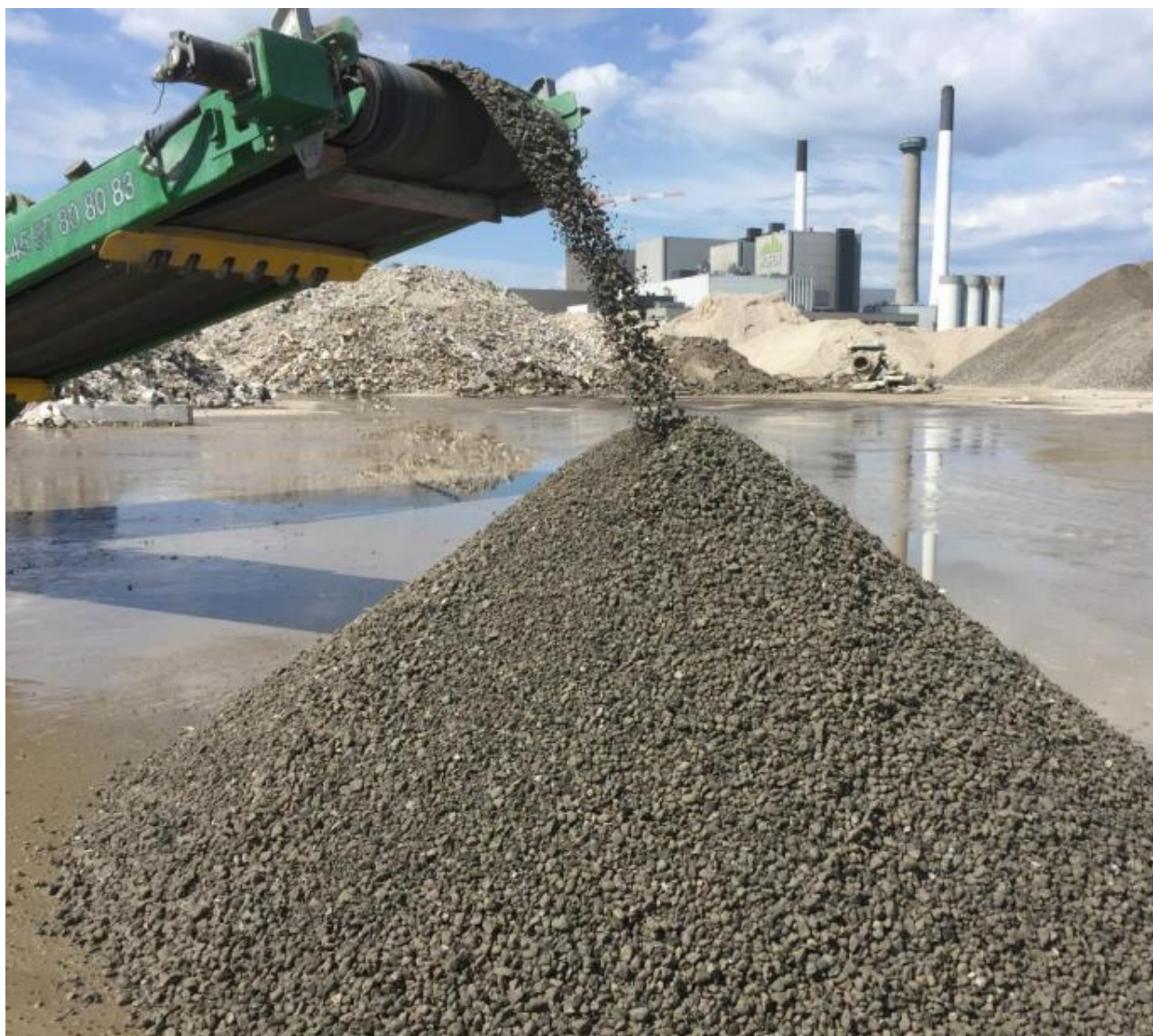


3.8 Genanvendt tilslag

Af Camilla Hjørringgaard



Figur 1: Beton fra Amagerværkets skorsten som nedknuses og efterfølgende genanvendes som betontilslag til Sydhavn Genbrugscenter.

Beton kan ikke smeltes og omstøbes direkte til nye betonkonstruktioner. Beton som materiale har derfor ofte haft en lineær livscyklus, hvor materialet efter produktion har indgået i faserne konstruktion og drift, for til sidst at ende med en nedrivning, hvor betonaffaldet ender til deponi eller anden nyttiggørelse. Man har derfor skulle gå ad andre, særlige veje for at kunne genbruge eller genanvende betonen.

Tidligere er beton i stor grad blevet nedknust og brugt til fyld og bærelag i stedet for traditionelt stabilt grus af grusgravsmaterialer. Dog vil anvendelse af knust beton som



Figur 2: Betons livscyklus



Figur 3: Affaldshierarkiet

fyld og bærelag kategoriseres som *ANDEN NYTTIGGØRELSE* i henhold til Affaldshierarkiet fra EU's affaldspolitik, og kan derfor ikke klassificeres som hverken genbrug eller genanvendelse.

Dette hierarki beskriver de forskellige niveauer i affaldshåndteringen, hvor *ANDEN NYTTIGGØRELSE* kun placeres som fjerde prioritet i forhold til det samlede miljømæssige resultat.

Beton har som materiale en lang levetid og et lavt vedligeholdelsesbehov, som er omdrejningspunktet for første prioritet i Affaldshierarkiet, der handler om *AFFALDSFOREBYGGELSE*. Men da beton som sagt ikke kan omstøbes direkte til anden anvendelse, så introducerer anden prioriteten om *FORBEREDELSE TIL GENBRUG* en vis udfordring. Her er man specielt i betonelementbranchen begyndt at tænke på løsninger med design for adskillelse.

Så hvis betonaffald ikke skal ende i den laveste prioritet *DEPONI* eller indgå som *ANDEN NYTTIGGØRELSE*, så er der muligheden for *GENANVENDELSE*, hvor betonaffald indgår i produktion af ny beton efter forarbejdning. Et eksempel på dette kan være at tage materiale fra nedrivningsfasen i betonens livscyklus og recirkulere dette materiale til produktionsfasen, hvor materialet vil indgå i en ny beton.

