

Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri

Laila S. Rosholm, Per Kalvig og Niels Fold

MiMa rapport 2016/2



Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri

Laila S. Rosholm, Per Kalvig og Niels Fold

MiMa rapport 2016/2

Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri

MiMa Rapport 2016/2

*Forfattere: Laila S. Rosholm, Per Kalvig og Niels Fold
Teknisk redaktion: Kisser Thorsøe og Marianne Vestergaard*

*Omslag: Henrik Klinge Petersen
Repro: GEUS
Tryk: GEUS*

December 2016

ISBN: 978-87-7871-460-2

© Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) under
De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS)
Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet
Øster Voldgade 10
1350 København K

Indhold

Oversigt over forkortelser	7
Oversigt over figurer	8
Oversigt over tabeller	10
1. Introduktion	11
2. Formål og metode	13
2.1 Datagrundlag	13
2.2 Enheder og definitioner	14
2.3 Rapportens opbygning	15
3. Betydningen af råstoffer	16
3.1 Det danske råstofforbrug.....	17
3.2 Byggeprocessen – fra behov til byggeri.....	20
4. Betons historie	22
4.1 Beton i arkitekturen	23
4.2 Udvikling af betonstandarder	28
5. Hvad er beton?	31
5.1 Betons bestanddele.....	31
5.1.1 Tilslagsmaterialer	31
5.1.2 Cement og vand	32
5.1.3 Tilsætningsstoffer	33
5.2 Betonproduktion	34
5.2.1 Konsistens og støbning	34
5.2.2 Styrke og holdbarhed	35
5.3 Betonprodukter	36
5.3.1 Fabriksbeton	36
5.3.2 Betonelementer	38
5.3.3 Afløb	40
5.3.4 Blokke	41
5.3.5 Belægning.....	42
6. Betonbranchen	44
6.1 Branchens virksomheder	46
6.1.1 Lokalisering og afsætning	49
6.1.2 Markedsforhold	52
6.2 Udfordringer.....	53
7. Tilslagsmaterialer	56
7.1 Regulering	57
7.2 Tilslagsmaterialer indvundet på land	58

7.2.1	Gravetilladelser på land.....	61
7.3	Tilslagsmaterialer indvundet fra havbunden.....	63
7.3.1	Tilladelser til marin indvinding.....	67
7.4	Fraktioner og klasser af tilslag.....	68
7.4.1	Alkali-kisel-reaktioner og klassificering af tilslag.....	70
7.5	Forbrug.....	71
7.5.1	Tilslagsforbrug til beton.....	72
8.	Råstofbranchen	76
8.1	Branchens virksomheder.....	77
8.1.1	Lokalisering og afsætning.....	80
8.2	Markedsforhold.....	81
8.3	Afsætning til betonindustrien.....	82
8.4	Aktiviteter udover indvinding.....	83
8.4.1	Transportører.....	84
8.4.2	Forhandlere.....	85
8.4.3	Producenter og entreprenører.....	85
8.5	Udfordringer.....	86
9.	Forsyning og fordeling af tilslagsmaterialer	88
9.1	Betonbranchens forsyning.....	88
9.2	Geografisk fordeling af tilslagsmaterialer.....	89
9.3	Betonproducenternes tilslagsforbrug.....	98
9.4	Usikkerhed om ressourcernes levetid.....	99
10.	Optimering af forsyningskæden	103
10.1	Betons miljøprofil.....	103
10.2	Regulering.....	104
10.3	Marin indvinding.....	105
10.4	Anvendelse i overensstemmelse med råstofkvalitet.....	106
10.5	Genanvendelse.....	107
11.	Sammenfatning	109
12.	Litteraturliste	112
12.1	Møder, oplæg og interviews.....	113

Oversigt over forkortelser

AKR	Alkali-Kisel-Reaktioner
BEF	Betonelement-Foreningen
DB	Dansk Beton (branchefællesskab)
DBI	Dansk Beton Industriforening (forgænger til DB)
DR	Danske Råstoffer (Brancheforening)
DST	Danmarks Statistik
SCC	Self-compacting concrete
SVANA	Styrelsen for Vand og Naturforvaltning
UEPG	European Aggregates Association

Oversigt over figurer

Figur 1	<i>Begrebsafklaring af de benyttede råstofkategorier. Den store firkant udgør den samlede mængde af mineralske råstoffer som indvindes i Danmark; den grå og den gule firkant repræsenterer hhv. den mængde råstoffer som bruges til bygge- og anlægsopgaver, og den mængde som bruges tilslag til beton.....</i>	15
Figur 2	<i>Den europæiske indvinding, produktion og anvendelse af tilslagsmaterialer.....</i>	17
Figur 3	<i>Forsyningskædens segmenter.....</i>	18
Figur 4	<i>Råstofforbruget i Danmark i perioden 1977–2012 til bygge- og anlægsopgaver.....</i>	19
Figur 5	<i>Historisk råstofforbrug i perioden 1990–2012 og fremskrivning af råstofforbruget fra 2013–2036.....</i>	19
Figur 6	<i>Byggeprocessens faser.....</i>	20
Figur 7	<i>Pantheon-kuplen i Rom.....</i>	22
Figur 8	<i>Arne Jacobsens Bellavista.....</i>	24
Figur 9	<i>Sydney Operahus tegnet af Jørn Utzon.....</i>	24
Figur 10	<i>Vejle fjordbroen.....</i>	25
Figur 11	<i>The Haydar Aliyev Centre i Aserbajdsjan tegnet af Zaha Hadid.....</i>	26
Figur 12	<i>Emalje haven i København er et eksempel på moderne, almennyttige boliger udført i beton; tegnet af CREO Arkitekter A/S.....</i>	27
Figur 13	<i>8TALLET er et nyere dansk bolig- og erhvervsbyggeri i Ørestaden, tegnet af Bjarke Ingels Group. Ejendommen er et eksempel på moderne betonbyggeri, som har modtaget flere priser.....</i>	27
Figur 14	<i>Betons bestanddele og generelle sammensætning.....</i>	31
Figur 15	<i>Branchefællesskabet Dansk Betons sektioner.....</i>	36
Figur 16	<i>Fabriksbetonanlæg: Transportbånd med materialer til siloer og doseringsenhed, som læsser på roter-lastvogn. Gammelrand Beton A/S.....</i>	37
Figur 17	<i>Overfladedesign (frilægninger) på betonelementer.....</i>	39
Figur 18	<i>Udstøbning af betonelementer.....</i>	39
Figur 19	<i>Nystøbte betonrør.....</i>	41
Figur 20	<i>Betonblokke på lager.....</i>	42
Figur 21	<i>Produktion af belægningssten.....</i>	43
Figur 22	<i>Betonsektionernes fordeling efter omsætning i 2015.....</i>	45
Figur 23	<i>Betonsektionernes fordeling efter produktionsmængde i 2015.....</i>	45
Figur 24	<i>Periode for etablering af virksomhederne i undersøgelsen.....</i>	48
Figur 25	<i>Afsætning indenfor betonsektionerne fra 2006–2015.....</i>	49
Figur 26	<i>Omsætning indenfor betonsektionerne fra 2006–2015.....</i>	50
Figur 27	<i>Afsætningsområde for virksomhederne omfattet af undersøgelsen.....</i>	50
Figur 28	<i>Antal fabrikker pr. virksomhed.....</i>	51
Figur 29	<i>Betonproducenternes udfordringer/begrænsninger, tematiseret på baggrund af interviewundersøgelse.....</i>	54
Figur 30	<i>Den geografiske fordeling af indvindingen af tilslagsmaterialer.....</i>	57
Figur 31	<i>Regional fordeling af de indvundne mængder tilslagsmaterialer på land i 2014.....</i>	59
Figur 32	<i>Løgtved Grusgrav.....</i>	61
Figur 33	<i>Tilslagsmaterialerne indvundet på land og indberettet til regionerne i 2014.....</i>	62
Figur 34	<i>Reetableret grusgrav ved Bedsted Lø Grusværker. Området er udlagt til naturområde.....</i>	63
Figur 35	<i>Marint indvundne mængder sand, grus og sten fordelt på farvande.....</i>	64

Figur 36	<i>Sandsugningsfartøj i gang med kystfodring i Nordjylland. Tilsvarende fartøjer bruges til indvinding af betontilslag fra de marine områder, som losses på søpladser forskellige steder i landet.....</i>	64
Figur 37	<i>Losning af sømaterialer på en losningsplads i Thyborøn.....</i>	65
Figur 38	<i>Sortering af sømaterialer på losningsplads.....</i>	66
Figur 39	<i>Tilslagsmaterialer indvundet fra havbunden. Fyldsand, der er nyttiggjort fra oprensninger eller lignende, er ikke medtaget i opgørelsen.....</i>	67
Figur 40	<i>De typiske stenfraktioner til beton.....</i>	69
Figur 41	<i>Indvindingsmængder og samlet forbrug.....</i>	73
Figur 42	<i>Cement forbrug og industriens betonproduktion fra 2007–2015.....</i>	74
Figur 43	<i>Tilslagsforbrug samlet set og indenfor betonindustrien. Forskellen udgøres af den mængde tilslag, der anvendes af håndværkere og private.....</i>	75
Figur 44	<i>Det estimerede forbrug af betontilslag i 2015 fordelt på de forskellige betonsektioner.....</i>	75
Figur 45	<i>Periode for etablering af råstofvirksomheder.....</i>	77
Figur 46	<i>Antal grusgrave og/eller losningspladser pr. virksomhed.....</i>	78
Figur 47	<i>Antal ansatte pr. virksomhed. Bemærk at figuren angiver det samlede antal ansatte for virksomhederne. Da flere virksomheder har andre aktiviteter, er der altså ikke nødvendigvis tale om ansatte indenfor råstofindvinding.....</i>	79
Figur 48	<i>Afsætningsafstande for bygge- og anlægsmaterialer indvundet i Danmark samt importerede skærver.....</i>	81
Figur 49	<i>Aktiviteter ud over indvinding. Bemærk at nogle indvindere har flere af de nævnte aktiviteter og derfor indgår flere gange.....</i>	84
Figur 50	<i>Råstofvirksomhedernes udfordringer/begrænsninger, tematiseret på baggrund af interviewundersøgelse.....</i>	87
Figur 51	<i>Indberettede mængder af tilslagsmaterialer i 2014, fordelt på de fem regioner. Bemærk, at det ikke er alle disse materialer, der reelt kan anvendes som betontilslag.....</i>	90
Figur 52	<i>Stenkvaliteter indvundet på land i 2014, fordelt på miljøklasser.....</i>	90
Figur 53	<i>Tilslagsmaterialer indvundet på land i 2014.....</i>	91
Figur 54	<i>Geografisk oversigt over losningen af de marine råstoffer, samt fordelingen på de fire hovedgrupper. Tilslagsmaterialer kommer overvejende fra Sand 1 og Ral 3.....</i>	93
Figur 55	<i>Produktion af betonsand (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner.....</i>	94
Figur 56	<i>Produktion af nøddesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner.....</i>	95
Figur 57	<i>Produktion af ærtesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner.....</i>	96
Figur 58	<i>Produktion af perlesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner.....</i>	97
Figur 59	<i>Den samlede indvinding af tilslagsmaterialer på land i 2014 sammenstillet med de anvendte mængder i 2015 hos 15 af undersøgelsens betonproducen-ter.....</i>	99
Figur 60	<i>Geografisk oversigt over indvindingen af sten på land.....</i>	101
Figur 61	<i>Betonbyggeriets faser i et livscyklusperspektiv.....</i>	103

Oversigt over tabeller

Tabel 1	<i>Omsætningsforhold mellem mængder i ton og rumfang (m³).....</i>	14
Tabel 2	<i>Oversigt over betons miljøklasser.....</i>	30
Tabel 3	<i>Oversigt over Dansk Betons medlemmer i de fem undersektioner i 2016.....</i>	44
Tabel 4	<i>Fordeling af undersøgelsens 22 virksomheder efter betonens produktionstype</i>	46
Tabel 5	<i>Råstofkvaliteter og kategorier som bakkematerialer inddeles i.....</i>	60
Tabel 6	<i>Estimerede forudsætninger brugt til beregning af det samlede cementforbrug..</i>	73
Tabel 7	<i>Undersøgelsens virksomheder.....</i>	76

1. Introduktion

Beton, hvis hovedbestanddele er tilslag af sand og sten samt cement, er et af de mest anvendte byggematerialer i verden. I Danmark blev der i 2015 produceret ca. 8,7 mio. ton beton, hvilket svarer til et betonforbrug pr. dansker på omtrent 1,5 ton om året¹, en mængde der svarer til at man hvert år kan bygge fire storebæltsbroer (DBC 2016)². For at kunne opretholde dette forbrug er det en forudsætning, at der kan indvindes tilstrækkelige mængder af tilslagsmaterialer, som opfylder de tekniske krav, der stilles til beton. Denne undersøgelse ser derfor nærmere på forsyningen af sand- og stenråstoffer, for at vurdere om forsyningskæderne på både og kort og lang sigt er tilstrækkeligt robuste.

Beton er udbredt på grund af dets unikke egenskaber såsom stor fleksibilitet, høj styrke og god holdbarhed. Beton er formbart og kan støbes i utallige former og med den rette armering kan beton benyttes som bærende konstruktion i et byggeri. Overfladen kan behandles og opnå en bred vifte af strukturer, mønstre og farvenuancer, hvorfor beton også kaldes 'materialet med de mange ansigter'. Beton giver med andre ord rig mulighed for kreativ udfoldelse blandt arkitekter og entreprenører, hvilket der findes utallige eksempler på gennem historien. Intet tyder desuden på at beton vil blive erstattet med andre byggematerialer fremover.

Tilslagsmaterialer til beton er – i princippet – tilgængelige på det meste af jordkloden, hvorfor beton kan produceres lokalt af lokale delmaterialer og efter lokale byggetraditioner. Men både tekniske krav til råstofferne og behovet for at anvende landarealerne til andre formål sætter begrænsninger på de mængder, der kan indvindes til beton og kan tillige gøre det nødvendigt at transportere tilslagsmaterialer over lange afstande.

Der fremstilles mange forskellige typer af beton og betonprodukter, som hver især afspejler tekniske krav og normer til de forskellige konstruktioner. Disse krav er fx miljøklasse, styrke, konsistens mv. og disse forhold bestemmer sammensætningen af betonen. Da beton og cement er nogle af verdens mest anvendte byggematerialer, sætter brugen af disse også et miljømæssigt aftryk; fx bidrager den globale cementproduktion med ca. 5% af verdens totale CO₂-udledning (Dansk Betonforening 2015). Til gengæld har optimale betonkonstruktioner en meget lang levetid og et begrænset behov for vedligeholdelse, så i et livscyklus perspektiv kan det argumenteres, at miljøbelastningen af betonbyggeri er relativt lille. Belastningen vil selvfølgelig afhænge af, om der er truffet fornuftige valg i forhold til materialer, fremstilling, udførelse, samt drift og vedligehold i hele konstruktionens livscyklus. Ved sammensætning af beton er det eksempelvis vigtigt, at type og mængde af delmaterialerne er tilpasset den givne byggeopgave, så der ikke leveres beton af for høj kvalitet til formålet (Betonindustriens Fællesråd 2006).

¹ Baseret på et befolkningstal i 2015 på 5,66 mio. (DST 2016: HISB3).

² Ifølge www.faktalink.dk blev der brugt ca. 500.000 m³ beton til vestbroen, 259.000 m³ til østbroen og ca. 205.000 m³ til Østtunnelen. Med en gennemsnitlig vægtylde på 2,25 ton/m³ beton, bliver dette lidt over 2 mio. ton beton.

Indvindingen af sand, grus og sten/ral udgør den klart største mængde af de danske råstoffer, men det er kun en mindre del af disse, der anvendes til beton. I 2015 blev der indvundet i alt 32,3 mio. m³ sand, grus og sten³, hvoraf 76% blev indvundet på land og de resterende 24% blev indvundet fra tildelte områder i de danske farvande og losset i forskellige danske havne (DST 2016: RST01 + RST04); dette er en del mere end 2014 hvor der samlet blev indvundet 25,9 mio. m³ sand, grus og sten, og hvoraf 85% blev indvundet på land. Den geografiske tilgængelighed, og de deraf kommende transportafstande, udgør et vigtigt miljøaspekt i forhold til betontilslag.

Da både indvinding af delmaterialer og produktion af beton kræver et vist energiforbrug, er det vigtigt at materialerne udnyttes optimalt. Dette er udgangspunktet for nærværende rapport, der undersøger forsyningen af materialer til betonproduktionen gennem alle led i produktionskæden fra indvinding til anvendelse. Formålet er at påpege eventuelle ressource- eller forsyningsmæssige problemstillinger.

³ Sand, grus og sten/ral omfatter kategorierne 'Sand', 'Ral og sten', 'Grus' og 'Fyldsand' fra det marine område, samt 'Sand, grus og sten' og 'Kvartssand' fra land (DST 2016: RST01 + RST04).

2. Formål og metode

Med baggrund i to forudgående undersøgelser udarbejdet af Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa); fase 1 om de geologiske ressourcer af mineralske råstoffer (MiMa 2015) og fase 2 om den danske råstofproduktion (MiMa 2016), ser denne rapport (fase 3) på anvendelsen af råstoffer. Rapportens fokus er på tilslagsmaterialer der anvendes til fremstilling af beton, fordi betonindustrien har en stor økonomisk og samfundsmæssig betydning, og fordi der stilles særlige krav til tilslagsmaterialer til beton, hvilket gør forsyningen mere vanskelig. Undersøgelsen tager et værdikædeperspektiv, der følger råstofferne fra naturgrundlag til byggeri gennem hovedsegmenterne indvinding, betonproduktion og anvendelse (se Figur 3).

2.1 Datagrundlag

Undersøgelsen bygger hovedsageligt på primære data, der er indhentet gennem en række interviews med virksomheder og aktører i råstof- og betonbranchen. Alle interviews er udført i perioden mellem maj og november 2016. Interviewformen var semistruktureret for både virksomheder og informanter og har således givet data af både kvantitativ og kvalitativ karakter.

Undersøgelsen omfatter i alt 27 råstofvirksomheder og 22 betonproducenter. Virksomhederne blev udvalgt med henblik på at dække så bredt som muligt i forhold til størrelse og type af virksomheder. For at få et så nuanceret billede af brancherne som muligt, indgår producenter indenfor alle betonsegmenter og forskellige typer af indvindere med forskelligt fokus. Derudover er det prioriteret at få en bred geografisk dækning; så der er foretaget interviews af indvindere og producenter i alle regioner.

Undersøgelsens 27 indvindingsvirksomheder havde en samlet estimeret indvindingsmængde på omkring 12,5 mio. m³ i 2015, hvilket udgjorde omtrent 40% af den samlede danske indvinding af sand-, grus- og stenmaterialer i 2015 (på i alt 32,3 mio. m³) (DST 2016: RST01 + RST04). 10 af indvinderne har angivet de solgte mængder af råstoffer på et detaljeniveau, der specificerer både størrelsesfraktioner og miljøklasser af råstofferne. Disse fordelte mængder svarede til ca. 17% af den samlede danske indvinding i 2015.

På producentsiden havde undersøgelsens 22 betonproducenter en estimeret produktion på ca. 3 mio. m³ beton, hvilket var ca. 75% af betonindustriens samlede produktion i 2015 (på i alt ca. 4 mio. m³). Femten af producenterne har angivet deres forbrug af tilslagsmaterialer på et detaljeniveau, der specificerer både størrelsesfraktioner og miljøklasser af råstofferne. Disse 15 producenters produktion udgjorde ca. 45% af industriens samlede betonproduktion i 2015, hvor der i alt blev anvendt ca. 2 mio. m³ tilslagsmaterialer.

Virksomhederne er nærmere beskrevet og kategoriseret i kapitel 6 og 8, der præsenterer og analyserer interviewdata. I rapporten er alle figurer, der er opbygget med vertikale bjælker (se eksempelvis Figur 25), baseret på undersøgelsens interviews, mens horisontale bjælke-diagrammer i figurerne bygger på statistiske data og beregninger. Der er benyttet

statistik fra Danmarks Statistikbank (DST 2016), samt statistiske opgørelser modtaget fra brancheforeningen Dansk Beton (Dansk Beton 2016). Undersøgelsen bygger desuden på baggrundslitteratur, hvilket omfatter branchespecifikke håndbøger, rapporter og hjemmesider, samt rapporter og opgørelser fra Danske Regioner, Styrelsen for Vand og Naturforvaltning (SVANA) og rådgivende virksomheder. Herudover har Dansk Byggeris to brancheforeninger – Dansk Beton og Danske Råstoffer – bidraget med værdifuld information.

2.2 Enheder og definitioner

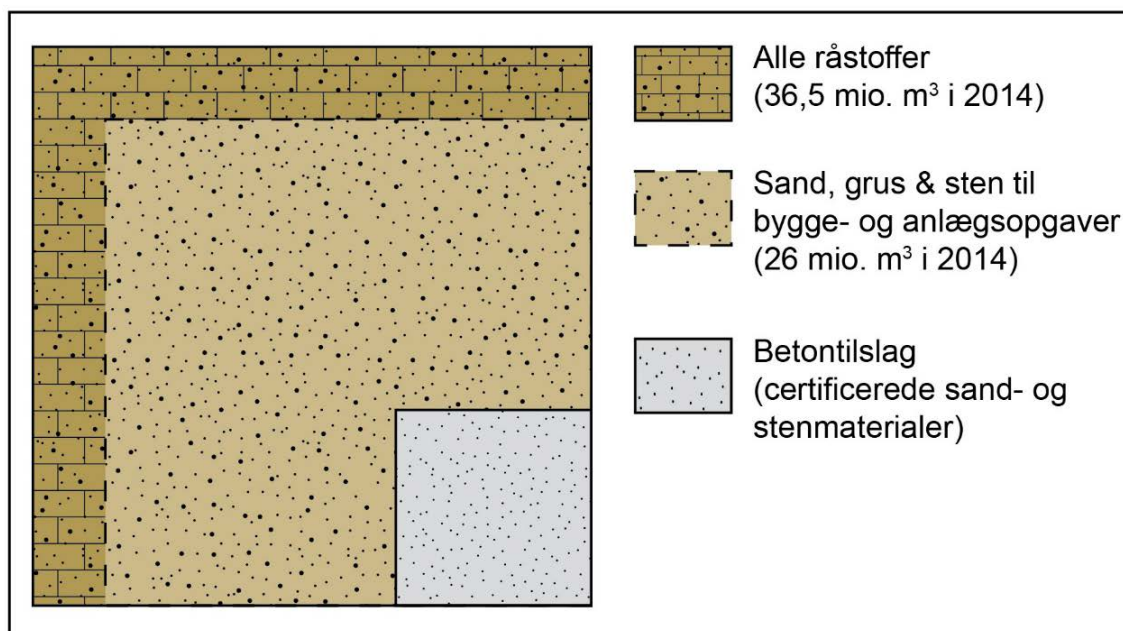
Rapporten benytter hovedsageligt rumfang (m^3) som enhed for råstof- og betonmængder. Dette tillader sammenligning med officielle statistikker, da råstofstatistikker i Danmarks Statistik (DST) benytter denne enhed. Nogle virksomheder har angivet mængder i ton, der efterfølgende er omregnet til m^3 efter omsætningsforholdene der ses i Tabel 1. Statistik modtaget fra Dansk Beton samt handels- og cementstatistik fra DST er ligeledes angivet i ton, hvilket er afspejlet i enkelte af rapportens figurer. Så vidt muligt er denne rapport data opgjort eller omregnet til m^3 baseret på formler og nøgletal benyttet af Dansk Beton, samt NIRAS (2014), Aalborg Portland (2012) og råstofsælgeres hjemmesider. Der er benyttet omsætningsforholdene i Tabel 1.

Tabel 1. Omsætningsforhold mellem mængder i ton og rumfang (m^3) (Dansk Beton; NIRAS 2014; Aalborg Portland 2012; råstofsælgeres hjemmesider).

Tilslagsmaterialer udgør i gennemsnit	1,8 ton/ m^3 beton
Vægtfylde beton	2,25 ton/ m^3
Sandfraktionen af tilslag til beton udgør	45–60%
Vægtfylde betonsand	1,6 ton/ m^3
Vægtfylde perle-, ærte- og nøddesten	1,5 ton/ m^3
Vægtfylde blandede betontilslag	1,55 ton/ m^3

Nærværende rapport benytter følgende begreber, der er illustreret i Figur 1:

- *Råstoffer* er en bred betegnelse, der omfatter en række mineralske materialer, der indvindes fra undergrunden; i Danmark primært sand, grus, sten, granit, ler, kalk, kridt og salt.
- *Bygge- og anlægsmaterialer* anvendes i denne rapport som samlet betegnelse for sand, grus og stenmaterialer, uanset deres anvendelse og klasse.
- *Betontilslag* omfatter den slags bygge- og anlægsmaterialer, der benyttes til beton, og som dermed opfylder en række fastlagte tekniske krav og normer.



Figur 1. Begrebsafklaring af de benyttede råstofkategorier. Den store firkant udgør den samlede mængde af mineralske råstoffer som indvindes i Danmark; den grå og den gule firkant repræsenterer hhv. den mængde råstoffer som bruges til bygge- og anlægsopgaver, og den mængde som bruges tilslag til beton.

2.3 Rapportens opbygning

Rapporten benytter en værdikædetilgang med særlig fokus på byggematerialet beton. Herved forstås en undersøgelse af forsyningen af materialer samt de processer, der skal til for at fremstille beton fra indvindingen af råmaterialer til det færdige produkt og dets anvendelse. Tilgangen er afspejlet i rapportens opbygning, der tager udgangspunkt i betons *anvendelse* som byggemateriale og sammenkæder de forudgående processer og segmenter, først *produktion* af beton og derefter *indvinding* af dets primære bestanddele; tilslaget.

Som baggrund for rapporten beskriver kapitel 3 kort udbredelsen og betydningen af råstoffer globalt og nationalt. Kapitel 4 tager et historisk perspektiv på beton og særligt på udviklingen af standarder, da det er normer og krav i disse der definerer, hvilke råstoffer der benyttes. Kapitel 5 beskriver betons bestanddele, produktionsforhold og produkter, mens kapitel 6 fokuserer på betonbranchens virksomheder med baggrund i data indhentet gennem interviews. Kapitel 7 fokuserer på indvinding og kategorisering af tilslagsmaterialer, mens kapitel 8 beskriver råstofbranchens virksomheder med baggrund i interviewdata. Kapitel 9 kobler de to segmenter; *produktion og indvinding*, gennem fokus på forsyning af råstoffer til betonbranchen og den geografiske fordeling af materialer. Kapitel 10 diskuterer nogle af de væsentligste problemstillinger i forsyningskæden der, med den rette forvaltning, kan lede til en mere bæredygtig udnyttelse af materialerne.

3. Betydningen af råstoffer

Mineralske råstoffer er grundmateriale for en lang række industrier og sektorer. Uden disse råstoffer ville der ikke være huse, veje, broer, havne mv. Bygge- og anlægsmaterialerne sand, grus og sten er de råstoffer, der indvindes i størst mængde, ikke kun i Danmark, men også globalt.

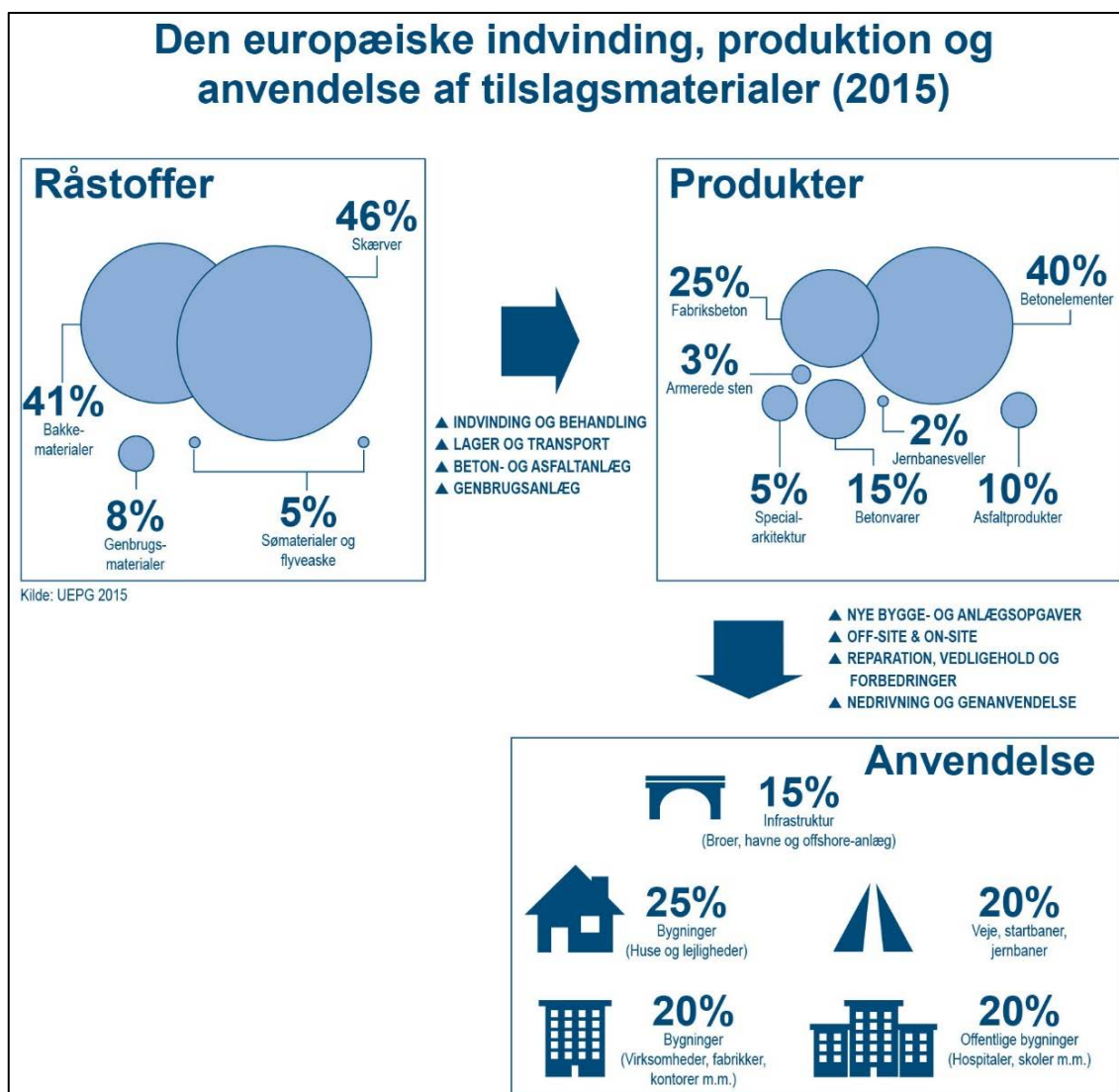
Beton indgår i næsten alle konstruktioner der bygges i dag; og sand- og stenfraktioner er hovedingredienserne i beton. Det globale forbrug af tilslagsmaterialer til beton blev i 2012 estimeret til mellem 26–30 mia. ton⁴; denne mængde svarer til at man kan bygge en 27 m høj og 27 m bred betonvæg hele vejen rundt om ækvator (UNEP 2014). I tillæg til tilslagsmaterialerne bruges der endnu større mængder af sand, grus og sten til andre industrier, til fyldopgaver, kystfodring, veje, asfalt mv. I alt estimeres der på verdensplan et årligt forbrug på omkring 40 mia. ton sand, grus og sten. Mængderne af disse råstoffer er vokset hurtigere end noget andet materiale og udgør mellem 68–85% af den samlede globale materiale-indvinding (UNEP 2014). Forbruget af råstoffer og beton er især stort i lande i udvikling og økonomisk vækst, da forbruget er stærkt betinget af aktiviteter i bygge- og anlægssektoren. Som følge af vækst i vestlige boligmarkeder og øgede indkomster i udviklingslande, der driver efterspørgslen på bygninger, boliger og infrastruktur, forventes det globale marked for materialer til bygge- og anlægssektoren at stige til over 51 mia. ton i 2019 (Pit & Quarry 2016).

Indvinding af bygge- og anlægsmaterialer udgør også en betydelig sektor i Europa, der består af omtrent 15.000 virksomheder (hovedsageligt små og mellemstore), der i 2014 beskæftigede omkring 200.000 mennesker (UEPG 2016). Fra de europæiske⁵ losningspladser og omkring 25.000 grusgrave og stenbrud blev der samme år indvundet omtrent 2,6 mia. ton sand, grus og sten. Hovedparten (46%) af materialerne udgøres af nedknuste bjergarter fra stenbrud, mens 41% er sand og grus fra grusgrave, som illustreret i Figur 2. Det europæiske forbrug af bygge- og anlægsmaterialer svarer til ca. 5 ton pr. indbygger og anvendes til en lang række formål såsom huse, byer, institutioner, veje, broer mv. (se Figur 2). Af Figur 2 ses endvidere, at omtrent 45% af de europæiske bygge- og anlægsmaterialer benyttes som tilslag til betonproduktion.

Både antallet af virksomheder og antal ansatte indenfor råstofsektoren er faldet markant i årene efter 2007 som følge af den økonomiske krise. Prognoser og fremskrivninger for byggesektoren i både Europa og Danmark forventer dog stigninger de kommende år (UEPG 2016; Dansk Byggeri 2016).

⁴ Forbruget af tilslagsmaterialer på globalt plan er estimeret ud fra det globale forbrug af cement til beton, hvilket var omkring 3,7 mia. ton i 2012 (UNEP 2014).

⁵ Omfatter 28 EU-lande og EFTA-landene.



Figur 2. Den europæiske indvinding, produktion og anvendelse af tilslagsmaterialer (UEPG 2016).

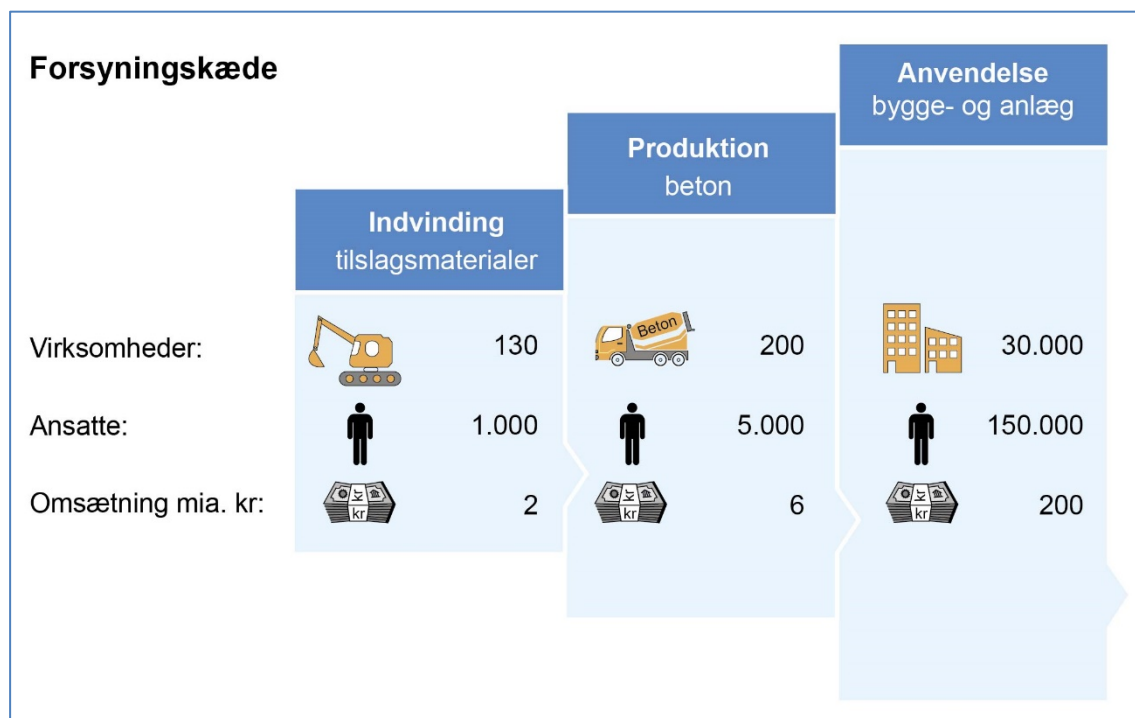
3.1 Det danske råstofforbrug

I 2015 blev der indvundet ca. 36,5 mio. m³ mineralske råstoffer i Danmark⁶, hvilket svarer til et årligt råstofforbrug på 6,5 m³ pr. dansker⁷ (DST 2016: RST01 + RST04 + HISB3). De vigtigste danske råstoffer er sand, grus, sten, granit, ler, kalk og kridt, samt salt. De danske mineralske råstofressourcer og deres produktion regionalt i Danmark er beskrevet i rapportererne MiMa 2015 og MiMa 2016. Ifølge regionernes råstofplaner er det vurderet, at der er materialer nok til at dække behovet for råstoffer mellem 14 og 43 år frem, afhængig af regionen (Danske Regioner 2015).

⁶ Hvoraf 28,2 mio. m³ blev indvundet på land og 8,3 mio. m³ blev losset fra havet (DST 2016: RST01 + RST04).

⁷ Baseret på et befolkningstal i 2015 på 5,66 mio. (DST 2016: HISB3).

Der er mindst 130 virksomheder i Danmark, der indvinder råstoffer til bygge- og anlægsgaver, herunder tilslagsmaterialerne sand, grus og sten, se Figur 3. Denne indvinding er grundlag for beskæftigelse i en række andre industrier og sektorer, som fx transportsektoren, virksomheder, som forarbejder råstofferne til produkter, og de sektorer som anvender de forarbejdede råstoffer. De primære anvendelsesområder er til vej- og anlægsformål, som tilslag til beton og asfalt, samt til fyldopgaver og kystsikring. Alene indenfor betonindustrien var der i 2015 en omsætning på omkring 6 mia. kroner. Danske råstoffer er grundlaget for at producere de byggematerialer, der anvendes indenfor bygge- og anlægssektoren, en sektor der bidrager med over 150.000 jobs⁸ (Figur 3).

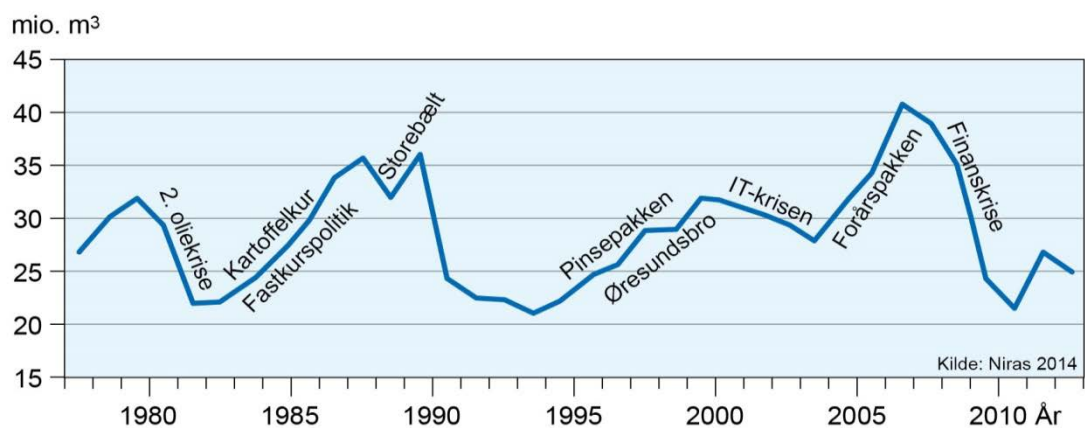


Figur 3. Forsyningskædens segmenter (tal estimeret på baggrund af DST (2016: ERHV1 + GF2 + GF3) og Deloitte (2015)).

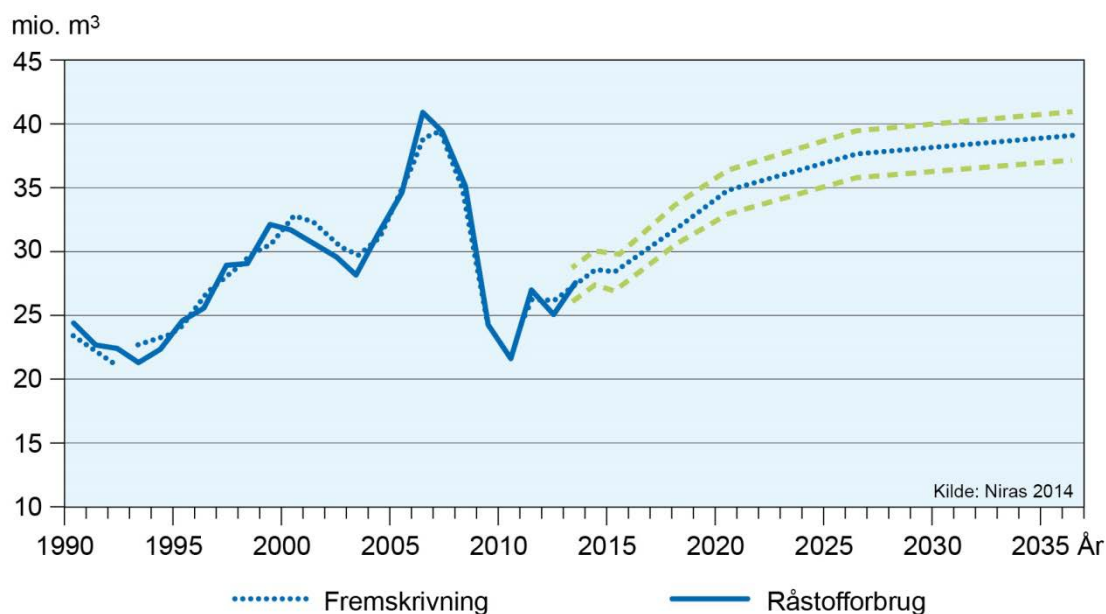
Forbruget af råstoffer varierer fra år til år. Der er en stærk sammenhæng mellem forbruget af råstoffer og et lands økonomi, og der udvikles løbende modeller til fremskrivning af råstofforbruget baseret på økonomiske og demografiske forhold. Det generelle råstofforbrug kan defineres som summen af: 1) indvinding på land, 2) indvinding fra marine områder som losses i danske havne, 3) nettoimporten og 4) genanvendte materialer (NIRAS 2014). Figur 4 viser variationerne i det danske forbrug af bygge- og anlægsråstoffer i perioden fra 1977–2012, hvilket kan relateres til større konjunkturpåvirkende krise- og vækstperioder, samt finanspolitiske tiltag og større infrastrukturprojekter (NIRAS 2014).

