



Sverre Smeplass og Marit Kindem Thyholt, Skanska Norge

Innlegg: Målbare kriterier for design for demontering og ombruk

I forskningsprosjektet SirkBygg har vi utviklet en metode for å sette målbare

kriterier for design for demontering og ombruk (DfD) for konstruksjonskomponenter. Dette er viktig for å øke sannsynligheten for at ombruk i fremtiden faktisk vil la seg gjennomføre samt at det skal være mulig å sette konkrete krav til grad av ombrukbarhet ved prosjektering av nye bygg.

PUBLISERT 20.08.2025 - 15:52

Innlegg av:

Marit Kindem Thyholt og Sverre Smeplass, Skanska Norge.



Å bygge for mulig fremtidig demontering og ombruk (DfD) av de materialressursene vi bygger inn ved nybygg og rehabilitering, er et tema som har blitt aktualisert i løpet av få år. Slike tiltak blir gjerne omtalt som «design for disassembly», eller DfD.

Teknisk forskrift (TEK17) stiller nå krav om at «Byggverk skal prosjekteres og bygges slik at det er tilrettelagt for senere demontering når dette kan gjennomføres innenfor en praktisk og økonomisk forsvarlig ramme». Det eksisterer imidlertid få målbare kriterier for hva som kan defineres som DfD. For å fremme sannsynligheten for at fremtidig demontering og ombruk faktisk vil skje, må det legges til rette for rasjonelle og trygge prosesser. I tillegg vil det i anbudskonkurranser hvor det stilles krav til DfD, være behov for klare målbare kriterier for å sikre sammenlignbare prestasjoner for DfD.

I Forskningsprosjektet SirkBygg, som ledes av Skanska og med finansiering fra Norges Forskningsråd, har vi gjennomført en studie av hvordan målbare kriterier for DfD kan utformes. Vi legger i begrepet DfD å designe for en effektiv og trygg demontering, samt at de demonterbare komponentene skal være av en slik karakter at de med høy sannsynlighet er attraktive for ombruk i fremtiden. Om ombrukskriteriene ikke er oppfylt, gis ikke tilretteleggingen for demontering noen verdi.

Foreløpig omfatter kriteriesettet bærende strukturer og fasader, men metoden kan utvides til også å gjelde andre typer bygningskomponenter.

Kriteriene er fordelt på to nivåer: Nivå 1 på overordnet systemnivå og Nivå 2 på komponentnivå. Nivå 1 gjelder bygget på seksjonsnivå, og hensyntar at det ikke er tilstrekkelig at de enkelte bygningskomponentene er tilrettelagt for DfD. Bygget eller deler av bygget (seksjoner) må være planlagt for en effektiv og trygg demontering samt at omfanget av bygningskomponentene må være på et tilstrekkelig nivå både for at demonteringsprosessen skal være rasjonell og for at bygningskomponentene skal kunne anses å ha en markedsverdi.

Nivå 2 definerer i hvilken grad en komponent kan anses å være ombrukbar. Til sammen vil de to nivåene si noe om i hvor stor grad bygget eller seksjonen er DfD, oppgitt i form av en DfD-indeks.

Hvert av kriteriene skal deklarerer med en DfD-faktor, som enten er 1 eller 0 avhengig av om kriteriet er oppfylt eller ikke. Kriteriesettet åpner for en gradering av ombrukbarheten. For de kriteriene som er skalerbare kan DfD-faktoren multipliseres med en reduksjonsfaktor som ivaretar ulike grader av DfD og som er knyttet opp mot kostnadsdrivere for demontering og klargjøring for ombruk.

DfD-indeksen vektes med hensyn til kostnadsbidraget for hver konstruksjonskomponent. I fremtiden er kostnadene for både ombrukte og nye konstruksjonskomponenter ukjente. Det er derfor tatt utgangspunkt i at det er dagens kostnader som legges til grunn for vektingen.

Det vil være opp til den prosjekterende å deklare graden av DfD. Deklarasjonen må være begrunnet og dokumentert i så høy grad at den er reviderbar ved en tredjepartskontroll.

Alle kriterier på Nivå 1 må ha en initiell DfD-faktor på 1 hvis det skal ha noen hensikt å gjennomføre beregning av en samlet DfD-indeks, mens DfD-faktor på Nivå 2 kan være 0 (altså at enkeltkomponenter utgår fra beregningen av DfD-indeks). Det er åpnet for skalering av DfD-nivå ved en reduksjonsfaktor for to av kriteriene på Nivå 1 og for ett av kriteriene på Nivå 2.