Netop genanvendelse af betonaffald i produktion af ny beton har været en mulighed i Danmark siden 1980'erne. Ved denne form for genanvendelse erstatter knust betonaffald en del af det naturlige tilslagsmateriale (sand og sten). Naturlige tilslagsmaterialer kategoriseres ofte som jomfruelige materialer, der aldrig har været bearbejdet, før de indgår i betonproduktionen.

Udfordringen ved fortsat anvendelse af jomfruelige materialer er en begyndende begrænsning i de naturlige forekomster. Alternativet til jomfruelige materialer er at begynde at tænke cirkulært, hvor genanvendelse af betonaffald til produktion af ny beton introducerer en cirkulær livscyklus. Herved går ressourcer ikke tabt og materialer bevarer deres værdi.

Implementering af genanvendelse af betonaffald i de danske betonstandarder har derfor ikke kun åbnet op for cirkulære løsninger, men også nye forretningsområder indenfor tilslagsproduktion i betonbranchen.

3.8.1 Typer af genanvendt tilslag

Selv om genanvendt beton i de senere år har fået mere og mere opmærksomhed, så har det ikke været uden betydelige vanskeligheder. Det er således vigtigt at kunne adskille 1) ustruktureret og ukontrolleret brug af forskellige affaldsfraktioner, med 2) en produktion med en certificeret og veldokumenteret genanvendelse.

Betonaffald til produktion af ny beton i form af genanvendt tilslag deles i den europæiske betonstandard DS/EN 206 op i tre separate typer med forskellige definitioner og krav. Disse er:

- Udvasket procestilslag
- Nedknust procestilslag
- Genanvendt tilslag

Bemærk, at de to første typer er ny beton, mens den sidste type som regel er gammel beton, som tidligere har været anvendt til et andet formål. Det betyder også, at i almindelighed er kvaliteten af procestilslaget bedre kendt end kvaliteten af det genanvendte tilslag.

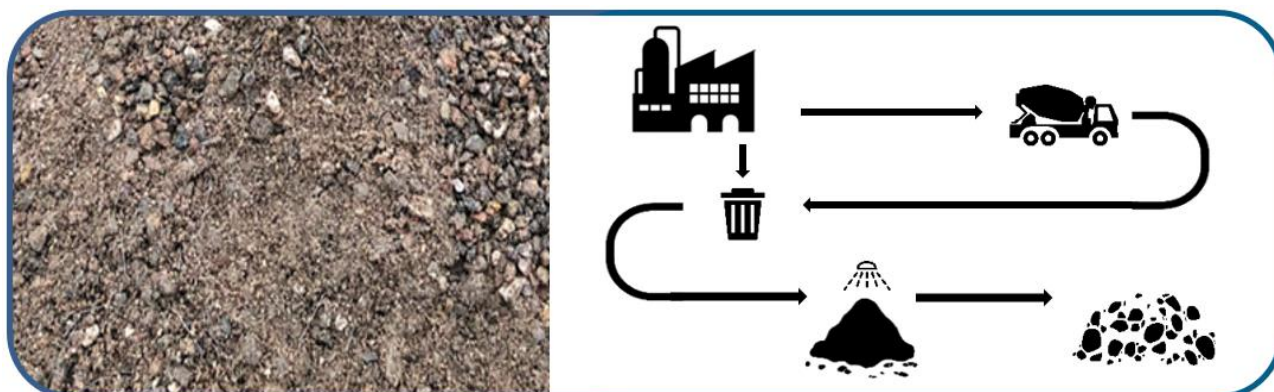
Ved fremtidig reference i dette kapitel vil udtrykket "Genanvendt beton" blive anvendt, når alle tre typer omtales for at undgå forvirring omkring den specifikke type kaldet "Genanvendt tilslag" i betonstandarder.

3.8.1.1 Udvasket procestilslag

I betonproduktionen kan der opstå en affaldsfraktion på selve betonfabrikken, hvor kvaliteten af betonen ikke har levet op til kravene eller af anden årsag, er blevet kasseret.

Ydermere findes en anden affaldsfraktion i produktionen af fabriksbeton i form af overskydende beton fra en leverance, hvor der er bestilt for meget beton. Denne type betonaffald kaldes for returbeton. Begge typer af betonaffald kan anvendes til fremstilling af det udvaskede procestilslag.

Den beton, der anvendes til udvaskning – ofte kaldet donorbeton - har derfor aldrig været indbygget i en konstruktion og er stadig i frisk tilstand, når forarbejdningen finder sted. Forarbejdningen til det udvaskede procestilslag består i en vaskeproces af den friske donorbeton, så tilslagsmaterialet frigøres og rengøres.

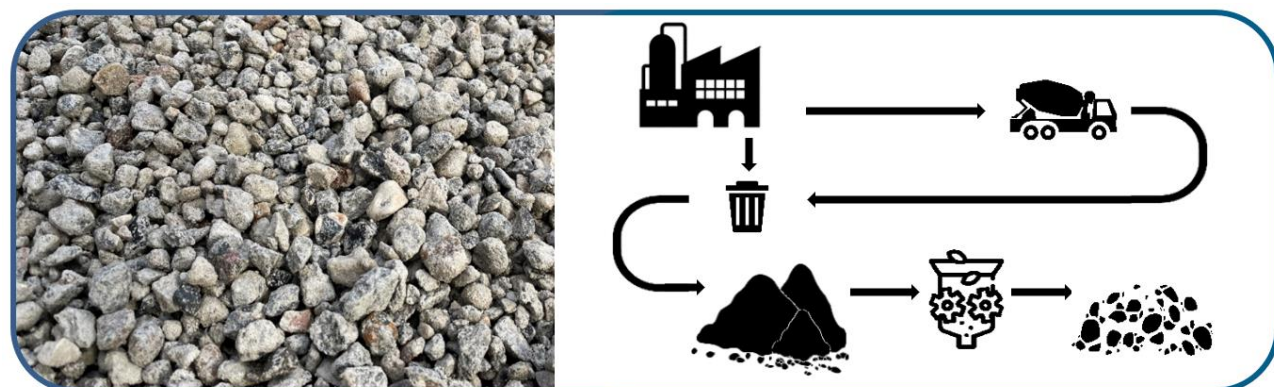


Figur 4: Produktionsoversigt fra donorbeton til udvasket procestilslag (til højre) og det endelige produkt i form af udvasket procestilslag (til venstre).