Det historiske råstofforbrug fra 1990 til 2012 samt det fremskrevne råstofforbrug frem til 2036 er illustreret i Figur 5. Figuren er baseret på beskæftigelsen i bygge- og anlægssektoren, da det er denne parameter, der giver den bedste korrelation med det historiske råstofforbrug og derfor anvendes til at fremskrive det fremtidige råstofforbrug (NIRAS 2014).

⁸ Hele bygge- og anlægssektoren med koderne 411000–439990.



Figur 4. Råstofforbruget i Danmark i perioden 1977–2012 til bygge- og anlægsopgaver (NIRAS 2014).



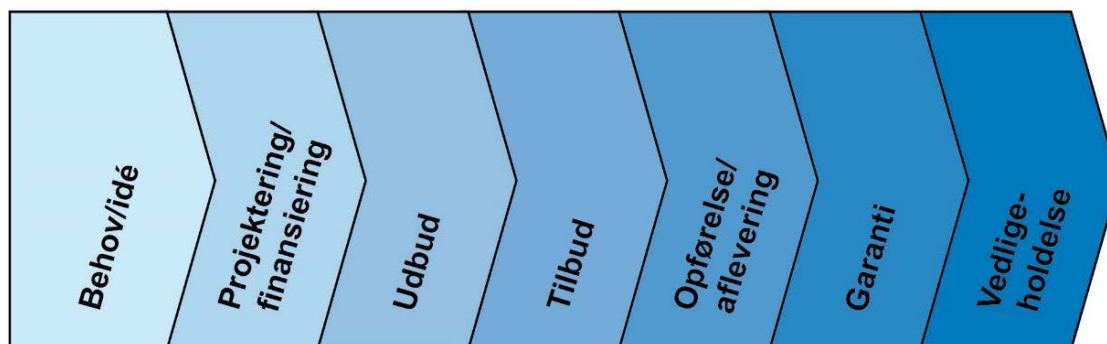
Figur 5. Historisk råstofforbrug i perioden 1990–2012 og fremskrivning af råstofforbruget fra 2013–2036 (NIRAS 2014).

Som Figur 5 viser, forventes råstofforbruget i bygge- og anlægssektorerne at stige jævnt frem mod 2036, hvilket primært skyldes, at Danmark er på vej ud af en økonomisk krise og ind i en periode med stigende vækst (NIRAS 2014). Der forventes dog ikke en eksplosiv forøgelse af råstofforbruget, men snarere en tilbagevenden til niveauet før finanskrisen⁹. Denne tendens kan genfindes i prognoser fra Dansk Byggeri, der, for første gang siden finanskrisen, forudser, at boligbyggeriet i de kommende år stiger til over 20.000 nye boliger årligt (Dansk Byggeri 2016).

⁹ Fremskrivningen skal benyttes som et scenarie baseret på den nuværende viden og er naturligvis behæftet med en række usikkerheder, idet vækst, økonomiske udsving eller pludselige hændelser ikke kan forudsiges (NIRAS 2014).

3.2 Byggeprocessen – fra behov til byggeri

Når et byggeprojekt skal udføres, uanset om det er en bygning, en brokonstruktion, en motorvej eller lignende, kan processen opdeles i en række faser, hvor forskellige aktører spiller en fastlagt rolle (BAR 2016; Bygningsstyrelsen 2008)¹⁰, se Figur 6. Byggeprocessen og dens aktører præsenteres i det følgende med fokus på valg og vurdering af byggematerialer.



Figur 6. Byggeprocessens faser (baseret på Deloitte 2015).

Byggeprocessen starter som regel med et behov eller en idé, hvorefter bygherre og rådgivere i samspil med brugerne opstiller de vigtigste kriterier for byggeprojektet (se Tekstboks 1). Der skal bl.a. træffes beslutninger om, hvordan byggeprocessen skal gennemføres og hvilken byggeorganisation, der skal udføre opgaven. I et byggeprogram samles byggeriets vigtigste parametre, såsom dets funktion, kapacitet, økonomi, tidshorisont, samt teknisk, arkitektonisk og miljømæssig kvalitet. Byggeriets konstruktions- og materialevalg har afgørende betydning for en række af disse parametre.

I selve projekteringsfasen skal de projekterende i samråd med rådgivere udarbejde hovedprojektet, der rummer alle de grundlæggende beskrivelser der skal til for at gennemføre byggeprojektet. Projekterende og rådgivere er bl.a. ansvarlige for valg af materialer og konstruktioner. Ved et betonbyggeri er det normalt projekthaver, der tager sig af beregning af konstruktionens dimensioner og armering, og som specificerer krav til delmaterialer såsom betonstyrke (Dansk Betonforening 2015).

Siden 2009 har Eurocodes været det lovlige projekteringsgrundlag for byggeprojekter i Danmark (Dansk Standard 2016). Eurocodes er de europæiske normer for dimensionering og opførelse af bygningsværker og omfatter alle gængse konstruktioner og byggematerialer. Alle aktører i byggeprocessen, byggemyndigheder samt producenter af byggevarer benytter dette fælles grundlag. De væsentligste krav er beskrevet i byggevareforordningen og er som følger:

- Mekanisk modstandsdygtighed og stabilitet
- Brandsikring

¹⁰ Med mindre andet er angivet, bygger dette afsnit på informationer fra BAR (2016) samt Bygningsstyrelsen (2008).

- Hygiejne, sundhed og miljø
- Sikkerhed ved anvendelse
- Beskyttelse mod støjgener
- Energibesparelser og varmeisolering
- Bæredygtighed

Kravet om bæredygtighed blev tilføjet i 2013 og betyder, at byggerier skal konstrueres, opføres og nedrives på en sådan måde, at naturressourcer anvendes bæredygtigt.

Når hovedprojektet er udarbejdet, kan der laves udbud og indhentes tilbud. Bygherren skal ud fra tilbuddene vurdere, hvem der skal opføre byggeprojektet. Når entreprenøren er valgt og kontrakterne er underskrevet, følger selve opførelses- og byggefasen. Byggeledelsen og entreprenørerne fastlægger, hvordan byggeopgaven skal løses, og byggeriet opføres som beskrevet i projekt og kontrakter. Det er entreprenøren, der har ansvaret for, at de projekterede krav til byggeriet opfyldes. Til slut følger afleveringsfasen, der består af registrering af eventuelle fejl og mangler, samt garanti for tilbagevendende gennemgange der skal sikre, at fejl og mangler løbende bliver udredt, og at byggeriet bliver vedligeholdt.

Tekstboks 1: Vigtige aktører i byggeprocessen

Bygherren er beslutningstager, og den der betaler for at få en byggeopgave udført. Bygherren er desuden ansvarlig for, at det færdige byggeri er tilfredsstillende i arkitektonisk, kvalitativ, brugs-mæssig, teknisk, miljømæssig og økonomisk henseende.

Brugerne er dem, der skal arbejde, bo eller på anden måde benytte det planlagte byggeri, når det er færdigt.

Rådgivere bistår med rådgivning og vejledning i forbindelse med design, planlægning, udførelse og opførelse af byggeopgaven. Rådgiveren skal være uvildig og uafhængig af andre interesser end selve projektet (www.FRInet.dk).

Projekterende er dem der står for projektering og udarbejdelse af hovedprojektet, og dem der fastlægger alle detaljer om byggeriet. De projekterende er desuden ansvarlige for projektopfølgning og tilsyn.

Arbejds miljøkoordinatoren skal sikre, at der gennem hele byggeprocessen bliver taget hensyn til sikkerhed og sundhed.

4. Betons historie

Der er blevet eksperimenteret med beton- og cementlignende materialer langt tilbage i historien. Der findes eksempler på dette hos både grækerne, romerne og i det gamle Egypten (Aalborg Portland 1979; Dansk Betonforening 2015)¹¹. I Romerriget blev der eksempelvis opført spektakulære konstruktioner, herunder kloak- og vandledningssystemer, i betonlignende materialer. Fx er Pantheon-kuplen i Rom, som er opført mellem 118–126 e.Kr., opført ved brug af en cement fremstillet af vulkansk aske og brændt kalk (DBI 2005; Aalborg Portland 1979), se Figur 7.



Figur 7. Pantheon-kuplen i Rom (foto: Shutterstock).

Derefter gik materialerne i glemmebogen nogle århundreder. Først ved opfindelsen af portlandcement og jernarmeret beton i hhv. starten og slutningen af 1800-tallet fik beton et betydeligt comeback.

Portlandcement blev opfundet og patenteret af englænderen Joseph Aspdin i 1824 og er i dag den mest almindelige og mest udbredte cementtype på globalt plan (mere om cement i afsnit 5.1.2). I Danmark blev cement for første gang brugt i 1852 til støbning af betonfundamenter til Langebro i København. Den første cementfabrik i Danmark var Hertha i Ringsted, som producerede portlandcement mellem 1868 og 1887 (DBI 2005). Cement blev hurtigt mere almindeligt og adskillige cementfabrikker blev opført i årtierne før og efter år 1900.

¹¹ Med mindre andet er angivet, er kapitlet baseret på Aalborg Portland (1979) og Dansk Betonforening (2015)

De første danske byggerier i beton var fortet Prøvestenen, opført mellem 1858–1863, og dele af skanserne ved Dybbøl fra 1863. Den første betonvarefabrik i Danmark var Faaborg Cementvare- og Tagstensfabrik, anlagt i 1884, og derefter gik det stærk for betonbranchen. I takt med at den industrielle cementproduktion begyndte at vinde frem, udvikledes og udbredtes anvendelsen af beton. Udover tagsten blev der i starten af 1900-tallet også udviklet betonmursten og betonrør, og da betonvarer blev taget godt imod af bygherrer, entreprenører og håndværkere, havde fabrikkerne gode tider (DBI 2005).

Brugen af jernarmeret beton, det vil sige beton med indstøbt armering (stål), hvilket styrker betonen betragteligt, udbredtes i slutningen af 1800-tallet. Konstruktionsmetoder til større, sammenhængende, armerede betonbyggerier blev især udviklet af den franske entreprenør Francois Hennebique (1842–1921). En af de første anvendelser af jernbeton i Danmark var i forbindelse med etageadskillelserne i Statens Museum for Kunst i 1891.

4.1 Beton i arkitekturen

I starten af 1900-tallet var beton i lav kurs blandt arkitekter. Det blev betragtet som et trist og udtryksløst materiale og blev derfor primært anvendt til indre konstruktioner pakket ind i de klassiske byggematerialer. Arkitekten Auguste Perret (1874–1954) så dog andre muligheder i betons kvaliteter, idet han eksperimenterede med overfladen og søgte at give betonen arkitektonisk værdi. I 1920'erne fik beton sit helt eget formsprog med modernismens og funktionalismens indtog. Som brud med fortidens stilarter skulle arkitekturen nu være funktionel og kendetegnet var rene, hvidmalede facader. Arkitekten Le Corbusier (1887–1965) gjorde beton til en integreret del af funktionalismen med sine fem berømte punkter¹². I Danmark var det især arkitekter som Mogens Lassen (1901–1987), Vilhelm Lauritzen (1894–1984) og Arne Jacobsen (1902–1971), der havde succes med den funktionalistiske stil i overensstemmelse med tidens idealer. Et eksempel på dette er Arne Jacobsens Belavista (Figur 8) og Bellevue Teatret og Mogens Lassens hus Villa Bakkedal i Hellerup.

Efter 2. Verdenskrig var idealerne i arkitekturen ligefremhed og ærlighed, hvilket havde afgørende betydning for brugen af beton. Hvor betonen før krigen skulle være fin, ensartet og hvidmalet, skulle bygninger nu signalere styrke og råhed, og overfladerne skulle være rå og ubehandlede. Byggerierne i denne periode var med til at lægge navn til brutalismen, og i Danmark var det især arkitekterne Knud Friis (1926–2010) og Elmar Moltke Nielsen (1924–1997), der fortolkede den nye betonstil. Andre arkitekter har haft betons skulpturmæssige formbarhed som hovedfokus, ofte inspireret af naturens organiske former. Jørn Utzon (1918–2008) er muligvis den arkitekt, der har haft størst betydning for udviklingen af den danske betonarkitektur. Et eksempel på dette er Sydney Operahus, som er tegnet af Utzon, se Figur 9.

¹² 1. Les pilotis – bygningen løftes på søjler op over jorden og frigør byggegrunden, 2. Le toit jardin – tagterrassen, hvor byggegrunden genfindes på taget, 3. Le plan libre – den fri plan med vægge uafhængige af bærende søjler, 4. La facade libre – den fri facade uafhængig af bærende søjler, 5. Fenêtre en longueur – det lange, horisontale vindue.



Figur 8. Arne Jacobsens Bellavista (foto: Shutterstock).



Figur 9. Sydney Operahus tegnet af Jørn Utzon (foto: Shutterstock).

Et vigtigt skridt i betonens historie var udviklingen af spændbeton, altså beton med spændt armeringsstål (Aalborg Portland 1979). Omkring midten af 1900-tallet var der stor interesse

for at undersøge jernbetonens potentiale til at lave store spænd og broer. Ingeniøren Robert Maillart (1872–1940) skabte en række betonbroer, som blev skelsættende indenfor brobygning, ikke mindst fordi det brød med en lang tradition for sten- eller stålbroer. Opfindelsen af spændbeton fik stor betydning i Danmark, hvor der siden 2. Verdenskrig er bygget broer i beton, fx Øresundsbroen, Storebæltsbroen og Vejlefjordbroen, se Figur 10).



Figur 10. Vejlefjordbroen (foto: Shutterstock).

Industrialiseringen af byggeriet satte ind i Europa i slutningen af 1950'erne. Som en løsning på den akutte boligmangel blev der indført masseproduktion af byggekomponenter og standardiserede materialer, og betonelementer fik en helt afgørende rolle. Arkitekter gik ind for ensartethed og rationalitet, og arkitekturen bar tydeligt præg af betonelementers ensformighed. Industrielt producerede etagehuse blev den foretrukne boligform i Europas forstæder gennem 1960'erne og 1970'erne. Typiske eksempler fra Danmark er boliger i Høje Gladsaxe fra 1968 og Galgebakken i Albertslund fra 1970'erne.

Resultatet af de store nye boligområder blev efterhånden mere kritisabelt, og begrebet betonslum opstod. I løbet af 1980'erne blev flere betonbyggerier dekoreret i sprælske farver, og de synlige betonelementer forsvandt langsomt ud af byggeriet. I nyere tid har betons unikke egenskaber fået fornyet fokus og er bl.a. anvendt i forbindelse med dekonstruktivismens nye skæve og fragmenterede formsprog. En af de mest fremtrædende nyere betonarkitekter er Zaha Hadid (1959–2016), der bl.a. stod bag The Haydar Aliyev Centre i Aserbajdsjan, Figur 11.



Figur 11. *The Haydar Aliyev Centre i Aserbajdsjan tegnet af Zaha Hadid (foto: Shutterstock).*

I løbet af 1990'erne anvendes beton typisk ubehandlet og i samspil med andre kontrastfulde byggematerialer. Internationalt er det især arkitekterne Tadao Ando (1941–) og Santiago Calatrava (1951–), der formår at videreudvikle betonarkitekturen. I Danmark har udviklingen været præget af arkitekterne Christian og Signe Cold, der står bag tegnestuen Entasis. Danske eksempler er Kildeskovshallen i Gentofte, hovedindgangen til Zoologisk Have og Emaljehaven i København, Figur 12.

I nyere tid er betonarkitekturen blevet udviklet og fornyet af en række internationale tegnestuer. Langt de fleste byggerier opføres i dag med betonelementer, nogle gange pakket ind i andre facadematerialer som glas og tegl. Beton er altså stadig et helt unikt og ikke-substituerbart byggemateriale. Eksempler på dette er Tietgenkollegiet og det nye og meget omtalte 8TALLET af Bjarke Ingels Group, som også kaldes 'en ode til betonelementet', Figur 13.

Digitale 3D-modelleringsværktøjer anvendes i stigende grad til at udvikle den betonbaserede arkitektur. Der er dog stadig stor forskel på, hvad der kan tegnes digitalt, og hvad der kan fremstilles rent fysisk. Barriererne ligger bl.a. i fremstillingen af den forskalling, som skal forme betonen, samt den armering der skal følge formen. Både nationalt og internationalt videreudvikles og udforskes der i teknologier, som skal muliggøre fremtidens betonkonstruktioner. Blandt andet forskellige CAM-teknologier (Computer-Aided-Manufacturing) der kan omsætte digitale 3D-modeller til fysiske objekter, samt 3D-printning af bygninger med en hurtighærdende beton. Teknologierne byder på en række nye muligheder med beton, som formodes at få en endnu større rolle som æstetisk og arkitektonisk materiale, når fremtidens digitale arkitektur skal bygges (Dansk Betonforening 2015).



Figur 12. *Emaljehaven i København er et eksempel på moderne, almennyttige boliger udført i beton; tegnet af CREO Arkitekter A/S (foto: CREO Arkitekter A/S).*



Figur 13. *8TALLET er et nyere dansk bolig- og erhvervsbyggeri i Ørestaden, tegnet af Bjarke Ingels Group. Ejendommen er et eksempel på moderne betonbyggeri, som har modtaget flere priser (foto: Shutterstock).*

4.2 Udvikling af betonstandarder

I takt med at industrialisering og urbanisering tog fart i Danmark fra 1870'erne med nye byer, voksende bybefolkning og et mere omfattende transportnet, tog den danske betonproduktion hurtig fart. Det gode marked for betonvarer medførte dog en række problemer, der førte til, at branchen efterhånden måtte organisere sig (DBI 2005)¹³. Mange nye fabrikanter dukkede op for at tage del i succesen, heriblandt en række af råstofleverandører, nemlig grusgravene. Da udbredelsen af betonmursten truede anvendelsen af teglsten, gik teglværksindustrien til kamp om markedet, hvilket førte til en hård priskonkurrence. Mange af de nye betonfabrikker manglede desuden forudsætninger og erfaring, og ikke alle metoder og produkter, der blev udviklet, var lige gode (DBI 2005). Efterhånden fik betonvarerne et forringet ry, og de erfarne industrielle producenter begyndte at organisere sig i en række regionale foreninger. Foreningerne havde bl.a. til formål at sikre markedet samt gode priser for produkterne mod til gengæld at sikre god og ensartet kvalitet. Den landsdækkende forening Dansk Cementvareindustri blev stiftet i 1917 og var starten på det, der senere blev Dansk Beton Industriforening (DBI). I 2007 fusionerede DBI med Betonelement-Foreningen (BEF) og Dansk Fabriksbetonforening, og i dag er segmenterne samlet under branchefællesskabet Dansk Beton (se Tekstboks 2).

Den landsdækkende forening Dansk Cementvareindustri har siden 1917 haft fokus på overordnet samarbejde, teknisk udvikling og konkurrenceforhold samt arbejdsgiver- og lønforhold. I starten bestod foreningen af flere mindre lokalforeninger rundt om i landet, men i takt med industrialiseringen af branchen og udviklingen mod færre og mere specialiserede virksomheder, mistede lokalforeningerne betydning, og der blev større interesse for at samle sig om de enkelte produktgrupper på tværs af landet (DBI 2005). I 1971 skiftede foreningen navn til Dansk Beton Industriforening, og indflydelsen blev flyttet fra geografiske lokalforeninger til landsdækkende samarbejde mellem faglige fraktioner. De nye fraktioner var rettet mod de specifikke produkttyper: rør, fliser, bloksten, elementer og fabriksbeton, med fokus på faglige områder som norm- og standardiseringsarbejde, uddannelse, informations- og lobbyarbejde (DBI 2005). Fraktionerne afspejler mere eller mindre de segmenter der i dag findes i Dansk Beton, selvom der gennem tiden har været flere strukturelle og organisatoriske forandringer, opsplitninger, fusioner mv.

Tekstboks 2: Brancheforeningen Dansk Beton

'Dansk Beton' er et branchefællesskab under Dansk Byggeri, der henvender sig til producenter af beton og betonprodukter. Dansk Beton udbreder kendskabet til materialets mange anvendelsesmuligheder og skaber en fælles platform for branchens udvikling. Formålet er bl.a. at:

- *Fremme betonindustriens erhvervspolitiske interesser*
- *Synliggøre og markedsføre beton og betonprodukter generelt*
- *Varetage medlemmernes interesser overfor myndigheder, institutioner, bygherrer og offentligheden*
- *Sikre den bedst mulige ressourceudnyttelse*
- *Fremme godt kollegialt samarbejde i foreningen.*

Kilde: Dansk Beton 2016.

¹³ Med mindre andet er angivet, er afsnittet baseret på DBI (2005).

Helt fra begyndelsen har kvalitet, normer og standarder været vigtige områder for foreningsarbejdet. De første normer på betonområdet blev udgivet for betonrør mellem 1917 og 1920, og derefter gik det stærkt med udvidelser til flere betonvarer, samt retningslinjer for mærkning og overtrædelser i løbet af 1920'erne. I 1926 blev trekantmærket registreret som varemærke for de nye betonnormer med regler for fremstilling og krav til materialer, blanding, støbning og lagring, samt produktspecifikke bestemmelser for de forskellige varer (DBI 2005). I 1928 blev den første kontrolordning etableret, og der blev oprettet en række prøvestationer til at kontrollere om kravene til betonprodukter blev overholdt. Ordningen blev senere revideret og skærpet og i 1941 overdraget til Betonvarekontrollen. Dette medførte løbende kontrol af virksomhedernes produktion med udtagelse af produkter til prøvning på prøvestationerne, hvilket styrkede ordningens troværdighed. Produkterne skulle desuden leve op til yderligere krav omkring dimensionering, styrke og vandtæthed. Kvalitetskravene til trekantmærkede betonvarer var omfattende, og der var derfor en del producenter der både solgte mærkede og ikke-mærkede produkter.

Betonvarekontrollen havde stor indflydelse på branchen. Da mange af de gamle produktionsteknikker ikke kunne levere den fornødne kvalitet, blev der indført og udbredt ny teknologi og udstyr i løbet af 1950'erne og 1960'erne. Desuden blev intern kvalitetskontrol etableret mange steder for at sikre virksomhederne mod bøder.

I løbet af 1980'erne og 1990'erne kom der yderligere fokus på kvalitetsstyring og certificering, og der blev opført en række nye tiltag. Der var brug for forbedringer, og i løbet af 1990'erne blev kontrolordningen videreudviklet til en certificeringsordning kaldet Dansk Beton Certificering. Med vedtagelsen af det europæiske byggevaredirektiv i 1988 blev de europæiske standarder vigtige for betonbranchen (DBI 2005). I takt med udviklingen i EU er der løbende kommet mere fokus på europæiske standarder, der omfatter de fleste byggevarer, herunder betonprodukter¹⁴. Udover de harmoniserede europæiske standarder, opstilles der supplerende nationale regler.

Betonprodukter er altså omfattet af både europæiske normer og standarder, samt enkelte danske tillægsstandarder¹⁵. I overensstemmelse med krav i byggevareforordningen skal betonprodukter CE-mærkes, hvilket er producentens bevis og erklæring om, at kravene i de europæiske og danske standarder er opfyldt. Standarderne opstiller krav til en række nøgleparametre, som skal sikre en holdbar beton under de påvirkninger betonen forventes at blive udsat for (Aalborg Portland 2010). Beton inddeles i forskellige miljøklasser, alt efter hvilken eksponering og anvendelse produktet har, et system der har været anvendt i Danmark siden 1970'erne (se Tabel 2).

¹⁴ Eksempler på fælleseuropæiske betonstandarder er materialestandarden DS/EN 206-1. For betonelementer gælder de fælleseuropæiske normer Eurocodes, som blev implementeret i Danmark i 2009. Belægningssten har siden 2003 været omfattet af de europæiske standarder DS/EN 1338, 1339 og 1340. For betonrør og brønde gælder DS/EN 1916, 1917, og DS 2420.

¹⁵ Som fx DS 2426 og DS 2420.

Tabel 2. Oversigt over betons miljøklasser (Aalborg Portland 2007).

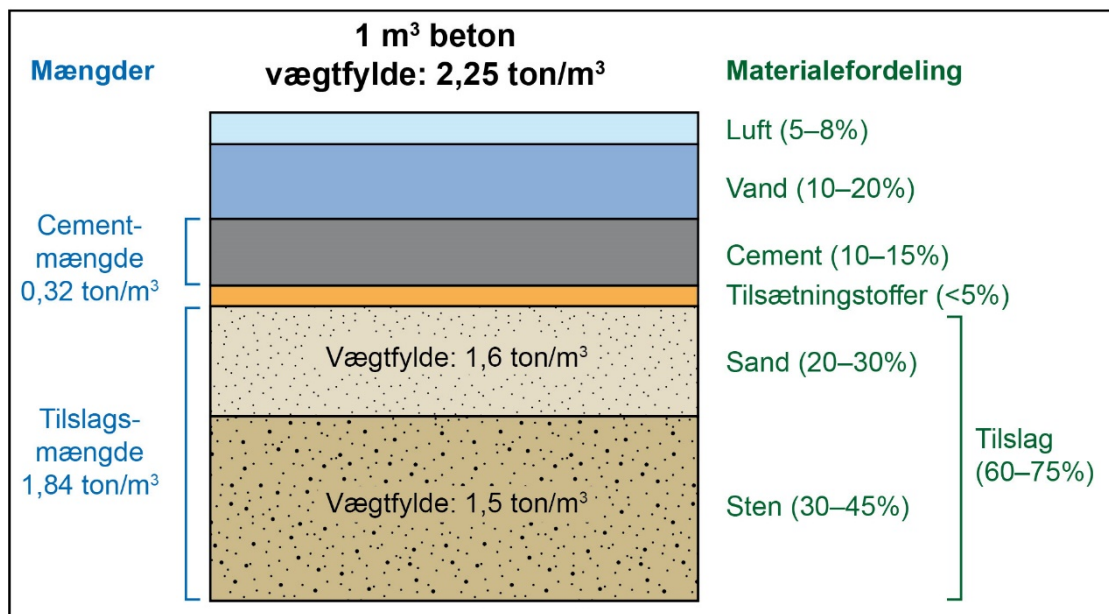
Miljøklasse	Beskrivelse	Typiske konstruktioner
Passiv – P	Tørt miljø	Indendørs konstruktioner i tørt miljø, jorddækkende fundamenter
Moderat – M	Fugtigt miljø, men - Uden risiko for frostpåvirkning kombineret med vandmætning - Minimal risiko for alkalier eller klorider	Fundamenter delvist over terræn, udvendige vægge, facader, søjler, udvendige bjælker med beskyttet overside
Aggressiv – A	Fugtigt miljø, med - Risiko for vandmætning kombineret med frostpåvirkning - Risiko for alkalier eller klorider	Udvendige dæk og bjælker uden beskyttet overside, støttemure, udvendige trapper, kælderydevægge
Ekstra aggressiv – E	Fugtigt miljø, med - Tilførsel eller ophobning af alkalier eller klorider	Altaner, parkeringsdæk, svømmebade, marine konstruktioner, søjler og kantbjælker på broer

5. Hvad er beton?

Beton er et byggemateriale der består af tilslagsmaterialerne sand og sten, der er 'limet' sammen med cement og vand. Ofte benyttes desuden en række tilsætningsstoffer. Blandings- og fremstillingsforhold afhænger af produktet, dets miljøklasse og anvendelse, som beskrevet i det følgende. Kapitlet bygger primært på Betonhåndbogen (Dansk Betonforening 2015), Betonbogen (Aalborg Portland 1979) og Aalborg Portland (2012), med mindre andet angives.

5.1 Betons bestanddele

Beton består normalt af tilslagsmaterialerne sten (30–45%) og sand (20–30%) samt 10–15% cement, 10–20% vand, 5–8% luft og tilsætningsstoffer, som typisk udgør < 5%. En skematisk opbygning er vist i Figur 14.



Figur 14. Betons bestanddele og generelle sammensætning.

5.1.1 Tilslagsmaterialer

Betontilslag udgør den største del af beton, normalt mellem 60 og 75% af voluminet. Betontilslag er en blanding af sand- og stenmaterialer i forskellige størrelser. Denne rapport benytter betonbranchens betegnelser for betontilslagsmaterialer: betonsand (0–4 mm), perlesten (2–8 mm), ærtesten (8–16 mm), nøddesten (16–32 mm), singels (32–63 mm) og andre sten (> 63 mm). I kapitel 7 gennemgås nogle andre nomenklaturer for størrelsesfordelinger, som anvendes til opgørelser af ressourcer. Ved sammensætning af beton benyttes de forskellige kornstørrelser til at opnå den optimale blanding, hvor mindre partikler kan

pakke sig i hulrummene mellem de større. Tilslagsmaterialer beskrives derfor ved en given kornstørrelsesfordeling illustreret ved en kornkurve.

En tæt pakning af tilslagsmaterialer reducerer behovet for cement, hvilket reducerer den overordnede pris på beton. Tilslagets størrelsesfordeling varierer for forskellige materiale typer, betonrecepter og miljøklasser, men normalt vil der være omkring 20–30% sand og 30–45% sten i forskellige størrelser (se Figur 14).

Ud over størrelsesfordeling kategoriseres betontilslag i forskellige klasser. Tilslagets klassificering har afgørende betydning for betonen kvalitet, og det er derfor nødvendigt at kende og vurdere tilslaget for at afgøre, om det er egnet til det specifikke formål. Tilslag inddeles, i overensstemmelse med betonens miljøklasser (P, M, A og E), jf. Tabel 2, i fire klasser. Kvalitet, indvinding og klassificering af tilslagsmaterialer er nærmere beskrevet i kapitel 7.

Granitskærver (knust granitbjergart) benyttes ofte som tilslag i beton i den højeste miljøklasse (E). Råstofgruppen granit omfatter granitiske bjergarter, som i Danmark udelukkende findes som grundfjeld på Bornholm. Gruppen omfatter forskellige granittyper og -kvaliteter og har mange forskellige anvendelsesmuligheder. Granitterne adskiller sig fra hinanden i farve, kornstørrelse, mineralogi og modal sammensætning (mængdeforhold af de enkelte mineraler), men indberettes i den samlede kategori 'granit' til Danmarks Statistik.

Til produktion af letklinker-blokke eller -elementer benyttes der letklinker som tilslagsmateriale (se mere herom i 5.3.4). Grundmaterialet i letklinker er kalkfattig, fed, plastisk ler. Efter indvinding fra lergrav tørres leret i store roterovne, hvorefter det slås i småstykker og brændes ved ca. 1.100 °C (Dansk Betonforening 2015). Leret ekspanderer, da der frigøres luft, og da luften ikke kan undslippe, dannes der tætliggende luftblærer. Under brændingen omdannes leret til små porøse afrundede kugler i forskellige størrelser. I store dele af Europa sælges letklinker under varemærket Leca®. På grund af letklinkernes struktur har de en lav varmeledningsevne og dermed en god isoleringsevne. Da det er et uorganisk materiale, angribes det ikke af råd, svamp eller insekter. Desuden er letklinker frostbestandige.

5.1.2 Cement og vand

Cement er den komponent, der binder tilslagsmaterialerne sammen til beton. Cement er et pulver der primært består af brændt kalk og ler, der i forbindelse med vand hydratiserer og danner et stærkt bindemiddel. Cement er det delmateriale af beton, der kræver mest energi at fremstille, og ofte kan man med god tilnærmelse opgøre betons miljøprofil alene på basis af cementindholdet. Da cement er den dyreste komponent i beton, er der generelt et ønske om at bruge så lidt som muligt. Samtidig har cement afgørende betydning for den færdige betons egenskaber og er den enkeltparameter, der har størst betydning for betonens holdbarhed.

Cement er et blandingsprodukt, der hovedsageligt består af pulveriserede cementklinker. Derudover indeholder cement gips og tilsætninger, bl.a. kalkfiller, og kan indeholde forskellige industrielle restprodukter som flyveaske, mikrosilica og slagge. Der fremstilles mange forskellige typer af cement, og dermed cementklinker, hvor de mest almindelige til en lang

række formål er portlandcementklinker. Klinkerne fremstilles af råstofferne kalk, sand, ler og jernholdigt materiale, der formales fint og brændes i en bestemt sammensætning i en roterovn. Under brændingen omdannes råmaterialerne ved forskellige processer og temperaturer til cementklinker (hhv. under og over 1.300 °C). Herefter nedkøles klinkerne hurtigt og formales sammen med gips og tilsætninger.

Vand er en anden hovedkomponent i beton, der sammen med cement binder tilslaget (sand og sten) sammen. Samtidig gør vandet betonen flydende og formbar inden hærdning. Vandværksvand er velegnet til betonproduktion, men vand af dårligere kvalitet kan også anvendes, fx genbrugsvand fra betonproduktion, ferskvand fra søer og åer samt indsamlet regnvand og overfladevand fra pladser. Det skal dog sikres, at vandet ikke indeholder stoffer, der kan skade betonen eller armeringen, hvorfor fx havvand ikke kan benyttes. I praksis benyttes der i Danmark enten vandværksvand eller genbrugsvand.

Når betonen blandes starter en hydratiseringsproces mellem cement og vand. Vand/cement-forholdet er helt afgørende for betonens egenskaber. Vandbehovet kan dog være svært at bestemme nøjagtigt, da vand forekommer i flere af betonens delmaterialer og især i tilslaget. Estimeret vandindhold kan bestemmes ud fra tabeller, mens det faktiske vandbehov ofte fastsættes gennem prøveblandinger, hvor vand tilføres af flere omgange indtil de rette egenskaber er opnået.

5.1.3 Tilsætningsstoffer

Tilsætningsstoffer er delmaterialer til beton, der tilsættes for at modificere betonens egenskaber såsom konsistens, afbindingstid, hærdningstid, frostbestandighed og svind. Tilsætningsstoffer kan ofte forbedre betonens egenskaber, men kan sjældent kompensere for delmaterialer af ringe kvalitet eller en dårligt proportioneret beton (Dansk Betonforening 2015).

Brugen af tilsætningsstoffer begyndte i Danmark omkring 1970 og anvendes nu til stort set al beton. Tilsætningsstofferne er typisk uorganiske salte eller komplekse organiske stoffer, som reagerer med cement eller påvirker cementens hydratisering. Hvilke tilsætningsstoffer der anvendes afhænger af betonens brug og opgave. Gennem industrialiseringen blev der eksempelvis behov for at gøre arbejdet med beton let og billigt, og de første vandreducerende tilsætningsstoffer blev udviklet, hvilket gjorde det muligt at lave beton med en god bearbejdelighed, lavt vand/cement-forhold og rimelig pris. Typiske egenskaber for tilsætningsstoffer er:

- Luftindblandingsmidler, der anvendes til at forbedre betonens frostbestandighed
- Plastificerende tilsætningsstoffer, der benyttes i beton for at øge konsistensen eller reducere vandindholdet
- Acceleratorer og retardere, der er kemisk virkende tilsætningsstoffer
- Viskositetsmodificerende tilsætningsstoffer
- Vandafvisende/vandtætnende tilsætningsstoffer
- Svindkompenserende tilsætningsstoffer
- Ekspansionsdannende tilsætningsstoffer

- Korrosionsbeskyttende tilsætningsstoffer
- Alkali-kisel-hæmmende tilsætningsstoffer

Tilsætningsstoffer iblandes bl.a. som erstatning for cementklinker for at optimere produktions miljøbelastning og har indflydelse på de forskellige blandede cementtyper, som bruges til specielle formål. Tilsætningsstoffer, der sammen med cement danner bindemidler og tæthed, kaldes puzzolaner. I Danmark anvendes normalt kun kunstige puzzolaner, der er bi-/restprodukter fra enten kulfyrede kraftværker (flyveaske), produktion af ferrosilicium (mikrosilica) eller produktion af jern (granuleret højovns slagge). Andre tilsætninger uden puzzolanvirkning (dvs. de ikke danner bindemidler) er normalt granuleret kalksten (kalkfyller), aske fra forbrænding af slam fra rensningsanlæg (bioaske) eller pigmenter til at give farve.

5.2 Betonproduktion

Når beton produceres skal de forskellige delmaterialer proportioneres, ofte efter en specifik betonrecept. Sammensætningen fastsættes med hensyn til betonens anvendelse, hvilke materialer der er til rådighed, samt hvilke krav der stilles i forhold til styrke, holdbarhed, konsistens, stenstørrelse og pris. Disse forhold vil ofte være specificeret af betonstandarder afhængig af miljøklassen.

For at proportionere korrekt skal tilslags kornstørrelsesfordeling (kornkurve) og densitet i vandmættet overfladetør tilstand kendes. Indholdet af cement og vand kan optimeres ud fra fx en pakningsanalyse af tilslagene, så den optimale kombination af tilslag i forskellige fraktioner benyttes (Betonindustriens Fællesråd 2006). Der findes computerværktøjer, der kan udføre sådanne pakningsanalyser. Tilslagsmaterialerne skal kunne pakkes tæt, da den resterende del af volumen vil blive udfyldt af det dyrere og mere finkornede cement i reaktion med vand. Samtidig må pakningen ikke blive så tæt, at betonen ikke har den nødvendige bearbejdelighed.

5.2.1 Konsistens og støbning

Beton skal have den rigtige konsistens for at kunne udstøbes i den valgte form. Vurdering af betons konsistens er erfaringsbaseret og afhænger af anvendelsen. De flydende betoner kaldes selv-kompakterende (self-compacting concrete (SCC)). En tyndtflydende konsistens gør betonen lettere at arbejde med, men er også forbundet med større risiko for separation. Stivere betonformer flyder ikke af sig selv, men skal vibreres ved højfrekvente bølger for at blive flydende.

Det er vigtigt at kunne beskrive en betons optimale konsistens og også kontrollere, at den er opnået. Konsistensen af vibreringskrævende beton udtrykkes ved et såkaldt sætmål. Sætmålet bestemmes ved en prøvemethode, hvor en 300 mm høj kegle fyldes med stampet beton. Når keglen løftes skrider betonen sammen, da friktionen mellem partiklerne ikke er stor nok til at gøre keglen stabil overfor tyngdekraftens påvirkning. Når sammenskrivningen

stopper, forbliver betonen stabil, og den højde betonen falder, kaldes sætmålet. Sætmålet er inddelt i fem grupper; S1 til S5.

Til flydende beton (SCC) anvendes i stedet udbredelsen, eller flydesætmålet, der er diameteren på den totale udbredelse af den samme kegle beton, når den flyder ud. Flydesætmålet er kategoriseret i grupperne SF1 til SF3. Der kan dog være stor forskel på SCC med samme flydesætmål, bl.a. på grund af betonens sejhed.

Til fremstilling af mindre betonvarer på fabrik anvendes den såkaldte tørstøbningsteknik, hvor vandindholdet er lavt, og tilslaget har en jævn størrelsesfordeling (kornkurve). Herved fås en tæt og stærk beton, som er stabil lige efter udstøbning (Dansk Beton 2016). Til de større produkter, som eksempelvis elementer, benyttes vådstøbning, der er den mest udbredte støbeteknik i branchen. Vådstøbning foregår ved, at flydende eller selvkomprimerende beton (SCC) hældes i støbeforme på stedet, hvorefter det hærdet i omkring 12 timer før produktet kan tages ud af formen. Med vådstøbning kan der derfor kun støbes en gang om dagen pr. form.

Støbning kan ske i faste forme ofte af træ eller stål. I forbindelse med høje konstruktioner som siloer, tårne og høje vægge anvendes glideforskalling, hvor støbeformen løftes gradvist, mens der støbes. Ved sprøjtestøbning sprøjtes beton ved hjælp af trykluft på en åben støbform, normalt med et armeringsnet formet som den endelige konstruktion. Det er især tilslaget der karakteriserer overfladen, men aftrykket fra formen og støbemetoden giver også præg. Der findes desuden en række metoder til at efterbearbejde betonoverfladen, fx afsyring, sandblæsning, kløvning, slibning etc.

5.2.2 Styrke og holdbarhed

Beton er generelt et hårdt og stærkt materiale, som kan modstå store trykpåvirkninger. Trykstyrken afhænger primært af vand/cement-forholdet, sådan at jo lavere vand/cement-forhold, desto højere styrke. Desuden har cementtypen, luftindholdet, tilslaget og betonens alder væsentlig betydning for styrken.