Graden av DfD baseres på følgende kriterier:

Overordnet systemnivå, Nivå 1

- Standard grid: skal sikre høy kvantitet av like ombrukbare komponenter. Dette øker lønnsomheten for både demontering og ombruk. Reduksjonsfaktoren settes ut fra vurdering av ensartethet og tildanningskostnader ved andre gangs bruk av bygningskomponent:
- 1,0: rektangulært grid: enhetlig akseavstand og enhetlig etasjehøyde i DfD-seksjonen
- 0,9: rektangulært grid, inntil tre ulike akseavstander og inntil tre ulike etasjehøyder
- 0,6: rektangulært grid, flere enn tre ulike akseavstander
- 0,3: ikke rektangulært grid
- Enkelt og helhetlig bæresystem: unngå kompleks logistikk rundt demontering med mange ulike metoder for demontering da dette er kostbart og tidkrevende. Kan også gi lav kvantitet på de ulike komponentene som gjør disse mindre attraktive for ombruk. Jo større kompleksitet, desto vanskeligere er det å se for seg at bygningen vil bli et attraktivt donorbygg.

- Stabilitet ved demontering: dersom den globale stabiliteten ikke er ivarettatt på en god måte, vil demontering utgjøre en stor HMS-risiko. Dersom en fremtidig eier ikke føler seg trygg på, eller ser at det krever mye ressurser å sikre at de ombrukbare komponentene kan demonteres sikkert, vil bygget være mindre attraktivt som donorbbygg.
- Materialer: færre varianter av hvert enkelt materiale vil redusere kompleksiteten og sørge for høy kvantitet og enkel logistikk rundt sortering og bort-transportering. Kriteriet omfatter også helse- og miljøskadelige stoffer.
- Tekniske gjennomføringer: Kriteriet omfatter omfanget av utsparinger i samt innlemming av tekniske installasjoner i bærende elementer. Bygningsselementer med utsparing(er) kan ikke defineres som DfD med mindre det er dokumentert at utsparingene ikke påvirker ombrukbarheten, dvs. at elementet ikke krever kostnadsdrivende etterarbeid før ny installasjon. Reduksjonsfaktor:

· 1,0: dersom gjennomføring i mindre enn 5% av enkeltelementene

· 0,6: dersom gjennomføring i mer enn 5 % eller mindre enn 15% av enkeltelementene

· 0: dersom gjennomføring i mer enn 15 % av enkeltelementene

- Dokumentasjon til FDV: for at en bygning eller seksjon skal kunne defineres som DfD, må det finnes tilstrekkelig dokumentasjon for å sannsynliggjøre demontering og ombruk. Dokumentasjonen skal sikre kvaliteten på, riktig håndtering av, og forenkle prosesser med demontering og ombruk av DfD-komponenter, og må inngå i FDV-leveransen. Kravet til dokumentasjon omfatter bl.a. analyse av global stabilitet, dimensjoneringsrapport, eksponeringsforhold i bruksfasen, dokumentasjon av bestandighetsegenskaper, monterings- og demonteringsveileder, detaljtegninger, dokumentasjon av fravær av helse- og miljøskadelige stoffer m.m.

Komponentnivå, Nivå 2:

· Forbindelser og innbyrdes uavhengige materialsjikt: hvis det blir for mye arbeid med å fjerne og «renske» komponentene, vil kostnaden kunne bli for høy til at ombruk er sannsynlig. Det vil også knyttes risiko og usikkerhet til hvor stor andel av komponentene som vil være ombrukbare etter en demontering. Bygningskomponentene har ikke DfD-standard (DfD-faktor = 0) dersom:

- Sveiste knutepunktsforbindelser
- Skrudde (ikke-boltede) forbindelser i massivtrekonstruksjoner
- Sort omfang av understøp av opplegg for søyler, bjelker og dekker
- Ikke-tilgjengelige bolteforbindelser
- Antall typer forbindelser på komponentnivå større enn 1

Reduksjonsfaktorer for dekkekonstruksjonen dersom påstøp på dekker:

- 0: Konstruktiv påstøp på betongdekker
- 0,6: Flytende påstøp på betong- og tredekker
- 0,6: Tynnavretting på betongdekke