3.8.1.2 Nedknust procestilslag

Ligesom for det udvaskede procestilslag, så opstår grundlaget for donorbetonen til det nedknuste procestilslag ved kasseret beton i produktionen på betonfabrikken eller returbeton fra en leverance af fabriksbeton. Den kasserede beton eller returbetonen læsses af og tillades at hærde helt eller delvist, før den nedknuses. Donorbetonen har derfor aldrig været indbygget i en konstruktion.

Forarbejdningen til det nedknuste procestilslag består af to separate faser. Først bliver det friske beton lagt ud på en dertil egnet opbevaringsplads, hvor betonen skifter tilstand fra at være frisk beton til hærdenet beton. Herefter – efter længere eller kortere tid - nedknuses den hærdenede beton til den ønskede kornstørrelse og fordeling.



Figur 5: Produktionsoversigt fra donorbeton til nedknust procestilslag (til højre) og det endelige produkt i form af nedknust procestilslag (til venstre).

På elementfabrikker bliver en ikke ubetydelig del af elementerne frasorteret og nedknust. Ved en huldæksproduktion (hvor der støbes i store længder og opskæres til konkrete længder) er således set frasortering og spild på omkring 10 %. Disse elementer nedknuses typisk også – og betegnes også som nedknust procestilslag.

3.8.1.3 Genanvendt tilslag

Til forskel fra det udvaskede og det nedknuste procestilslag, så stammer donorbetonen til det genanvendte tilslag fra en konstruktion som nedrives. Betonen er derfor i hærnet tilstand inden forarbejdningen finder sted.

Forarbejdningen til det genanvendte tilslag består af en nedknusning til den ønskede kornstørrelse og fordeling. Inden nedknusningen kan finde sted, skal der dog udføres en vis sortering af materialefraktioner, så det genanvendte tilslag ikke unødvendigt består af fremmedlegemer såsom ledninger, træ, plastik, isolering eller armering.



Figur 6: Produktionsoversigt fra donorbeton til genanvendt tilslag (til højre) og det endelige produkt i form af genanvendt tilslag (til venstre).

3.8.2 Forarbejdning

For at kunne implementere den cirkulære løsning med genanvendt beton, så skal spildbetonen, også kaldet donorbetonen, forarbejdes til at opnå en brugbar kvalitet.

Udvaskning

For udvasket procestilslag består denne forarbejdning i den omtalte vaskning af den friske beton, så det indarbejdede tilslagsmateriale frigøres fra bindermaterialet. I denne proces er kvaliteten af det udvaskede procestilslag bestemt ved effektiviteten af den anvendte vaskeproces, samt den efterfølgende sortering af det vaskede materiale.

Grundet vaskeprocessen vil fugtigheden af det udvaskede procestilslag være høj, men denne tilstand vil variere alt afhængigt af lagringsforhold og -tid.

Til forskel fra udvasket procestilslag, så fremkommer nedknust procestilslag og genanvendt tilslag af hærnet beton, hvorfor der er behov for andre metoder til forarbejdning.

Hærdning

Spildbeton - som skal blive til nedknust procestilslag - skal først igennem en lagringsproces for at opnå en tilstrækkelig hærdning. Denne lagring kan foregå på producentens eget produktionsområde, uden at der skal foretages nogle særlige forbehold. Dog skal det sikres, at spildbetonen ikke forurenes af det omgivende miljø såsom blade, pap eller plastik.

Det skal ligeledes sikres, at spildbetonen ikke blandes med de øvrige tilslagsmaterialer eller med andet affald som ikke egner sig til nedknust procestilslag. Som producent skal man derfor have sikret sig de nødvendige procedurer for at undgå forurening, samt en separat lagringsplads til spildbetonen.



Figur 7: Lagringsplads for hærdnet spildbeton inden knusning. Betonen er læsset fra betonkanonerne på jorden til hærdning og efterfølgende lagt i en lagerbunke indtil nedknusning.

I 2018 etablerede Dansk Beton og en række samarbejdspartnere et projekt "Nulspildsprojektet", som skulle undersøge genbrug og genanvendelse af hærdnet spildbeton fra egen produktion.

En af undersøgelserne fra dette projekt viste, at spildbetonens alder ved nedknusning ingen betydning har for kvaliteten af det nedknuste procestilslag, så længe spildbetonen er hærdnet af.

Hvis man derfor kan sikre en hærdnet beton, så kan man undgå at sortere materialet i henhold til den pågældende lagringstid. Dette kan dog være en udfordring i vinterperioden med kolde temperaturer, hvor reaktionshastigheden af hydratiseringsreaktionerne vil være nedsat. Her vil man skulle forvente en længere lagringstid før spildbetonen er hærdnet af sammenlignet med sommerperioden.

Hvis det nedknuste procestilslag skal kunne anvendes til beton i forskellige miljøpåvirkninger eller eksponeringsklasser, bør man sortere spildbetonen.

Donorbetonen/spildbetonen skal nemlig være af den samme eller bedre end klassifikationen for den nye beton for ikke at forringe kvaliteten af det nye produkt.

Denne form for sortering kræver dog en vis logistik, lagerkapacitet og ikke mindst silokapacitet til de forskellige fraktioner. En generel praksis har derfor været at samle al spildbeton i en bunke, men herved begrænses brugen af det nedknuste procestilslag til passiv miljøpåvirkning med eksponeringsklasserne X0 og XC1, fordi en vis del af bunken vil være af denne kvalitet, hvorved hele bunken må henregnes til denne kvalitet.