Beton har til gengæld en lav trækstyrke, hvilket betyder, at beton let revner. For at styrke bærevnen og sikre udnyttelse af betonens store trykstyrke, kan der indlægges armering i form af stålstænger eller fibre til at styrke materialet på de træk- og bøjningspåvirkede konstruktionsdele.

Betons elasticitetsmodul (E-modul) er et mål for stivheden. E-modulet har betydning for, hvor meget en søjle trykkes sammen, eller hvor meget en bjælke bøjer ned, når der påføres last. Betons E-modul afhænger primært af betontypen og betonstyrken.

Beton har en lang holdbarhed og kan tit holde i mere end 100 år. Over tid kan beton dog ældes og ændre tilstand, primært på grund af følgende påvirkninger:

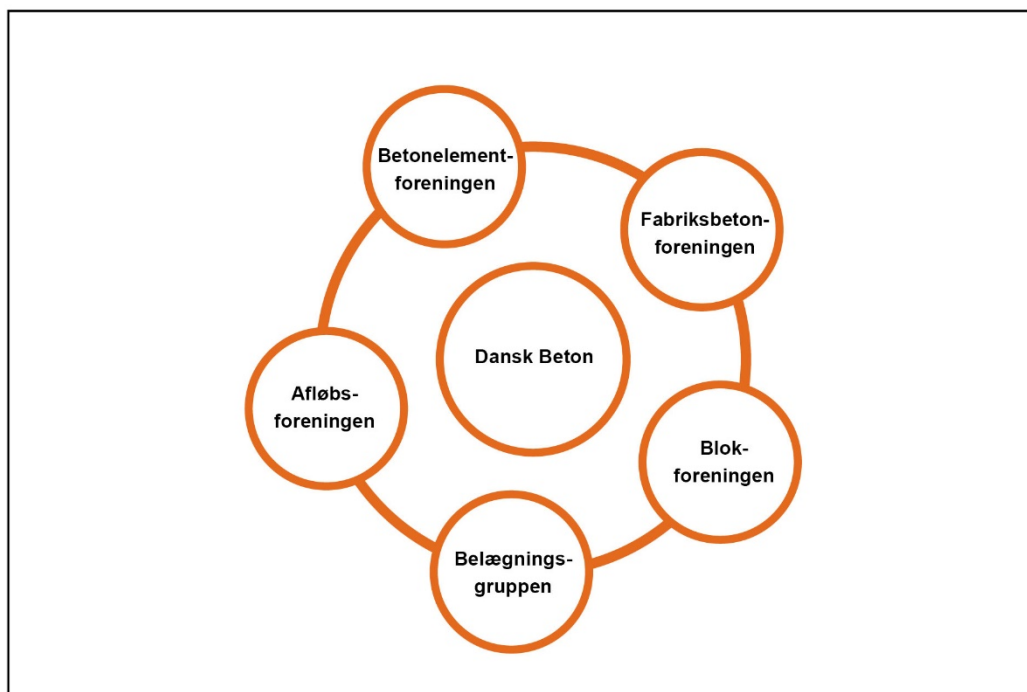
- Begroning – alger, skimmelsvamp, mikroorganismer
- Nedbrydning – nedbør, mekanisk nedbrydning, forvitring

- Misfarvning – rustudfældning, kalkudblomstring
- Tilsmudsning – snavs, støv, sod, trafik

Derudover kan der ske betonskader, typisk i form af alkali-kisel-reaktioner, som er beskrevet nærmere i afsnit 7.4.1.

5.3 Betonprodukter

Branchefællesskabet Dansk Beton (se Tekstboks 2) består af fem undersektioner, der afspejler de forskellige betonprodukter; betonelementer, fabriksbeton, afløb, blokke og belægning (se Figur 15). Produkterne er beskrevet nærmere i dette kapitel, der primært bygger på informationer fra Dansk Betons hjemmeside (Dansk Beton 2016), samt Betonhåndbogen (Dansk Betonforening 2015).



Figur 15. Branchefællesskabet Dansk Betons sektioner (Dansk Beton 2016).

5.3.1 Fabriksbeton

Fabriksbeton tager navn af, at betonen typisk blandes på fabrik og leveres færdigblandet til byggepladser i roterbiler. Et eksempel på et fabriksbetonanlæg kan ses i Figur 16. Det er især fabriksbeton, der giver arkitekter de mange muligheder i form af aftryk, farver, former og strukturer. Fabriksbeton sælges som selvstændigt produkt til entreprenører og håndværkere, mens betonelement- og betonvarefabrikker ofte har et mindre blandeanlæg til at blande beton til produktionen. Fabriksbeton omfatter de forskellige betontyper, der benyttes til pladstøbt byggeri, som fx:

- Sætmålsbeton; der er den traditionelle fabriksbeton leveret i en konsistens med sætmål mellem 60–200 mm, som kræver mekanisk vibrering ved udstøbning.
- Selv-kompakterende beton (SCC); der også kaldes flydebeton, leveres i en konsistens der tillader udstøbning uden brug af mekanisk vibrering.
- Selvudtørrende beton; indeholder minimal vandmængde med et vand/cement-forhold mindre end 0,4, og som derfor kræver mindre energi og tørretid.
- Fiberbeton; er beton der tilsættes fx stålfibre, der giver en bedre slid- og slagstyrke, eller plastfibre, for at mindske plastiske svindrevner.



Figur 16. *Fabriksbetonanlæg: Transportbånd med materialer til siloer og doseringsenhed, som læsser på roter-lastvogn. Gammelrand Beton A/S (foto: L.S. Rosholm 2016).*

Produktion af fabriksbeton omfatter proportionering og blanding af delmaterialer, sådan at betonen opnår de egenskaber der gør den egnet til det specifikke formål. Der er forskellige krav til fremstilling og holdbarhed, og betonens kvalitet og egenskaber styres og kontrolleres i takt med at delmaterialerne afmåles og blandes på fabrikken. Et moderne produktionsanlæg består typisk af:

- Faciliteter til modtagelse og opbevaring af delmaterialer, især tilslaget, der udgør den største del af betonen. Tilslaget opbevares enten i store siloanlæg eller leveres løbende under produktionen.
- Et doseringsanlæg til delmaterialer, hvor mængderne via vægte og målesystemer doseres og tømmes i blanderen. Doseringen kontrolleres via et processtyringsanlæg, og blandemesteren er den ansvarlige person, som styrer blandingen.
- Selve blandeanlægget der enten er en fritfaldsblander/tromleblander eller en tvangsblender. Derudover kan der også blandes i truckmixers, hvilket dog er sjældent i Danmark. Blandingen skal ske indtil massen er homogen, hvilket opnås efter

en blandetid på 60 sekunder i en tvangsblender og 90 sekunder i en fritfaldsblender.

Desuden indgår udstyr til at levere beton og laboratorium til at kontrollere den. Umiddelbart efter betonen er blandet, læsses den i roterbil og køres til anvendelsesstedet, hvor den skal bruges indenfor ca. 2 timer. Da beton udvikler sig kemisk og fysisk fra det tidspunkt den blandes, er det vigtigt at transporten foregår planlagt og styret, og at roterbilerne kommer hurtigt frem til brugeren. På grund af denne tidsfaktor fragtes fabriksbeton sjældent længere end 50 km fra værket. Distribution og logistik er derfor en vigtig del af virksomhedsgrundlaget for fabriksbetonproducenter.

Fra blanderen eller roterbilen flyttes betonen via transportbånd, pumper, tårnkran eller mobilkran til støbestedet. Entreprenører og bygherrer har i praksis ikke mulighed for at kontrollere kvaliteten, hvorfor både standarder og tillid er vigtige parametre i branchen. På større byggepladser blandes betonen på stedet.

5.3.2 Betonelementer

Betonelementsektionen omfatter færdige elementer til en lang række byggerier indenfor beboelse, landbrug og industri, fx vægge, tag, dæk, facader, søjler, bjælker osv. For at øge bygge-effektiviteten tog elementproduktion for alvor fart under 1960'ernes byggeboom. I dag er masseproducerede standardprodukter dog stort set udfaset, og oftest er elementer specialfremstillet til specifikke byggerier og formål. Elementerne er derfor altid unikke og lavet ud fra specifikke forskrifter og design og har derfor også en relativ høj værdi. Eksempler på dette kan ses i Figur 17.

Fremstilling af elementer sker på fabrik med en specialiseret produktionsteknik, der kræver et stort anlæg og derfor plads. Der skal tages hensyn til en lang række aspekter af det færdige byggeri for at sikre korrekt design og dimensionering. Der anvendes detaljerede beregningsmoduler og standarder til at definere, beregne, udforme og håndtere elementer og for at sikre den rette proportionering og armering i forhold til bæreevne, stabilitet, statik, spænd mv. Betonelement-Foreningen (BEF) har gjort en stor indsats for at udbrede brugen af elementer, bl.a. gennem udvikling af beregningssystemer og information.

Når elementerne er tegnet og dimensioneret opmåles og opbygges passende forme på store produktionsborde ud fra designets forskrifter af størrelse og eventuel plads til vinduer, døre etc. Armering indsættes og fabriksbeton blandes og udstøbes i formerne, der efterfølgende vibreres, se Figur 18. En elementfabrik vil som regel have faste installationer i form af portalkrane og transportbånd, der fører betonen frem til støbestedet. Betonelementerne ligger typisk natten over inden de kan afstøbes. Efter fremstilling transporteres elementerne, på specielle lastbiler, frem til byggestedet, hvor de monteres. Der fremstilles også elementer af letbeton, fx forskellige vægelementer og dæk, der produceres af letklinker.



Figur 17. Overfladedesign (frilægninger) på betonelementer (foto: Shuttestock og L.S. Rosholm hos Præfa Betonelement A/S, august 2016).



Figur 18. Udstøbning af betonelementer (foto: L.S. Rosholm hos Præfa Betonelement A/S august 2016).

5.3.3 Afløb

Afløbsprodukter omfatter afløbssystemer i form af brønde og kloakrør af beton. Betonrør har været anvendt i Danmark siden ca. 1915, og branchen har gennemgået en rivende udvikling både teknologisk og virksomhedsmæssigt. I 1960'erne var der omkring 250 betonfabrikker i Danmark (hovedsageligt mindre producenter af betonrør), hvilket i 2012 var reduceret til fem store fabrikker (Dansk Betonforening 2015). Konsolideringen af branchen har været drevet af konkurrence fra andre rørmaterialer som ler, plast og stål, som også har betydet en omfattende rationalisering og udvikling af produktionen, så der i dag fremstilles rør af ensartet kvalitet med en forventet levetid på over 100 år.

Betonrør og -brønde bruges til transport og opsamling af spildevand og regnvand. Fremstilling sker ved at tilslagsmaterialer, cement og vand blandes og udstøbes i forme til de forskellige produkter. Der produceres to forskellige betonrørssystemer i Danmark; Eurorør og ig-rør, med mindre forskelle på samlinger og mål. Standardrør og -brønde er ikke-armerede, men ved stor lægningsdybde eller høj trafiklast bruges armerede rør. Til de mest almindelige standardiserede størrelser kan der masseproduceres, men der er også mulighed for specialproduktion til specifikke formål.

Betonrørsbranchen leverer eksempelvis:

- Rør med diameter 150–2.500 mm. Både standard- og specialrør (forstærkede/armerede).
- Drejebraende med diameter 600–3.500 mm med faste eller tilpassede vinkeldrejninger.
- Sandfangsbrønde, målebrønde og specialbrønde med fx vandlåse.
- Brøndringe og dæksler med diameter fra 400–3.500 mm.

Produkter op til 40 ton fremstilles på betonvare-/rørfabrikker, hvorimod større produkter støbes på stedet eller fremstilles i mindre dele på fabrik og samles på stedet. Betonrør er tunge, men da energiforbruget til fremstilling af 1 kg rør-materiale kun er en brøkdel af de alternative rørmaterialer, som fx stål eller plast, viser miljøscreeninger og -vurderinger, at betonrør har favorable miljødata (Afløbsgruppen 2003).

Produktion af afløbsprodukter kræver kontrol-/certificeringsordninger, og der udføres over 50 forskellige kvalitetskontroller, som er specificeret i rørfabrikkernes kvalitetsstyringssystemer. Produktionen er herudover underlagt 3. partsovervågning af enten Dancert eller Bureau Veritas Certification. Et billede af nystøbte betonrør kan ses på Figur 19.



Figur 19. Nystøbte betonrør (foto L.S. Rosholm hos Gammelrand Beton A/S, august 2016).

5.3.4 Blokke

Blokgruppen omfatter udstøbnings- og letklinkerblokke, der benyttes som bygningsdele til fx fundamenter eller vægge. Udstøbningsblokke kaldes også fundablokke og anvendes som den nederste del af fundamentet til eksempelvis støttemure, staldbyggerier mv. Blokkene produceres på fuldautomatiske blokmaskiner. Da blokke normalt ikke medregnes i den bærende konstruktion, stilles der ikke specifikke krav til betonkvaliteten, ud over at blokkene skal have en indre styrke. Blokkene produceres i modulmål med en standardhøjde på 200 mm og en standardlængde på 500 mm, som passer ind i normale byggemål (Dansk Betonforening 2015). På Figur 20 ses et eksempel på betonblokke.

Letklinkerblokke er lette byggeblokke, der stables og opbygges til individuelle bygningsdele. I Danmark har letklinkerblokke været anvendt siden 1939, i starten mest til sekundære formål såsom isoleringsplader og småkonstruktioner inden for landbruget. Med tiden er de også blevet anvendt til ydermure i haller og industribyggeri og til skillevægge og mure i boligbyggeri samt til kældervægge. Blokkene fremstiles af cement, vand og det porøse tilslag letklinker og eventuelt sand. Blandingen udstøbes i forme i automatiske specialanlæg under samtidig komprimering og vibrering. Efter ca. et døgn's hærkning ved omkring 50

°C er blokkene klar til brug. Under processen kontrolleres det at styrke- og kvalitetskrav er opfyldt. Blokkene kan produceres i forskellige former og styrker afhængig af anvendelsen, men produceres ofte i standardmål så de passer med de normale byggemål og kan bruges i kombination med andre byggematerialer. Som tidligere nævnt har blokkene gode varmeisolerende egenskaber på grund af de tætliggende, fine luftblærer i letklinkerne og de luftfyldte hulrum mellem letklinkerkornene. Den åbne struktur med grove porer gør, at fugtsugningen meget lille og letklinkerblokke angribes ikke af råd, svamp eller insekter.



Figur 20. Betonblokke på lager (foto: L.S. Rosholm hos Thisted-Fjerrikslev Cementvarefabrik A/S, juni 2016).

5.3.5 Belægning

Belægningsgruppen omfatter betonsten og -fliser til belægning af fx industriarealer, veje, pladser, kantsten, trappesten og terrasser. Betonsten og -fliser har været benyttet i mere end 100 år og udgør i dag størstedelen af de belægninger, der lægges i Danmark. Brugen af betonsten tog fart mange steder efter 2. Verdenskrig, hvor teglsten blev efterspurgt til genopbygning af huse, og betonsten derfor overtog på veje og pladser. Der er gennem tiden blevet videreudviklet på både sten, produktion og kvalitet. Produktionen er blevet mere computerstyret, og der findes et stort udvalg af stenformer, farver, forskellig læggeteknikker og overfladebehandlinger.

Belægningssten har faste design-matricer og normgrundlag med begrænset variationsmulighed i forhold til form og mål. Belægningssten og -fliser fremstilles industrielt og forekommer i mange former, dog oftest rektangulære eller kvadratiske, se fx Figur 21. Udvikling

sker primært i relation til farve og overflade, der varierer efter mode og trends. Langt størstedelen fremstilles på betonvarefabrikker ved tørstøbning, hvor relativt tør beton fyldes i stålforme på specialmaskiner under tryk og vibrationspåvirkning. På grund af det lave vandindhold hærder stenene hurtigt, hvilket giver en effektiv udnyttelse af forme og maskiner.



Figur 21. Produktion af belægningssten (foto: L.S. Rosholm hos Betongruppen RBR A/S, juni 2016).

6. Betonbranchen

Erhvervsstyrelsen inddeler betonproducenter i følgende to kategorier med de tilhørende branchekoder:

- 1) 23.61.00: Fremstilling af byggematerialer af beton: omfatter fremstilling af fliser, plader, rør og piller af beton, men også større præfabrikerede bygningselementer, hvor hovedmaterialet er beton eller cement.
- 2) 23.63.00: Fremstilling af færdigblandet beton: omfatter fremstilling af færdigblandet og tørblandet beton og mørtel.

Branchefællesskabet Dansk Beton havde 46 medlemmer pr. juli 2016, der dækker omtrent 90% af den samlede betonproduktion i Danmark (Berrig, A. interview juni 2016). Medlemsvirksomhederne er med i en eller flere af Dansk Betons undersektioner (se Figur 15) afhængig af, hvilke produkter de producerer (Tabel 3). Nogle virksomheder producerer flere forskellige produkter og er derfor med i flere sektioner, og nogle har flere CVR-numre der opgøres særskilt. Ikke-medlemmer er typisk mindre virksomheder, der producerer betonvarer eller fabriksbeton til et mindre lokalområde.

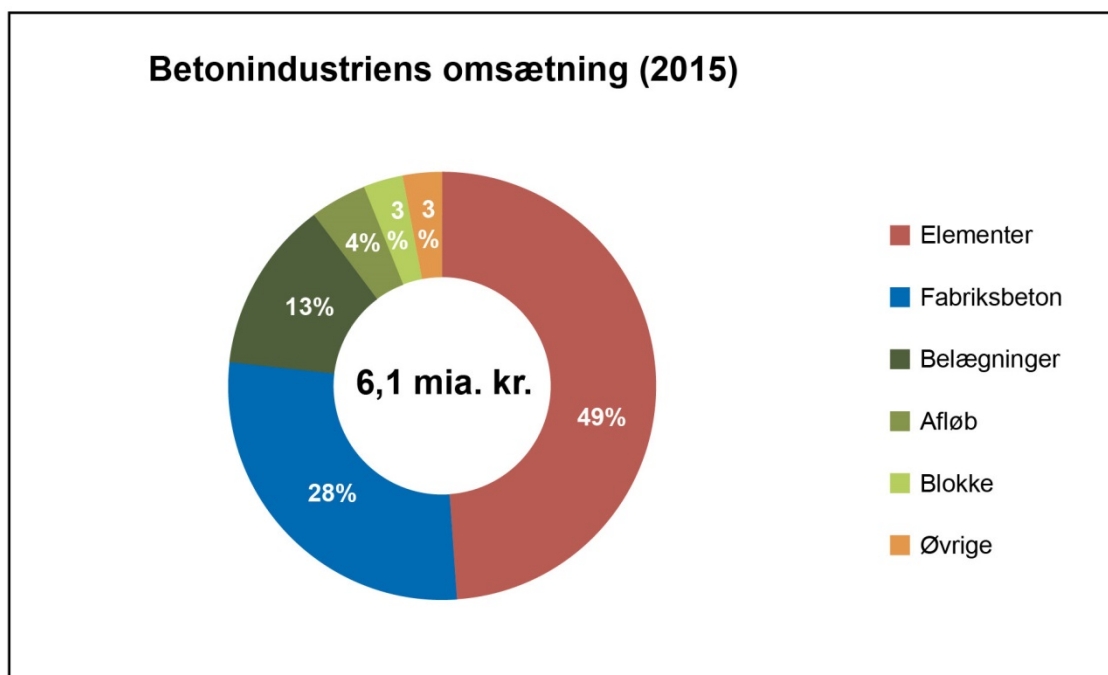
Betonsektionernes fordeling i 2015 opgjort efter hhv. omsætning og produktionsmængder er illustreret i Figur 22 og Figur 23

Farvekoder i Tabel 3 refererer til sektioner i Dansk Beton og indgår i efterfølgende figurer.

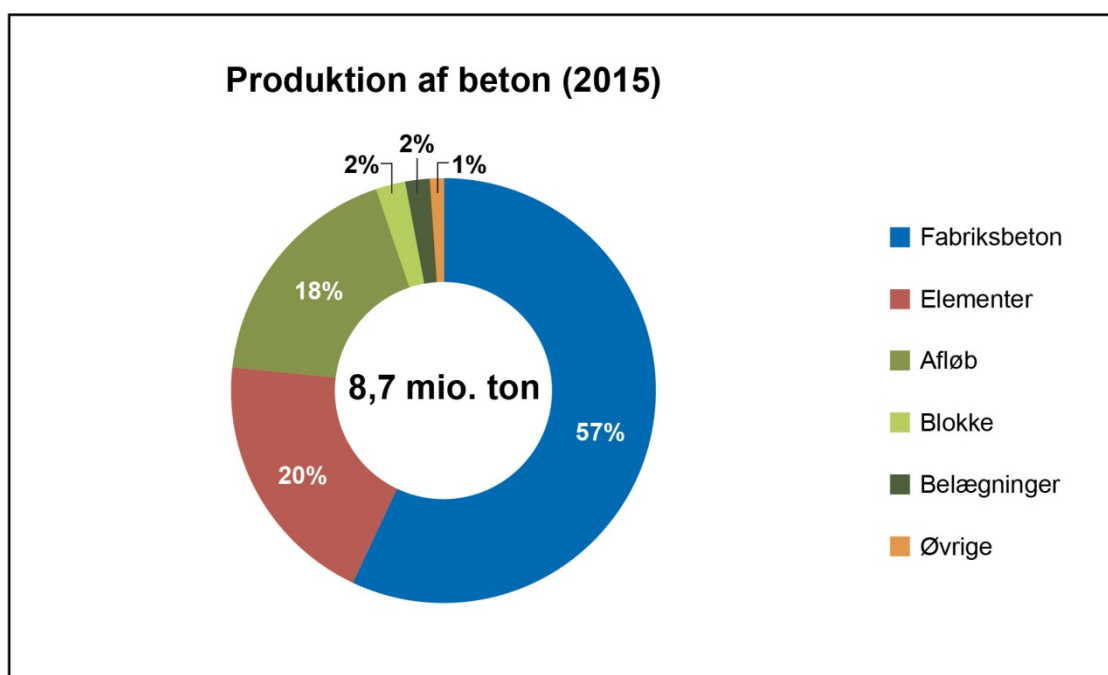
Tabel 3. Oversigt over Dansk Betons medlemmer i de fem undersektioner i 2016¹⁶. Bemærk at en del virksomheder er medlem af flere sektioner.

Sektioner	Medlemsvirksomheder	Antal virksomheder opfattet af undersøgelsen
Fabriksbeton	13	8
Elementer	24	9
Belægninger	16	9
Afløb	12	5
Blokke	4	4
Dansk Beton i alt	46	19
Udenfor Dansk Beton	-	3

¹⁶ Antallene angiver, hvor mange forskellige brands/virksomheder der fremgår af gruppernes medlemslister fundet på www.danskbeton.dk. Hvis der er flere fabrikker, der går under samme brand/virksomhedsnavn, er de ikke talt med enkeltvis, selvom de fremstår som enkelte medlemmer.



Figur 22. Betonsektionernes fordeling efter omsætning i 2015 (Dansk Beton).



Figur 23. Betonsektionernes fordeling efter produktionsmængde i 2015 (Dansk Beton).

Som det ses af Figur 23 produceres fabriksbeton i de største mængder og udgjorde i 2015 57% af den samlede betonproduktion. Derimod har elementsektionen langt den største omsætning på trods af mindre produktionsmængde end fabriksbeton, hvilket ses af Figur 22 og Figur 23. Elementer har altså en stor enhedsværdi, hvilket hænger sammen med, at

elementproduktion inkluderer hele processen fra design på tegnestue til blanding og udstøbning af beton, og for nogle virksomheder også montering.

Producenter af fabriksbeton og betonelementer er ofte specialiserede i det enkelte produkt, og de to sektioner er markant forskellige på en række områder som fx produktions- og markedsforhold. Afløbs-, blok- og belægningsprodukter har derimod sammenlignelige produktions- og markedsforhold, og virksomhederne producerer ofte flere af disse varegrupper på samme fabrik. Eksempelvis har alle producenter af afløbsprodukter også produktion af enten blokke eller belægning. Blokke og belægninger har sammenlignelige normkrav og produktionsteknik, og der produceres typisk mange ens standardprodukter med relativt lille værdi (Berrig, A. interview juni 2016). I brancheforeningen Dansk Beton er der derfor relativt stort overlap af virksomheder i netop disse tre undergrupper, og for overskueligheden skyld er de i denne rapport slået sammen under benævnelsen *betonvarer*. I overensstemmelse med dette inddeles betonbranchen i denne rapport i *tre* overordnede grupperinger; 1) *fabriksbeton*, 2) *betonelementer* og 3) *betonvarer*, der afspejler en række markante forskelle i branchen. Virksomhederne er typisk specialiserede indenfor en af de tre produktgrupper, mens nogle dækker bredt med produktion af flere forskellige, fx fabriksbeton og betonvarer. Sidstnævnte kaldes i denne rapport for kombi-producenter.

De følgende afsnit bygger hovedsageligt på data indsamlet gennem interviews med virksomheder i branchen. Undersøgelsen har søgt at opnå en bred repræsentation og geografisk spredning ved at dække virksomheder af forskellig størrelse og type fordelt over hele landet. De udførte interviews omfatter i alt 22 producenter med repræsentanter inden for alle betonsektioner. I alt 18 af disse er mere eller mindre specialiserede (bemærk at betonvareproducenter dækker over flere produkttyper), mens fire er kombi-producenter (se Tabel 4). Fordelingen af interviews fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Fordeling af undersøgelsens 22 virksomheder efter betonens produktionstype.

Udførte interviews	Virksomheder (specialiserede)
Producenter i alt	22 (18)
Fabriksbetonproducenter	6
Betonelementproducenter	7
Betonvareproducenter	5
Kombi-producenter	4

6.1 Branchens virksomheder

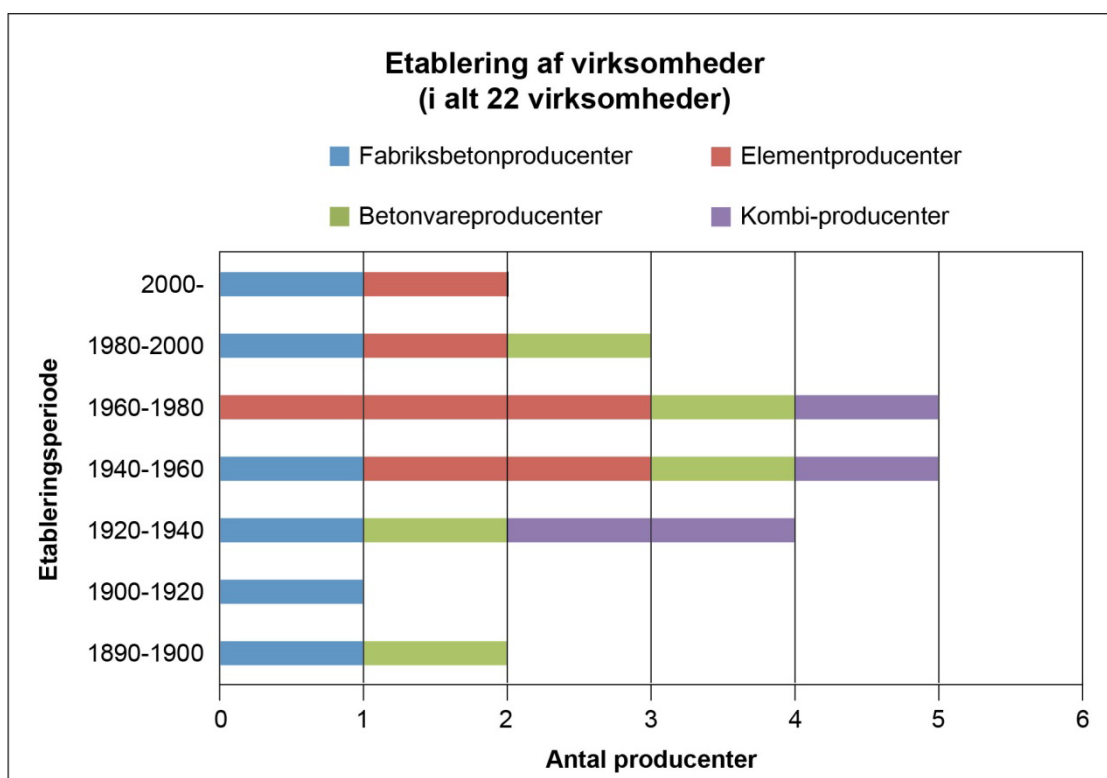
Historisk er det betonvarefabrikkerne, der har rødder længst tilbage i tiden i Danmark. I takt med industrialiseringens indtog oplevede dansk industri en rivende udvikling og fremgang, og betonbranchen tog hurtigt fart. De tidlige producenter var relativt små virksomheder og langt fra så specialiserede som nutidens. De havde ofte et bredt sortiment af betonvarer, og produktionen var typisk en bibeskæftigelse ved siden af andre aktiviteter såsom entreprenør- eller murerarbejde (DBI 2005).

I den spæde begyndelse var betonbranchen præget af hårdt manuelt arbejde, men allerede fra starten af 1900-tallet blev maskiner udviklet og forbedret af maskinproducenterne. I 1920'erne begyndte blandemaskiner af vinde frem, hvilket forbedrede kvalitet og sikrede større ensartethed af produkterne. En del nye virksomheder blev grundlagt og i løbet af 1920'erne og 1930'erne skærpedes konkurrencen på det danske betonmarked (som beskrevet i kapitel 4). Stampemaskiner blev løbende effektiviseret med tiltagende slag pr. minut, og i løbet af 1930 og 1940'erne blev vibrationsbaseret støbning langsomt mere udbredt (DBI 2005). Fra omkring 1940 blev en mere industriel produktion normalt, og det hårde manuelle arbejde blev udfaset. Fliser og andre betonvarer blev typisk fremstillet på vibrationsborde, mens elementer blev produceret med plade eller stavvibratorer. Desuden blev det tunge manuelle arbejde i forbindelse med transport og læsning efterhånden reduceret ved hjælp af motorkærrer, trucks og kraner (DBI 2005).

Efter 2. Verdenskrig kom der stor vækst i industri og erhverv, og især igennem 1950'erne og 1960'erne gik det hurtigt med nyt udstyr og forbedrede maskiner, hvilket øgede effektiviteten og ikke mindst kvaliteten. I løbet af 1960'erne tog den industrielle produktion af beton fart i Danmark, og der blev opført et betydeligt antal store, industrielle anlæg til betonblanding for at efterkomme den stigende efterspørgsel (Dansk Betonforening 2015). Det var også i denne periode, at mange elementfabrikker blev grundlagt. I midten af 1960'erne var betonbranchen på sit højeste med ca. 420 producenter i landet. Branchen har herefter været præget af specialisering og koncentration med en udvikling mod færre, større og mere specialiserede virksomheder. I løbet af 1970'erne og 1980'erne var markedet præget af nedgangstider, og mange mindre producenter måtte enten bukke under eller lade sig opkøbe.

Udviklingen er afspejlet i Figur 24, der viser, hvornår producenterne omfattet af nærværende undersøgelse blev grundlagt. Det ses, at næsten halvdelen (9/22) er etableret mellem 1940 og 1980, hvor der generelt var opgangstider i branchen. Det ses også, at betonvareproducenterne typisk er af ældre dato, og at mange er grundlagt mellem 1920 og 1940, hvor der var godt gang i branchen. Elementproducenterne er typisk etableret i 1950'erne og 1960'erne, hvor det effektive elementbyggeri blev populært. Derimod er der siden 2000 kun startet to nye virksomheder, hvilket afspejler tendensen af konsolidering og koncentration.

Flere af de nuværende producenter er startet som mindre familieejede virksomheder. Omtrænt halvdelen har siden deres grundlæggelse ændret aktiviteter eller produkttype gennem enten opkøb, frasalg eller ændring af produktionen. Nogle har samarbejdet med andre lokale aktører og er med tiden blevet lagt sammen for at klare sig og stå stærkere; andre har udvidet gennem opkøb. Fra at være en branche præget af mindre familievirksomheder spredt ud over landet med betonproduktion primært til lokalområdet, er branchen løbende blevet mere konsolideret via opkøb og fusionering, sådan at de enkelte producenter i dag er langt større og har en bredere geografisk udbredelse. Tendensen til konsolidering hænger sammen med, at branchen over tid er blevet mere kompleks, og at kravene til produktionen er blevet skærpet. Dette har medført et stigende behov for investeringer til nye maskiner for at følge udviklingen, og der er løbende kommet mere lovgivning og nye krav til certificeringer, dokumentation, processer mv. Disse faktorer har både krævet mere arbejde og større økonomisk råderum, og en vis størrelse har været nødvendig for at kunne følge med (Berrig, A. interview juni 2016).



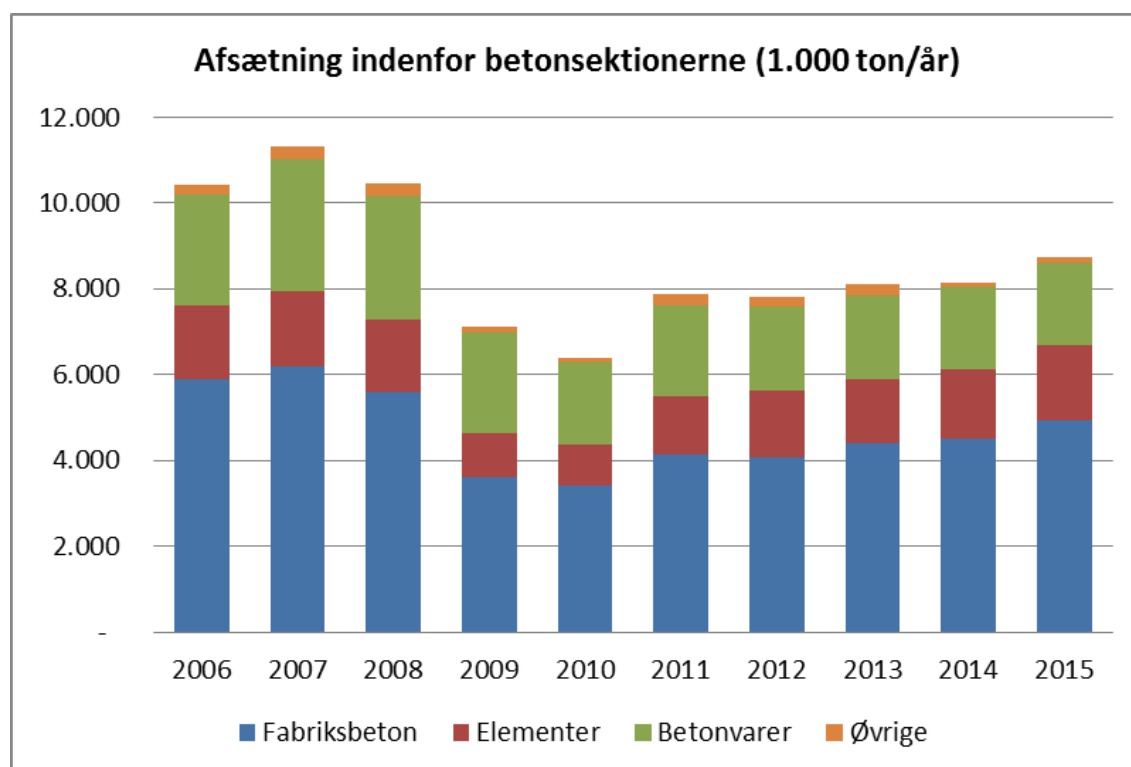
Figur 24. Periode for etablering af virksomhederne i undersøgelsen (data stammer fra de udførte interviews).

Tendensen afspejles også af brancheforeningens medlemstal. Fra omkring 240 producenter i 1960'erne havde DBI omkring 90 medlemmer i 1990, og i dag er brancheforeningen Dansk Betons medlemstal under 50. Denne nedgang af medlemmer afspejler primært de strukturelle ændringer i branchen og er ikke udtryk for produktionsmæssig nedgang. Produktionen har tværtimod været stigende fra 1950'erne og frem til den økonomiske krise i 2007–2008. Krisen satte dybe spor i branchen med dykkende produktion og omsætning frem til 2010 som illustreret i Figur 25 og Figur 26. Mange virksomheder måtte skære drastisk ned på antallet af ansatte, og en del fabrikker blev lukket eller opkøbt i årene efter krisen. Siden 2010 har produktionen igen været stigende, men er endnu ikke helt oppe på niveauet før krisen (se Figur 25). Over halvdelen af producenterne, omfattet af denne undersøgelse, nævner en støt stigende vækst i de senere år. Især indenfor elementproduktion opleves stor efterspørgsel med lange ventetider til følge. Over halvdelen af producenterne omfattet af denne undersøgelse (12/22) oplever stigende omsætning, mens resten enten har stabil eller svingende omsætning.

Den generelle globalisering af erhvervslivet, med større frihandel og mere åbne grænser, har også haft indflydelse på den danske betonbranche. Fem af producenterne omfattet i undersøgelsen er ejet af store udenlandske koncerner, hvoraf de fire er blevet opkøbt mellem 2000 og 2010. De store koncerner spænder ofte over en lang række aktiviteter og segmenter indenfor forsynings-, industri- og byggevirksomhed og har ofte søsterselskaber og mange lokaliteter nationalt og internationalt. Størstedelen af betonproducenterne er dog danske virksomheder, ofte familieejede, hvor ejerskabet gives videre gennem generationsskifte.

6.1.1 Lokalisering og afsætning

Traditionelt har betonfabrikker været placeret i nærheden af en grusgrav for at have adgang til tilslagsmaterialer. I dag er der dog kun få virksomheder tilbage med denne opbygning, herunder tre virksomheder omfattet af denne undersøgelse. Dette skyldes bl.a., at grusgrave udtømmes over tid. I dag er det derfor vigtigere at virksomheden er placeret tæt på hovedveje, så både tilslagsmaterialer og produkter kan transporteres (Berrig, A. interview juni 2016).

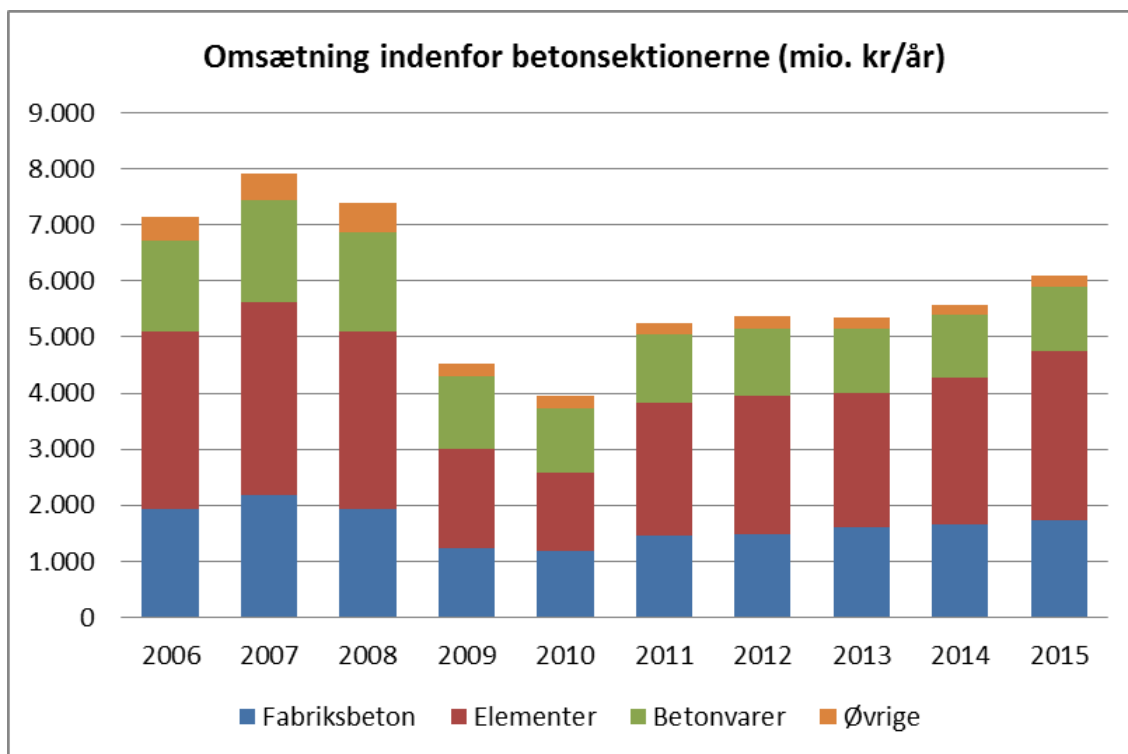


Figur 25. Afsætning indenfor betonsektionerne fra 2006–2015 (Dansk Beton 2016).