· For andre materialsjikt knyttet til DfD-komponenter må det gjøres en kostnadsvurdering for demonterings- og ombruksprosessen for vurdering av reduksjonsfaktor

- Tilkost: synlige detaljer gir raskere og bedre oversikt. Prosesser med å lete frem festepunkter og renske dem kan være tidkrevende og vanskelig. Det skal være tilstrekkelig tilkomst til forbindelser og løftepunkter for rasjonell demontering av bygningsdeler. Det skal unngås innkapsling/innbygging/tekking som gjør festemidler og løftepunkter utilgjengelige.
- Bestandighet: høy kvalitet på materialet sannsynliggjør at elementene beholder sin verdi over tid og dermed er attraktive for ombruk. Det skal velges materialer som er bestandig og av høy kvalitet, og tilpasset funksjon. Det skal dokumenteres at bærende elementer har en levetid på minimum to livssykluser (2 x 50 år) i det

opptredende eksponeringsforholdet. Materialene skal kunne motstå «normale forhold» for demontering uten å ta skade.

For alle DfD-faktorer samt reduksjonsfaktorer skal det redegjøres for hvordan faktorene er vurdert, og i tråd med kriteriene beskrevet for metoden.

Eksempel på beregning av DfD-indeks

En byggherre har satt som krav for sitt nye kontorprosjekt at bæresystem og fasader skal ha en DfD-indeks på minst 0,5. Vi har utviklet et mulig konsept, og ønsker å gjøre et overslag på om denne løsningen kan tilfredsstille kravet. Vi gjør vurderingen for 1 av i alt 4 nye kontorfløyer som er bundet sammen med et eksisterende fellesareal. Løsningen består av:

- Rektangulær kontorblokk i 5 etasjer
- Plasstøpt parkeringskjeller med massiv bunnplate
- Plasstøpte betongsøyler på fundamenter under bunnplate i kjeller
- Plasstøpt dekke over kjeller
- Plasstøpte trappe- og heissjakter som også utgjør avstivningen av bygget
- Bæresystem av hulldekker på stålsøyler og bjelker med skrudde forbindelser
- Grid med to forskjellige akseavstander, enhetlig etasjehøyde
- Sementbasert avretting på hulldekkene
- Takkonstruksjon av hulldekker
- Fasader i bindingsverk med fibersementplater som værhud

Overordnet systemnivå, Nivå 1

Seksjonen vurderes å ha potensiale for ombruk, og den initelle DfD-faktoren settes derfor lik 1.

- Standard grid: Det er etablert et enhetlig, rektangulært grid med bare to forskjellige akseavstander, og en fast etasjehøyde, og kan derfor bruke reduksjonsfaktor 0,9.
- Enkelt og helhetlig bæresystem: Bæresystemet over kjeller er uniformt og helhetlig
- Stabilitet ved demontering: Det er utviklet en demonteringsplan som viser at et det er gjennomførbart å demontere fasader og bæresystem uten spesielle tiltak for å sikre tilstrekkelig stabilitet.
- Materialer: Valg av materialkombinasjoner og materialkvaliteter sikrer ombrukbarhet enten på komponent eller materialnivå. Antallet varianter er begrenset til et minimum. Det er ikke benyttet materialer som gir utfordringer med HMS eller ytre miljø ved avhending.
- Tekniske gjennomføringer: Det er laget utsparinger eller boret gjennomføringer for tekniske installasjoner i mer enn 5% av betongelementene. Det fører til at reduksjonsfaktoren på dette punktet må settes til 0,6.
- Dokumentasjon til FDV: Det er utviklet en fullverdig dokumentasjon på demonterbarhet og ombrukbarhet på alle aktuelle komponenter i bæresystemet. Dokumentasjonen er integrert i FDV-manualene.

Komponentnivå, Nivå 2

Parkeringskjeller, fundamenter, heis- og trappesjakter er utført i plasstøpt betong, og derfor uaktuelle for DfD-vurdering. DfD-faktoren settes derfor lik 0 for disse komponentene. Fasadene er heller ikke aktuelle for demontering og ombruk, og får DfD-faktor 0.

Stålsøyler og bjelker er forberedt for demontering og ombruk, og får DfD-faktor 1. Det skal brukes demonterbare bolteforbindelser (reduksjonsfaktoren settes lik 1,0), det er uavhengige materialsjikt, og god tilgjengelighet på koblinger og forbindelser. Det er gjort tiltak for å gi korrosjonsbeskyttelse og sikre levetid utover 100 år.