Nedrivning

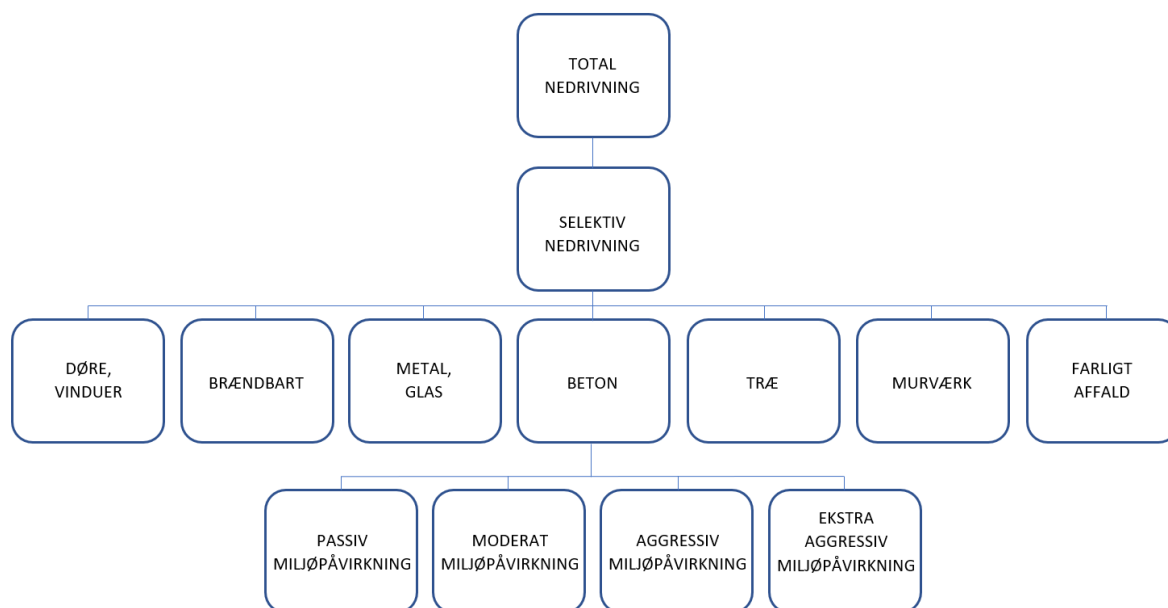
Donorbeton til det genanvendte tilslag stammer fra nedrivning af eksisterende konstruktioner, og betonproducenten har derfor ikke nogen direkte indflydelse på de omgivende forhold eller selve nedrivningsprocessen.

Dog kan betonproducenten med fordel inddrages i processen før nedrivning, for at sikre det mest effektive udbytte. Der er nemlig en del forskellige krav forbundet til det genanvendte tilslag og dets donorbeton i de relevante standarder, se afsnittet for normer og standarder.

Når en konstruktion skal nedrives, så kan dette enten foregå ved en total- eller selektiv nedrivning. Ved den selektive nedrivning foregår en nøjsom sorteringsproces, som vil øge kravene til både tid og omkostninger, men denne proces kan være nødvendig, hvis betonen skal anvendes til genanvendt tilslag.

Ved den traditionelle selektive nedrivning vil den rå konstruktion blive delt op i forskellige materialefraktioner såsom døre, vinduer, brændbart, metal, glas, træ, murværk, farligt affald og ikke mindst beton. Men hvis der skal opnås den højeste grad af genanvendelse, så skal man også have fokus på hvilken slags beton, der er anvendt.

Man kan derfor opdele den betonkonstruktion, der skal nedrives, efter miljøpåvirkninger eller eksponeringsklasser, og dermed sikre en sortering efter disse i den efterfølgende nedrivning. En sådan sortering kan komme til gavn, når det genanvendte tilslag skal anvendes i en ny beton.

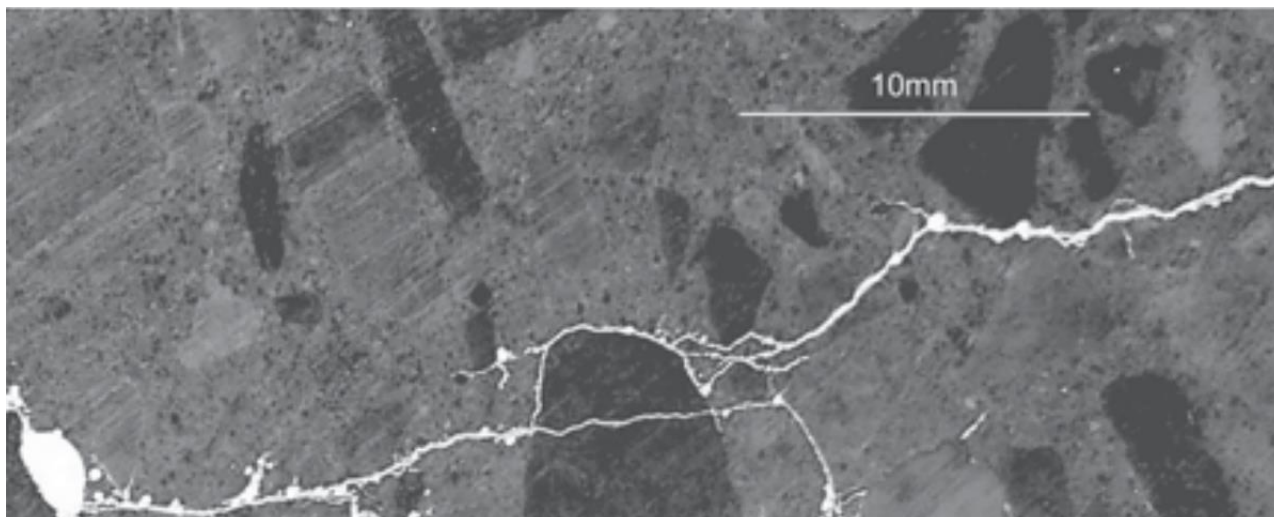


Figur 8: Sorteringsmuligheder under nedrivning af eksisterende konstruktioner. En mere optimal genanvendelse af beton kan opnås, hvis donorbeton underopdeles i miljøpåvirkninger eller eksponeringsklasser. Ofte fremstilles kun en type (passiv). Er en afgrænset del af konstruktionen i aggressiv eller ekstra aggressiv, kan denne del i nogen tilfælde med fordel holdes adskilt.