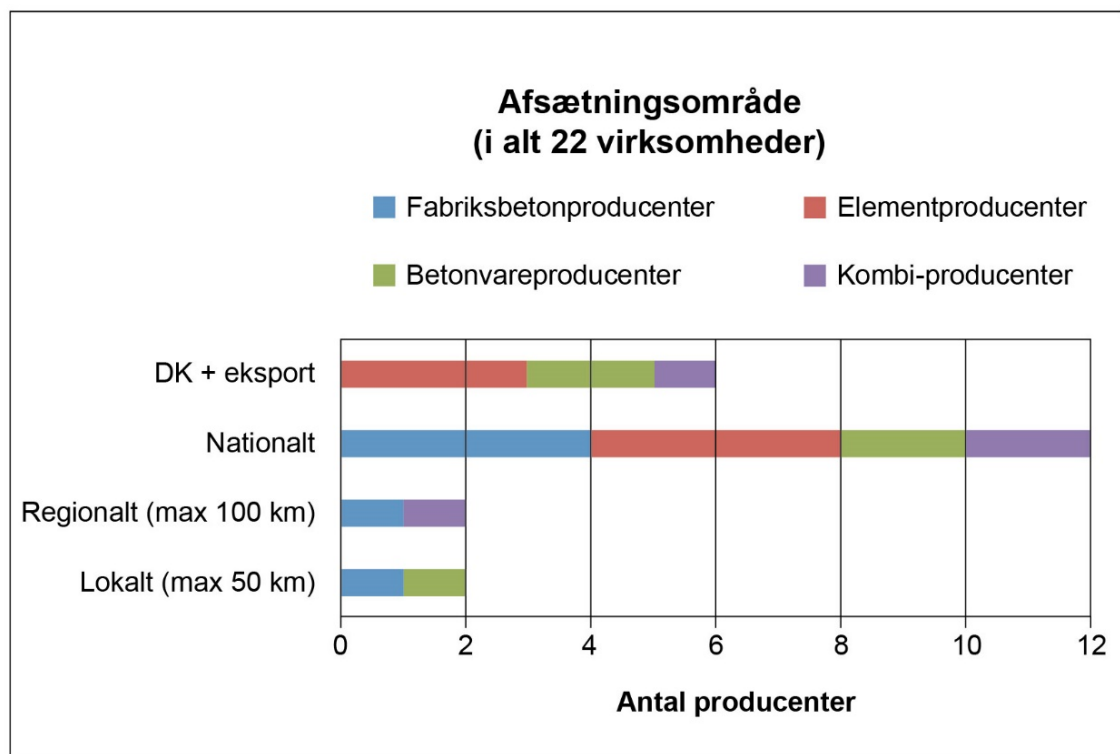
Som nævnt er betonproducenterne med tiden blevet større og mere landsdækkende. Betonproduktion er både afhængig af konjunkturerne i byggeaktiviteten og af at have den rigtige placering i forhold til kunder og råstoffer for på denne måde at minimere transportomkostningerne. For fabriksbeton er den maksimale transportafstand desuden begrænset af, at betonen skal nå frem til brugerne inden den begynder at størkne. For at afbøde konjunkturfølsomhed over for lokale udsving i byggeaktiviteterne, søger mange virksomheder at dække et stort geografisk område. Langt de fleste producenter (18/22) afsætter derfor produkter i hele landet som illustreret i Figur 27.

Beton anvendes af mange forskellige brugere, særligt indenfor bygge- og anlægssektoren; men der afsættes dog også betydelige mængder til det private marked og håndværkere. Langt de fleste producenter sælger direkte til større eller mindre byggeentreprenører. Ni af de interviewede virksomheder sælger til byggemarkeder, tømmerhandler og trælastere; otte sælger direkte til håndværksvirksomheder som anlægsgartnere, murer- og betonmestere, mens fem, typisk mindre producenter, sælger til landmænd og private. Halvdelen af produ-

centerne (11/22) laver kontrakter eller prisaftaler med kunderne, typisk for et år ad gangen. En del producenter byder desuden selv ind ved udbud på forskellige byggeprojekter.



Figur 26. Omsætning indenfor betonsektionerne fra 2006–2015 (Dansk Beton 2016).

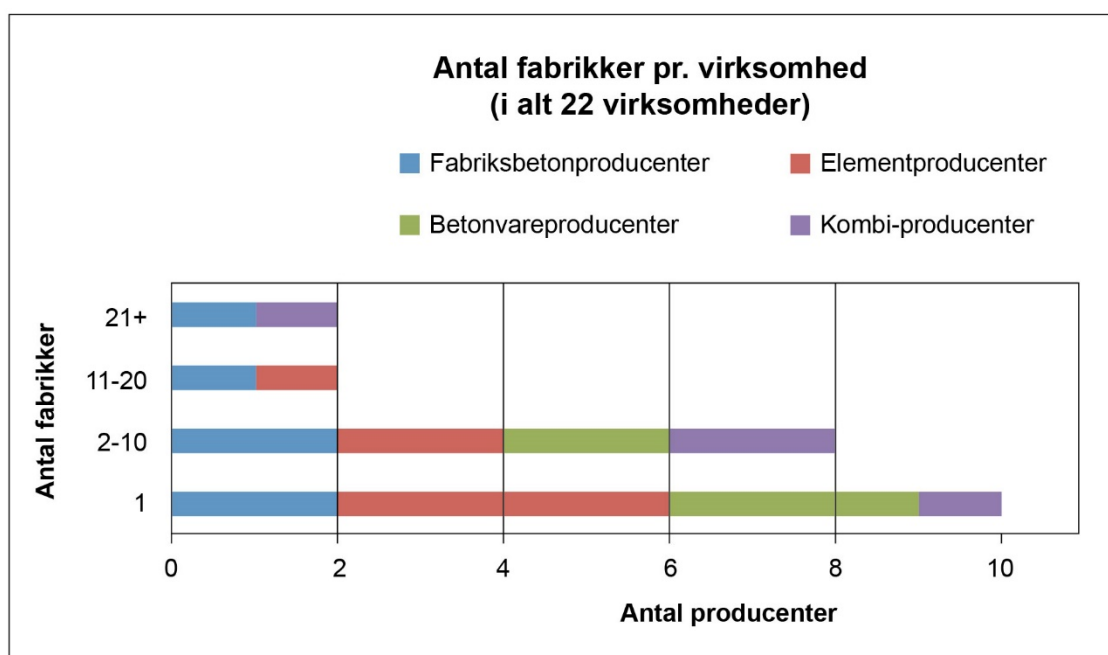


Figur 27. Afsætningsområde for virksomhederne omfattet af undersøgelsen.

Over halvdelen af producenterne (12/22) har let ved at afsætte deres produkter. Især elementproducenter oplever stor efterspørgsel og har ofte lange ventelister. De fleste producenter understreger at relationer, tillid og at bibeholde et godt ry spiller en vigtig rolle i branchen. Mange virksomheder oplever, at det er de samme kunder der henvender sig gang på gang, hvorfor det at have et godt ry, blive anbefalet og skabe sig et navn, er vigtigt for at opretholde sin kundekreds.

Fabriksbetonproducenter

Geografiske faktorer som afstand og placering er essentielle parametre for fabriksbeton-segmentet. På grund af transportbegrænsningen skal fabriksbeton produceres lokalt, og fabrikkerne er derfor helt afhængige af byggeaktiviteten i det lokalområde, hvor de befinder sig. Fabrikker er derfor ofte placeret i nærheden af større byer og tæt på hoved- og motorveje for at have let tilgang til transport. Der er en del af fabriksbetonproducenterne, der afsætter i hele Danmark (4/6), hvilket hænger sammen med, at disse virksomheder har fabrikker i hele landet. På grund af den begrænsede transportafstand har de fleste fabriksbetonproducenter flere fabrikker pr. virksomhed, mens virksomhederne i de andre sektioner typisk har én eller få fabrikker; dette ses i Figur 28. Markedet for fabriksbeton er mere dynamisk betinget af byggeaktiviteten i forskellige områder, og fabrikker kan åbne og lukke i forskellige perioder. Der er derfor også stor intern konkurrence mellem fabriksbetonproducenter, især når der er flere fabrikker i samme lokalområde, hvilket ofte er tilfældet.



Figur 28. Antal fabrikker pr. virksomhed.

Elementproducenter

Elementproducenter har typisk én enkelt fabrik, som det ses i Figur 28. Den høje enhedsværdi af elementer giver mulighed for at transportere produkterne længere. Som vist i Figur 27 afsætter alle elementproducenter, omfattet af undersøgelsen, i hele landet, og tre har desuden eksport. Konkurrencen indenfor elementsektionen er derfor landsdækkende, og producenter byder ind på byggeprojekter i hele landet. Geografisk udbredelse er mindre

vigtig end i de andre betonsektioner og elementproduktion er typisk koncentreret i Midt- og Nordjylland, hvor ekspertisen findes, og hvor omkostninger i forhold til arbejdskraft og placering er mindre. Derudover er der generelt bedre plads til de store produktionsenheder. Inden for elementproduktion er der to hovedstrategier. De større virksomheder producerer typisk 'hele pakken', det vil sige alle de forskellige elementer, der er nødvendigt for at bygge fx et helt hus (både dæk, vægge, trapper, facadeelementer etc.). Andre virksomheder specialiserer sig i enkelte dele af pakken, eksempelvis dæk eller vægproduktion, og handler med andre producenter for at købe de resterende elementer, der skal bruges til en byggeopgave. Der laves således aftaler på tværs af virksomhederne for at levere en samlet pakke. De fleste elementproducenter nævner, at der er høj grad af samarbejde, samhandel og også tillid i branchen, hvilket historisk har været en vigtig del af arbejdet inden for Betonelement-Foreningen (Berrig, A. interview juni 2016). Elementproducenterne melder generelt om høj produktion og lette afsætningsforhold i 2016, og flere har meget lange ventetider.

Betonvareproducenter

Betonvareproducenter har typisk en eller få fabrikker og er placeret over hele landet. Markedet for betonvarer er ikke så dynamisk som for fabriksbeton, dog er en del af de mindre fabrikker lukket ned gennem årene, mens produktionen er blevet udvidet og koncentreret på færre enheder. For producenter af betonvarer er det vigtigt at sikre ensartede produkter, samt at udvikle nye med fokus på form, størrelse, anvendelighed og udtryk. Mange betonvarer har mulighed for standardiseret og automatiseret produktion og har også ofte lavere normkrav. Enhedsværdien er tilsvarende lav, og produktionsmængder og priser er derfor vigtige konkurrenceparametre. De store butikskæder af tømmer- og byggemarkeder er store kunder af betonvarer og sikrer ofte en vigtig og stabil afsætning. Producenter er i konkurrence med importerede varer fra lande, hvor produktionsomkostninger og arbejdskraft er billigere.

Outsourcing og eksport

Otte af de 22 producenter har produktion i udlandet. Outsourcing sker hovedsageligt inden for elementsektionen, hvor produktionen er flyttet til eksempelvis Polen eller Tyskland for at holde omkostningerne nede. Herfra importeres en del af produkterne til Danmark. Nogle virksomheder har fabrikker i udlandet, der primært producerer til hjemmemarkedet. For fabriksbeton er outsourcing mindre oplagt på grund af transportbegrænsningen. For betonvarer er det begrænset, hvor meget transport der er rentabel i forhold til den relativt lave værdi for produkterne, men nogen eksport af eksempelvis nicheprodukter finder sted. Seks af de 22 producenter omfattet af undersøgelsen eksporterer beton, men ofte fylder eksporten kun en mindre del (under 5%). Eksporten er primært begrænset af konkurrencen fra andre lande, hvor produktionen er billigere.

6.1.2 Markedsforhold

Over halvdelen af producenterne (14/22) nævner, at de oplever stor konkurrence. De gennemgående konkurrenceparametre er pris, kvalitet, service og leveringssikkerhed. Betonbranchen er præget af skiftende mode og trends, både samfundsmæssigt, i forhold til byggeteknik og standarder, og ikke mindst i forbindelse med fremtoning, æstetik og design, der

løbende forandres. I mange tilfælde har ændringerne betydning for valget af råstoffer, som fx i forbindelse med specifikke krav til overflader, holdbarhed eller farver, der kan ændres gennem tilslagets sammensætning.

Markedet for beton er stærkt afhængig af byggeaktiviteten, der løbende ændrer sig, fx i forhold til hvordan og hvad der bygges, hvilke boligformer der vinder frem, og hvilke industrier og sektorer, der er i vækst eller nedgang. Når der eksempelvis er vækst indenfor landbruget medfører det stigende efterspørgsel på landbrugsbyggerier, siloer, etc. I forbindelse med boliger bygges der generelt flere etage- og højhuse i dag, hvor der tidligere blev bygget mange villaer og parcelhuse. Dette har bl.a. betydning for producenter af belægningssten og blokke, da der er mindre brug for blokke til fundament og langt mindre belægningsflader pr. hus/byggeri.

Generelt er der kommet et større behov for specialløsninger på en lang række felter, ikke mindst i forhold til farver, egenskaber, konstruktionstyper, leveringsformer, kvaliteter mv. Produktudvikling og innovation er vigtige for at skabe nye produkter med nye og forbedrede egenskaber eller ændret fremtoning. Dertil kommer desuden nye anvendelsesmuligheder, og der er løbende brug for nye løsninger som fx permeable flader i forbindelse med skiftende vejforhold.

De fleste betonproducenter er forholdsvist specialiserede til et enkelt produkt og en bestemt type aktivitet. Flere producenter af betonvarer samt kombi-producenterne følger dog en diversificerings-strategi, hvor der produceres flere forskellige slags produkter. Ved at diversificere produktionen og dække bredt, sikrer virksomhederne sig mod den svingende efterspørgsel. En nedgang i markedet for fx afløbsprodukter et år, kan således balanceres gennem efterspørgsel på andre produkter. Derudover har flere virksomheder aktiviteter indenfor andre segmenter af værdikæden, hvilket kaldes *vertikal integration*. Seks af de 22 producenter omfattet i undersøgelsen har eksempelvis indvindingsaktiviteter. Fire af disse er selvforsynende eller får størstedelen af deres råstofforsyning fra egen indvinding. Typisk udgør råstofindvinding i sig selv kun en mindre del af den samlede omsætning og fortjeneste, hvorimod betonproduktion fylder en større del af forretningsgrundlaget. Otte virksomheder er vertikalt integreret i forbindelse med anvendelse af betonprodukter, primært i form af montering af varer eller elementer. Ingen af virksomhederne bruger dog udelukkende egne montører til alle opgaver.

6.2 Udfordringer

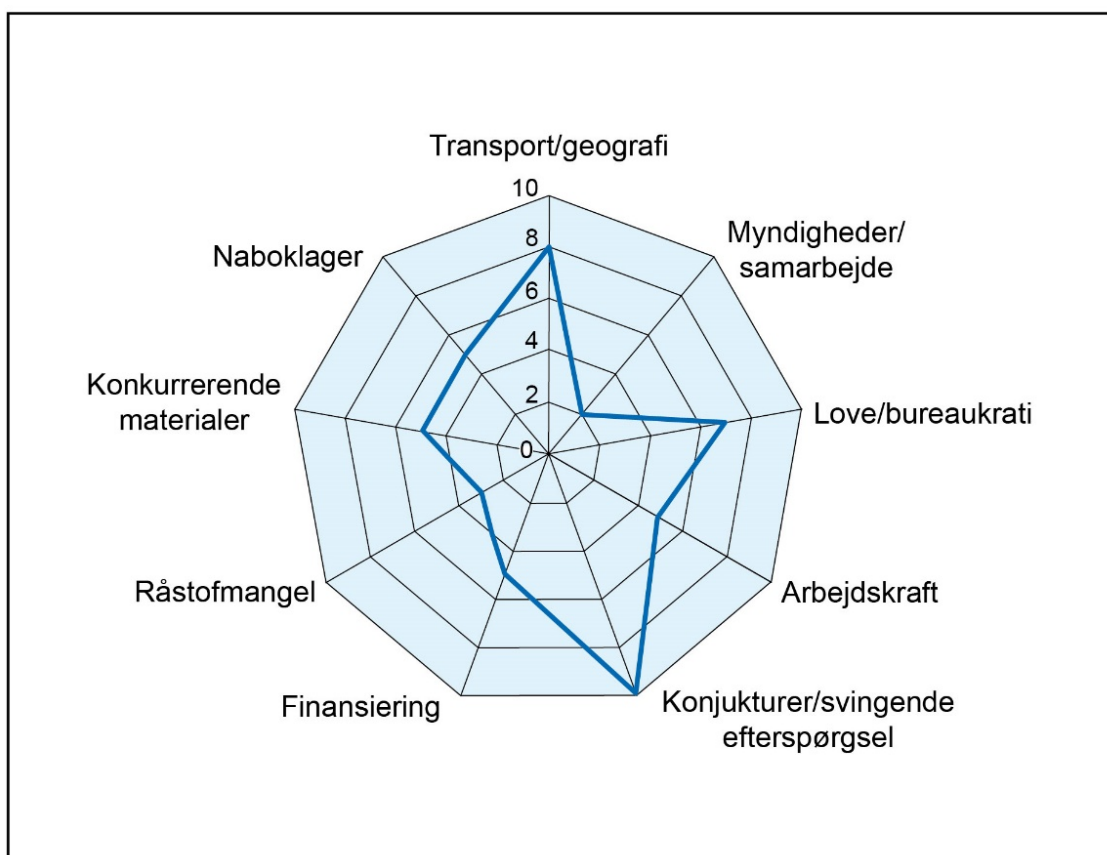
Alle virksomheder omfattet af undersøgelsen blev spurgt om, hvilke udfordringer eller begrænsninger de stod overfor. Spørgsmålet var formuleret åbent uden fastsatte svarkategorier. Svarene er efterfølgende blevet kategoriseret i forskellige temaer og er illustreret i Figur 29. Virksomhederne kunne nævne aspekter indenfor flere forskellige temaer.

Ni virksomheder nævner udfordringer i forbindelse med *transport og geografi*, eksempelvis transportafstande, slid på veje, mangel på mere velegnet infrastruktur til fragt af tilslagsmaterialer såsom godstogsforbindelser eller manglende mulighed for losning på søpladser. Transport er en integreret del i 10 af virksomhederne, herunder alle producenter af fabriks-

beton, hvor logistik udgør en vigtig del. De resterende bruger primært eksterne vognmænd til transport af materialer og produkter. Vognmænd spiller derfor en vigtig rolle som medlem og samarbejdspartner.

Kun to producenter oplever udfordringer med *myndigheder*, såsom manglende politisk vilje/fokus, velvillighed overfor industrien eller samarbejde på tværs af regioner/kommuner. Syv virksomheder nævner udfordringer i forbindelse med *lovgivning og bureaukrati*, eksempelvis ændringer af regler, stigende krav, øget fokus på arbejdsmiljø og sikkerhed og manglende omstillingsparathed i forbindelse med ændringer.

Fem aktører oplever mangel på *arbejdskraft* og ekspertise, både i produktionen på fabrikker, til udstøbning på byggepladser samt til projekterings- og arkitektarbejde. Nogle producenter er i stor stil afhængige af udenlandsk arbejdskraft. Forholdene hænger sammen med, at betonbranchen i høj grad bygger på 'tavs' viden og erfaring. På trods af den høje grad af computerstyring og digitalisering i produktionen er der behov for stor indsigt i de forskellige variationer, der kan spille ind. Viden er ofte koncentreret på få nøglepersoner, der kan afstemme maskiner manuelt efter klima, temperatur, fugtighed, råstoffer osv. Der findes arbejdsmarkedsuddannelse (AMU) som betonmager inden for betonvarer og -elementer, men generelt er uddannelsesmulighederne begrænsede (Berrig, A. interview juni 2016). Oplæring sker typisk som sidemandsoplæring mellem mester og elev. Inden for fabriksbeton er det ofte chauffører, der bliver oplært af en tidligere mester.



Figur 29. Betonproducenternes udfordringer/begrænsninger, tematiseret på baggrund af interviewundersøgelse.

Ti virksomheder nævner den *svingende efterspørgsel* som en udfordring, især i forbindelse med økonomiske *konjunkturer*, men også i forbindelse med sæsonvariationer og generelt mangel på skalérbarhed og fleksibilitet af produktionen. Fem nævner begrænsninger i forbindelse med *finansiering* af forskellig art, eksempelvis til opstart eller i forhold til adgang til penge til investeringer, eller for store omkostninger til afgifter og leje. Det er generelt svært at starte en virksomhed op fra bunden indenfor betonproduktion, og der er meget få nystartede virksomheder (to indenfor de sidste 10 år). Det kræver massiv startkapital til investeringer samt erfaring, kundekreds og relationer (Berrig, A. interview juni 2016). Det kan også være svært at få de godkendelser og certificeringer, der skal til for at komme på markedet.

Blot tre producenter nævner *råstofmangel* som en begrænsning, hvilket hænger sammen med, at man i branchen har stor fokus på at sikre råstofressourcen gennem længerevarende kontrakter og leverandørforbindelser. Desuden er der over mange år i vid udstrækning benyttet importerede råstoffer til at dække behovet for især råstoffer i høje miljøklasser. Dette er således et fælles vilkår for virksomhederne i branchen og opleves derfor ikke som et decideret problem. Disse aspekter behandles nærmere i kapitel 9.

Fem producenter oplever udfordringer i forbindelse med *konkurrerende materialer*. Byggeskikke og modeluner har, som beskrevet, stor betydning for, hvilke produkter og materialer der efterspørges. Belægningsproduktion er fx i konkurrence med granitsten, der nogle gange foretrækkes på grund af æstetik eller bedre holdbarhed. Afløbsprodukter i beton er i stærk konkurrence med materialer i plast, der løbende udvikles og forbedres. Generelt er der konkurrence mellem fabriksbeton og elementer til forskellige dele af byggeriet, da det afhænger af byggeskikken, om man støber på stedet eller på fabrik.

Fem producenter nævner desuden problemer i forbindelse med lokale borgere i form af eksempelvis *naboklager* eller stridigheder, typisk i forbindelse med støv, støj og transport.

7. Tilslagsmaterialer

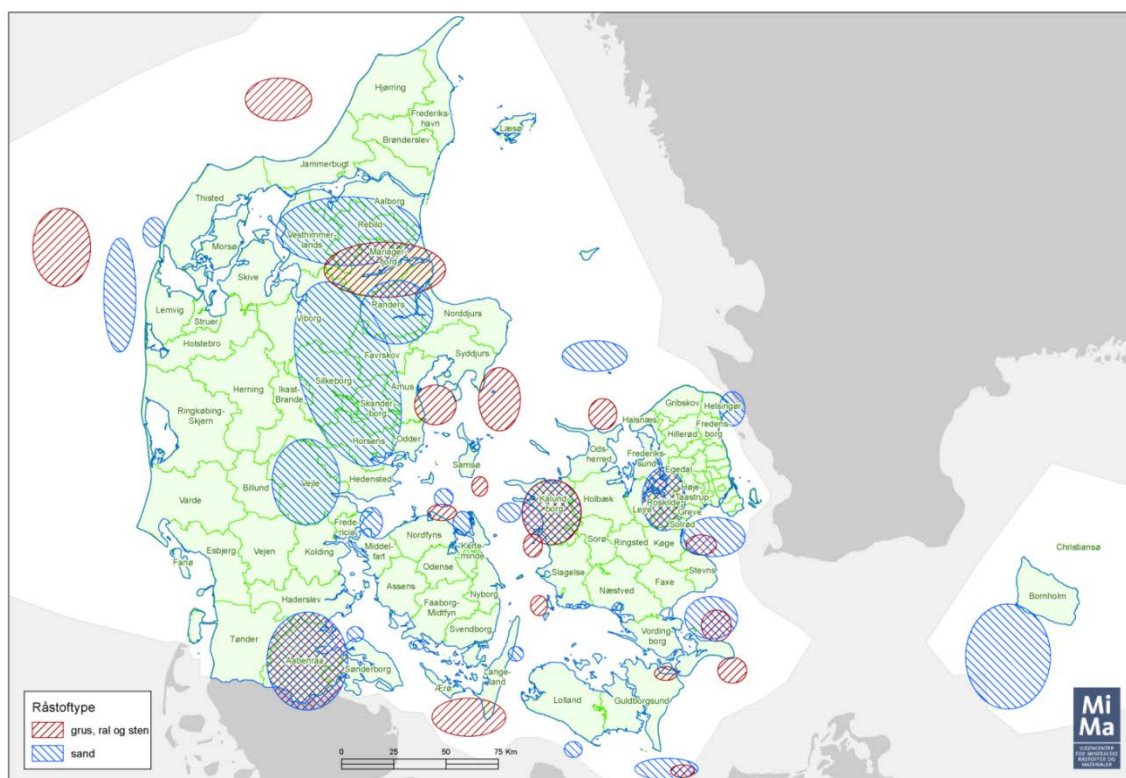
Som omtalt er den største bestanddel af beton tilslagsmaterialerne sand og sten. Disse materialer findes i store mængder mange steder i verden. Også i Danmark findes der store mængder tilslagsmaterialer, der indvindes fra grusgrave på land og fra marine områder i udvalgte dele af de danske farvande. Kvaliteterne af disse råstoffer er varierende, og det er langt fra alle råstoffer, der opfylder de materialekrav, der stilles til betontilslag.

Geologer, indvinderne på land og marine indvinderne anvender forskellige nomenklaturer for sand, grus og sten. Disse forskelle vanskeliggør præcise opgørelser af ressourcerne, og de mængder der indvindes. I nedenstående gennemgang af resourcegrundlaget for sand, grus og sten er geologernes definitioner anvendt.

Generelt har indvindingen på land ligget forholdsvis stabilt på mellem 20–30 mio. m³ pr. år i de sidste knap 40 år med årlige udsving knyttet til den samfundsøkonomiske udvikling (NIRAS 2014). I 2014 blev 86% af den samlede mængde råstoffer indvundet på land og 14% fra havbunden. De landbaserede råstoffers andel af det samlede råstofforbrug har ligget mellem 79–89% i perioden 1994–2009 med en faldende tendens, som følge af en stigende indvinding af materialer fra de marine områder (NIRAS 2014).

Den geografiske fordeling af indvindingen er illustreret i Figur 30. Der er flere faktorer der har indflydelse på, hvad der indvindes i forskellige områder. De væsentligste faktorer er (fra MiMa 2016):

- Den regionale geologi er den afgørende faktor for, hvilke typer, størrelser og kvaliteter af tilslagsmaterialer, der kan produceres. Også overjordsmægtighed og grundvandsspejl er afgørende for, om råstofferne overhovedet kan indvindes.
- Arealanvendelse har, både på land og i marine områder, afgørende betydning for, om råstoffressourcerne er tilgængelige for indvinding.
- Efterspørgsel fra nærliggende virksomheder og brugere har også betydning for, hvad der indvindes og afsættes.
- Priser og konkurrenceforhold mellem land og de marine områder har indvirkning på, hvorledes indvindingen fordeler sig. Priserne har betydning for de afstande, det er rentabelt at transportere råstofferne.
- Infrastruktur og muligheder for transport fra råstofgrave og havnepladser har betydning for den lokale og regionale indvinding af sand, grus og sten.
- Miljø- og kulturforbehold kan medføre begrænset indvinding i visse områder på grund af interessen for at sikre særlige natur- eller kulturværdier i landskabet.
- Ejerforhold kan påvirke indvindingsmulighederne, da det på privat grund er op til jordejeren at afgøre, om der skal indvindes råstoffer eller ej.



Figur 30. Den geografiske fordeling af indvindingen af tilslagsmaterialer (MiMa 2016).

Muligheden for indvinding er desuden begrænset af årlige sæsonvariationer, da det i de hårdeste vintermåneder kan være svært at indvinde på grund af frost, hvorimod højsæsonen er forår og sommer. Udover disse faktorer spiller lovgivning og råstofplaner en betydelig rolle for, hvordan indvindingen fordeler sig, som beskrevet i det følgende.

7.1 Regulering

Indtil starten af 1970'erne var regulering og lovgivning af de danske råstofressourcer meget sparsom. På grund af et stigende råstofforbrug blev en egentlig Råstoflov udarbejdet af Folketinget i 1972 (Danske Råstoffer 2012). Denne lov er efterfølgende blevet udbygget, og i dag fremgår al lovgivning omkring råstofindvinding og planlægning af Råstofloven (SVANA 2016). Råstofloven har til formål at sikre en bæredygtig udnyttelse af råstofforekomster på land og til havs efter en samlet interesseafvejning overfor andre sektorinteresser, samt en vurdering af en række samfundsmæssige hensyn (Råstofloven § 1). Loven indeholder regler om kortlægning, planlægning, efterforskning, indvinding og efterbehandling. Råstofloven har også til formål at sikre forsyningen på længere sigt, og at tilstræbe at råstofferne anvendes i forhold til deres kvalitet, sådan at højkvalitetsråstoffer ikke anvendes, hvis råstoffer af en lavere kvalitet er tilstrækkelige til formålet (Danske Råstoffer 2012). Råstofloven tilsigter desuden, at naturbundne råstoffer så vidt muligt erstattes af affaldsprodukter (Råstofloven § 1), fx flyveaske og knust beton, samt nyttiggørelse af oprensningsmaterialer mv. Ved lovens anvendelse skal der på den ene side tages højde for råstofressourcernes omfang, kvalitet og udnyttelse, ligesom der skal tages erhvervsmæssige hensyn. På den anden side skal der lægges vægt på miljøbeskyttelse og vandforsyningsin-

teresser, beskyttelse af arkæologiske og geologiske interesser, naturbeskyttelse, bevarelse af landskabsmæssige værdier og videnskabelige interesser, rekreative interesser, byudvikling, infrastruktur, jord- og skovbrugsmæssige interesser, kystbeskyttelse, fiskeri- og skibsfartsinteresser, samt ændringer i strøm- og bundforhold (Råstofloven § 3).

Regionerne skal ifølge Råstoflovens § 5 a udføre en kortlægning af råstofforekomsterne på land og udarbejde en plan for indvinding og forsyning af råstoffer baseret på de forventede behov i en periode på mindst 12 år (Råstofloven § 5). Råstofplanen skal efterses hvert fjerde år for at vurdere, om der er behov for justeringer eller revision (Råstofloven § 6 a).

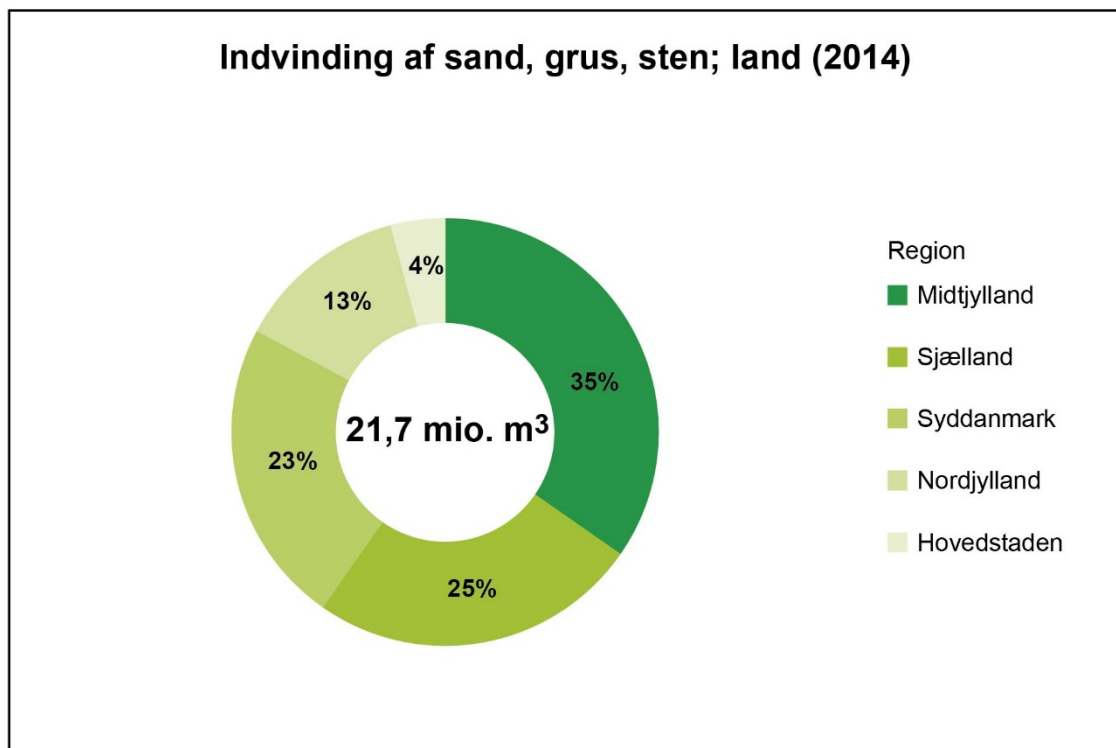
Arealanvendelse og modstridende interesser har stor betydning for, om råstoffer kan indvindes på et givent areal. Indvinding kan fx være upopulært hos lokalbefolkningen eller komme i strid med kulturarv, naturhensyn, havmiljø mv. For at drive erhvervsmæssig indvinding af råstoffer, skal der derfor altid søges om tilladelse. Råstoffer, der indvindes på land, reguleres af Danske Regioner, mens de marint indvundne råstoffer reguleres af Styrelsen for Vand- og Naturforvaltning (SVANA). Der benyttes adskilte tilladelsessystemer og forskellige kategoriseringer ved indberetning, som beskrevet i de følgende afsnit.

7.2 Tilslagsmaterialer indvundet på land

De danske tilslagsmaterialer, der findes under pløjelaget og indvindes på land, kaldes i betonbranchen for 'bakkematerialer'. Materialerne stammer især fra istidsaflejringer, hvor is eller smeltevand har ophobet og sorteret sand, grus og sten i forskellig grad. Kvaliteten og sammensætningen af bakkematerialer afhænger af, hvor i landet man er og er et resultat af isens bevægelser og afsmeltningsforhold. Eksempelvis er der gode sandforekomster i Jylland, hvorimod der er mangel på sand flere steder på Sjælland. De bedste tilslagsmaterialer er de materialer, som er blevet flyttet rundt af is og vand gennem tusindvis af år, hvorved de svage og skadelige korn er blevet nedbrudt og kun findes i meget lille mængde. I 2014 blev der indvundet 21,7 mio. m³ sand, sten og grus på land; fordelingen efter region, kan ses på Figur 31. Heraf fremgår det, at der i Region Midtjylland blev indvundet mest med 35%, mens der blev indvundet mindst i Region Hovedstaden.

Bakkematerialer indvindes bl.a. i grusgrave (se Figur 32), hvor muld- og overjord fjernes inden udgravning, så sten og grus er frit tilgængelige og ikke indeholder humus, hvilket er skadeligt for beton. Overjorden benyttes ofte som støj- og støvskærmende volde og gemmes til reetablering af naturområdet, når indvindingen er ophørt. Indvindingen omfatter selve udgravningen af sand, grus og sten og den efterfølgende sortering i forskellige størrelsesfraktioner. Sorteringen sker ved at materialerne sigtes gennem forskellige sold (sigter), afhængig af hvilke størrelser og kornkurver der efterspørges. Der findes mange forskellige sorteringsanlæg, som spænder fra helt simple maskiner til højteknologiske edb-styrede anlæg. På nogle anlæg tørres råstofferne inden de sigtes, mens andre vasker råstofferne i et specielt vaskeværk. I nogle tilfælde vil de naturlige kornstørrelser blive suppleret med nedknuste større sten, og nogle gange frasorteres de lette og skadelige korn for at øge kvaliteten. Kvalitetssortering kan fx foregå ved jigging, hvor lette og frostfarlige sand- og stenmaterialer densitetssorteres fra de tungere og sundere materialer med mindre indhold af frostfarlig flint og kalk. Dette gøres specielt med henblik på at undgå betonskader. Sorte-

rings- og bearbejdningsmetoder afgøres af den specifikke forekomst, hvilke råstoffer der skal produceres til hvilken bruger, samt det økonomiske råderum indvinderen har til investering i maskiner.



Figur 31. Regional fordeling af de indvundne mængder tilslagsmaterialer på land i 2014 (MiMa 2016).

Efter sortering og bearbejdning er materialerne klar til brug. Råstofferne transporteres typisk med lastbil til anvendelsesstedet. I nogle grusgrave er der også adgang for at private kan hente mindre mængder af materialer.

Enkelte steder i landet indvindes kvartssand, der anses for at have en særlig god kvalitet. Kwartssand indvundet fra grusgrave vaskes rent for ler og urenheder, sorteres i meget specifikke fraktioner og tørres (Danske råstoffer 2012). Kwartssand har et lavt indhold af flint og mineraler og er derfor et kvalitetsmateriale, der bl.a. bruges til betonsand, støbesand og filtersand, men det anvendes også til sportsbaner, legepladser mv.

Råstoffer indvundet på land indberettes løbende af indvindingsvirksomhederne til regionerne. Der findes omkring 40 produktbetegnelser, der benyttes ved indberetning af sand, grus og sten indvundet på land. Bakkematerialerne inddeles i fire overordnede kategorier (MiMa 2016):

- Anlægs- og vejmaterialer
- Asfaltmaterialer
- Betontilslagsmaterialer og
- Kwartssand

Råstofkvaliteter og kategorier, som bakkematerialerne inddeles i, kan ses i Tabel 5.

Tabel 5. Råstofkvaliteter og kategorier som bakkematerialer inddeles i (Petersen 2015).

RÅSTOFKVALITETER				
Fra indberetningsskema – LAND		Output i Statistikbanken – LAND		
Sand, grus og sten	Anlægs- og vejmaterialer	Grus og fyldsand mv.	Sand, grus og sten	
		Bundsikringsmaterialer, jf. DS 401		
		Stabilgrus, jf. DS 401		
		Ballastskærver		
	Asfaltmaterialer	Stenmel		
		Sand 0–2 mm		
		Sten uknuste		
		Sten knuste		
	Betontilslagsmaterialer	Betonsand 0–4 mm – Klasse E		
		Betonsand 0–4 mm – Klasse A		
		Betonsand 0–4 mm – Klasse M		
		Betonsand 0–4 mm – Klasse P		
		Betonsand 0–4 mm – Uklassificeret		
		Perlesten 2–8 mm – Klasse E		
		Perlesten 2–8 mm – Klasse A		
		Perlesten 2–8 mm – Klasse M		
		Perlesten 2–8 mm – Klasse P		
		Perlesten 2–8 mm – Uklassificeret		
		Ærtesten 8–16 mm – Klasse E		
		Ærtesten 8–16 mm – Klasse A		
		Ærtesten 8–16 mm – Klasse M		
		Ærtesten 8–16 mm – Klasse P		
		Ærtesten 8–16 mm – Uklassificeret		
		Nøddesten 16–32 mm – Klasse E		
		Nøddesten 16–32 mm – Klasse A		
		Nøddesten 16–32 mm – Klasse M		
		Nøddesten 16–32 mm – Klasse P		
		Nøddesten 16–32 mm – Uklassificeret		
		Singels 32–63 mm – Klasse E		
		Singels 32–63 mm – Klasse A		
		Singels 32–63 mm – Klasse M		
		Singels 32–63 mm – Klasse P		
		Singels 32–63 mm – Uklassificeret		
		Andre sten større end 63 mm – Klasse E		
		Andre sten større end 63 mm – Klasse A		
		Andre sten større end 63 mm – Klasse M		
		Andre sten større end 63 mm – Klasse P		
		Andre sten større end 63 mm – Uklassific.		
		Mørtelsand		
		Uspecificerede betonmaterialer		
		Anden anvendelse (mængde og art)		
		Ukendt anvendelse		
Kvartssand	Støbesand	Kvartssand		
	Sandblæsningssand			
	Filtersand			
	Byggeri			
	Anden anvendelse af kvartssand (mængde og art)			



Figur 32. Løgtved Grusgrav (foto: L.S. Rosholm hos Colas Danmark A/S maj, 2016).

Ifølge indberetning til regionerne blev 70% af de 21,7 mio. m³ sand, grus og sten, der blev indvundet på land i 2014, anvendt som anlægs- og vejmaterialer, mens omkring 1% blev brugt som kvartssand, se Figur 33, hvor fordelingen af de indvundne mængder kan ses.

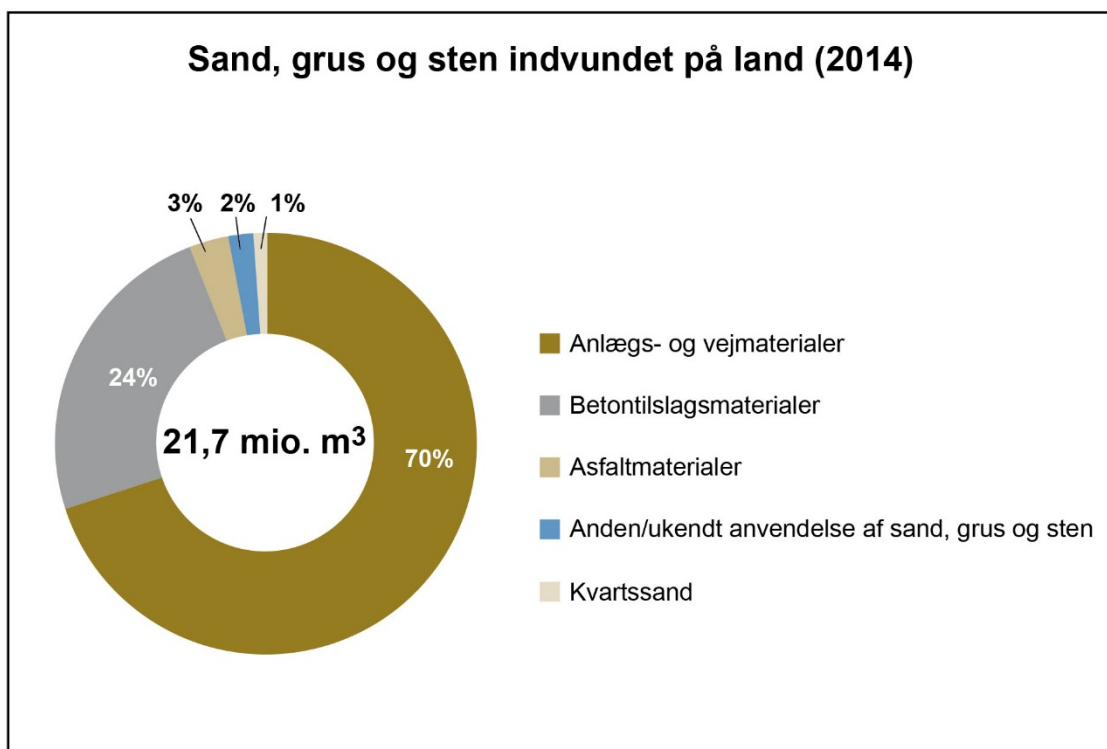
Det vides dog ikke, i hvilket omfang råstofferne anvendes i overensstemmelse med disse produktbetegnelser. Der benyttes desuden langt flere betegnelser og kategorier af råstoffer ved salg og markedsføring, der henviser til de mange forskellige råstoftyper, fraktioner og blandinger, der efterspørges. De forskellige produkter fremkommer gennem sortering, oparbejdning og evt. blanding af materialer umiddelbart efter indvinding.