Dekkesystemet er forberedt for demontering og ombruk, og får DfD-faktor 1. Koblinger og forbindelser skal utføres slik at de enkelt kan demonteres og monteres, men hulldekkene skal avrettes med flytsparkel. Dette må betraktes som ikke uavhengige materialsjikt, og reduksjonsfaktoren må derfor settes lik 0,6. Tilgjengelighet på koblingsløsninger og løfteankere er god, og det vil bli gjort tiltak for å sikre bestandigheten, dvs. minimum 100 års

levetid. DfD-faktor settes derfor lik 1 for tilkomst og bestandighet. For disse kriteriene er det ikke åpnet for skalering, med reduksjonsfaktor under 1,0.

Vektet DfD-faktor beregnes nå ved at DfD-faktoren på komponentnivå multipliseres med alle reduksjonsfaktorene for hver enkelt komponent, og vektes med kostnadsandelen for komponenten i det samlede bæresystemet, inkludert fasader. Det vektete DfD-bidraget fra hver enkelt komponentgruppe summeres opp til en vektet DfD-faktor på komponentnivå. I vårt eksempel får vi en vektet DfD-faktor på 0,33.

Total DfD-indeks beregnes ved å multiplisere den vektete DfD-faktoren med alle reduksjonsfaktorene på systemnivå. I eksemplet ender vi opp med en total DfD-indeks på 0,18 for seksjonen, slik det er vist i figuren under.

Systemnivå						
System	DfD-faktor	Reduksjonsfaktor				
Standard grid	1	1				
Helhetlig bæresystem	1	0,9				
Stabilitet ved demontering	1	1				
Materialer	1	1				
Tekniske gjennomføringer	1	0,6				
Dokumentasjon	1	1				

Komponentnivå						
Komponent	DfD-faktor	Reduksjonsfaktor			Andel kost(%)	Vektet DfD-bidrag
		Forbindelser og uavhengige materialsjikt	Tilkomst	Bestandighet		
Parkeringskjeller (samlet)	0	0	0	0	20	0
Heis og trappesjakter	0	0	0	0	10	0
Stålsøyler og bjelker	1	1	1	1	15	0,15
Huldekker, inkl avretting	1	0,6	1	1	30	0,18
Fasader	0	0	0	0	25	0
Samlet kost					100	
Vektet DfD-faktor						0,33

Total DfD-indeks	0,18
------------------	------

Eksempel på beregning av DfD-indeks for et kontorprosjekt

Beregnet DfD-indeks er mindre enn ambisjonsnivået på 0,50, og vi må derfor gjøre tiltak for å øke graden av demonterbarhet og ombrukbarhet.

Aktuelle tiltak for å øke DfD-indeksen til ønsket nivå kan i dette tilfellet være

- Begrense omfanget av tekniske gjennomføringer ved å samle føringene i sjakter. Dette øker reduksjonsfaktoren fra 0,6 til 1,0 på systemnivå
- Skifte ut den valgte fasadeløsningen til en demonter- og remonterbar systemløsning med utskiftbar værhud. Dette gir en DfD-faktor for denne komponentgruppen på 1,0, og reduksjonsfaktor 1,0 på forbindelser, uavhengige materialsjikt, tilgjengelighet og bestandighet.

Det vektete DfD-bidraget på komponentnivå justeres nå til 0,58, og den totale DfD-indeksen 0,52 som er i tråd med ambisjonsnivået for prosjektet i eksempelet.

Rapporten som beskriver metoden for målbare kriterier for DfD, og kan lastes ned her:

SirkBygg

Dette er et leserinnlegg og meninger i innlegget står for forfatterens regning.

Byggeindustrien

Adresse: Wergelandsveien 1, 0167 Oslo

Telefon: +47 23 70 95 00

Sjefredaktør: Arve Brekkhus

Nyhetsredaktør: Frode Aga

Redaksjonssjef: Christian Aarhus

Tips oss: redaksjonen@bygg.no

Salgssjef: Kirsten Bugge Thorkildsen

Annonsealg nett: Geir Larsen

Kontakt oss



Byggeindustrien arbeider etter Vær Varsom-plakattens regler for god presseskikk. Bruk av og kopiering av innhold fra Byggeindustrien/bygg.no er ikke tillatt uten avtale.

Vilkår for bruk av videoinnhold

Om informasjonskapsler (cookies)

Personvern

Powered by Labrador CMS