Nedknusning

Efter den generelle nedrivning og inddeling af materialefraktioner, skal donorbetonen nedknuses til en anvendelig størrelsesfordeling. Samme proces gør sig gældende for den hærdede spildbeton på betonfabrikken og nedknuste elementer, som skal anvendes til nedknust procestilslag, da både genanvendt tilslag og nedknust procestilslag er knust betonmateriale.

Knusning af beton sker i langt de fleste tilfælde langs svage zoner, som vil være i randzoner mellem luftbobler, tilslag og pastamateriale. Revner vil opstå på mikroniveau for derefter at vokse til markoniveau og ende i knusning eller afskalning.



Figur 9: Tyndslib som viser revnedannelse af beton langs svage zoner.

Beton har i sig selv en høj trykstyrke, og knuseprocessen skal derfor kunne overstige enten betonens tryk- eller trækstyrke for at kunne nedknuses. Til denne opgave anvendes typisk et knuseranlæg med sortering, samt en gravemaskine til at læsse og en frontlæsser til at placere det knuste materiale. I de fleste tilfælde vil et mobilt knuseanlæg blive anvendt, som enten midlertidigt kan placeres på byggepladsen for genanvendt tilslag eller blive transporteret mellem betonfabrikker for at nedknuse procestilslag.



Figur 10: To typer af mobile knuseanlæg med separator anvendt til nedknusning af donorbeton.

For de typiske knuseanlæg findes der tre forskellige typer; rotor-, kæbe- og kegleknuser.

En rotorknuser består af en hurtigt roterende tromle, der slynger materialet mod plader af højstyrkestål, så det knuses. En rotorknuser er billig og effektiv, men producerer en stor mængde fint materiale. Dette fine materiale er ofte et uønsket biprodukt, da det kan være udfordrende at anvende i en ny beton. For at opnå en fuldstændig cirkulær løsning, så bør der enten findes en anvendelse for denne fine fraktion eller mængden bør minimeres.

En kæbeknuser består af en fast plade og en bevægelig plade, som trykker mod hinanden. Øverst er afstanden mellem pladerne (også kaldet kæber) stor, og nederst indstilles afstanden til den ønskede maksimale kornstørrelse af det knuste materiale. Kæbeknuserne har et lavt støjniveau og producerer kun mindre mængder af fint materiale.

En kegleknuser består af en kegle, som roterer inde i en anden kegle. Ved at styre afstanden mellem de to kegler, kan der produceres en bestemt kornstørrelse.

Typisk sorteres den nedknuste beton efter knusning i to eller tre fraktioner. En fraktion af fint materiale, en fraktion med den ønskede kornstørrelsesfordeling og en grovere fraktion. Den grove fraktion kan smides tilbage i bunken med donorbeton og knuses senere eller straks sendes endnu en tur igennem knuseren.

Under nedknusningen kan armering i betonen frasorteres med en kraftig elektromagnet. Rustfri armering kan dog give problemer, da kun nogle rustfri armeringstyper er magnetiske.

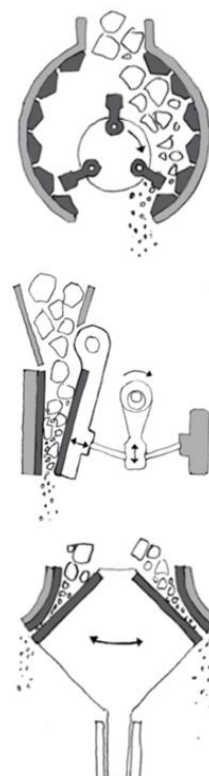
Fiberarmering i donorbeton kan være en udfordring, da disse ikke kan fjernes fuldstændigt i en knuseproces. Det kan derfor overvejes, om fiberbeton skal indgå i donorbeton.

Opmagasinerings

Når donorbetonen er blevet knust til hhv. genanvendt tilslag eller nedknust procestilslag, så vil tilslagsmaterialet typisk skulle opmagasineres før det anvendes til produktion af ny beton. En sådan opmagasinering kræver kapacitet i betonproducentens tilslagssiloer på samme vis som almindeligt naturligt tilslag.

Nogle betonproducenter har dog oplevet pakning af nedknust procestilslag i siloen. Dette kan være forårsaget af uhydratiseret bindermateriale i betonen, som nu er blevet eksponeret for fugt og derved reagerer. En sådan pakning bør kunne undgås ved et egnet silodesign eller et fjernlager for opmagasinering imellem produktion.

Under opmagasinering af knust betontilslag åbner sig muligheden for en øget karbonatisering af materialet. Denne proces er også kendt som svampe-effekten, hvor betonen optager CO₂ fra atmosfæren. Karbonatisering sker igennem hele betonens levetid, men grundet knusning har hele betonfraktionen opnået en større overflade, som nu kan blive eksponeret for CO₂. Opmagasinerings og brug af knust betontilslag kan derfor have en positiv effekt på både den bæredygtige og den cirkulære agenda.