7.2.1 Gravetilladelser på land

De væsentligste miljøpåvirkninger ved indvinding på land er den markante ændring af landskabet. Derudover vil der forekomme øget trafik, støj, vibrationer og støv der potentielt kan genere beboere, samt flora og fauna i området (Danske Regioner 2015). Der er dog ofte også andre konkurrerende arealinteresser der spiller ind, når der skal gives tilladelse til råstofindvinding.

Ifølge Råstofloven skal alle arealinteresser afvejes, når det skal afgøres, om der skal gives tilladelse til indvinding på et givent areal. De regionalt udarbejdede råstofplaner udpeger såkaldte graveområder indenfor hvilke, der som udgangspunkt er mulighed for at opnå en

gravetilladelse. Disse områder er undersøgt geologisk og denne viden bruges til at vurdere, hvorvidt områderne indeholder egnede forekomster af sand, grus og sten. Derudover udpeges såkaldte interesseområder, hvor der formodes at være råstofinteresser, men hvor der enten er usikkerhed om forekomsten eller er andre interesser, der først skal afklares. Regionerne har ansvaret for at give gravetilladelser og for at føre tilsyn. Ifølge råstoflovens § 9 kan tilladelse til indvinding af råstoffer normalt gives for max. 10 år og kun i særlige tilfælde længere.



Figur 33. Tilslagsmaterialerne indvundet på land og indberettet til regionerne i 2014 (MiMa 2016).

Det er ifølge Råstoflovens § 10 et vilkår for at søge indvindingstilladelse, at der udarbejdes en drifts- og efterbehandlingsplan af graveområdet. Der er mange muligheder for, hvordan grusgrave kan reetableres og få ny værdi, se Figur 34 for eksempel. Udtømte grusgrave kan bl.a. blive til rekreative naturområder, golf- og andre sportsarealer, fiskesøer, nye bolig- og industriområder, samt landbrugs- eller skovarealer. Hvis områderne ligger bynært eller tæt på borgere, kan der være bred interesse i de nye muligheder. Det kræver derfor dialog og samarbejde med kommune og lokale borgere at udnytte mulighederne optimalt (Danske Råstoffer 2012). I nogle tilfælde kan områderne forbedres i forhold til den tidligere brug, fx ved at forbedre jordkvaliteten, nedsætte forurening og bidrage til grundvandsbeskyttelse. Råstofindvinding under vandspejlet kan efterlade større eller mindre søer, hvilket kan skabe nye økosystemer og habitat for truede dyre- og plantearter. Naturområder kan opstå gennem naturlig indvandring eller beplantning af skov eller lignende, som kan understøtte biologisk mangfoldighed. Alt dette afhænger selvfølgelig af, hvordan og i hvilken grad råstofgraven efterbehandles.



Figur 34. Reetableret grusgrav ved Bedsted Lø Grusværker. Området er udlagt til naturområde (foto L.S. Rosholm, juni 2016).

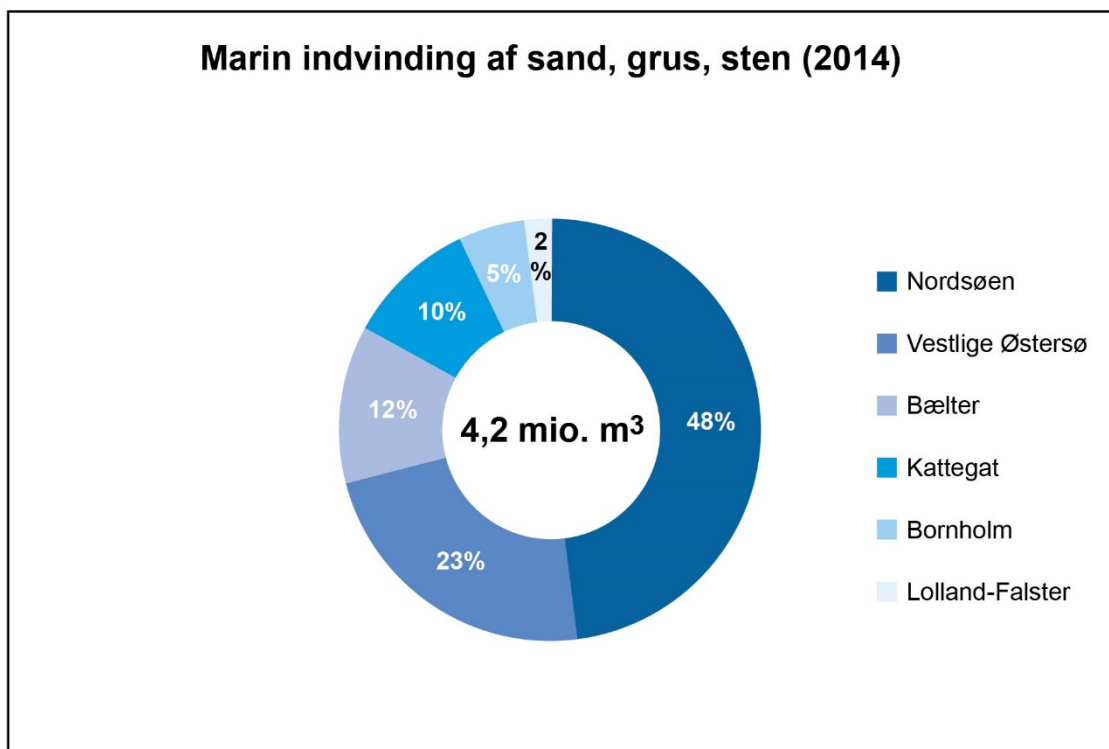
7.3 Tilslagsmaterialer indvundet fra havbunden

Tilslag indvundet fra havbunden kaldes i betonbranchen for 'sømaterialer'. I nogle tilfælde svarer disse til de materialer, som indvindes på land, de såkaldte bakkematerialer, der på grund af havstigninger i dag ligger under havoverfladen. Marine materialer er dog ofte blevet flyttet og bearbejdet af havets strømme og bølger, hvorved de svage partikler er nedbrudt og fjernet, så det primært er de stærke og tætte korn, der er tilbage. Sømaterialer er derfor ofte af højere kvalitet end bakkematerialer. Det er især betonindustrien, der bruger de gode materialer fra havet, da denne gode kvalitet kan sikre mod betonskader (se mere i afsnit 7.4.1).

Der indvindes råstoffer på omtrent 100 forskellige indvindingsområder i de danske farvande. Der blev i 2014 i alt indvundet 4,2 mio. m³ fra de marine områder. 48% blev indbundet i Nordsøen, mens kun 2% blev indvundet ud for Lolland-Falster. Mængderne indvundet i de forskellige farvande er illustreret i Figur 35.

Indvinding til havs kræver betydeligt større investeringer og driftsomkostninger end indvinding på land (Danske Regioner 2015). Indvindingen foregår med en ral- eller sandsuger, som er et mindre fragtskib med en hydraulisk pumpe monteret, som suger materialerne op i et lastrum på skibet. Skibet kan enten stiksuge, hvor skibet ligger stille og sugerøret stikker

fremad, eller slæbesuge, hvor skibet slæber et rør med en sugefod hen over havbunden (GEUS 1998). Begge metoder er udbredte i Danmark.



Figur 35. Marint indvundne mængder sand, grus og sten fordelt på farvande (MiMa 2016).



Figur 36. Sandsugningsfartøj i gang med kystfodring i Nordjylland. Tilsvarende fartøjer bruges til indvinding af betontilslag fra de marine områder, som losses på søpladser forskellige steder i landet (foto: Rohde Nielsen A/S).

Sortering af materialer kan foretages på havet ved at styre pumpningen henover en sigte (sold) om bord, hvorved kun de ønskede materialer lastes og resten ledes tilbage til havet. Når skibet er fyldt, sejler det til en losningsplads – ofte omtalt som 'søpladser', hvor materialerne losses (se Figur 37) og evt. nedknuses og færdigbearbejdes (Figur 38). Nogle gange omlastes materialerne til et fragtskib, hvis de skal sejles længere væk eller eventuelt eksporteres.



Figur 37. Losning af sømaterialer på en losningsplads i Thyborøn (foto: L.S. Rosholm hos Thyborøn Nordsø Ral A/S, juni 2016).

Råstoffer indvundet til havs indberettes til SVANA. Materialer fra havbunden i de marine områder opgøres i følgende fire klasser (Råstofbekendtgørelsen 2015)¹⁷:

- Sand 1; kornstørrelser på 0–4 mm
- Grus 2; kornstørrelser på 0–20 mm
- Ral 3; kornstørrelser på 6–300 mm
- Fyldsand 4; omfatter alle materialer der anvendes til opfyldningsopgaver.

Figur 39 viser fordelingen af sand, grus og sten indvundet på havet i 2014. Sand, der er direkte nyttiggjort, det vil sige genanvendt fra fx oprensninger af havne og sejlrender, er ikke medtaget i opgørelsen. Denne type fyldsand udgør en betydelig mængde, men betrag-

¹⁷ Råstofbekendtgørelsens BEK nr. 1306 af 24/11/2015 Bilag 8 vedr. definitioner på indberettede materialer til SVANA.

tes her ikke som reel indvinding, da der er tale om nyttiggørelse af sand fra andre aktiviteter.

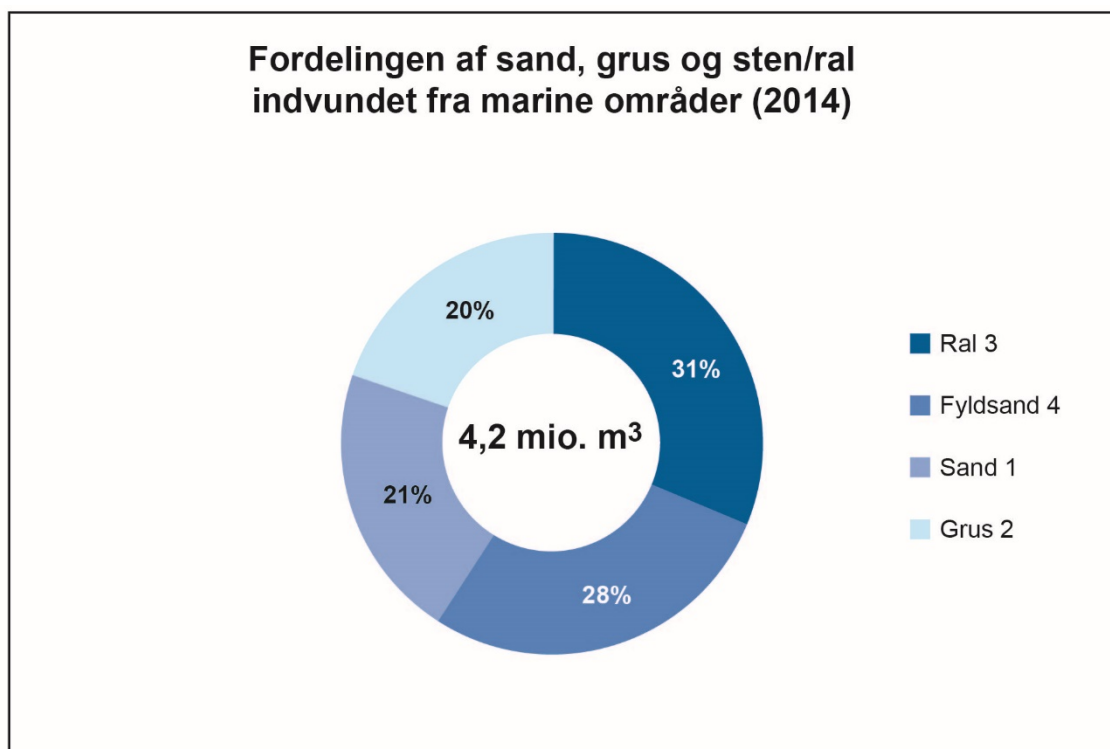


Figur 38. Sortering af sømaterialer på losningsplads (foto: L.S. Rosholm hos Thyborøn Nord-sø Ral A/S, juni 2016).

Da kategoriseringen af marine råstoffer ikke angiver kvalitet og/eller anvendelse af materialerne, er det ikke muligt at sammenligne dem direkte med de landbaserede råstoffer. Der kan derfor heller ikke laves en overordnet fordeling af de danske tilslagsmaterialer i henhold til anvendelsen indenfor forskellige sektorer og industrier. Når sømaterialer sælges, er de ofte sorteret i samme eller lignende fraktioner som bakkematerialer, altså som hhv. perlesten, ærtesten, nøddesten mv. Desuden blandes sø- og bakkematerialer nogle gange og indgår i forskellige blandinger, hvorfor en skarp adskillelse af de to i relation til anvendelse ikke er mulig.

Fyldsandet udgør den største fraktion af sømaterialerne, men er mindre relevant i forhold til byggesektoren, da det hovedsageligt benyttes til kystfodring (se Figur 36) og havneudbygning (NIRAS 2014; Danske Regioner 2015). Grus anvendes overvejende som anlægs- og vejmaterialer (MiMa 2016). De sømaterialer, der er anvendelige indenfor betonindustrien, er primært de grovere fraktioner ral og sten, samt i nogle tilfælde sand. Ral og sten fra havbunden er derfor den vigtigste fraktion i forhold til beton, da de ofte findes i de gode kvaliteter, der efterspørges.

En betydelig del af de marint indvundne materialer fragtes over store afstande og losses på specielle pladser i udvalgte havne. Figur 54 giver en oversigt over losningshavne og sammensætningen af de materialer, der losses. Det fremgår af figuren, at de største mængder Sand 1 losses i kommunerne København, Odense, Bornholm og Middelfart. Tilsvarende losses hovedparten af Ral 3-materialerne i kommunerne Aarhus, Esbjerg, Lemvig og Odense. Fra disse pladser transporteres hovedparten af materialerne til forbrugerne som landevejstransport.



Figur 39. Tilslagsmaterialer indvundet fra havbunden. Fyldsand, der er nyttiggjort fra oprensninger eller lignende, er ikke medtaget i opgørelsen (MiMa 2016).

7.3.1 Tilladelser til marin indvinding

De væsentlige miljøpåvirkninger ved indvinding på havet er de lokale påvirkninger af flora og fauna i havbundens øverste lag. Overfladen ændrer form og sammensætning når bundsedimentet fjernes, og finkornede partikler opslemmes i vandet (GEUS 1998). Det samme gælder, når fraserterede materialer hældes tilbage og dækker bunden. Langtidseffekterne for havmiljøet i og omkring et indvindingsområde afhænger bl.a. af vanddybde, strømforhold, indvindingsmetode, samt hvor tit og hvor meget der indvindes. Indvinding af råstoffer i de marine områder udfordres af ønsker om at bevare havmiljø, Natura 2000-områder, fiskeri og områder med havkabler mv. Der er også påvirkninger af befolkningen ved de havne, hvor materialerne losses og ved den videre transport af materialerne (Danske Regioner 2015). Indvindingen begrænses desuden af manglende faciliteter og pladser til losning i danske havne, samt af reguleringen på området i form af tilladelser og afgifter.

Råstoffer på søterritoriet og kontinentalsoklen tilhører ifølge Råstoflovens § 20 den danske stat, og for farvandene omkring Danmark er det Miljø- og Fødevareministeren der skal udføre kortlægning af råstofferne og give tilladelse til indvinding. Ansøgning om indvindingstilladelse foretages gennem SVANA, der sender ansøgningen i høring hos organisationer og myndigheder, der kan have interesse i sagen (SVANA 2016). Afgørelsen træffes efter høringen og annonceres på styrelsens hjemmeside, og der er herefter fire ugers klagefrist før tilladelsen endeligt gives. Tilladelsen gives for en tidsbegrænset periode og til en begrænset mængde råstoffer. Ifølge Råstofloven kan der kun gives tilladelse til indvinding på vanddybder over 6 m, og der må ikke være konflikt med væsentlige kulturarvs- og naturmæssige værdier.

De marine indvindingsområder skal derfor alle være udpeget og miljøgodkendt til formålet og være vurderet ud fra geologiske, biologiske og marinarkæologiske forhold (Danske Råstoffer 2012). Det er indvinderen/ansøgeren, der foretager og betaler for efterforskning og for de undersøgelser og miljømæssige vurderinger, der skal til, og der betales efterfølgende et vederlag til staten for de råstoffer, der indvindes (Råstofloven 2015). Der findes tre typer af indvindingstilladelser, der gælder i forskellige områder (SVANA 2016);

- 1) *Fællesområder*, hvor alle kan opnå tilladelse til indvinding. Vederlaget for råstoffer på fællesområder er 8,68 kr./m³. Hvis indvinderen har afholdt udgiften til efterforskning og miljøvurdering i det pågældende område, er vederlaget dog og 6,49 kr./m³ indvundne råstoffer. Der findes omkring 80 primære fællesområder.
- 2) *Auktionsområder*, der udbydes i auktion, og hvor tilladelse medfører eneret til indvinding i op til 10 år, hvorefter området kan overgå til fællesområde. Auktionen afgøres på grundlag af størrelsen af det produktionsvederlag, som ansøgerne tilbyder at betale med et minimum på 2,71 kr./m³. Der betales derudover et arealvederlag på 27.085 kr./km² årligt for indvindingsarealet. Der findes ca. 15 nuværende indvindingstilladelser i auktionsområder.
- 3) *Bygherreområder*, der udlægges til større opfyldningsopgaver, anlægsarbejder eller til kystbeskyttelse, hvor en bygherre kan få eneret til efterforskning og indvinding. Vederlag afhænger bl.a. af anvendelsen af de indvundne råstoffer. Kystdirektoratet har fem bygherreområder, Femern A/S har to (Kriegers Flak og Adler Grund) og By & Havn har et enkelt område.

Der var i 2014 udlagt ca. 80 fællesområder, ti auktionsområder og otte bygherreområder. For alle områdetyper er der til hvert område tildelt en maksimal tilladt indvindingsmængde og bestemte vilkår for indvindingen.

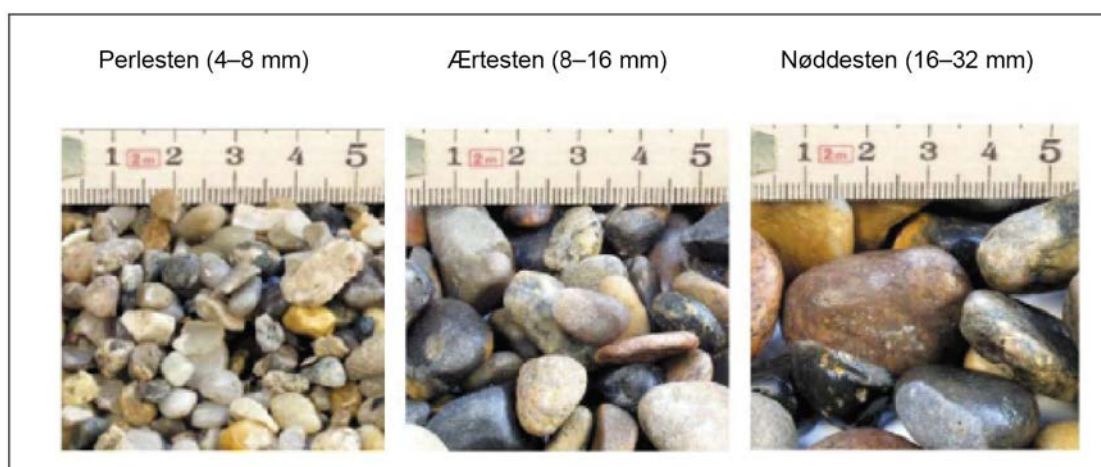
7.4 Fraktioner og klasser af tilslag

Til beton benyttes hovedsageligt vaskede materialer med en velbestemt kornkurve, da renhed og specifikke kornstørrelser er vigtige for at sammensætte den ønskede betonrecept (Danske Råstoffer 2012). Tilslagets kvalitet har desuden stor betydning for betonens kvalitet og anvendelsesmuligheder. Uanset om det er bakke- eller sømaterialer, vil materialerne typisk være sorteret og forarbejdet, inden de sælges.

Inden for branchen anvendes der sædvanligvis følgende størrelsesfraktioner:

- Sand: kornstørrelse < 4 mm
- Perlesten: 4–8 mm
- Ærtesten: 8–16 mm
- Nøddesten: 16–32 mm
- Singels: 32–63
- Andre sten > 63

Sten, der anvendes til beton, er normalt ikke større end 32 mm, så det er primært perle-, ærte- og nøddesten, der benyttes til beton (se Figur 40). Der findes dog flere fraktioner, sorteringer og blandinger afhængig af anvendelse, efterspørgsel, sorteringsmetoder og ikke mindst af regionale traditioner.



Figur 40. De typiske stenfraktioner til beton (fotos: Dansand A/S).

Udover størrelsesfraktioner sorteres tilslagsmaterialer også efter kvalitet. De parametre der har betydning for tilslagets kvalitet kan opdeles i følgende grupper og undergrupper (Dansk Betonforening 2015):

- **Geometriske parametre** (med betydning for betonens egenskaber)
 - *Kornformen* af de enkelte korn kan være enten afrundet (ofte for sømaterialer), kantet (ofte knuste materialer), kubiske, lange og/eller flade.
 - *Kornstørrelsesfordelingen* er variationen fra de mindste sandkorn til de største sten, som bestemmes via en sigteanalyse og illustreres ved en kornkurve. I en god kornstørrelsesfordeling til beton skal der helst ikke forekomme partikelspring, dvs. mangel på korn i et størrelsesinterval eller være partikelinterferens, dvs. mange korn i en bestemt størrelse.
- **Fysiske parametre**
 - *Korndensiteten* kan bruges til at beregne, hvor mange kg tilslag der skal indgå i betonen og afgør derfor betonens densitet. Typiske danske tilslag af god kvalitet har en korndensitet på ca. 2.400–2.700 kg/m³.

- *Absorption* er den vandmængde, som tilslaget er i stand til at suge til sig uden at være vådt. Den absorberede vandmængde skal medregnes når vand/cement-forholdet til betonen skal bestemmes.
- *Kornstyrken* er vigtig, hvis betonen skal have en høj styrke og for eksempel udsættes for slid eller store lokale trykpåvirkninger. Af de danske materialer er sort flint de hårdeste og stærkeste. Granit er generelt også stærkt, dog afhænger det af oprindelsen.
- *Frostbestandigheden* er stenkornenes potentiale for at vandmættes, hvilket kan gøre betonen uholdbar ved frostpåvirkning. Frostbestandigheden afhænger af porestørrelserne i stenen og i den omkringliggende cement, da den del med mindst porer vil suge vandet til sig.
- **Kemiske parametre**
 - *Stabilitet i cement* hentyder primært til muligheden for alkali-kisel-reaktioner (AKR), der sker, hvis der er reaktive partikler i tilslaget, som reagerer, når de indstøbes i et stærkt basisk miljø. Dette kan forårsage ødelæggende skader og revner i betonen og er en af de vigtigste grunde til, at kvaliteten af tilslag er essentielt for betonproducenter, især hvis betonen skal bruges udendørs i et vådt miljø (mere om AKR i afsnit 7.4.1).
 - *Humus*, hvis humus fra muld er indblandet i tilslaget kan det skabe problemer, idet det reducerer cementens styrkeudvikling.
 - *Klorider* i beton kan medføre risiko for, at armeringen rustet og svækkes. Sømaterialer kan indeholde klorider fra havvandet, men hvis det drænes korrekt vil indholdet normalt være så lille, at det ikke giver anledning til problemer. Sikring mod indtrængning af klorid fra havvand er afgørende ved bygning af broer, tunneler og andre marine konstruktioner. Klorid kan også komme fra eksempelvis vejsalt og svømmehalsvand.

7.4.1 Alkali-kisel-reaktioner og klassificering af tilslag

Ved alkali-kisel-reaktioner (AKR) ekspanderer materialet, hvilket kan medføre ødelæggende revner i betonen, som er bekosteligt at reparere. AKR kendes i hele verden, men er først blevet diagnosticeret relativt sent, da man i lang tid troede, at der var tale om nedbrydningsmekanismer såsom frostskaader. I danske materialer ses AKR især i beton udført med bakkematerialer, hvor de reaktive korn typisk udgøres af porøs, let og hvid flint. Reaktio-
nerne kan forebygges gennem det rette valg af tilslag, hvilket især er vigtigt, hvis betonen skal bruges udendørs i et vådt miljø. Eksempler på AKR kan findes mange steder i Danmark, da man i lang tid ikke kendte årsagen til problemet.

Siden 1980'erne er kvalitetskravene for tilslagsmaterialer blevet skærpet, bl.a. på grund af store problemer med AKR. I 1987 blev den første danske standard for tilslag til beton i form af Basisbetonbeskrivelsen indført. Standarderne er med tiden blevet videreudviklet og senere blevet harmoniseret med europæiske normer og standarder. For at sikre at produkterne kan efterleve krav og standarder defineret i byggenormerne, er der særlige krav til betontilslag. En råstofvirksomhed, der vil sælge tilslagsmaterialer til betonindustrien, skal altså have certifikat på, at produktionen og produkterne overholder disse standarder. Standarderne angiver også den standardiserede metode, som egenskaberne af de færdigproduce-

rede tilslag skal måles efter. Nogle af egenskaberne kan testes af producenten selv, mens andre egenskaber skal testes på et akkrediteret laboratorium (Danske Råstoffer 2012).

De danske tillægsstandards (DS 2426) omkring AKR er omfattende, da problemet potentielt er stort i Danmark. Der er derfor stor forskel på kravene til tilslag, afhængig af om betonen skal benyttes indendørs, udendørs eller udsættes for klorider fra vejsalt eller havvand. Beton opdeles, som tidligere beskrevet, i de fire miljøklasser P, M, A og E (Tabel 2), og tilslagsmaterialer benytter et klassifikationssystem i overensstemmelse med dette, hvor tilslagsmaterialer inddeles efter hvilken miljøklasse, de kan anvendes til. Tilslagsmaterialer skal altså kontrolleres i henhold til deres påtænkte anvendelse og miljøklasse, efter de standarder som er gældende for de enkelte områder (Danske Råstoffer 2012). Standarderne definerer de egenskaber tilslagene skal have, primært i forhold til geometriske og fysiske egenskaber samt til kemiske bestanddele.

Tilslagsmaterialer til beton skal i dag være CE-mærkede. CE-mærket er en garanti for, at produktet opfylder europæisk lovgivning og sikrer krav i overensstemmelse med standarderne. CE-mærkning er ikke et kvalitetsmærke i sig selv, men et bevis på, at virksomheden kan vise, hvad der gøres for at opretholde den ønskede kvalitet og ensartethed af produkterne gennem produktionsstyring, ansvarsfordeling, tests, analyser mv. Processerne kontrolleres mindst én gang om året og er altså et krav, for at materialerne kan markedsføres som tilslag til beton, asfalt eller mørtel (Danske Råstoffer 2012).

Marine indvindere har haft en fordel ved indførelsen af de skærpede kvalitetskrav, idet der generelt er et lavere indhold af porøst flint i marine materialer. Skærpelsen af kvalitetskravene har desuden medført at tilslagsmaterialer til beton af E-kvalitet (ekstra aggressiv miljøklasse) primært består af importerede materialer som granit (NIRAS 2014).

7.5 Forbrug

Danmark har generelt en høj selvforsyningsgrad af sand, grus og sten på 95% (MiMa 2016). Dette er dog ikke ensbetydende med, at Danmark er selvforsynende med alle de fornødne fraktioner og kvaliteter der anvendes, hvorfor der også importeres råstoffer til landet. Både import og eksport af bygge- og anlægsmaterialer er steget siden slutningen af 1980'erne (NIRAS 2014). I 2014 var den samlede import ca. 2,5 mio. m³, hvoraf 65% blev importeret med skib og losset i danske havne (MiMa 2016). De største mængder blev importeret fra Norge og derefter fra Sverige, Kroatien og Storbritannien. Importen består hovedsageligt af granitskærver, hvilket er en konsekvens af, at kravene til råstoffer (og især til betontilslag) er blevet skærpet (NIRAS 2014; Danske Regioner 2015). For de højeste miljøklasser kan danske materialer ikke altid leve op til de fastsatte kvalitetskrav beskrevet i betonnormerne.

Den samlede eksport af tilslagsmaterialer var i 2014 på 0,9 mio. m³, hvoraf godt halvdelen blev eksporteret med skib. De største mængder blev eksporteret til Sverige, England og Holland. I 2014 var den fysiske handelsbalance altså en nettoimport på omtrent 1,6 mio. m³. Det vides dog ikke, hvilke råstofkvaliteter og fraktioner der er tale om, da Danmarks

Statistik benytter de overordnede råstofgrupper, som fx 'sand, grus og sten' til opgørelse af import- og eksportdata.

Som nævnt vurderes det, at store dele af det importerede materiale er granitskærver, der især anvendes til asfalt og betonproduktion (MiMa 2016; NIRAS 2014). I en opgørelse fra 2004 anslås det, at forbruget af importeret granit indenfor betonindustrien var på ca. 350.000 m³ årligt, eller ca. 10% af det samlede forbrug af sten til betonproduktion i alle miljøklasser (Askehave 2004). Til sammenligning var den danske produktion af granit på Bornholm omkring 134.000 m³ i 2014. Granitskærver har en særlig god kvalitet og holdbarhed selv under de hårdeste forhold og miljøklasser, men den danske indvinding ligger altså markant under de mængder, der anvendes indenfor betonindustrien.

Det samlede råstofforbrug blev defineret i afsnit 3.1, som et resultat af:

- 1) Indvindingen på land +
- 2) Losning af råstoffer fra havet +
- 3) Nettoimporten +
- 4) Genanvendte materialer

Da der stort set ikke benyttes genanvendte tilslagsmaterialer indenfor betonindustrien, ser vi i dette tilfælde bort fra denne størrelse (4). Det samlede forbrug af råstoffer i Danmark er hermed:

- 1) 21,7 mio. m³ +
- 2) 4,2 mio. m³ +
- 3) 1,6 mio. m³
- = 27,5 mio. m³

I Figur 41 ses en grafisk fremstilling af indvindingsmængder og det samlede forbrug af råstoffer i Danmark i 2014.

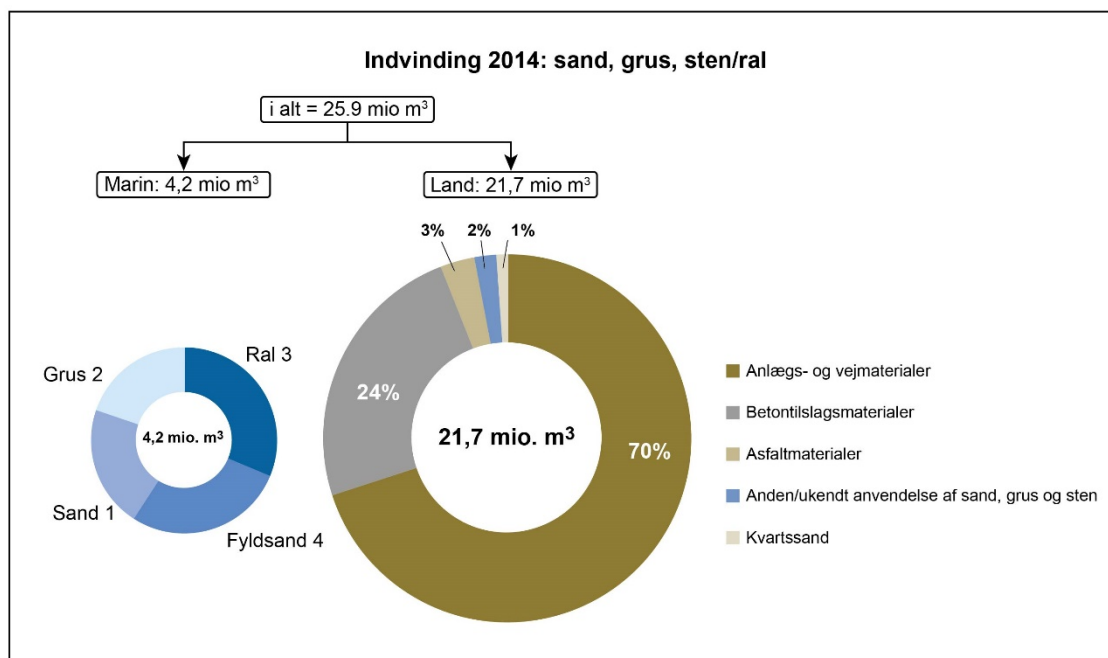
Andelen af det samlede råstofforbrug, der reelt set anvendes til beton, er beregnet i det følgende.

7.5.1 Tilslagsforbrug til beton

Det er kun en del af de indvundne materialer, der opfylder de tekniske krav opstillet for betontilslag. Det er desuden ikke alle råstoffer, der certificeres og indberettes således, at deres kvalitet og anvendelse fremgår. Den samlede mængde materialer, der anvendes som betontilslag, kan i stedet estimeres ud fra viden om landets betonproduktion eller på basis af landets cementforbrug. Disse mængder er søgt beregnet i dette afsnit.

Det samlede forbrug af beton varierer fra år til år. Langt det meste beton produceres indenfor betonindustrien; mængden fremgår af statistik fra Dansk Beton og er illustreret i Figur 42. Dertil kommer en ikke ubetydelig mængde, der produceres og anvendes af håndværksvirksomheder og private. Den samlede betonmængde (industriens plus den private

produktion) kan med god tilnærmelse beregnes ud fra landets samlede cementforbrug. Betonindustriens årlige produktion¹⁸ samt det samlede danske cementforbrug ses i Figur 42. Det samlede cementforbrug er udregnet som resultat af 1) Industriens samlede salg af portlandcement + 2) import - 3) eksport (DST 2016: VARER + SITC).



Figur 41. Indvindingsmængder og samlet forbrug (MiMa 2016).

Ud fra disse tal kan forbruget af tilslagsmaterialer til beton beregnes, både samlet set (beregnet ud fra det samlede cement forbrug) og indenfor betonindustrien (ud fra industriens produktion af beton). I Tabel 6 kan de estimerede forudsætninger¹⁹, der er brugt til beregningerne, ses.

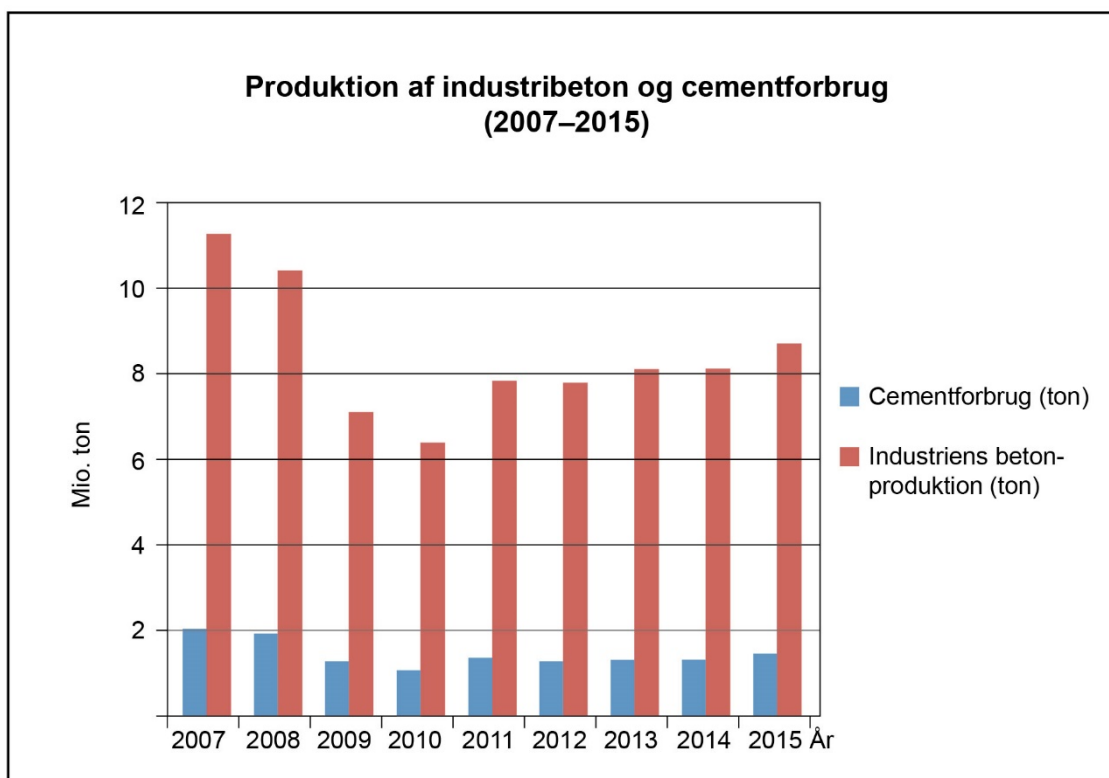
Tabel 6. Estimerede forudsætninger brugt til beregning af det samlede cementforbrug.

Cementmængde til beton	0,32 ton/m ³
Tilslagsmængde til beton	1,84 ton/m ³
Vægtfylde beton	2,25 ton/m ³
Vægtfylde tilslagsmaterialer	1,55 ton/m ³

Da tilslagsmængde og -sammensætning varierer for de forskellige betonprodukter, miljøklasser, tilslagstyper mv., skal tallene ses som et overslag og ikke som præcise mængder. De estimerede forbrug af tilslagsmængder for 2007 til 2015 ses i Figur 43.

¹⁸ Baseret på tal modtaget fra Dansk Beton.

¹⁹ Tallene er estimeret på baggrund af tal fra Dansk Beton, Dansk Betonforening (2015) og Aalborg Portland (2012).

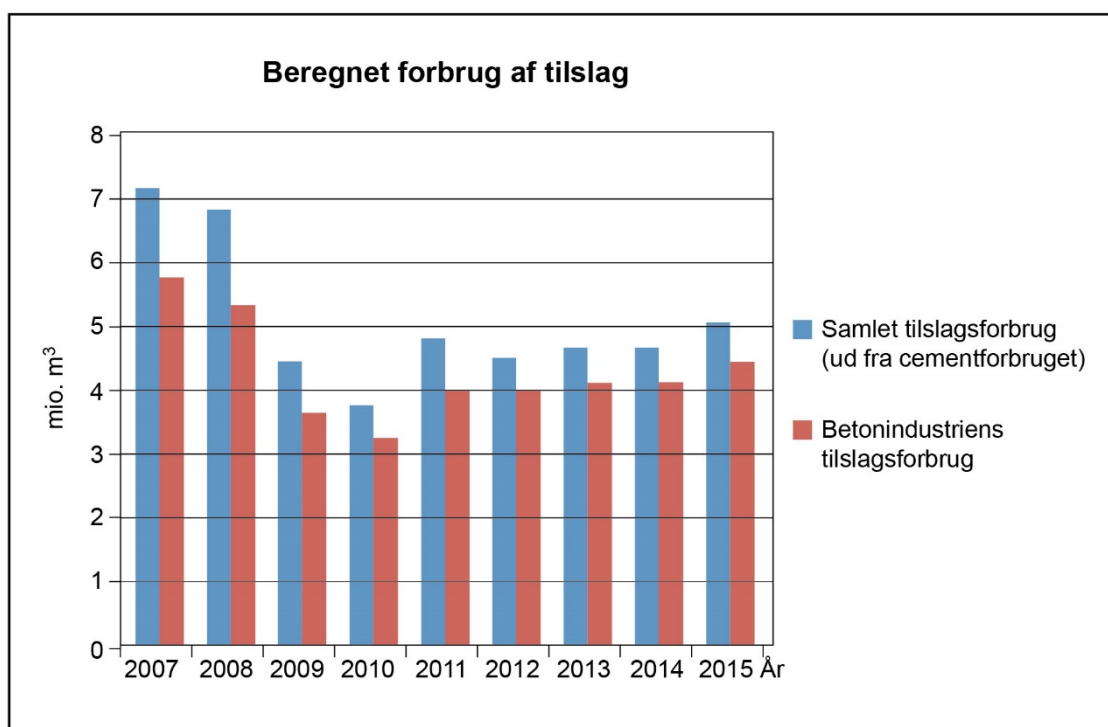


Figur 42. Cement forbrug²⁰ og industriens betonproduktion fra 2007–2015 (DST 2016: VARER + SITC; Dansk Beton 2016).

