementet. (2017). *Avfall som ressurs—Avfallspolitik og sirkulær økonomi*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-45-20162017/id2558274/?ch=1> Publication Title: Meld. St. 45 (2016-2017) Place: Norge

- Linja, A & Helland, S. (2001). Pilestredet Park—Resirkulert materiale i ny produksjon. *Norsk Betongdag*.
- Miljødirektoratet. (2019). *Faktaark M14|2013: Disponering av betong—Og teglavfall* (s. 1–4).
- Miljødirektoratet. (2020). Klimakur 2030—Tiltak og virkemidler mot 2030. *M-1625*.
- Miljødirektoratet. (2022). *Klimatiltak—Avfall og deponi*. <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/kutte-utslipp-av-klimagasser/klima-og-energitiltak/avfall/>
- Miljøverndepartementet. (1989). *Om det videre arbeid med spesialavfall*. *St. Prp. Nr. 111*. https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Stortingsforhandlinger/Lesevisning/?p=1988-89&paid=2&wid=b&psid=DIVL717&pgid=b_0453
- Miljøverndepartementet. (1992). *Om tiltak for reduserte avfallsmengder, økt gjenvinning og forsvarlig avfallsbehandling*. <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Stortingsforhandlinger/Lesevisning/?p=1991-92&paid=3&wid=c&psid=DIVL1559>
- NEWSCEM—New Supplementary Materials in Cement Production - Prosjektbanken. (2018). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/282578>
- NHP. (2017). *Handlingsplan 2017-2020 Nasjonal handlingsplan for bygg-og anleggsavfall (NHP4)*. <http://www.byggemiljo.no/om-nhp-nettverket-2/>
- Novakova, I., Norman, S-H., & Bista, D. (2022, juni). *Development of method and criteria for avsluation of dry-washing efficiency with Re-Con Zero EVO*. fib International Congress, Oslo.
- Petkovic, G. (2007). *Materialdeklarasjon av resirkulert tilslag—Uttesting av deklarasjonsordning, Tekn. Rapport 2431*. Statens Vegvesen.
- Powerhouse. (2022). <https://www.powerhouse.no/>
- RECONC—Resirkulert tilslag fra betongslam med CO2-bindende egenskaper - Prosjektbanken. (2020). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/309959>
- Regjeringen. (2020). *Handlingsplan for sirkulær økonomi, 2020—Regjeringen.no*. <https://www.regjeringen.no/no/sub/eos-notatbasen/notatene/2020/jan/veikart-for-sirkular-okonomi-2019/id2691183/>
- Regjeringen. (2022). *Kunnskapsgrunnlag for nasjonal strategi for sirkulær økonomi*. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/kunnskapsgrunnlag-for-nasjonal-strategi-for-sirkular-okonomi/id2714834/>
- RESGRAM—Recycled aggregates from excavated materials used in road construction and concrete production - Prosjektbanken. (2016). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/256506>
- SafeRock – hvordan endre betongindustrien? (2019). <https://www.uis.no/nb/forskning/saferock-hvordan-endre-betongindustrien>
- SirkBygg—Sirkulære nybygg - Design og bygging for demontering og ombruk - Prosjektbanken. (2021). Prosjektbanken - Forskningsrådet. <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/327777>

Slag2value—Resirkulering av slagg til nye produkt - Prosjektbanken. (2020). Prosjektbanken - Forskningsrådet.
<https://prosjektbanken.forskningsradet.no/project/FORISS/310153>

Teknisk Ukeblad: Nå er alt klart for å bruke gamle hulldekker om igjen. (2022, mars 23). Tu.no.
<https://www.tu.no/artikler/fritt-frem-for-a-bygge-nytt-med-brukte-hulldekker/518240>

NB norsk
betongforening



Kontaktinformasjon:
nb@tekna.no
www.betong.net

Copyright: Norsk Betongforening