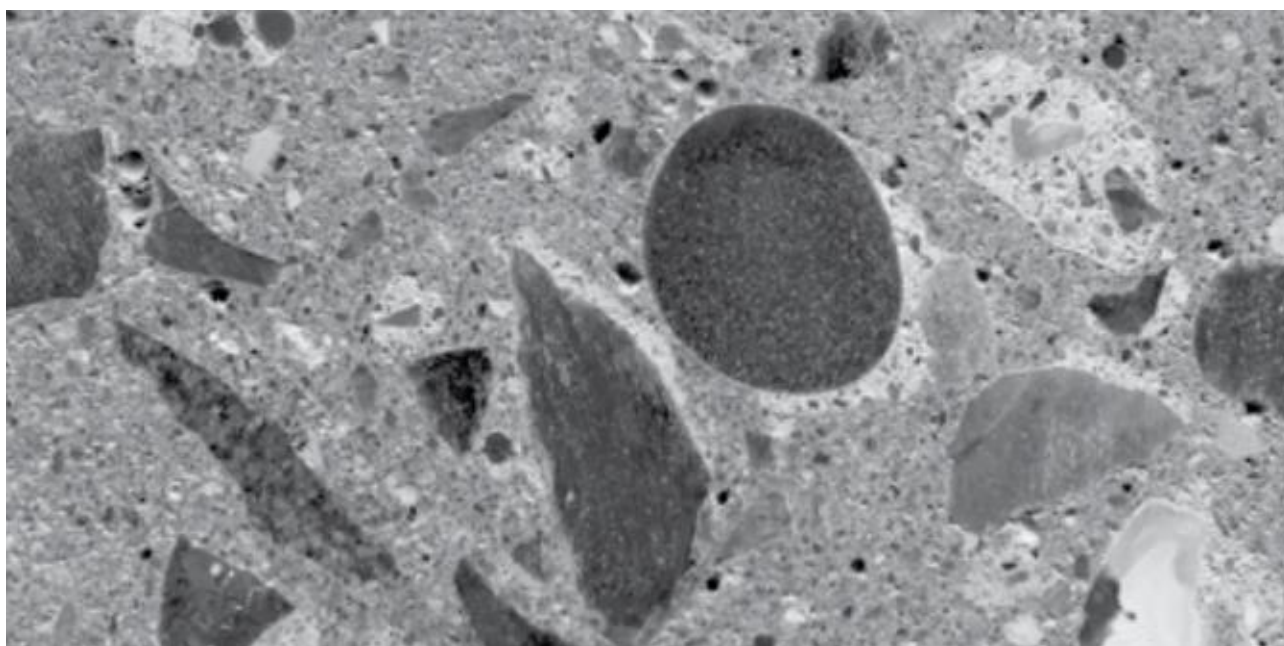
Figur 11: Knusemekanismen for tre typer af knuseanlæg; rotorknuser (øverst), kæbeknuser (midt) og kegleknuser (nederst).

3.8.3 Kvalitet

Materialekvaliteten af genanvendt beton til tilslag afhænger helt og holdent af kvaliteten af den anvendte donorbeton og forarbejdningsprocessen.

Kornstørrelse, samt fordeling af det nedknuste procestilslag og det genanvendte tilslag, bestemmes af det valgte udstyr og indstilling af dette under nedknusningen. Fælles for alle slags udstyr er, at der produceres materiale med en skarpkantet kornform, da det er knust materiale. Graden af den skarpkantede form kan dog variere afhængigt af den anvendte knusemekanisme. En rotorknuser vil give mere runde korn, men vil samtidigt give en større andel fint materiale under 4 mm. En kæbe- eller kegleknuser vil give en mindre andel fint materiale, men vil samtidigt give hhv. fliset (flade) eller kubiske korn.

Fordi det nedknuste procestilslag og det genanvendte tilslag fremkommer af knust beton, så vil tilslaget bestå af en blanding af naturlige tilslag med og uden et lag af gammel mørtel eller pasta eller deciderede klumper bestående af gammel mørtel.



Figur 12. Planslib af en beton med nedknust procestilslag. På dette planslib fremstår områder med gammel pasta, samt naturligt tilslag med et lag af gammel pasta som lyse områder.

Den nye beton produceret med enten nedknust procestilslag eller genanvendt tilslag vil som konsekvens heraf alt andet lige have et højere pasta-indhold sammenlignet med en traditionel beton.

Fordi det udvaskede procestilslag gennemgår en vaskeproces, så vil pastamaterialet i højere grad blive fjernet fra det naturlige tilslag i donorbetonen. Herved kan der opnås et "renere" materiale, afhængigt af vaskeprocessens effektivitet.

Knust tilslagsmateriale, såsom genanvendt tilslag eller nedknust procestilslag, vil have en lavere densitet, da det øgede pastaindhold har en lavere densitet sammenlignet med naturligt tilslag.

Af samme årsag vil det knuste tilslagsmateriale også have en høj absorptionsgrad, hvorfor det kan være gavnligt at fugte eller vande tilslaget inden brug i en ny beton. Hvis ikke tilslaget når at suge al absorptionsvandet inden blanding af en ny beton, så kan det have indflydelse på både konsistensen af den friske beton og det endelige v/c-forhold.

Et øget pastaindhold kan også påvirke de hærdende egenskaber i form af øget svind, øget krybning og et reduceret E-modul. I den danske betonstandard er der derfor fremsat et krav om måling af disse egenskaber, hvor det findes relevant. Brugen af knust tilslagsmateriale leder dog ikke til en signifikant reduktion af trykstyrken, som må regnes for at være en af hovedegenskaberne af betonen.

Alkali- og chloridindholdet i den genanvendte beton til tilslag vil afhænge af donorbetonen, hvorfor der i betonstandarden er stillet krav om, at den nye beton med den genanvendte beton til tilslag kun må anvendes til samme eller lavere eksponeringsklasser som donorbetonen.

Alle de ovenstående parametre afhænger selvfølgelig af, hvor stor en procentdel af naturligt tilslag, som erstattes med genanvendt beton i den nye beton. Jo mindre mængder i betonen, jo mere ubetydelige vil de ovennævnte effekter være.

Fælles for alle de ovennævnte effekter er, at de kan korrigeres for ud fra sammensætningen af den nye beton. Man kan derfor anvende en standardbeton som udgangspunkt for produktion af en beton med genanvendt beton.

3.8.4 Normer og Standarder

Krav for brug af genanvendt beton til tilslag er specificeret i det informative anneks E i betonstandardEN 206.

I Danmark har man imidlertid været progressive i brugen af genanvendt beton til tilslag i forskellige pionerprojekter. Dette har ledt til en udvidelse af de informative krav i den europæiske standard, og resulteret i en række af normative krav for brug af genanvendt beton til tilslag i Danmark. Disse normative krav er listet i anneks E i det danske tillæg til EN 206 (den danske betonstandard).

CE-mærkning

Ligesom for naturligt tilslag så skal delmaterialet være CE-mærket, medmindre tilslaget produceres og kontrolleres af den samme juridiske person, der producerer betonen. Dette kan lede til en lempelse i certificeringskrav for brugen af udvasket og nedknust procestilslag, som stammer fra egen betonproduktion, men samtidigt sætter det nogle krav for anvendelsen af genanvendt tilslag, som skal tages i betragtning.