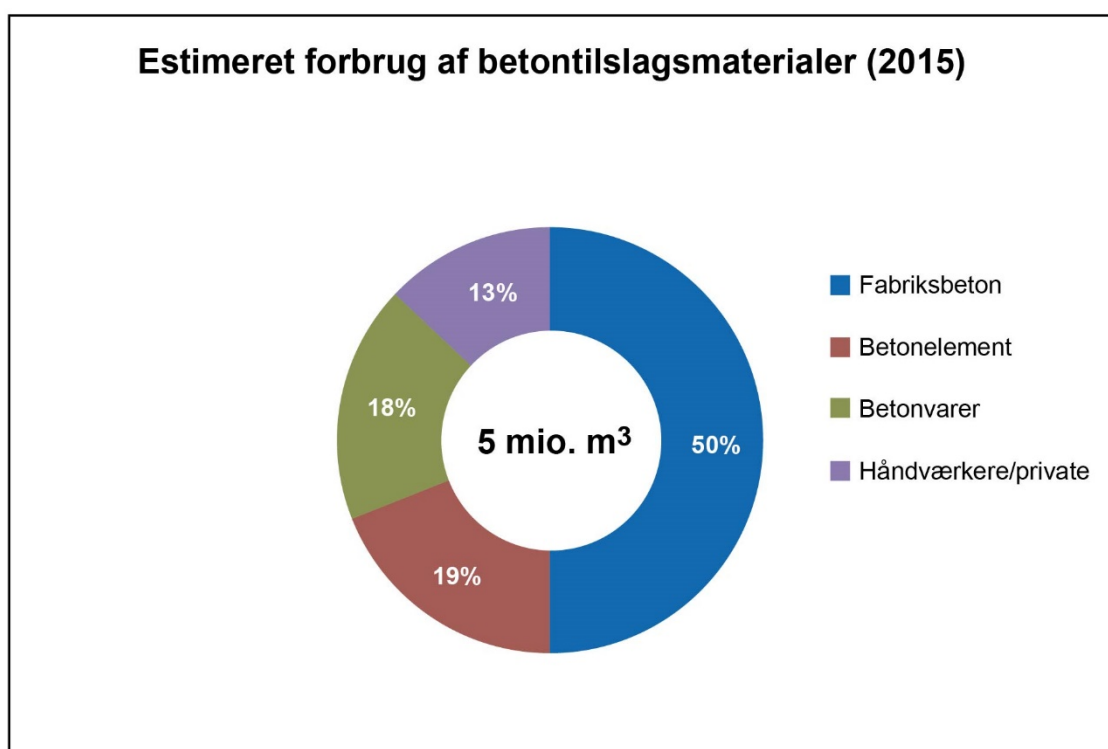
Samlet set blev der brugt ca. 5 mio. m³ tilslagsmaterialer til beton i 2015. Disse er fordelt på fabriksbeton (50%), betonelement (19%), betonvarer (18%) og håndværkere/private (13%). Fordelingen er grafisk illustreret i Figur 44.

Som beregnet i afsnit 7.5 var det samlede råstofforbrug 27,5 mio. m³ i 2014. Hvis man går ud fra, at dette forbrug er sammenligneligt med forbruget i kalenderåret 2015, udgør beton-tilslag omtrent 18% af det samlede årlige råstofforbrug.

²⁰ Det samlede cementforbrug er udregnet som resultat af 1) industriens samlede salg af portlandcement + 2) import – 3) eksport (DST 2016: VARER + SITC).



Figur 43. Tilslagsforbrug samlet set og indenfor betonindustrien. Forskellen udgøres af den mængde tilslag, der anvendes af håndværkere og private (DST 2016: VARER + SITC; Dansk Beton 2016).



Figur 44. Det estimerede forbrug af betontilslag i 2015 fordelt på de forskellige betonsektioner (DST 2016: VARER + SITC; Dansk Beton 2016).

8. Råstofbranchen

Indvindere af tilslagsmaterialer er omfattet i Erhvervsstyrelsens branchekode:

08.12.11 Grus- og sandgravning; indvinding af ler og kaolin, der omfatter indvinding af grus og sand, samt indvinding af forskellig typer ler.

Den danske råstofbranche består hovedsageligt af små og mellemstore virksomheder, samt et fåtal store, landsdækkende virksomheder der til gengæld står for en betydelig del af de indvundne mængder. Virksomheder kan inddeles efter om de indvinder marint eller fra land, da der er stor forskel på de to indvindingsmetoder. Der er i alt ca. 10 marine indvindingsvirksomheder i Danmark, der råder over ca. 20 skibe og indvinder fra omtrent 100 forskellige indvindingsområder i de danske farvande. Landbaserede råstoffer står for størstedelen af den samlede indvinding (86% i 2014), og der indvindes fra mere end 400 grusgrave rundt om i landet (Danske Råstoffer 2016). Der er desuden virksomheder, der udfører både marin og landbaseret indvinding, og der findes råstofvirksomheder, der primært handler med råstoffer (se Tabel 7).

De følgende afsnit bygger hovedsageligt på data indsamlet gennem interviews med råstofvirksomheder. De udførte interviews omfatter i alt 27 virksomheder, der dækker både marine og landbaserede indvindingsvirksomheder. Der indgår både små og store virksomheder fra forskellige egne af landet. Toogtyve af undersøgelsens virksomheder sælger certificerede tilslagsmaterialer til betonindustrien. De resterende fem indgår i undersøgelsen for at få indblik i, hvorfor (og hvilke) indvindere der fravælger certificering og dermed betonindustrien som kundegrundlag. Af de 22 certificerede virksomheder er tre kategoriseret som forhandlere, da de opkøber og videresælger certificerede materialer, men ikke selv har indvinding af certificerede materialer. Antallet af virksomhedsinterviews fremgår af Tabel 7. En enkelt virksomhed udfører p.t. ikke aktiv indvinding og fremgår derfor kun i de figurer, hvor det er relevant (referenceantallet fremgår af alle figurer).

Tabel 7. *Undersøgelsens virksomheder.*

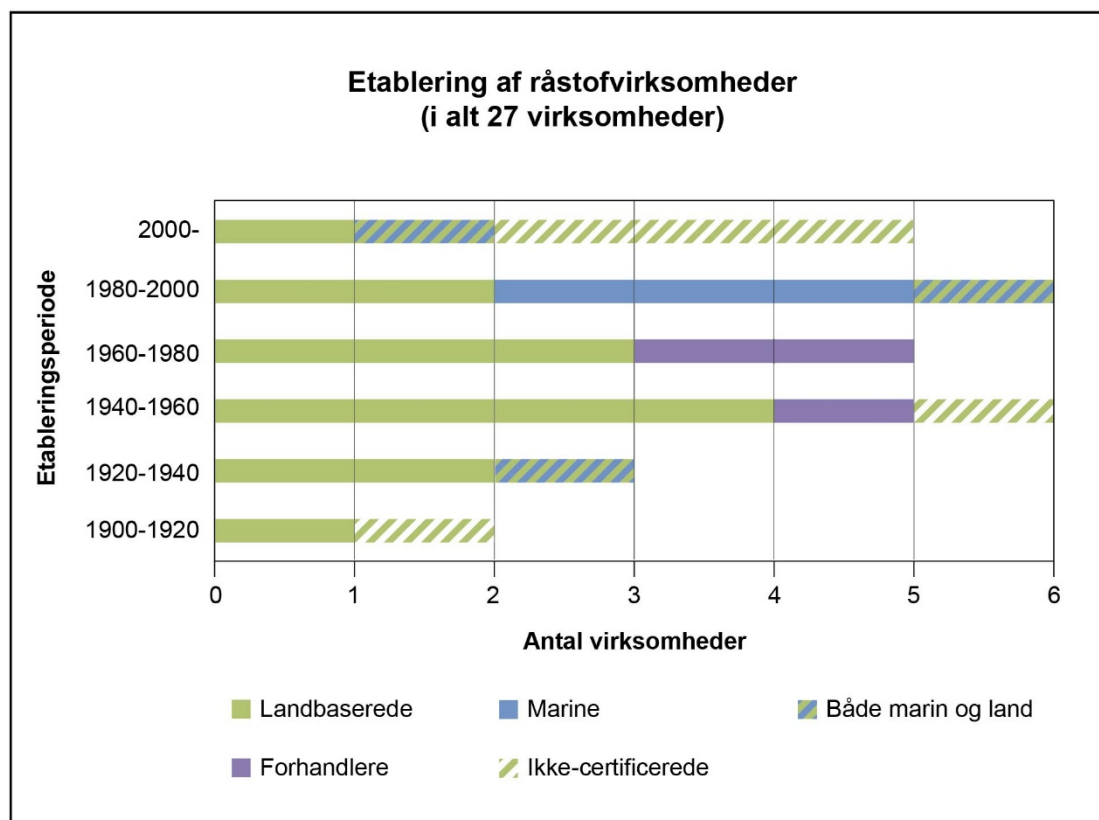
Råstofvirksomheder omfattet i undersøgelsen		Heraf certificeret til beton
I alt:	27	22
Landbaserede indvindere	19	13
Marine indvindere	4	3
Både marin og land	3	3
Forhandler af råstoffer	1	3 ²¹

²¹ To af disse er landbaserede indvindere, der dog ikke indvinder materialer i en kvalitet, der kan svare sig at certificere, hvorfor de opkøber og videresælger certificerede materialer fra andre indvindere.

8.1 Branchens virksomheder

Råstofbranchen har traditionelt bestået af primært små, private familievirksomheder, typisk med indvinding i grusgrav på egen jord ved siden af landbrugsaktiviteter eller lignende. Indvindingen var ganske primitiv, udført med håndkraft eller simple maskiner, og de indvundne råstoffer var primært til eget brug, til salg i lokalområdet eller til brug i nærliggende industrier. Danmark har ligeledes en lang tradition for indvinding til søs, tidligere med grab og små skibe, men efterhånden er der kommet flere, større og mere moderne skibe til med hydrauliske pumper og stor lastekapacitet (GEUS 1998). Indvinding fra havbunden tog især fart fra slutningen af 1980'erne.

En del af virksomhederne omfattet af denne undersøgelse har rødder tilbage til tiden umiddelbart efter 2. Verdenskrig (Figur 45). Mange grusgrave startede i forbindelse med eller i samarbejde med fabrikker for at forsyne disse med materialer. En del grusgrave blev involveret i betonfremstilling, da branchen tog fart omkring år 1900. De fleste helt eller delvist marine indvindingsvirksomheder er typisk etableret i nyere tid; i 1990'erne eller starten af 2000'erne.



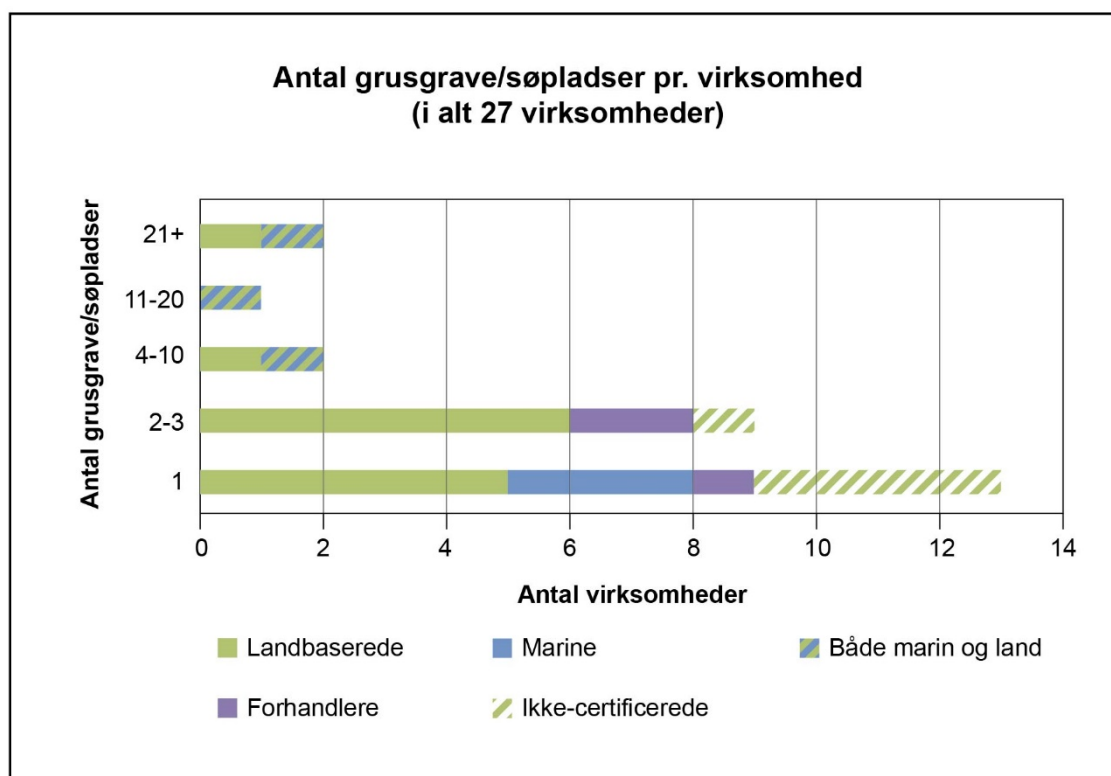
Figur 45. Periode for etablering af råstofvirksomheder (alle undersøgelsens 27 virksomheder indgår).

Mange råstofvirksomheder er startet grundet stigende efterspørgsel og opsving inden for industri-, bygge- og anlægssektorerne. Der er etableret nye råstofvirksomheder løbende frem til i dag, hvilket til dels hænger sammen med tidshorizonten i en grusgrav, der ud-

tømmes over tid. Råstofindvindere på land er derfor nødsaget til at finde nye graveområder, og branchen er relativ dynamisk i forhold til frasalgs og opkøbs. Nye virksomheder er typisk startet af iværksættere med erfaring i branchen, enten fra en tidligere virksomhed eller gennem en familierelation. Der er også en del virksomheder, der er startet som vognmandsvirksomhed og senere har udvidet med indvindingsaktiviteter.

Mindst 17 af de virksomheder, der indgår i undersøgelsen, har opkøbt eller udvidet produktionen over tid i form af udvidelse af grusgrave eller overtagelse af nye, såvel som øget skibskapacitet eller tilkøb af skibe og søpladser. Ud over at sikre råstofindvinding fremover, sker disse opkøb med henblik på at udvide råstofsortiment eller dække et større geografisk område. En del virksomheder har dog også oplevet at måtte frasælge eller lukke grusgrave og losningspladser, fordi de ikke var rentable. Generelt svinger produktionsmængderne med de økonomiske konjunkturer. Eksempelvis havde branchen hårde tider under krisen efter 2007, hvor flere virksomheder måtte lukke eller skære drastisk ned i produktion og antal ansatte. Efter 2010–2011 har markedet løbende rettet sig, og flere virksomheder mener, at de er oppe på omtrent samme niveau som før krisen.

Råstofbranchen er også i dag præget af mindre eller mellemstore virksomheder, mens der er et fåtal af de helt store landsdækkende råstofleverandører. Som det ses i Figur 46, er det over halvdelen af råstofvirksomhederne, omfattet af undersøgelsen, der driver en enkelt

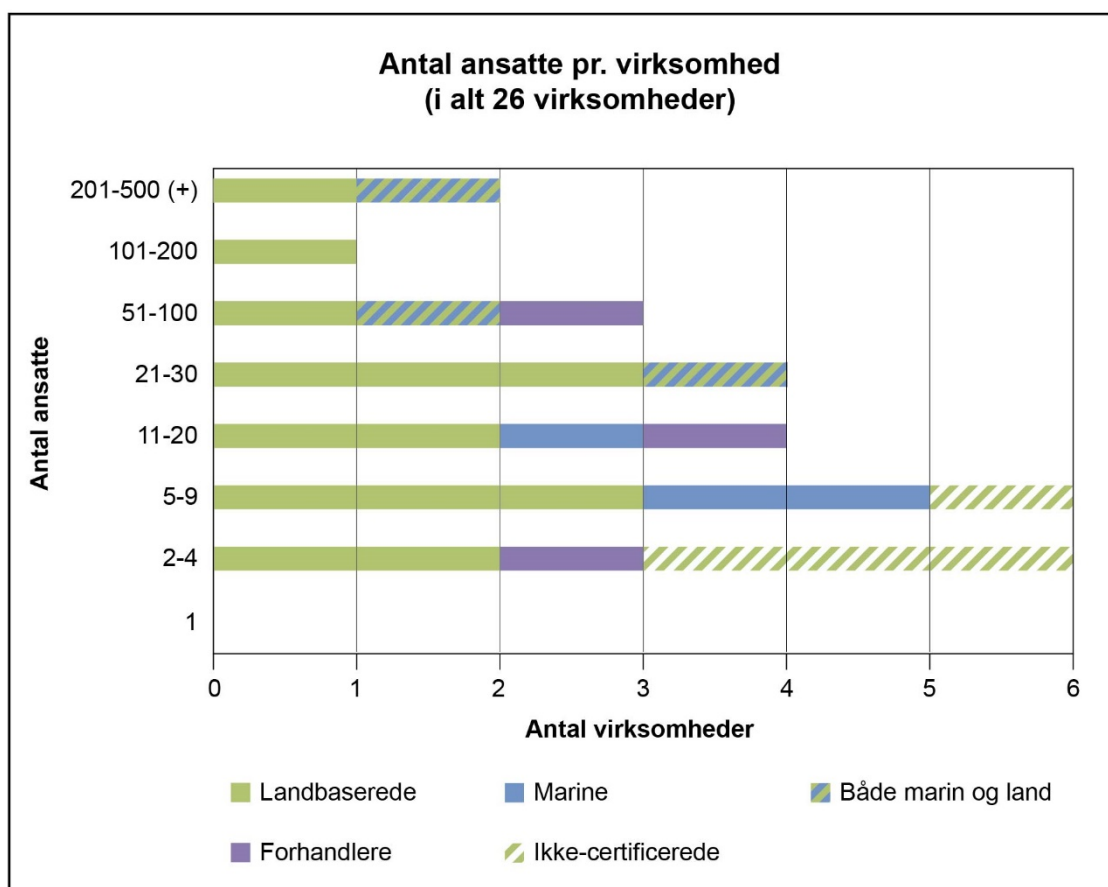


Figur 46. Antal grusgrave og/eller losningspladser pr. virksomhed.

grusgrav eller losningsplads; bl.a. alle de indvindere der udelukkende indvinder fra marine områder. De virksomheder, der har både marin og landbaseret indvinding, har typisk flere lokaliteter og står generelt for store indvindingsmængder. Antallet af grusgrave og los-

ningspladser siger dog ikke noget entydigt om størrelsen af virksomheden, idet grusgrave såvel som losningspladser og tilhørende skibe kan have meget forskellig størrelse og kapacitet. De marine sand-/ralsugere har dog typisk en større produktionskapacitet end mange af de enkelte grusgrave.

Virksomhedsfordelingen, med mange mindre og få store virksomheder, afspejler sig også i antallet af ansatte pr. virksomhed (Figur 47). Størstedelen af de aktive indvindere (15/26) har under 50 ansatte, mens kun tre har over 100. Med tiden er råstofindvinding blevet mere automatiseret og effektiv på grund af nye og smartere maskiner, teknikker og computersystemer, hvilket for nogle virksomheder har betydet et fald i antallet af ansatte. De fleste steder er antallet dog steget i takt med udvidelser og øget produktion. Antallet af ansatte er dog stærkt afhængig af, hvilke andre aktiviteter virksomheden driver.



Figur 47. Antal ansatte pr. virksomhed. Bemærk at figuren angiver det samlede antal ansatte for virksomhederne. Da flere virksomheder har andre aktiviteter, er der altså ikke nødvendigvis tale om ansatte indenfor råstofindvinding.

En del råstofvirksomheder er forbundne gennem anparts- eller koncernsammenhænge. Fem af virksomhederne omfattet af undersøgelsen er ejet helt (3) eller delvist (2) af en udenlandsk koncern. Disse fem er alle større virksomheder. Tre har marine aktiviteter, og de sælger alle certificerede tilslagsmaterialer til betonindustrien. De fleste virksomheder er dog danskejede, og mindst ni er familieejede gennem en eller flere generationer.

8.1.1 Lokalisering og afsætning

Den geografiske placering er essentiel for råstofindvindere, idet produktionen er betinget af den specifikke geologiske forekomst i et givent område. Derudover spiller en række andre faktorer ind, såsom konkurrerende arealinteresser og den lokale efterspørgsel som beskrevet i afsnit 7.2.1. Produktionen er betinget af, hvilke afsætningskanaler der benyttes, men også virksomhedens kapacitet, økonomiske råderum og strategiske overvejelser spiller ind.

Om der indvindes på lejet eller ejendomsjord varierer alt efter virksomhedens strategi, økonomiske råderum og arealets ejerskabsforhold. Mange virksomheder foretrækker at opkøbe jord for at sikre sig og undgå eventuelle problemer med lodsejere/udlejere i forbindelse med fraflytning, udløbne kontrakter, forlængelse af indvindingsperiode mv. Andre foretrækker at leje jord for at undgå investeringsudgiften, men for de fleste er det en blanding, alt efter hvad der har været mulighed for i de enkelte tilfælde. Flere indvindere nævner, at der er stor konkurrence om de gode områder, og der ofte er mange om budet.

De fleste marine indvindingsvirksomheder indvinder på fællesområder, da det er omkostningstungt at opnå tilladelse til et auktionsområde (se definition af indvindingsområder i afsnit 7.3.1). Af de syv marine indvindere, omfattet af undersøgelsen, indvinder fem udelukkende på fællesområder, én indvinder delvist på fællesområder, mens kun en enkelt indvinder udelukkende i eneretsområde opnået gennem auktion. Generelt er det ikke særlig attraktivt at byde ind på auktionsområderne. Seks af indvinderne nævner, at investering i auktion til eneretsområder er både for dyrt og for risikabelt, da der skal betales for en række undersøgelser uden sikkerhed for, at man kan opnå den endelige tilladelse. Selvom vederlaget for råstoffer er mindre i auktionsområder end i fællesområder, kan det sjældent betale sig for mindre virksomheder, der ikke har den rette skibskapacitet og det økonomiske råderum, der skal til.

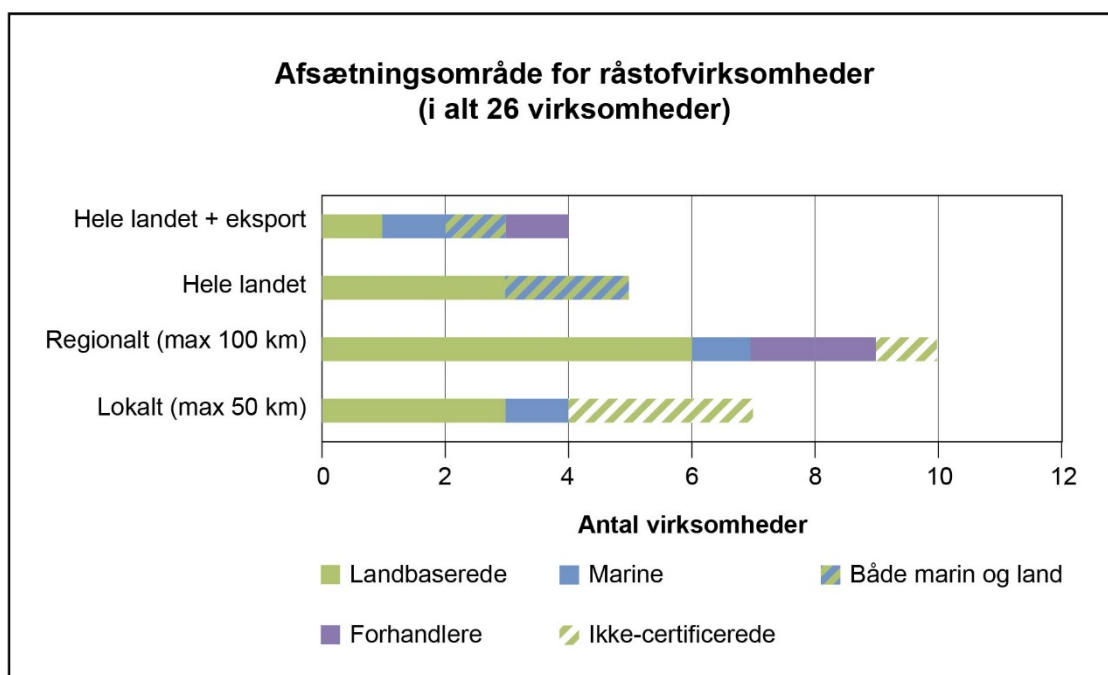
Som beskrevet består indvinding af udgravning af bakkematerialer eller opsugning og losning af sømaterialer, samt forskellig grad af efterfølgende sortering og oparbejdning. Omfanget af bearbejdningen afhænger af, hvilke maskiner og metoder der er til rådighed, hvilket primært afhænger af virksomhedens finansielle råderum. Det samme gælder muligheden for certificering af råstoffer, hvilket er afgørende for, hvilke kunder der kan afsættes til. Ifølge virksomhederne afhentes nogle sorteringer dagligt, mens andre (ofte af lavere kvalitet) kan ligge på lager i op til måneder af gangen.

Råstofvirksomheder har ofte en bredt sammensat kundekreds, der inkluderer vognmænd, entreprenører i alle størrelser, kommunale/offentlige byggeprojekter, private, tømrer- og byggemarkeder, samt beton- og asfaltproducenter. For de to sidstnævnte aftagere, er det en forudsætning, at tilslagsmaterialerne er certificeret. Seksten af de 22 certificerede virksomheder mener, at det er let at afsætte deres råstoffer, og 12 nævner, at tillid, godt ry og gode relationer er vigtige, da det ofte er de samme kunder, der vender tilbage.

Placering i forhold til markedet er også vigtig, da transportomkostningen begrænser den afstand, det er rentabelt at fragte tilslagsmaterialer. Langt de fleste råstofvirksomheder afsætter derfor lokalt eller regionalt, med mindre der er mulighed for skibsfragt, hvorved der kan transporteres store mængder over større afstande. Alle, helt eller delvist marine ind-

vindere, nævner dog, at det er blevet sværere og dyrere at finde pladser til at losse råstoffer på grund af konkurrerende interesser og høje afgifter.

Virksomhedernes afsætningsområde er vist i Figur 48. Af de 26 aktive råstofvirksomheder afsætter ni i hele Danmark. Disse ni har alle flere grusgrave eller losningspladser rundt om i landet, og de er desuden alle certificerede. Herudover eksporterer fire råstofvirksomheder primært råstoffer af høj kvalitet eller forarbejdede nicheprodukter.



Figur 48. Afsætningsafstande for bygge- og anlægsmaterialer indvundet i Danmark samt importerede skærver.

8.2 Markedsforhold

Generelt er udgiften til tilslagsmaterialer i et bygge- eller anlægsprojekt marginalt i forhold til andre omkostninger såsom lønninger, maskiner og drivmidler (NIRAS 2014). Råstofpriserne har derfor også mindre betydning for forbruget af råstoffer, der mere afhænger af økonomiske konjunkturer og byggeaktivitet. Prisudviklingen for råstoffer er konjunkturbestemt og afhænger af behov og efterspørgsel samt af priserne for alternative materialer. Danske indvinder oplever konkurrence fra udlandet, især i forbindelse med granitskærver der importeres i store mængder, og som kan substituere de danske stenkvaliteter. Priserne på de importerede varer sætter derfor en øvre grænse for priserne af de danske råstoffer.

Størstedelen af råstofvirksomhederne oplever, at der er stor konkurrence i branchen. De mest fremtrædende konkurrenceparametre er (i rangeret rækkefølge) pris, kvalitet, leveringssikkerhed, geografi/placering, ensartethed, standarder/dokumentation, produktsortiment og -udvikling, kapacitet/mængder samt tillid/service. Konkurrencen afhænger af, hvilke råstoffer og kvaliteter man producerer samt koncentrationen af indvinder i et område. På grund af transportbegrænsningen konkurrerer både små og store virksomheder, hvis de

er placeret tæt på hinanden, dog primært hvis der produceres sammenlignelige materialer, der henvender sig til samme kundetyper. Indvindingsvirksomhederne har dog ofte meget forskelligt fokus og kapacitet, og deres produkter er derfor rettet mod forskellige brugere.

Mange indvindingsvirksomheder har faste kunder. Leveringssikkerhed, mængder og ensartethed er vigtige parametre, især for leverancer til betonindustrien, da stabile leverancer af ensartede produkter er essentielt for produktionen. For de fleste er afsætningen sikret gennem kontrakter og prisaftaler. Når der leveres i store og kontinuerlige mængder, kan der ofte opnås mængderabatter, hvorfor priserne ved salg til betonindustrien er lavere pr. vægtenhed end ved salg af mindre mængder til fx private. Priserne er dog primært markedsafhængige og forhandles med kunden i forhold til kontraktforhold, mængder, transportafstand samt tidligere prisaftaler. Især transportafstand kan være afgørende, da transport ofte udgør en stor del af prisen.

På trods af lokale variationer er priser for sand generelt lavere end priser for sten og skærver. Jo højere kvalitet og størrelse af sten, desto dyrere. Generelt er der kommet øget fokus på niche- og produktudvikling, såsom håndsorterede produkter og nye specielle blandinger til specifikke formål. Der er løbende ændringer i efterspørgslen på forskellige størrelsesfraktioner og sorteringer, hvor nogle er blevet mindre populære, mens efterspørgslen på andre er steget. Der har løbende været stigende efterspørgsel efter gode kvaliteter og mere fokus på certificerede produkter. Oparbejdede kvalitetsmaterialer og nicheprodukter giver generelt høj fortjeneste og oplever mindre konkurrence.

I forhold til teknologi sker der løbende udviklinger af maskiner og anlæg, men typisk er det samme materiel der udvikles henimod at blive større eller mere energivenligt. Det handler primært om at gøre produktionen billigere og mere effektiv, mens selve teknikkerne er de samme. For eksempel er skibe til marin indvinding blevet større, mere effektive og optimeret i forhold til støj mv. Ligeledes bliver sorteringsanlæg løbende udviklet, primært til at producere større mængder. Der udvikles også mobile værker med mange funktioner, der både kan vaske, sortere osv. Generelt er mulighederne for sortering og oparbejdning af råstoffer blevet forbedret og mere udbredt. Der er også kommet højere grad af computerstyring med anlæg automatiseret med måleprogrammer mv. Det er dog ikke alle indvindere, der nyder godt af de nye muligheder, da nye anlæg er en stor investering.

8.3 Afsætning til betonindustrien

De høje materialekrav indenfor betonbranchen kræver, at kun certificerede tilslagsmaterialer kan benyttes. Det er dog langt fra alle råstofindvindere, der vælger at certificere deres materialer, og nogle afsætter derfor deres produkter til andre formål. I denne undersøgelse er der fem indvindere, der ikke sælger certificerede råstoffer. Som det ses af figurerne i afsnit 8.1, er de alle mindre virksomheder med højst to grusgrave/losningspladser og højst 10 ansatte (tre af dem mellem 2–4 ansatte). Tre af de ikke-certificerede virksomheder er desuden etableret efter år 2000 og har muligvis ikke opnået den mængdemæssige kapacitet eller det økonomiske råderum der skal til, for at levere til fx betonindustrien. Aftagere af ikke-certificerede materialer er primært private og vognmænd.

At leve op til krav om dokumentation og testning, som det kræves for at bliver certificeret, forudsætter et vist økonomisk råderum til maskiner, kontrolinstanser mv., hvilket generelt er lettere at efterleve for større virksomheder eller som del af en koncern. Der er dog flere årsager til, at også større virksomheder fravælger betonindustrien i større eller mindre grad og fx kun sælger en mindre andel til beton. Flere nævner, at der generelt er meget preskede priser inden for betonindustrien, og at der ofte kan fås en højere pris pr. vægtenhed ved salg til andre kundegrupper, såsom private. Den hyppigere brug af kontrakter er en anden grund, da det medfører en risiko for at skulle betale erstatning, hvis der ikke kan leveres.

Af de 22 certificerede virksomheder har 14 betonproducenter som de primære aftagere. Det vil sige, at salget til betonindustrien bidrager med mere end 50% af omsætningen. Heriblandt er alle de certificerede marine indvindere, da sømaterialer er eftertragtede inden for betonindustrien. For seks af de certificerede virksomheder udgør betonindustrien mellem 20–50% af omsætningen, og for to er det mindre end 20%; begge er relativt store virksomheder, der har valgt at profilere sig på andre områder.

Betonproducenter efterspørger store ensartede mængder af certificerede tilslagsmaterialer. Fordelen ved at levere til betonindustrien er, at producenterne har brug for kontinuerlige leverancer og opererer med meget store mængder. Det er derfor en sikker kunde, der sikrer stabil afsætning. På grund af kravene til tilslagsmaterialer er der direkte kontakt mellem betonproducent og deres råstofleverandører i modsætning til andre aftagere, hvor kontakten ofte går gennem et vognmandsfirma. Betonproducenter vil desuden søge at sikre kvalitet og ensartethed af råstoffer over en længere periode ved at lave kontrakter og prisaftaler. Kontrakter løber typisk 1–2 år ad gangen med udsigt til genforhandling og nogen gange længere, op til 3 eller 5 år. Kontrakter kan sikre afsætning og indkomst fremadrettet, men medfører også en vis risiko, hvis der ikke kan leveres. Af undersøgelsens 22 certificerede virksomheder var 18 bundet med kontrakter ved salg til betonindustrien.

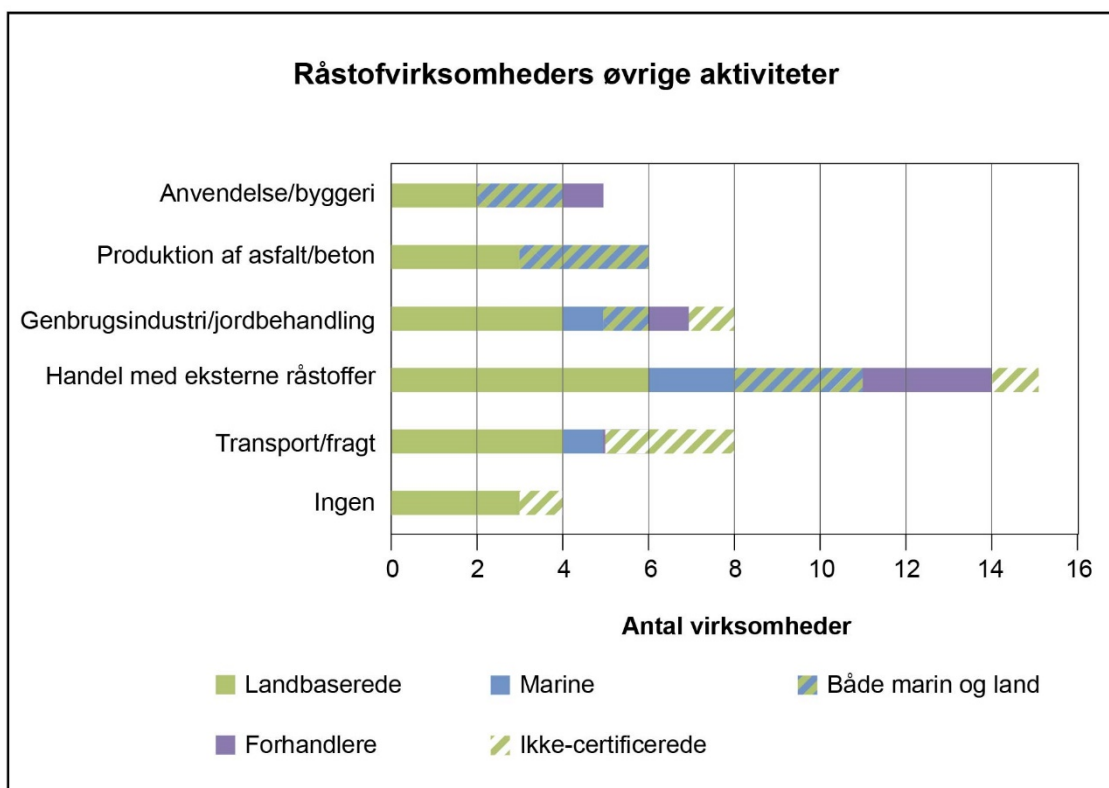
Af de tre virksomheder kategoriseret som forhandlere er én udelukkende forhandler og har altså ingen indvindingsaktiviteter. De to andre er placeret i områder med relativt dårlige råstofforekomster og lever derfor af at videresælge certificerede materialer, der sejles ind fra andre områder.

Der benyttes forskellige råstofkvaliteter og størrelsesfraktioner i de forskellige betonsektioner. Afsætningen til betonproducenter afhænger dog primært af, hvor indvinderen er placeret, og hvilke producenter der findes indenfor en rentabel transportafstand. Af de certificerede indvindere på land sælger langt størstedelen (10/13) til primært én eller to betonproducenter, mens fem virksomheder sælger til flere forskellige. Til sammenligning sælger fire af de seks marine indvindere til flere betonproducenter indenfor forskellige sektioner. Alle de marine og alle de landsdækkende råstofvirksomheder sælger dog til fabriksbetonproducenter, idet de efterspørger den største spredning af kvaliteter og fraktioner.

8.4 Aktiviteter udover indvinding

Langt de fleste råstofvirksomheder har andre aktiviteter end indvinding. Kun tre af de certificerede virksomheder i undersøgelsen havde udelukkende indvinding som virksomheds-

grundlag. De mest fremtrædende aktiviteter hos råstofindvindere kan ses i Figur 49 og er beskrevet i det følgende. Bemærk at mange af virksomhederne har flere aktiviteter og derfor indgår i figuren flere gange.



Figur 49. *Aktiviteter ud over indvinding. Bemærk at nogle indvindere har flere af de nævnte aktiviteter og derfor indgår flere gange.*

Med baggrund i virksomhedernes type (land, marin, forhandler) samt deres aktiviteter ud over indvinding, kan råstofvirksomhederne inddeles i forskellige kategorier.

8.4.1 Transportører

I forhold til både transport og handel med råstoffer spiller vognmandsvirksomheder en betydelig rolle. Vognmænd udgør et vigtigt mellemlid mellem indvinder og kunde, og koblingen af de to aktiviteter er ikke atypisk. Seks af de certificerede virksomheder i undersøgelsen har transport/vognmandsvirksomhed udover indvindingsaktiviteter. I flere tilfælde er det transportdelen, der udgør den vigtigste del af virksomhedsgrundlaget.

Vognmænd er desuden en vigtig kunde hos råstofvirksomheder, der bidrager med en stor del af omsætningen. At vognmænd er en vigtig kunde medfører, at nogle indvindere undgår at påtage sig transportopgaver, såsom at have egen logistikafdeling eller egne biler, da dette kan blive opfattet som direkte konkurrence af vognmandsvirksomhederne. Seks af undersøgelsens råstofvirksomheder har oplevet denne problematik og har enten udfaset vognmandsdelen eller afviger fra at etablere denne for ikke at miste vigtige kunder.

Når der sælges tilslagsmaterialer til betonindustrien, spiller vognmænd dog en mindre rolle, da kontakten går direkte mellem råstofindvinder og betonproducent for at sikre, at kvalitet og dokumentation er i orden. Det er desuden forskelligt om det er indvinder eller kunde, der arrangerer transporten.

8.4.2 Forhandlere

Af de 22 certificerede virksomheder er 15 forhandlere af råstoffer i større eller mindre omfang. Det vil sige, at der opkøbes råstoffer af andre indvindere til videresalg for at supplere egne forekomster, dække eventuelle manglende råstoffer og/eller tilbyde et bredere sortiment. Flere virksomheder nævner, at det er vigtigt at kunne tilbyde hovedparten af de råstoffer, der efterspørges fra en kunde, da de søger at dække deres behov gennem så få leverandører som muligt. Handel er desuden essentielt i områder med få eller ringe materialer, hvor der er behov for råstoffer udefra. Der sejles eksempelvis sømaterialer helt fra Vesterhavet til sjællandske losningspladser, hvorfra de videresælges. Mange forhandlere sælger også importerede granitskærver. I flere tilfælde udgør handel med råstoffer en større del af omsætningen end indvindingsaktiviteter og salg af egne materialer.

Seks af de virksomheder der delvist er forhandlere (og en enkelt der ikke driver handel) har desuden nedknusnings- eller jordbehandlingsaktiviteter. Det vil sige, at virksomhederne enten modtager beton til nedknusning eller jord til harpning, rensning eller deponi. Salg af træflis, rensed jord og spagnum er heller ikke unormalt (Råstofårsmøde 2016). Generelt er disse aktiviteter vokset over tid og overskygger i nogle tilfælde indtægtsmæssigt den oprindelige aktivitet, nemlig indvinding.

Denne tendens har fået øget fokus og var bl.a. fokusområde ved Råstofårsmødet i 2016. Aktiviteter som handel, nedknusning og jordbehandling giver råstofvirksomheder et større spillerum til at supplere indtægterne og forlænge aktiviteterne i grusgrave. Men i nogle tilfælde medfører det, at efterbehandlingsplanen udskydes, hvilket kan give problemer og klager i lokalområdet, hos kommunen og i regionen²². Især mindre virksomheder kan have stor fordel af at drive biaktiviteter, og for nogle er det essentielt for at klare sig.

8.4.3 Producenter og entreprenører

I alt otte af de certificerede virksomheder er vertikalt integrerede i produktionskæden indenfor segmenter, der anvender råstoffer til enten produktions- eller til byggeformål. Indvindingsaktiviteter sker således med henblik på at forsyne egen virksomhed i større eller mindre grad. Alle virksomheder der har indvinding både på land og i det marine område, har aktiviteter i andre segmenter af værdikæden. Seks af virksomhederne bruger råstoffer til produktion af enten asfalt eller beton; heraf er fire mere eller mindre selvforsynende. Tre af virksomhederne er også involveret i bygge- eller anlægsaktiviteter, hvor produkterne benyttes. De er alle større koncerner, der dækker alle segmenter i værdikæden gennem datterselskaber; fra indvinding af råstoffer til produktion af enten beton eller asfalt og til anven-

²² Fra oplægget "Den uendelig råstofgrav" af J.C. Storgaard, Region Hovedstaden, ved Råstofårsmødet 2016.

delse inden for bygge- og anlægsbranchen. Alle tre har indvinding flere steder i landet, og de to har både indvinding på land og i marine områder.

Derudover er der to mindre entreprenørvirksomheder, der benytter råstoffer til fx fyldopgaver mv., men som ikke producerer byggematerialer (som fx beton). Det skal dog nævnes, at forsyning af råstoffer samt byggematerialer primært er markedsbestemt, og anvendelse af materialer fra egen indvinding eller produktion kun sker, når det kan betale sig i forhold til pris og transport. Hvilke materialer der benyttes, afhænger altså mere af priser og transportafstande, end hvem der har produceret dem.

8.5 Udfordringer

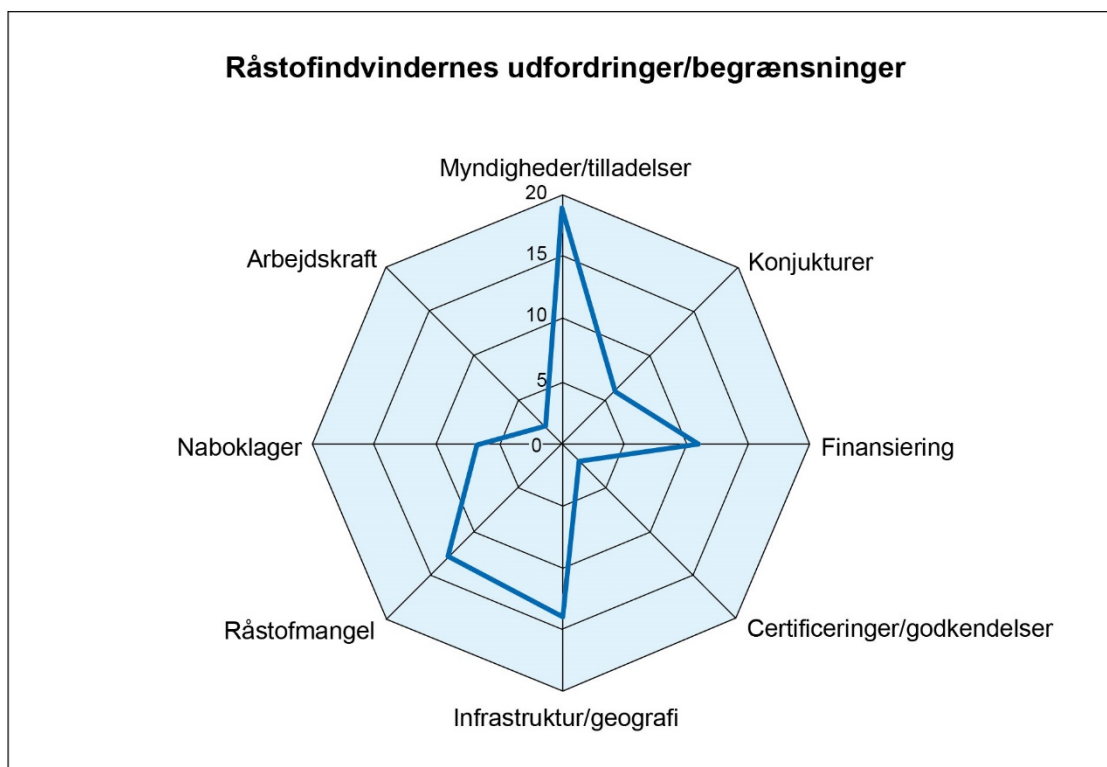
Alle virksomheder omfattet af undersøgelsen blev spurgt om, hvilke udfordringer eller begrænsninger de stod overfor. Spørgsmålet var åbent uden fastsatte svarkategorier. Svarene er efterfølgende blevet kategoriseret i forskellige temaer og er illustreret i Figur 50. Bemærk at virksomhederne kunne nævne aspekter indenfor flere forskellige temaer.

I alt 19 af råstofvirksomhederne nævner udfordringer i forbindelse med *myndigheder, lovgivning eller tilladelser*. Udfordringerne er blandt de begrænsninger og vilkår, der er i forbindelse med tilladelser, lange sagsbehandlingstider, skiftende eller manglende politisk fokus, eller mangel på samarbejde og langsigtede planer for branchen. Ni af indvinderne har oplevet problemer i forbindelse med at opnå gravetilladelse til et område. Hvis arealet allerede er udlagt som graveområde i henhold til råstofplanen, er det dog sjældent et problem at få tilladelse.

Af virksomhederne er der 14 der nævner udfordringer/begrænsninger i forbindelse med *infrastruktur og geografi*, såsom transportafstande, skibskapacitet, mangel på losningspladser, ekstra udgifter i forbindelse med nuværende losningspladser samt udsigter til øget transport (og dermed øget slid og forurening).

Tretten virksomheder nævner udfordringer i forhold til *råstof-ressourcen*, enten direkte mangel på råstoffer, snarlig udtømmelse af de lette forekomster, problemer med at finde gode kvaliteter og nye områder, eller udfordringer i forbindelse med at indvinde dem (fx vejrforhold). Der opleves generelt stor konkurrence i forhold til at finde nye graveområder.

Af virksomhederne oplever 11 økonomiske udfordringer/begrænsninger i forbindelse med *finansiering* ved opstart af virksomhed, investering i udstyr, finansiering af tilladelser og undersøgelser, betaling for losningspladser, afgifter og vederlag, samt generelt for lave priser for råstoffer. Seks virksomheder oplever udfordringer i forbindelse med svingende *konjunkturer* og svingende/faldende efterspørgsel.



Figur 50. Råstofvirksomhedernes udfordringer/begrænsninger, tematiseret på baggrund af interviewundersøgelse.

Syv virksomheder melder om udfordringer i forbindelse med *naboer og lokalbefolkning* i form af naboklager, stridigheder over støj og støv eller generel uvilje over grusgrave i nærområdet. Et par nævner udfordringer i forbindelse med *arbejdskraft*, idet behovet svinger i overensstemmelse med svingende efterspørgsel og sæsonvariationer.

9. Forsyning og fordeling af tilslagsmaterialer

Koblingen af de to segmenter; indvinding og produktion, sker gennem fokus på forsyningskæden. Som beskrevet afhænger forsyning af tilslagsmaterialer til betonindustrien af, hvilke krav der er til produktets miljøklasse, styrke og kvalitet. Kravene er fastsat og beskrevet i normer og standarder afhængig af anvendelsen. For en ny konstruktion vil byggematerialer og miljøklasse være specificeret i selve projekteringen. For betonproducenter vil det derfor være mere eller mindre givet på forhånd, hvilke materialer der som minimum kan bruges til en specifik anvendelse. Hvordan producenter forsynes med de specificerede råstoffer afhænger først og fremmest af adgangen til certificerede materialer i deres nærområde, men også relationer, pladsforhold og ikke mindst prisen på alternative materialer (fx importeret granit) spiller ind, som beskrevet i det følgende. Dette kapitel ser nærmere på forsyningen af tilslagsmaterialer til betonindustrien og søger at inddrage de lokalisingsmæssige udfordringer.

9.1 Betonbranchens forsyning

Forsyning af tilslagsmaterialer afhænger først og fremmest af, hvilke leverandører af certificerede materialer der findes i et givent område. Transportafstanden er nemlig en vigtig faktor, da betontilslag er karakteriseret ved at være billige, tunge og højvolumenprodukter, der ikke er rentable at transportere langt. De varierende forekomster i forskellige egne udfordrer dog mulighederne for lokal forsyning.

For producenter, der har fabrikker i hele landet (6/22 omfattet af undersøgelsen), kan der ikke siges noget entydigt om transportafstanden, da der benyttes materialer fra flere forskellige indvindingsområder til at forsyne de forskellige fabrikker. Af de resterende 16 producenter i undersøgelsen henter otte virksomheder råstoffer inden for en radius af 60 km, fem mellem 70–100 km væk, og tre henter råstoffer på afstande mere end 150 km væk. Mindst fire af alle producenterne får sejlet en del af deres råstoffer til fabrikkerne. Sand har generelt en lavere værdi end sten, og forsyningen af sand er derfor typisk lokal eller regional. Hvis der er specifikke krav til sandet, kan det i visse tilfælde være nødvendigt at transportere det over større afstande. Sten har generelt en højere værdi og transporteres også længere, ikke mindst fordi det i flere områder er en begrænset ressource. Generelt bliver sømaterialer transporteret længere end bakkematerialer. Transport med fragtskib har ikke de samme begrænsninger mængdemæssigt og økonomisk som transport på land.

Ni af producenterne i undersøgelsen har to primære råstofleverandører, typisk én leverandør af bakkematerialer, primært bakkesand, og én leverandør af sømaterialer, primært søsten. Syv af producenterne benytter hovedsageligt én enkelt leverandør, og for tre af disse er hovedleverandøren et vertikalt integreret søsterselskab. Derudover er der seks producenter, der har flere forskellige leverandører af tilslagsmaterialer, typisk producenter der har flere fabrikker, eksempelvis mange fabriksbetonproducenter.

Forsyningen afhænger også af, hvilke leverandørforbindelser producenten har etableret over tid. Ofte opbygges der et tæt samarbejde mellem producent og leverandør, og der

skiftes derfor ikke forsyningskilde, med mindre der er store besparelser at hente. De fleste virksomheder påpeger, at tillid, langvarige relationer, leveringsikkerhed og -stabilitet er vigtige parametre for forsyningen, da produktionen er afhængigt af, at der er stabil tilgang til store mængder ensartede materialer. Sytten af de 22 producenter nævner, at de primært bruger samme leverandører og har gjort det gennem mange år. Sikring af ensartede materialer er essentielt i forhold til at undgå unødige udgifter og dokumentation for, at betonen har de egenskaber og den holdbarhed, der er specificeret. Skifter man råstofleverandør, skal det dokumenteres at produkterne stadig lever op til de standarder og normer, der er deklareret. Der tegnes typisk kontrakter eller prisaftaler for 1 til 2 år ad gangen, som ofte genforhandles og fornyes.

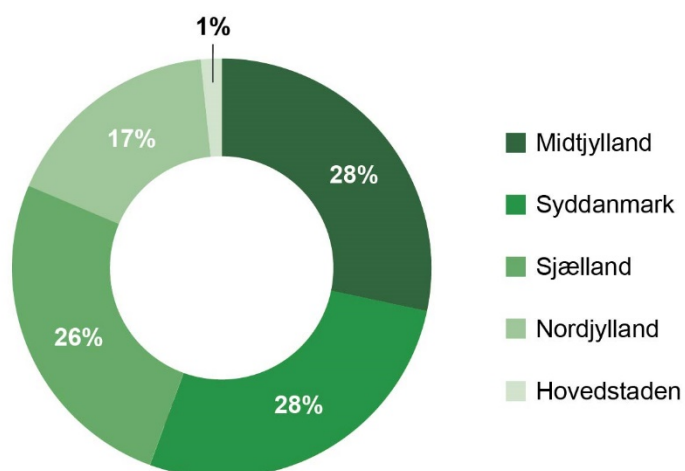
Kontakten og samarbejdet med vognmænd er vigtig i forhold til at sikre forsyningen af tilslagsmaterialer. I nogle tilfælde leverer indvinderen, men i de fleste tilfælde er det producenten, der arrangerer transport ved at sætte opgaven i udbud blandt vognmandsfirmaer. Råstofleverancen skal være fleksibel i forhold til skiftende behov. Stort set alle producenter får leverancer af råstoffer dagligt og nogle gange flere gange i døgnet. De store mængder tilslagsmaterialer kræver meget lagerplads, især hvis man har et bredt produktsortiment med flere forskellige miljøklasser. Tilslagsmaterialer opbevares opdelt efter de forskellige fraktioner og kvaliteter, og omfanget begrænses derfor af, hvor meget plads der er til rådighed. Nogle producenter opbevarer et lager der kan sikre forsyningen i en kortere periode, hvis der skulle være svigt. Endelig er der de producenter (tre i undersøgelsen), der har egen indvinding i tæt relation til produktionen, som løbende kan forsyne efter behov.

9.2 Geografisk fordeling af tilslagsmaterialer

Indvindingsvirksomhedernes placering er helt overordnet betinget af de geologiske forudsætninger. Forekomster i nogle områder er domineret af grove materialer og andre af mere finkornede materialer. Herudover kommer en række praktiske forhold, for eksempel at der kun kan gives tilladelse til indvinding, hvis der ikke er konflikt med andre arealanvendelser og -interesser. Som omtalt tidligere, er betonbranchens virksomheder i mindre grad lokaliseret i forhold til nærheden til råstoffer.

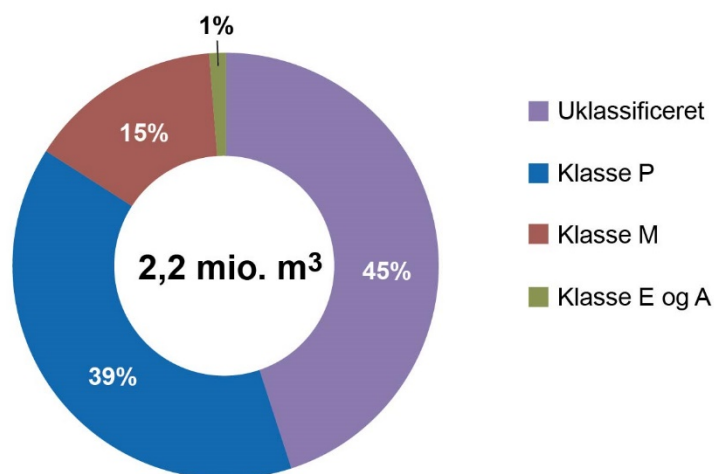
Om der opleves mangel på råstoffer afhænger af, hvor man er i landet. Derudover er der stor forskel på kvaliteten af råstoffer i forskellige egne og derfor også anvendelsesmulighederne. Som vist i Figur 51 blev der i 2014 indvundet ca. 5,2 mio. m³ råstoffer på land, som blev indberettet som betontilslag i de forskellige regioner. Heraf udgjorde sten i alt 2,2 mio. m³ fordelt på de forskellige kvaliteter som vist i Figur 52. Som nævnt er det langt fra alle disse materialer, der reelt anvendes som betontilslag. Næsten halvdelen af stenene (45%) blev indberettet som uklassificerede, hvilket betyder, at de i langt de fleste tilfælde ikke kan anvendes inden for betonindustrien. Generelt opleves der stor mangel på stenfraktioner i det meste af landet og især i de høje miljøklasser. Over halvdelen af indvindingsvirksomhederne (15/27) nævner den store efterspørgsel og mangel på sten.

Indvinding af tilslagsmaterialer fordelt på regionerne (2014)



Figur 51. Indberettede mængder af tilslagsmaterialer i 2014, fordelt på de fem regioner. Bemærk, at det ikke er alle disse materialer, der reelt kan anvendes som betontilslag (DST særtræk 2015).

Stenkvaliteter indvundet på land (2014)

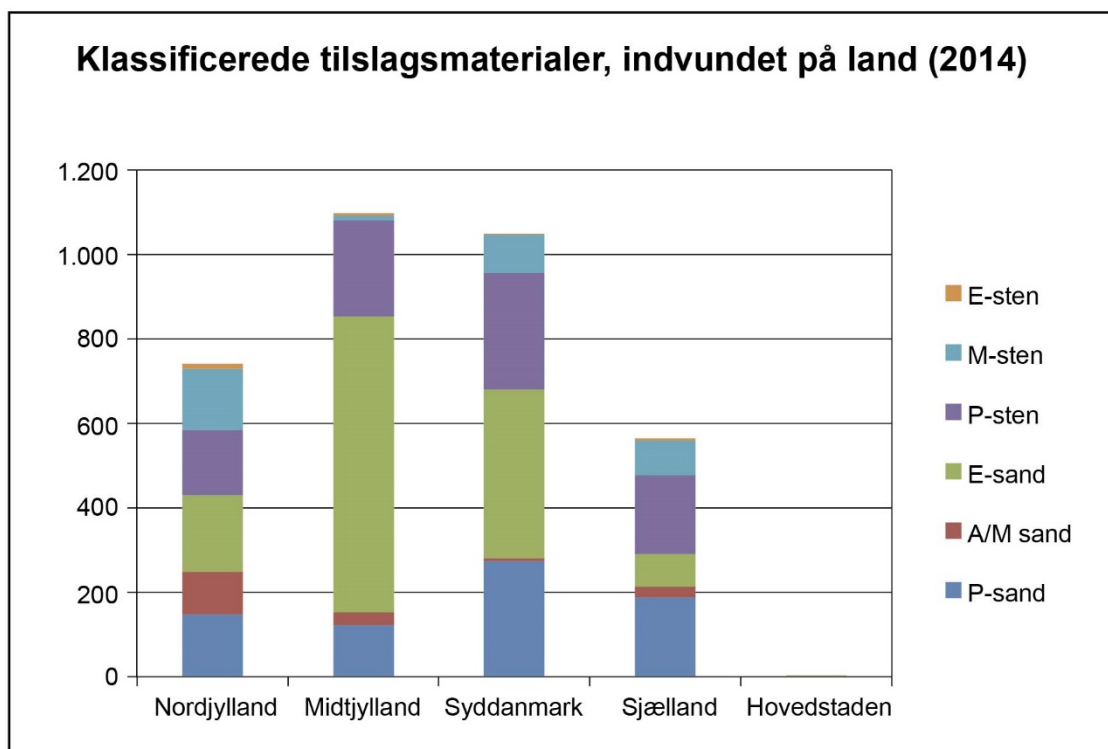


Figur 52. Stenkvaliteter indvundet på land i 2014, fordelt på miljøklasser (DST særtræk 2015).

I Danmark produceres meget lidt klasse E-sten gennem oparbejdning, og granitskærver importeres derfor i store mængder for at dække behovet. Klasse A-sten produceres stort set ikke som bakkemateriale i Danmark, mens M-sten produceres i nogen grad (se Figur 53). Ingen af de landbaserede indvindere, omfattet af undersøgelsen, producerer således klasse A-sten, mens en enkelt producerer klasse E-sten og i alt fem producerer M-sten.

Den regionale fordeling af de klassificerede tilslagsmaterialer er vist i Figur 53. Indvindingen af klassificerede tilslagsmaterialer er mindst på Sjælland og stort set ikke eksisterende i hovedstaden. I Jylland og Syddanmark er der store forekomster af kvalitetssand, hvilket er en mangelvare på Sjælland. Indvindere i Jylland nævner, at der er så store mængder af klasse E-sand, at det sælges til hvad som helst, også til brug i lavere kvalitetsklasser, da prisforskellen er lille. Halvdelen af indvinderne leverer E-sand, hvorimod fem leverer klasse A-sand og 10 klasse P-sand. Klasse M-sand findes ikke, da der i Danmark er samme normkrav for klasse M-sand og klasse A-sand, hvorfor denne kategorisering ikke benyttes.

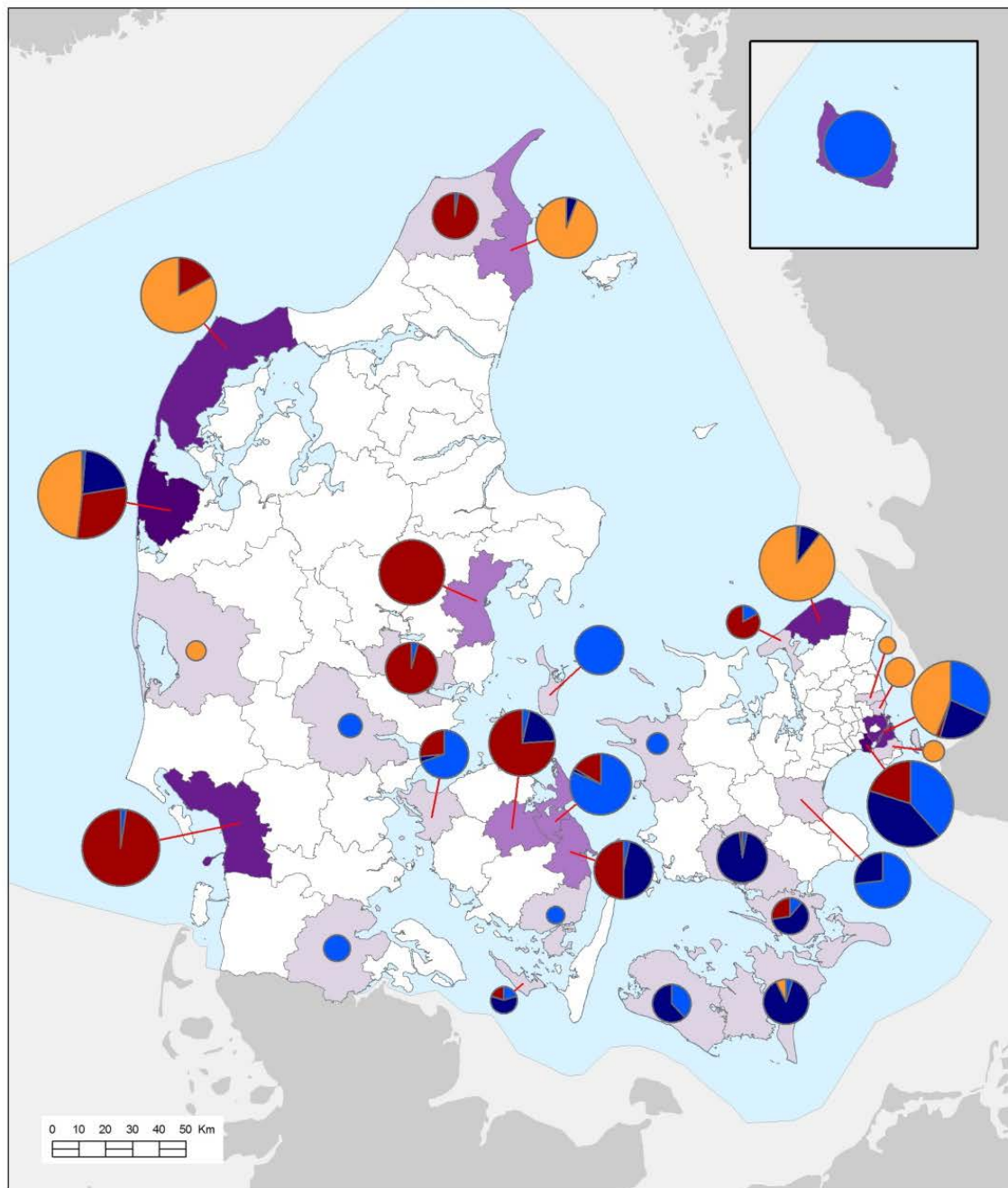
På Sjælland produceres hovedsageligt klasse P-materialer med en relativ stor andel af P-sten. Især Sydsjælland og Hovedstaden oplever mangel på tilslagsmaterialer, og indsejling af råstoffer er derfor nødvendigt. Fra søpladser videresælges certificerede varer fra andre dele af landet, som beskrevet i kapitel 8. Både klasse E- og M-sten produceres i de største mængder i hhv. Region Nordjylland, Region Sjælland og Region Syddanmark, som det ses i Figur 53. Generelt er klassificerede sten en mangelvare hos landbaserede indvindere.



Figur 53. Tilslagsmaterialer indvundet på land i 2014. Bemærk at uklassificerede materialer ikke er medtaget (DST særtræk 2015).

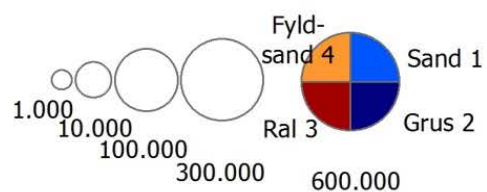
Der indvindes til gengæld store mængder af sten fra havbunden i de danske farvande, især i Østersøen og i Nordsøen. Fem af de marine indvindingsvirksomheder i undersøgelsen sælger således klasse A-sten, som ikke produceres på land. Fire sælger desuden klasse M-sten. I Nord- og Midtjylland opleves generelt mindre mangel på sten, da der indvindes store mængder fra Nordsøen. Der eksporteres sågar store mængder sten fra Vestkysten til Holland og Tyskland. Losningen af sømaterialer i Danmark er illustreret på kortet i Figur 54. Hvilke kvaliteter og anvendelse de marine råstoffer har, fremgår dog ikke af indberetningerne til SVANA. Mængderne af klassificerede sten fra havbunden kan derfor ikke belyses nærmere. Det fremgår dog, at de største mængder af sten (Ral 3) losses i Vest- og Nordjylland, samt i Aarhus og i Odense. Det vides imidlertid ikke hvor og til hvad disse materialer anvendes, men det kan konstateres, at de losses i områder hvor ressourcerne, og dermed indvindingen, domineres af sand. Helt tilsvarende losses der mere Sand 1 (som ofte kan anvendes som betonsand) på Sjælland og Fyn, hvor betonsandproduktionen er lille. Dette indikerer, at sømaterialerne bidrager betydeligt til betonproduktionen i Danmark. Denne antagelse understøttes også af: (1) at fordelingen af indvindingen af betonsand til de høje miljøklasser er størst i Jylland og fra de marine områder i Vesterhavet, hvorimod der indvindes mest klasse P og uklassificeret sand i den østlige del af landet (Figur 55); (2) at der fra forekomster på land kun produceres meget lidt af de tre stenklasser til beton – nøddesten, ærtesten og perlesten – i de høje miljøklasser (Figur 56, Figur 57 og Figur 58).

Losning pr. kommune (excl. nyttiggørelse)

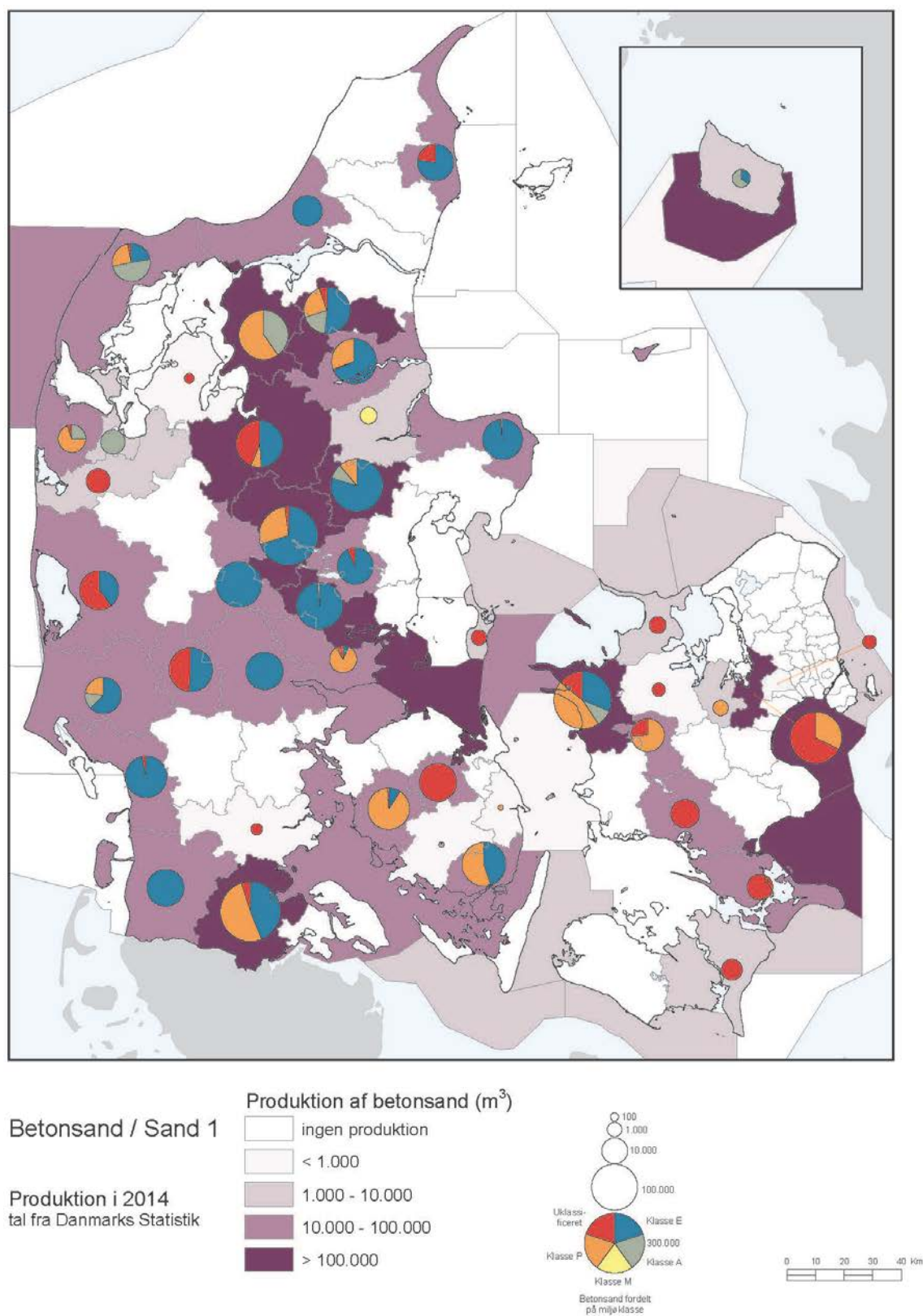


Losning (m³)

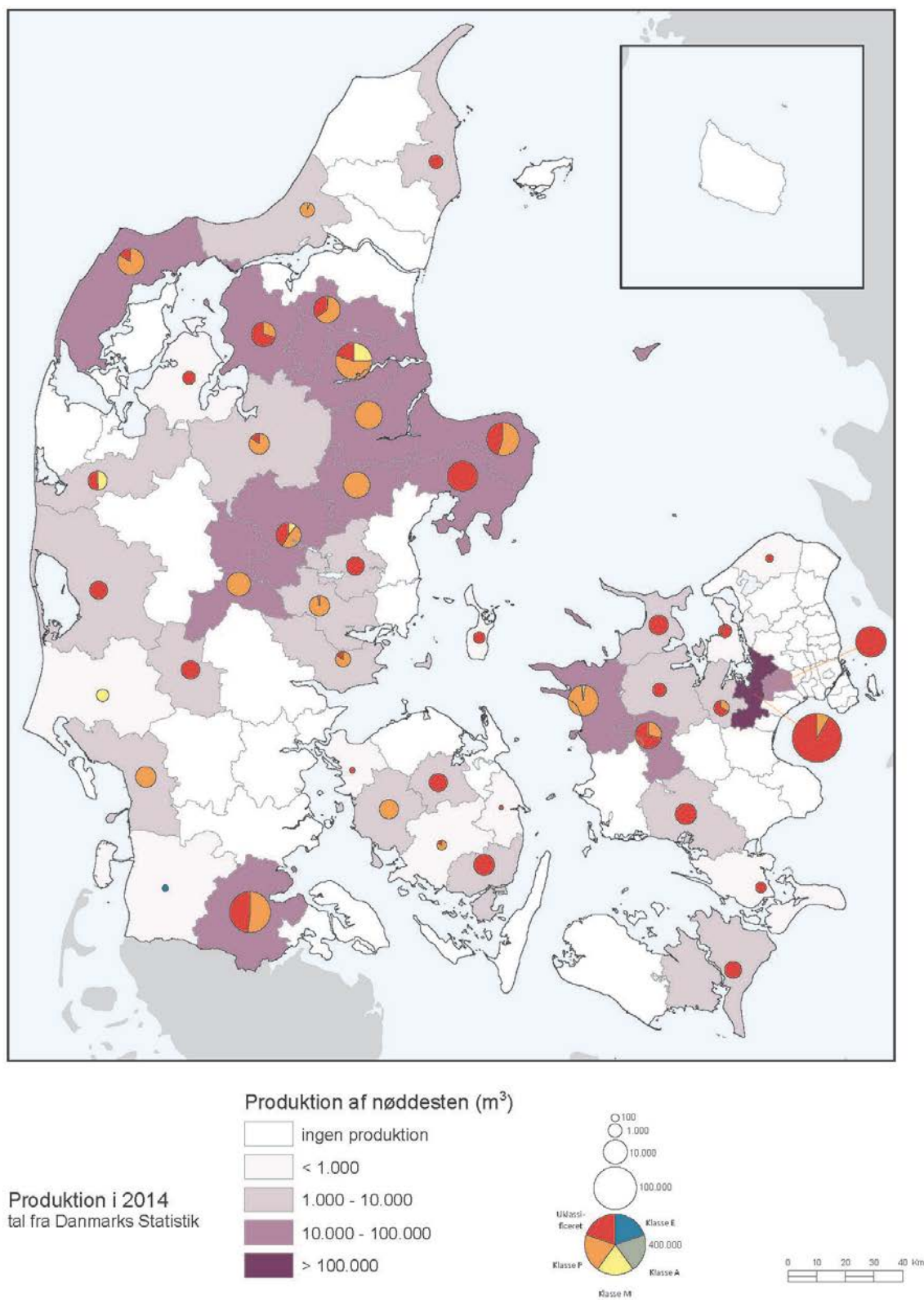
- ingen losning
- < 100.000
- 100.000 - 200.000
- 200.000 - 300.000
- 300.000 - 400.000
- > 400.000



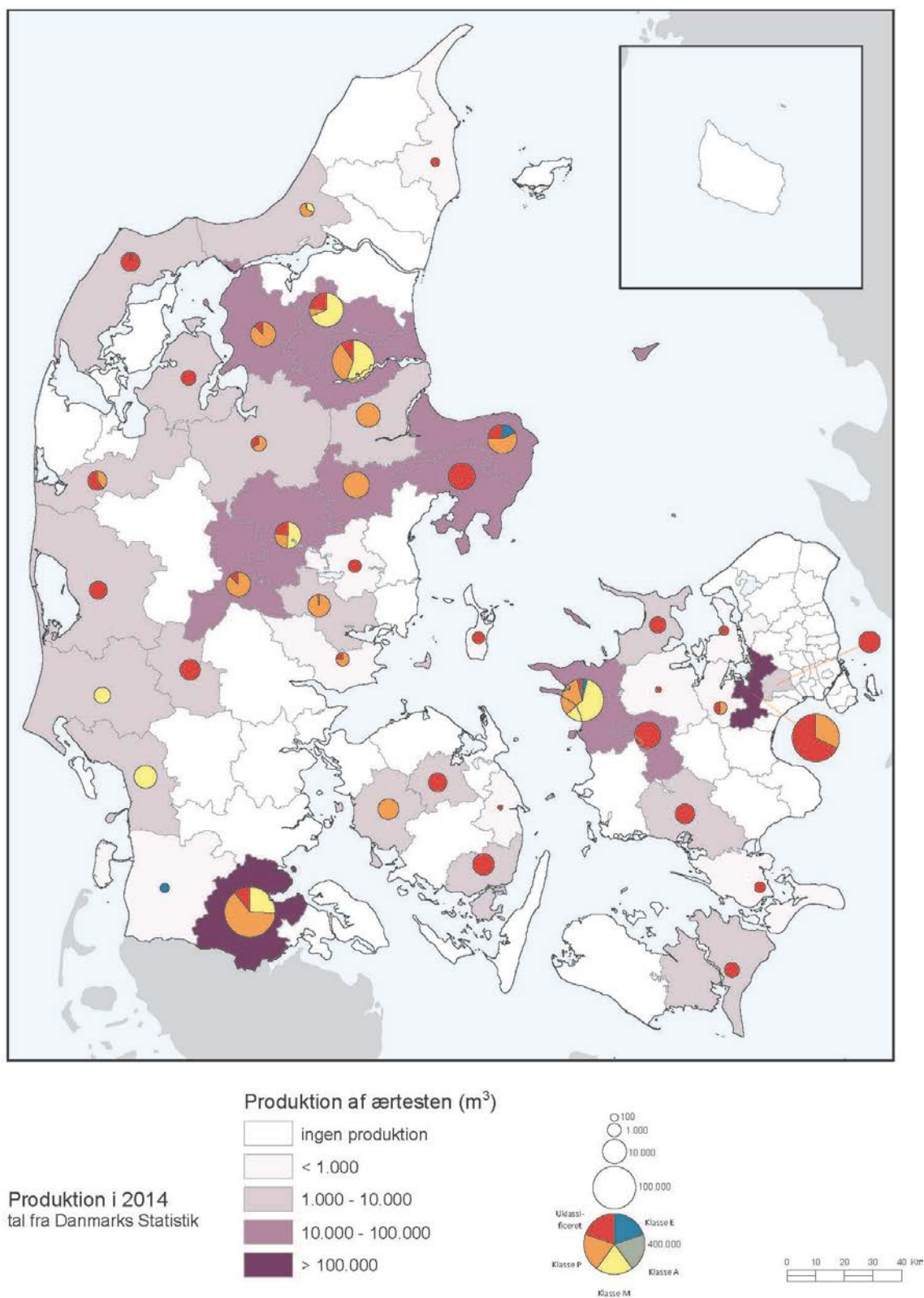
Figur 54. Geografisk oversigt over losningen af de marine råstoffer, samt fordelingen på de fire hovedgrupper. Tilslagsmaterialer kommer overvejende fra Sand 1 og Ral 3 (MiMa 2016).



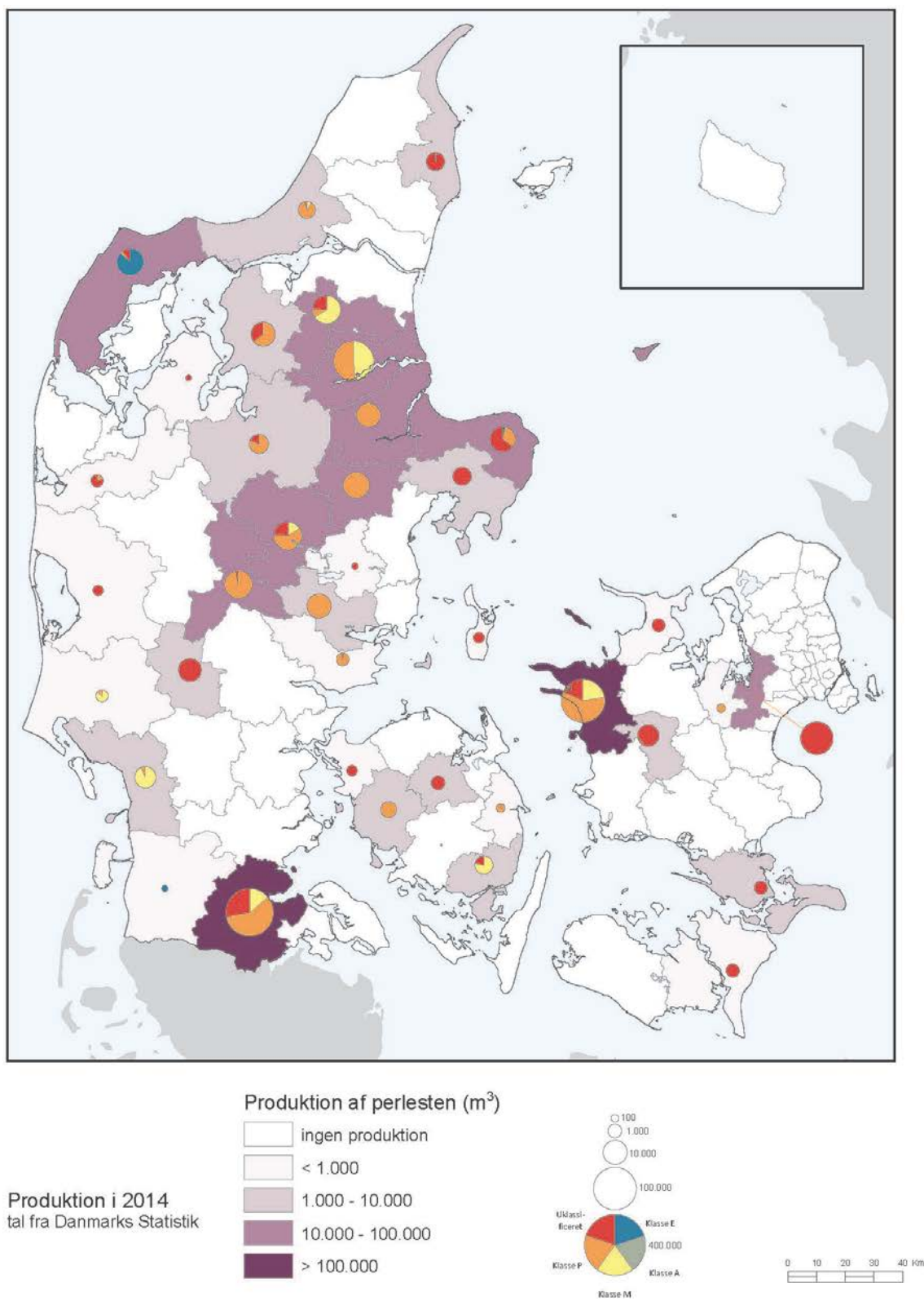
Figur 55. Produktion af betonsand (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner (MiMa 2016).