Oprindelse af donorbeton

For at undgå en forringelse i kvaliteten af den producerede beton, må genanvendt beton som hovedregel kun anvendes i eksponeringsklasserne X0 og XC1. Dette krav kan dog tilsidesættes, hvis dokumenterede procedurer sikrer, at donorbetonen stammer fra samme – eller højere - eksponeringsklasser, som den tiltænkte anvendelse for den nye producerede beton.

For udvasket og nedknust procestilslag som produceres af samme person som producerer både donorbeton og den nye beton, kan der være en fordel i de færre antal af led i den cirkulære produktion. Der er her mulighed for at opnå en høj grad af sporbarhed i forhold til de anvendte eksponeringsklasser, hvis de rigtige procedurer er sikret.

For genanvendt tilslag er der inddraget flere led i den cirkulære produktion, da donorbetonen stammer fra en eksisterende konstruktion, som kan være bygget for flere årtier siden. Gennemførelse af succesfuld brug af genanvendt tilslag forudsætter derfor, at alle aktører i værdikæden, som er inddraget i processerne lige fra screening af donorbeton til nedrivning, logistik og produktion, har en fælles og tilstrækkelig viden om kravene til materialet. Hvis en sådan forhåndsviden ikke foreligger for det genanvendte tilslag, er der i den danske betonstandard indarbejdet en mulighed for up-cycling af tilslaget ved udførelse af ekstra analyser på materialet.

Maksimalt tilladt substitutionsgrad

Baseret på tidligere erfaringer fra de omtalte pionerprojekter er der fastsat nogle maksimale tilladte substitutionsgrader af naturligt tilslag med genanvendt beton til tilslag i ny beton. Her adskiller den danske betonstandard sig signifikant fra den europæiske betonstandard, da der tillades op til 100 % substitution.

Tabel 1: Den maksimalt tilladte substitutionsgrad af udvasket procestilslag, nedknust procestilslag og genanvendt tilslag angivet i vægtprocent af den totale tilslagsmængde. Den tilladte mængde afhænger dog af produktionssted, den udførte prøvning af materialet, samt styrkeklassen og klassifikationen af den nye beton.

Type	Udvasket procestilslag	Nedknust procestilslag	Genanvendt tilslag
Fint tilslag (< 4 mm)	30 %	100 %	100 %
Groft tilslag (> 4 mm)	100 %	100 %	100 %

For at forstå, hvornår der kan anvendes op til 100 % substitution af naturligt tilslag med genanvendt beton, så bør man sætte sig grundigt ind i de gældende regler, hvor man arbejder i en række af forskellige scenarier. Her skelnes mellem om tilslaget er anvendt på egen eller anden fabrik, den udførte prøvning af materialet, samt styrkeklassen og klassifikationen af den nye beton. Alt dette tilsammen afgør den maksimale tilladte substitutionsgrad med genanvendt beton.

3.8.5 Prøvning

Ligesom for traditionelt tilslag (se kapitel 3.2.4) udføres prøvning i henhold til de europæiske metoder, der knytter sig til EN 12620. Den påkrævede prøvning afhænger af den tiltænkte anvendelse og klassifikationen af den nye producerede beton.

Som noget specielt for brugen af nedknust procestilslag eller genanvendt tilslag er der ved visse (høje) substitutionsgrader krav om, at der skal udføres prøvning af E-modul, krybning og udtørringssvind iht. 12390 serien på den nye producerede beton, hvor det vurderes relevant for den endelige konstruktion.

Derudover er der krav om, at alle tre typer af genanvendt beton til tilslag klassificeres i henhold til materialets bestanddele i forhold til seks forskellige kategorier og det procentvise indhold.

Tabel 2: Kategorisering af genanvendt beton til tilslag i henhold til det procentvise indhold af forskellige bestanddele i materialet.

Bestanddel	Indhold (vægt%)	Kategori
Rc (beton, betonprodukter, mørtel, betonmurværk)	≥ 90	Rc 90
	≥ 80	Rc 80
	≥ 70	Rc 70
	≥ 50	Rc 50
	< 50	Rc Deklareret
	Ingen krav	Rc NR
Rc+Ru (Ubundne aggregater, naturlige sten hydraulisk bundne aggregater)	≥ 95	Rcu 95
	≥ 90	Rcu 90
	≥ 70	Rcu 70
	≥ 50	Rcu 50
	< 50	Rcu Deklareret
	Ingen krav	Rcu NR
Rb (Lermurværk, mursten, fliser, calciumsilikatmurværk)	≤ 10	Rb 10-
	≤ 30	Rb 30-
	≤ 50	Rb 50-
	> 50	Rb Deklareret
	Ingen krav	Rb NR
Ra (Bitumen materiale, asfalt)	≤ 1	Ra 1-
	≤ 5	Ra 5-
	≤ 10	Ra 10-
Fi (Flydende materiale såsom træ)	0,2	Fi 0,2-
	≤ 2	Fi 2-
	≤ 5	Fi 5-
X+Rg (Glas og andet såsom ler, jord, metal, ikke-flydende træ, plastik, gummi, gips)	≤ 0,5	XRg 0,5-
	≤ 1	XRg 1-
	≤ 2	XRg 2-

3.8.6 Mere information

Der henvises til den danske betonstandard [2] vedrørende definition og krav for anvendelse af genanvendt beton til tilslag i Danmark.

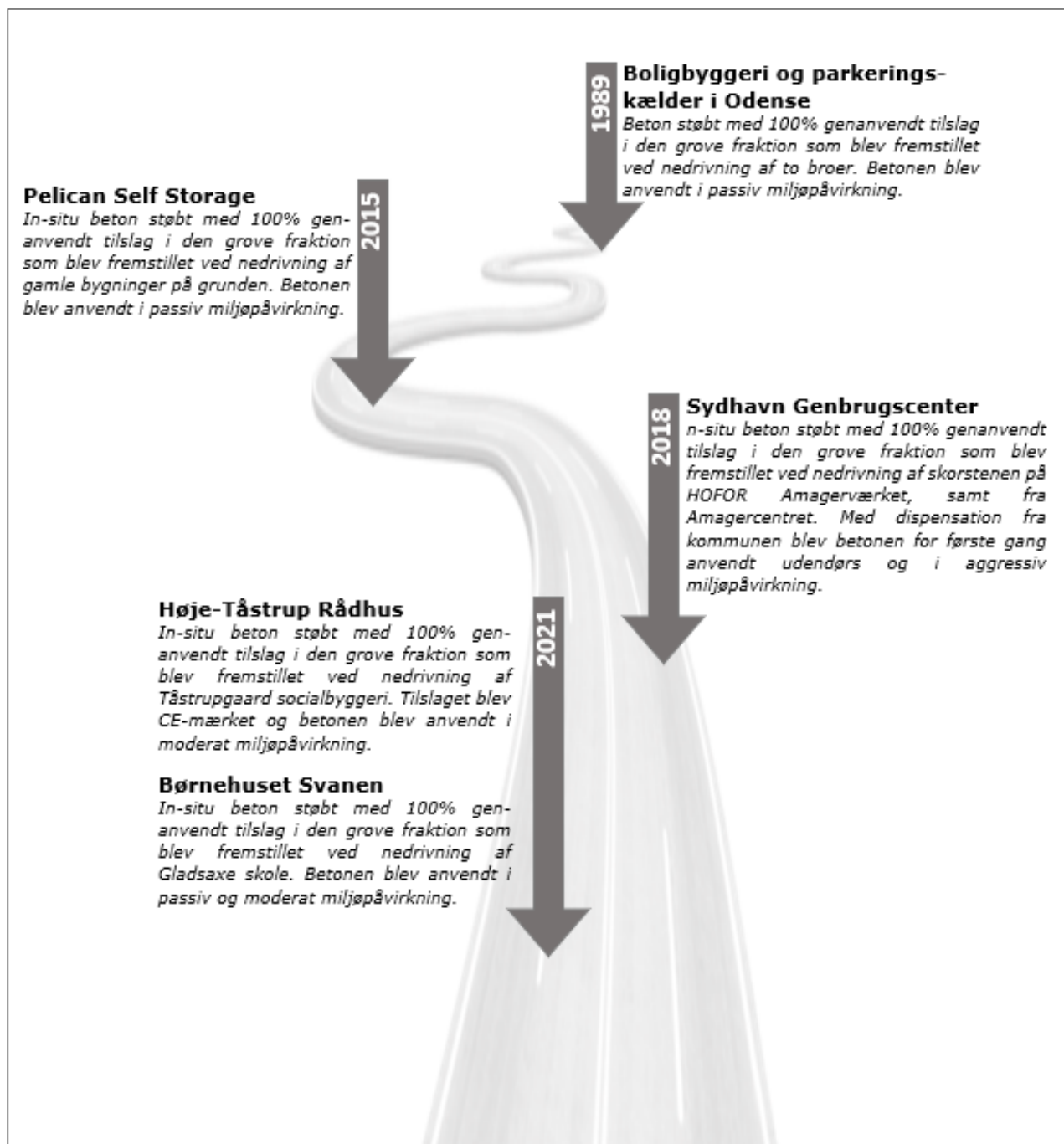
Information omkring prøvning og klassifikation af genanvendt beton til tilslag kan findes i EN 12620 [3].

3.8.7 Status for genanvendt beton til tilslag i Danmark

I Danmark har genanvendt beton til tilslag været under udvikling i flere årtier, men har aldrig rigtig vundet indpas på et kommercielt plan før slutningen af 2010'erne.

Brugen af udvasket tilslag og nedknust procestilslag har siden bredt sig hos betonproducenterne, da interessen for cirkulære løsninger har været stigende, og der nu er mulighed for skabe forretningsområder på materialer, som tidligere bare har været anset som affald.

Denne udvikling har ligeledes kunne spores i udbudsmaterialet for nogle skelsættende projekter, hvor brugen af genanvendt tilslag blev specificeret som et krav til den anvendte beton. Disse projekter har været med til at sikre viden og demonstrere mulighederne for brugen af genanvendt tilslag til fremtidige projekter.



Figur 13: Beton med genanvendt tilslag har været under udvikling igennem flere årtier. Forskellige pionerprojekter har haft et krav om, at den anvendte beton skulle produceres med genanvendt tilslag, hvilket har bragt ny viden og demonstration af anvendelighed.

3.8.8 Status for genanvendt beton til tilslag i udlandet

Udviklingen indenfor anvendelse af genanvendt beton til tilslag er ikke kun lokaliseret i Danmark, men foregår også bredt i Europa.

Herunder nævnes lande såsom England og Holland, hvor man producerer beton med 20 % genanvendt tilslag som standardvarer, og ikke kun specificeret i pionerprojekter.

Specielt i Holland er betonproduktionen med genanvendt tilslag drevet af den cirkulære agenda, da man i de seneste årtier har oplevet ressourcemangel grundet geografiske begrænsninger for udvinding af materialer. Anvendelsen af genanvendt tilslag til beton kan derfor erstatte import af tilslagsmaterialer fra andre lokationer rundt om i Europa.

3.8.9 Litteratur

- [1] EN 206 – Beton - Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse.
- [2] DS/EN 206 DK NA - Specifikation, egenskaber, produktion og overensstemmelse – Regler for anvendelse af EN 206 i Danmark.
- [3] EN 12620 – Tilslag til beton.
- [4] E. K. Lauritzen og P. Laugesen, Genanvendelse af beton – Erfaringer fra nedrivning af skorsten, HOFOR Amagerværket, og genanvendelse af knust beton som tilslag i ny beton til opførelse af Sydhavn Genbrugscenter i Valby, 2020.
- [5] E. K. Lauritzen, Construction, Demolition and Disaster Waste Management, CRC Press Taylor&Francis Group, 2019.
- [6] K.U. Christensen, C. Pade og Chr. Munch-Petersen, Nulspildsprojektet – Håndbog, 2019.