Figur 56. Produktion af nøddesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner (MiMa 2016).



Figur 57. Produktion af ærtesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner (MiMa 2016).



Figur 58. Produktion af perlesten (miljøklasse E, A, M, P og uklassificeret) fordelt på kommuner (MiMa 2016).

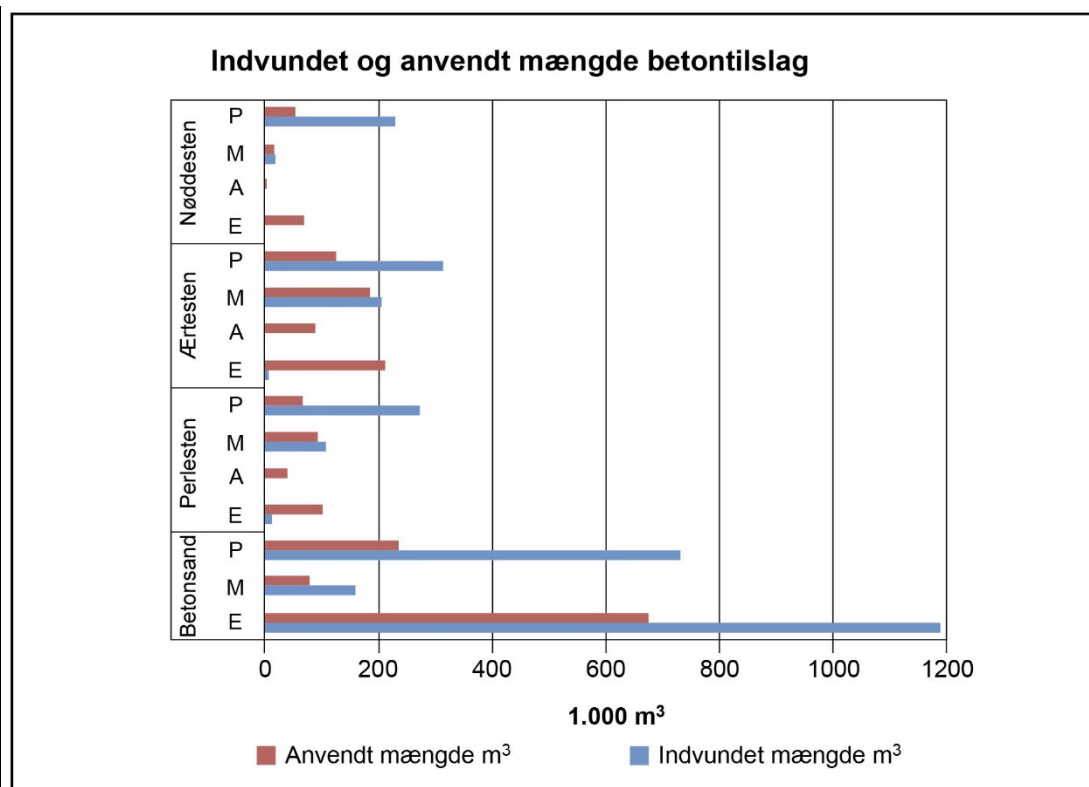
9.3 Betonproducenternes tilslagsforbrug

På grund af de tekniske krav til forskellige betonprodukter og miljøklasser, er det ikke alle tilslagsmaterialer, der kan benyttes. Eksempelvis har både element- og fabriksbeton meget skrappe normkrav/standarder. Betonvarer har som regel lavere normkrav, og producenter benytter generelt færre forskellige fraktioner og lavere klasser af især sten. Fabriksbetonproducenter benytter den største variation af tilslagsmaterialer. Da der i Danmark leveres fabriksbeton til alle miljøklasser, benyttes der både sand, perlesten, ærtesten og nøddesten i alle klasser (E, A, M og P). Elementproducenter anvender ligeledes de høje miljøklasser, typisk E-, A- og M-materialer, men hovedsageligt i de mindre størrelsesfraktioner sand, perlesten og ærtesten. Desuden benytter en del elementproducenter importerede 'kosmetiske' sten i deres produktion. Størstedelen af betonproducenterne (16/22) benytter importeret granit med undtagelse primært af betonvareproducenter.

Af undersøgelsens 22 producenter har 15 angivet mængden af de anvendte tilslagsmaterialer i 2015 fordelt på størrelsesfraktioner og miljøklasser. Disse mængder er illustreret i Figur 59, hvor de er sammenstillet med de samlede indvundne mængder på land i 2014 (DST 2015). Som nævnt i tidligere afsnit er det ikke alle de indvundne materialer, der anvendes til beton, men på trods heraf giver figuren et billede af, hvor de store afvigelser er. De uklassificerede tilslagsmaterialer og sten > 32 mm er ikke medtaget i figuren, da disse fraktioner sjældent benyttes af betonindustrien. Bemærk at figuren kun viser indvindingen på land, da de marine råstoffer ikke indberettes i klasser og fraktioner.

De 15 producenter afspejlet i Figur 59 står for under halvdelen af den samlede produktion af beton i Danmark, hvorfor de reelle anvendte mængder inden for betonindustrien er langt større. Figuren giver dog et estimeret billede af fordelingen af de klasser og fraktioner, der anvendes til beton, og indikerer hvilke kvaliteter der ikke produceres i tilstrækkelige mængder i Danmark og derfor må importeres.

Som beskrevet i afsnit 9.2 og illustreret i Figur 59 indvindes der rigeligt sand i alle kvaliteter, ikke mindst klasse E-sand. Anderledes ser det ud med sten, især i de høje klasser. Figur 59 viser, at der er meget afvigende forbrug af materialer blandt de 15 betonproducenter sammenlignet med de reelle indvundne mængder på land, især i forhold til klasse A- og E-sten. En stor del af disse materialer må formodes at udgøres af importerede granitskærver eller af marine materialer, da søsten er tilgængelige i høje klasser, men da sømaterialer ikke indberettes i forhold til kvalitet og anvendelse, kendes omfanget ikke. Klasse E-materialer anvendes i relativt store mængder inden for betonproduktion, som det ses af Figur 59. Til de skrappeste miljøklasser bruges der primært granitskærver, da klasse E-sten er sjældne i Danmark (udover på Bornholm). Granitskærver importeres typisk fra Norge, Sverige eller Skotland, og importen vil muligvis øges i takt med strengere krav og standarder.



Figur 59. Den samlede indvinding af tilslagsmaterialer på land i 2014 sammenstillet med de anvendte mængder i 2015 hos 15 af undersøgelsens betonproducenter.

9.4 Usikkerhed om ressourcernes levetid

MiMa gennemførte i 2015 en landsdækkende vurdering af råstofressourcerne i Danmark (MiMa 2015). Opgørelsen viser, hvordan bruttoressourcerne fordeler sig på de enkelte kommuner og marine projektområder og er opdelt i hhv. påviste, sandsynlige og spekulative i forhold til, hvor godt kendskabet til ressourcen er. En betydelig del af ressourcerne kan dog, som tidligere beskrevet, ikke udnyttes på grund af andre arealinteresser. I det omfang ressourcen findes i sådanne der ikke kan forventes at kunne inddrages til råstofudnyttelse, er disse mængder fratrasket i opgørelsen; denne reducerede mængde er omtalt som nettomængden. Det skal dog bemærkes, at den reelle nettomængde må antages at være betydeligt mindre, da råstofindvinding erfaringsmæssigt har lav prioritet i forhold til andre arealinteresser. Det er ikke muligt at angive det reelle nettotal. Derfor er det heller ikke muligt at udarbejde en vurdering af, hvor mange år de opgjorte ressourcer rækker til. En opgørelse af restmængden kompliceres yderligere af, at indvindingen og forbruget varierer betydeligt fra år til år, at ressourceopgørelserne ikke kan udarbejdes i samme fraktioner og klasser som råstofprodukterne anvender; yderligere kompliceres sådanne beregninger af, at der tillige kan ske fund af nye ressourcer. Disse meget dynamiske forhold forhindrer en præcis opgørelse over restmængderne, og gør det vanskeligt at vurdere levetiden for ressourcerne. Et par kvalitative beskrivelser for udvalgte områder er eksemplificeret i det følgende.

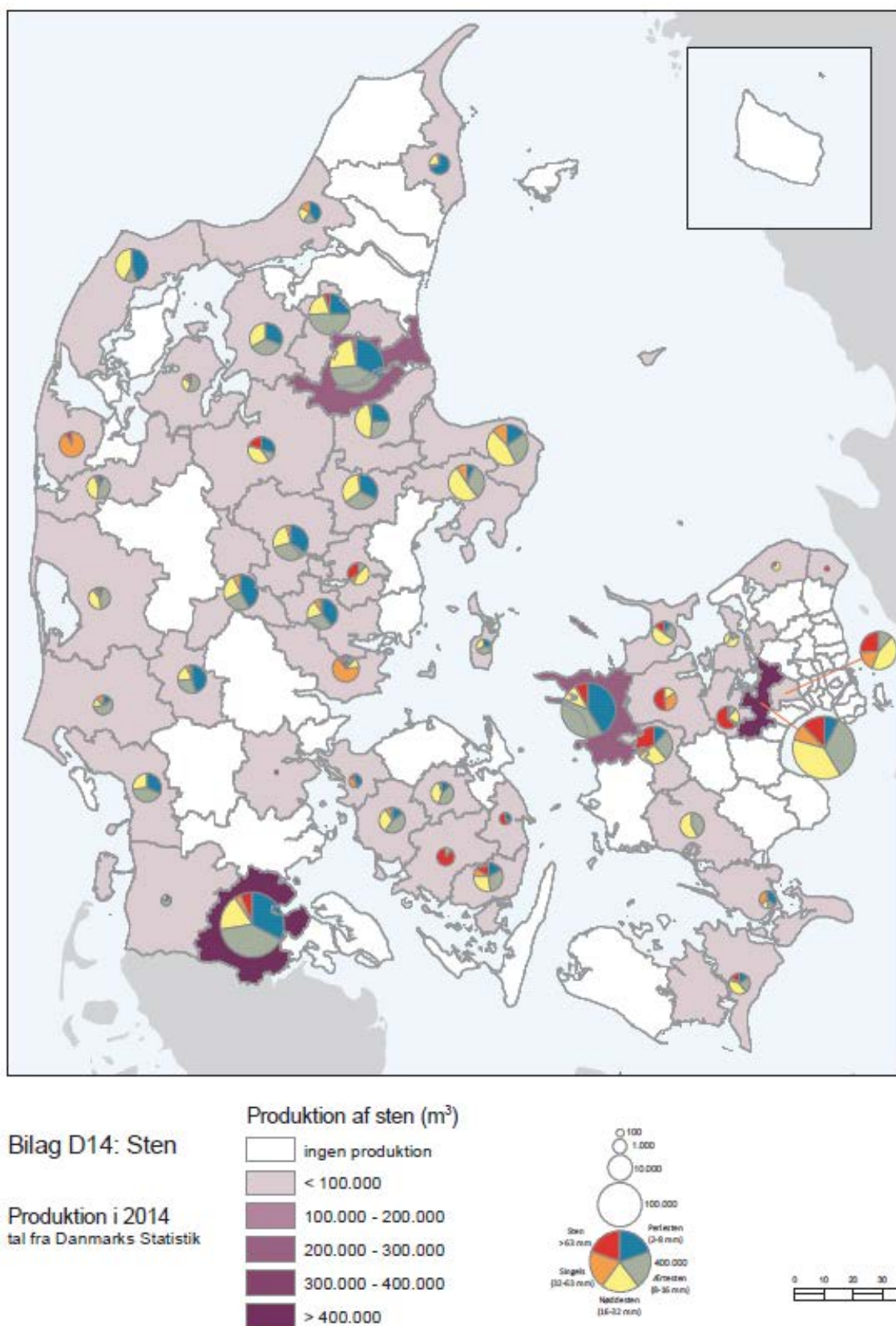
Indvindingen af sten fra grusgrave fordelt på landets kommuner i 2014 er vist i Figur 60. Af figuren ses, at hovedparten af indvindingen sker i kommunerne Aabenraa, Mariagerfjord, Kalundborg og Roskilde. Tilsvarende fremgår det af Figur 55, at hovedparten af betonsand indvindes i kommunerne Aabenraa, Silkeborg, Kalundborg, Favrskov og Roskilde.

Indvindingen på land foregik især i følgende kommuner: Roskilde, Aabenraa, Silkeborg, Kalundborg, Vejle, Skanderborg, Favrskov, Norddjurs, Randers, Mariagerfjord og Rebild. Den samlede vurdering af materialerne sand, grus, ral og sten giver et billede af, hvor råstofferne bliver indvundet, men ikke hvor de kommer i anvendelse eller til hvilket formål. Ses der på forholdene for Sjælland, fremgår det, at Roskilde Kommune har en påvist netto-ressource på ca. 46 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer, hvoraf hovedparten anslås at være grus og sten. Der blev i 2014 indvundet 3,1 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer i Roskilde Kommune, hvilket må anses for at være en relativ lille indvinding. Med den estimerede nettoressource, vil der kunne indvindes samme mængde som i 2014 i omkring 15 år frem.

Kalundborg Kommune indvandt 1,1 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer ud af en påvist netto-ressource på ca. 21 mio. m³. Generelt vurderes kommunen at have ca. 50 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer i Region Sjælland og Region Hovedstaden, samt omkring 150 mio. m³ grovkornede materialer, hvoraf en del muligvis kan være anvendelig som betontilslag (MiMa 2015). Der er dog ikke viden om, hvorvidt disse råstoffer kan opfylde kvalitetskravene til betonproduktion. Desuden er disse ressourcer bruttoopgørelser, og der foreligger ikke viden om, hvor stor en del af ressourcen, som kan udnyttes.

Aabenraa Kommune råder over en ressource på ca. 190 mio. m³ sand, grus og sten, hvoraf hovedparten anslås at være grus. Der blev i 2014 indvundet 1,8 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer fra denne ressource. Generelt vurderes det, at Region Syddanmark råder over de største påviste ressourcer af både sand til betontilslag samt grus, ral og sten (MiMa 2015), om end der ikke foreligger viden om, hvor meget af ressourcen der reelt er til rådighed for råstofudnyttelse.

Fra de danske farvande blev der i 2014 indvundet ca. 4,1 mio. m³ bygge- og anlægsmaterialer, heraf ca. 1,3 mio. m³ ral og sten og 0,8 mio. m³ grus. Hovedparten af denne indvinding foregik i Nordsøen (45%) samt Bælterne og Kattegat (tilsammen 40%). De største marine ressourcer findes ved Jyske Rev i Nordsøen (ca. 80 mio. m³), som vurderes at være domineret af grus. Ved Øresund er der i Faxe Bugt og Køge Bugt påvist ca. 15 mio. m³ grus. Derimod vurderes Kattegat-regionens tilgængelige ressourcer af grus, ral og sten at være ret begrænsede, og i Lillebælt og Storebælt er der ingen påviste ressourcer af grus, ral og sten.



Figur 60. Geografisk oversigt over indvindingen af sten på land (MiMa 2016).

Den største mængde marint sand egnet til betonformål blev indvundet i Øresund (overvejende Faxe Bugt og Køge Bugt) med 0,4 mio. m³ svarende til 42% af totalindvindingen af sand egnet til beton. Ud for Bornholm blev der indvundet 26% og ved Bælterne 24%. For Øresund anslås det i ressourceopgørelsen, at der er sandsynlige ressourcer af sand egnet som betontilslag på op mod 80 mio. m³. Ved Bornholm er der ligeledes påviste ressourcer på ca. 80 mio. m³, mens de sandsynlige ressourcer ved Bælterne vurderes til ca. 30 mio. m³. På Jyske Rev i Nordsøen er der estimeret at være meget store ressourcer af sand egnet til betontilslag (> 1.000 mio. m³).

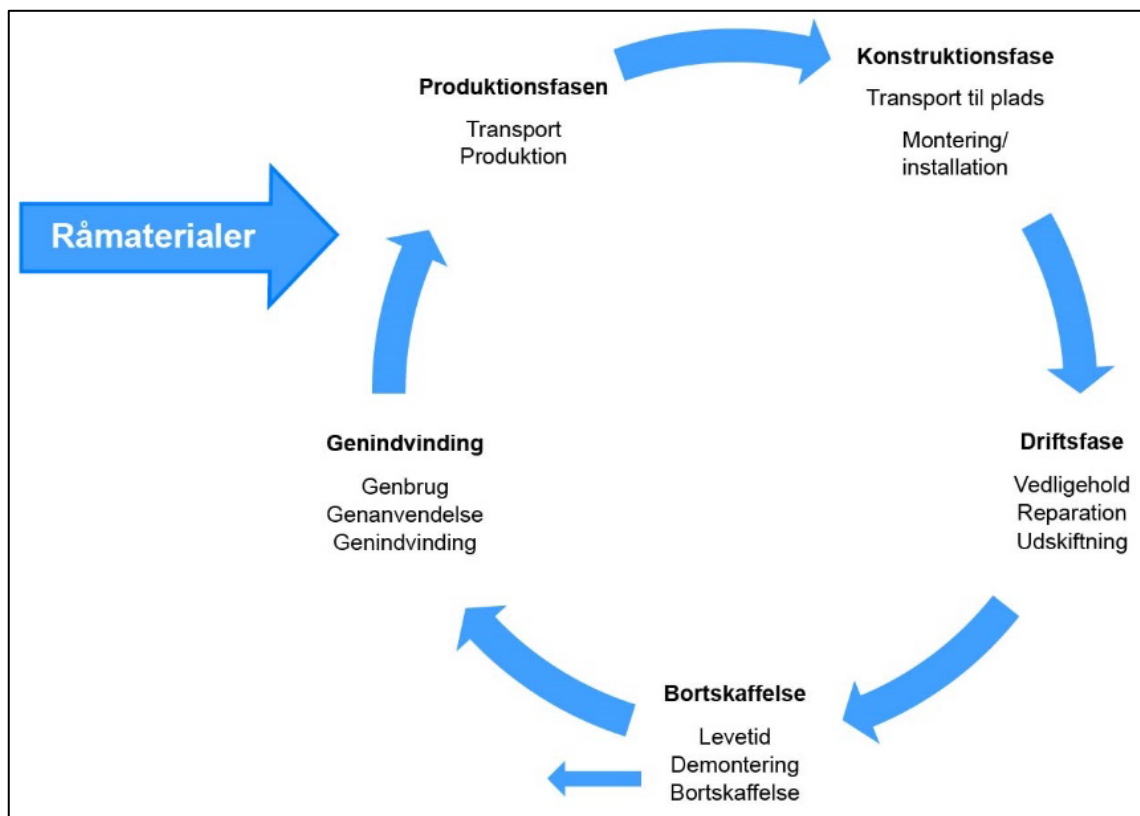
Indvindingen af granitskærver fra Bornholm udgjorde i 2014 134.000 m³. Denne indvindingsmængde udgør kun en meget lille del af de påviste ressourcer af granit på ca. 38 mio. m³. Der foreligger dog ikke oplysninger om, i hvilket omfang disse ressourcer vil være til rådighed for råstofindvindingen. Det skal her bemærkes, at de indvundne mængder af klasse-E sten er utilstrækkeligt til at dække betonindustriens behov for klasse-E sten, og betonindustrien importerer derfor granitskærver til klasse-E beton; hvorvidt brugen af importerede skærver i disse klasser skyldes pris eller kvalitet er ikke afdækket i denne undersøgelse.

10. Optimering af forsyningskæden

Med MiMa's undersøgelser af de danske råstofforekomster, produktionsmængder og mangelsituationer står det klart, at råstoffer er en betydningsfuld ressource, der skal værnes om (MiMa 2016). Som beskrevet begrænses indvindingsmulighederne af en lang række faktorer, som bl.a. natur-, miljø- og kulturinteresser, hvorfor det er vigtigt at sikre den optimale udnyttelse af de råstoffer, der produceres. Dette kapitel fokuserer på en række problemstillinger, hvor der er mulighed for at forbedre udnyttelsen og bæredygtigheden i forsyningskæden til betonproduktion. Herudover påpeges det, hvor der mangler yderligere viden på området.

10.1 Betons miljøprofil

På grund af betons store anvendelse og udbredelse, indbefatter produktionen et vist miljømæssigt aftryk. Aftrykket skal dog holdes op imod materialets holdbarhed og styrke, og betons miljøbelastning bør derfor ansues gennem alle dets faser i et livscyklusperspektiv (Dansk Betonforening 2015)²³, der kan ses i Figur 61.



Figur 61. Betonbyggeriets faser i et livscyklusperspektiv (Dansk Betonforening 2015).

²³ Dette afsnit bygger på (Dansk Betonforening 2015) med mindre andet angives.

Det tungeste miljøaftryk for beton ligger i *produktionsfasen*, som omfatter indvinding og produktion af delmaterialer, transporten af disse, samt fremstillingen af betonproduktet på fabrik. *Konstruktionsfasen* dækker transporten af det færdige betonprodukt til byggepladsen, samt montering og installation af produktet i byggeriet. *Driftsfasen* omfatter brugen i byggeriet, og dækker fx energiforbrug og miljøbelastninger relateret til drift og vedligehold. I driftsfasen har betonkonstruktioner ofte en lav påvirkning, da beton har positive egenskaber for energiforbruget i en bygning. *Slutfasen* og efterlivet omfatter miljøpåvirkninger i forbindelse med demontering, nedrivning, *bortskaffelse* og eventuel *genanvendelse*.

Der er således flere steder at sætte ind for at optimere betons miljøprofil. I produktionsfasen kan der optimeres i forbindelse med valg af råmaterialer og transportform, samt optimering af blandinger, kvaliteter og produktionsmetoder så der undgås spild eller overforbrug. I slutfasen kan der optimeres i forhold til genanvendelse af delmaterialer, som nærmere beskrevet i afsnit 10.5.

Begrebet 'Grøn Beton' opstod i forbindelse med et stigende fokus på at nedbringe miljøpåvirkninger ved fremstilling og anvendelse af cement og beton (Dansk Betonforening 2015). Derudover har branchefællesskabet Dansk Beton udarbejdet en række nøgletal til miljømærkning af betonprodukter. Interviewundersøgelsen viser dog, at der muligvis er mere snak om bæredygtighed indenfor beton- og byggebranchen, end der er reel handling og fokus. Syv af betonproducenterne mener, at der er ringe eller ingen fokus på miljø i branchen. Størstedelen af producenterne (16/22) har hverken oplevet efterspørgsel efter miljømærkning eller miljøvenlige produkter. Generelt stilles der altså ikke de store krav fra brugere, og man oplever ikke villighed til at betale mere for miljøvenlige produkter. Flere aktører nævner dog, at det er noget der er stærkt på vej, og nok kommer til at fylde mere i branchen. Blandt andet er det noget branchefællesskabet Dansk Beton sætter mere fokus på fremover (Dansk Beton Årsmøde 2016).

En stor del af miljøbelastningen i forbindelse med beton er transporten af råstoffer. Ved mangelsituationer i forskellige egne er der udsigt til, at transporten som konsekvens vil forøges. Øget transport på veje kan få store miljømæssige konsekvenser. En lastbil læsset med råstoffer slider mange tusinde gange mere end normale biler og skaber øget trafik og kødannelse. Lokal forsyning er derfor essentiel, både af økonomiske og miljømæssige årsager. Det er derfor nødvendigt at sikre så lokal forsyning som muligt og eventuelt forbedre muligheder for fragt til søs, som diskuteret i de følgende afsnit.

10.2 Regulering

Som undersøgelsen understreger, er bygge- og anlægsmaterialer ikke en entydig ressource, men findes i mange fraktioner, sammensætninger og kvaliteter, der varierer mellem landsdelene på grund af forskelle i geologien. Hvis samfundet skal opnå en bæredygtig udvikling i sammenspil med de naturbundne ressourcer, kræver det en vis indsigt og forståelse for både geologiske forhold og alle de andre dynamikker, der påvirker hvad, og hvor der produceres.

I dag findes der ikke en national strategi for indvinding og brug af mineralske råstoffer, og råstofferne forvaltes primært indenfor regionerne. Der er dog store forskelle på, hvad der findes og produceres i de forskellige regioner, og distribueringen af råstoffer sker ligeledes på tværs af regionsgrænser. Denne undersøgelse har vist, at udbuddet i visse områder ikke matcher efterspørgslen, og at tilslagsmaterialer som konsekvens transporteres over store afstande. For at få et bedre overblik og forvalte ressourcen på længere sigt, kunne et nationalt perspektiv være anvendeligt, hvorved der kunne tages overordnede hensyn til miljø og infrastruktur i forbindelse med råstofindvinding og transport af materialer. Desuden ville en national råstofstrategi give bedre mulighed for at inddrage hensyn til råstofforsyning, når der planlægges og projekteres større byggeprojekter.

Som grundlag er der behov for et bedre overblik over de påviste ressourcer både på land og marint, så der kan planlægges ud fra et veldokumenteret grundlag. Dette kræver både politisk fokus og økonomisk rammer. En national råstofstrategi skulle således som minimum inddrage følgende aspekter:

- Kortlagte tilgængelige ressourcer på land og marint (muligheder)
- Forsyningskædens dynamikker (muligheder og begrænsninger for ressourceudnyttelse)
- Overordnede planer for indvinding (udbud)
- Overordnede planer for byggeri og anlæg (efterspørgsel)

Råstofindvinding er typisk upopulært blandt de borgere, der bor i nærheden, primært på grund af gener som støj, støv og trafik. Det er regionerne som skal afveje forskellige arealinteresser og samtidig sikre, at råstofproduktionen er tilstrækkelig, mens råstofafgiften tilfalder staten. Dette svækker i nogle tilfælde incitamentet til at prioritere indvinding af råstoffer. Interviewundersøgelsen viser dog, at information og oplysning af borgere og naboer er blevet en prioritet flere steder i råstofbranchen. Det, at skabe 'godt naboskab', har fået øget fokus og har bl.a. været på dagsordenen i brancheforeningen Danske Råstoffer. Godt naboskab går ud på, at skabe kontakt til borgere og lokalsamfund, informere om erhvervet og fx invitere indenfor til møder og rundture for at skabe forståelse.

Råstofindvinding indbefatter en række muligheder, der kan indfries, hvis aktiviteterne indgår i en samlet planlægning og forvaltning, der sikrer, at det kommer lokalområdet og borgere til gode. Potentialer i forbindelse med reetablering af råstofgrave er beskrevet i afsnit 7.2.1, og byder bl.a. på mulighed for nye naturområder, økosystemer, rekreative områder mv. Hvis planerne laves i samspil med borgere og myndigheder, kan råstofområder indgå som en positiv del af en helhedsplan og skabe muligheder, som mange kan få glæde af. Det kræver dog villighed og samarbejde mellem indvindere, myndigheder og lokalbefolkning, hvis områderne skal indgå i større planlægningsmæssige sammenhænge.

10.3 Marin indvinding

Som denne undersøgelse viser, afviger forbruget af tilslagsmaterialer indenfor betonindustrien markant fra de mængder, der indvindes på land, især for klasse E- og A-sten. En del

af kvalitetsmaterialerne indvindes marint, men omfanget kendes ikke på grund af den manglende detaljegrad i indberetningerne.

På grund af den store efterspørgsel nævner flere aktører, at der er behov for at forbedre mulighederne for at indvinde og losse råstoffer fra havbunden. Mulighederne er dog blevet indskrænket, da der generelt er færre losningspladser på grund af stigende omkostninger og konkurrerende interesser. I mange kommuner er det eksempelvis mere attraktivt at lave boligområder med havudsigt end at sikre pladser til losning af råstoffer (Danske Råstoffer 2012). Manglen på søpladser påvirker også muligheden for at distribuere de dansk indvundne materialer via fragtskib således, at de let kan nå til de områder, hvor der er mangel, eller hvor lang transport på lande ikke er rentabelt og/eller ønskeligt.

Kortlægninger i det danske søterritorium har vist, at der er store råstofforekomster i de marine områder. Det formodes, at de største mængder af kvalitetsmaterialer er i Nordsøen (Danske Råstoffer 2012). Der er dog behov for yderligere kortlægning og vurdering, for at kunne give et estimat af materialernes fraktioner, klasser og tilgængelighed. Indberetning af de marine råstoffer efter samme detaljegrad som de landbaserede, dvs. efter anvendelse, størrelse og miljøklasse ville give et bedre billede af, hvad der reelt kan indvindes. Desuden ville det være muligt at sammenstille mængderne fra land og det marine område og give et bedre overblik over eventuelle forsyningsproblemer.

10.4 Anvendelse i overensstemmelse med råstofkvalitet

Råstoflovens § 1, stk. 4 handler om at sikre, at råstoffer anvendes i henhold til deres kvalitet. Der kan dog påvises flere grunde til, at dette ikke altid sker. En af disse grunde er manglende certificering. Som beskrevet, er det ikke alle indvindere der har fordel af at certificere deres råstoffer. Som beskrevet i afsnit 9.2 er det ca. 45% af alle de sten, der indvindes på land, der indberettes som uklassificerede. Det er altså stort set halvdelen af stene, hvor kvaliteten ikke kendes, og som derfor sjældent kan benyttes indenfor betonindustrien. En del benyttes muligvis til beton indenfor den private sfære, men det vides altså ikke, om de benyttes i overensstemmelse med deres kvalitet.

Certificering er primært en fordel for store spillere i branchen, men kan være en ulempe for dem, der ikke har den kapacitet eller det økonomiske råderum, der skal til. Ofte skal der en vis indvindingskapacitet til, før certificering kan betale sig. Certificering undlades for at spare udgifter og besvær i forbindelse med analyser og dokumentation, eller fordi det ikke er nødvendigt for at sikre afsætningen til andre kundetyper. Da det er markedet og priserne, der dikterer hvordan, og hvor råstofferne afsættes, er det derfor ikke sikkert at materialerne benyttes i overensstemmelse med deres kvalitet. Et øget samarbejde mellem producenter og leverandører i forbindelse med certificering kunne muligvis udbedre dette forhold.

Ni af betonproducenterne omfattet af undersøgelsen nævner desuden, at der i nogle tilfælde benyttes for gode materialer til en given anvendelse eller produkt. Dette sker fx på grund af overskuds- eller mangelsituationer, pladsproblemer eller overprojektering som beskrevet i det følgende.

Overskudssituationer kan føre til, at der produceres beton af for gode materialer i forhold til anvendelsen. Dette er eksempelvis tilfældet med høj kvalitetssand, der findes i store mængder specielt i Jylland og derfor bruges bredt, da det værdimæssigt ikke kan betale sig at differentiere. Det kan være både lettere og billigere at bruge 'for god' sand i forhold til transportomkostningerne ved at fragte sand af lavere kvaliteter længere væk fra.

Betonproduktion kræver store ensartede mængder og derfor også meget lagerplads. Der anvendes et bredt udvalg af størrelser og kvaliteter, især hvis man tilbyder produkter i forskellige miljøklasser. I nogle tilfælde kan pladsen være en begrænsende faktor for, hvor mange kvaliteter eller fraktioner, der opbevares og derved anvendes.

Som undersøgelsen viser, er der mangel på klassificerede sten mange steder. Skulle behovet dækkes af danske materialer, ville det resultere i store transportafstande, hvilket muligvis ikke er rentabelt, da det kan være billigere at importere granitskærver end at transportere klasse A-sten fra en anden region. En fordel ved at bruge granitskærver er, at det kan substituere andre miljøklasser. Man kan altså spare lagerplads ved at dække sig ind med eksempelvis E-materialer til at dække miljøklasse E og A, og M-materialer til at dække M og P. På denne måde skal der blot opbevares to kvaliteter i de fornødne størrelsesfraktioner i stedet for fire.

Der er også andre hensyn der kan betinge at kvalitetsmaterialer foretrækkes, såsom udseende og holdbarhed. Nogle producenter vælger at bruge de høje kvaliteter for at sikre, at der over tid ikke kommer reklamationer i forhold til udseende. Til specifikke overflader og farver importeres desuden såkaldte 'kosmetiske' sten langvejs fra (eksempelvis marmor fra Italien).

En anden form for uhensigtsmæssig brug af tilslagsmaterialer sker, når, der allerede i projekteringsfasen, stilles for høje krav. Flere aktører nævner, at der er en stigende tendens til at rådgivere, entreprenører eller bygherrer stiller for høje krav til kvaliteter, da de vil være på den sikre side med hensyn til byggematerialer. Dette kan på mange måder være en fornuftig udvikling imod at sikre stærkere og mere holdbare konstruktioner, men konsekvensen kan være, at der kommer yderligere mangel på de gode kvaliteter, og at importen øges, hvorved produktionsomkostningerne stiger. Desuden anvendes råstofferne principielt uhensigtsmæssigt, når der bruges for gode materialer til en specifik anvendelse.

10.5 Genanvendelse

Der ligger muligvis et stort potentiale i genanvendelse og nyttiggørelse af byggeaffald i Danmark. Gennem sortering, rensning og oparbejdning kan der skabes en række genbrugsprodukter til anvendelse indenfor bygge- og anlægssektoren, som alternativ til nogle af de naturbundne råstoffer.

Der eksisterer ingen gode opgørelser af, hvor meget betonaffald der reelt genereres i Danmark, da det ikke er alt der registreres. Miljøstyrelsen (2015)²⁴ vurderer dog, at beton-

²⁴ Dette afsnit bygger på Miljøstyrelsen (2015) med mindre andet er angivet.

affald udgør ca. 25% af den samlede mængde bygge- og anlægsaffald i Danmark. Dele af betonaffaldet (ca. 90% af det registrerede) genanvendes, primært ved nedknusning og anvendelse som bærelag under veje, pladser og til opfyldning af anlægsbyggeri.

Der er kun sparsomt kendskab til oprindelsen af betonaffald, og der sker ingen systematisk separering eller klassificering af affaldet, hvilket ellers kunne forbedre muligheden for genanvendelse. Ifølge Danske Råstoffer (2012) kan genanvendte materialer være lige så gode til en række anvendelser, men det er ikke alle brugere, der er positive over for mulighederne. Hvis der skal spares på de naturbundne materialer gennem genanvendelse, kræver det en holdningsændring og øget fokus fra både bygherrer, entreprenører og myndigheder (Danske Råstoffer 2012).

Anvendelsen af nedknust beton som tilslag til ny beton er udbredt i andre lande, men forekommer ikke i Danmark, hvilket tyder på et ikke belyst potentiale. Internationalt har der været eksperimenter og undersøgelser af mulighederne. Det er især til betonvarer som sten, fliser mv., at nedknust betontilslag kan være egnet. Ifølge interviewundersøgelsen, viser producenterne dog ikke stor interesse. At bruge nedknust beton som tilslag er forbundet med kvalitets- og produktionsmæssige udfordringer, da det typisk vil kræve mere cement og derved kan blive dyrere økonomisk og miljømæssigt.

Et andet genbrugsmateriale med potentiale som tilslag til beton er bundaske fra forbrænding af affald (Dansk Betonforening 2012). Ifølge standarder og normkrav kan genanvendte materialer dog kun substituere en mindre del af tilslaget og kun benyttes til beton i den laveste miljøklasse. Flere producenter mener derfor, at det ikke er rentabelt, slet ikke når der allerede er afsætning af restprodukterne til andre anvendelser. En stor del af det manglende incitament ligger nemlig i, at både nedknust beton og bundaske gennem mange år har været anvendt til bundsikring i vejanlæg. Mange af producenterne påpeger, at det ikke kan betale sig at eksperimentere med genanvendt tilslag, idet nedknust beton allerede kan afsættes og anvendes i vid udstrækning. Desuden er potentialet kun så stort, som mængden af det materiale der er til rådighed til genanvendelse.

Et andet uklart potentiale i forbindelse med genanvendelse, er at genbruge eksempelvis betonelementer direkte. Dette vil kræve udvikling af nye designkoncepter, som gør det let at adskille betonelementerne fra hinanden uden at beskadige dem.

I 2013 blev der i Byggevareforordningen stillet yderligere krav til bæredygtighed (se afsnit 3.2), hvilket medførte, at byggerier bør konstrueres, opføres og nedrives på en sådan måde, at naturressourcer anvendes bæredygtigt (beskrevet i Byggevareforordningen (2011)). Muligvis vil dette i fremtiden blive mere fremtrædende i byggeprocessen og medføre yderligere krav samt efterspørgsel på mere bæredygtige og genanvendelige byggematerialer.

11. Sammenfatning

Sand, grus og sten er vigtige råstoffer for en lang række industrier og sektorer i det danske samfund. For eksempel er indvindingen af tilslagsmaterialer (sand, grus og sten af bestemte kvaliteter) essentiel, for at der kan fremstilles beton, som bruges i næsten alle bygge- og anlægsopgaver. Denne undersøgelse har anvendt et forsyningskæde-perspektiv til at afdekke problemstillinger knyttet til forsyningen af sand- og stenmaterialer i forhold til betonbranchens krav til mængder, fraktioner og kvaliteter. Undersøgelsen bygger på data indsamlet fra i alt 27 råstofvirksomheder og 22 betonproducenter.

Indvindingen af tilslagsmaterialer til beton foregår dels på land fra grusgrave og dels fra havbunden i forskellige dele af de indre danske farvande. Indvindingen er begrænset af en lang række forhold, herunder de geologiske ressourcer, natur- og kulturhensyn, konkurrerende arealinteresser mv. Den samlede indvinding af sand, grus og sten fordelte sig i 2014 med ca. 21,7 mio. m³ fra grusgrave og 4,2 mio. m³ fra de marine områder. Store infrastruktureopgaver og ændringer i de økonomiske konjunkturer bevirker, at der kan være betydelige årlige udsving.

Selvom byggeri og infrastruktur anvender store mængder af beton, går de indvundne materialer ikke alene til fremstilling af beton. Langt størstedelen anvendes til forskellige opfyldningsformål i tilknytning til byggeri- og anlægsopgaver samt til kystfodring. Der er ikke præcis viden om, hvor stor en andel af de indvundne råstoffer, der anvendes til beton. Det er nemlig langt fra alt sand og sten, der kan bruges til beton, idet råstoffer, der bruges til beton, skal opfylde bestemte kravsspecifikationer. Disse krav er indført for at forebygge skader i byggeriet. På baggrund af det danske cementforbrug er det estimeret, at der årligt anvendes ca. 5 mio. m³ tilslagsmaterialer til beton. Det svarer til kun ca. 18% af den mængde bygge- og anlægsmaterialer, der årligt indvindes i Danmark. Værdimæssigt udgør denne mængde dog en stor andel af den samlede råstofproduktion.

Råstofbranchen omfatter de virksomheder, som indvinder sand, grus og sten fra grusgrave eller fra marine områder i de danske farvande. Branchen domineres af mindre virksomheder med én eller få indvindingslokaliteter, samt nogle få store, landsdækkende virksomheder med aktiviteter spredt over hele landet, hvor de sidstnævnte står for en relativ stor andel af den samlede indvinding. Flere af de store virksomheder indvinder både på land og i marine områder og er ofte en del af en vertikalt integreret koncern med søsterselskaber inden for produktions- eller anvendelsessegmenter i produktionskæden.

Betonproducenterne kan opdeles i de tre sektioner: fabriksbeton, betonelementer og betonvarer med hver deres markant forskellige markeds- og produktionsforhold, og derfor er deres forretningsstrategier også meget forskellige. Inden for hver af disse sektioner findes der både mindre virksomheder og store landsdækkende koncerner, hvoraf nogle har aktiviteter inden for flere sektioner. I forhold til råstofforsyning er der dog ikke den store forskel mellem de forskellige sektioner. Producenterne har oftest én leverandør af sand (primært bakkesand) og én leverandør af sten (typisk søsten), og samarbejdet bibeholdes typisk gennem mange år, for at sikre leverancerne. Da fragtpriisen udgør en stor del af udgiften for tilslagsmaterialer, er det vigtigt, at transportafstanden for råstofferne er kort. Sand har en

lavere værdi end sten, og derfor er leverandøren af sand typisk fra nærområdet, mens sten ofte fragtes over længere afstande og i nogle tilfælde endda importeres med skib. Hovedparten af producenterne henter dog deres tilslagsmaterialer inden for en afstand af 100 km.

Både i råstof- og betonbranchen går tendensen mod flere og flere anpartsselskaber og koncerner og opkøb af virksomheder fra internationale selskaber. Denne tendens hænger sammen med, at omkostninger i forbindelse med certificering er høje og investeringer i nyt og mere effektivt udstyr er kapitalkrævende.

Første led i forsyningskæden af råstoffer til den danske betonbranche udgøres af omtrent 130 råstofindvindingsvirksomheder med 1.000 ansatte og en årlig omsætning på ca. 2 mia. kr. Forsyningskædens næste led er betonbranchen selv, som består af omkring 300 fremstillingsvirksomheder med 5.000 ansatte og en årlig omsætning på ca. 6 mia. kr. Betonprodukterne er helt centrale for byggeindustrien og bidrager væsentligt til byggeriets samlede beskæftigelse på omkring 150.000 personer og en årlig omsætning på ca. 200 mia. kr.

Forsyningskæden for betonråstoffer kan kun opretholdes, hvis indvindingsvirksomhederne kan tilbyde de rigtige mængder og kvaliteter af sand og sten til konkurrencedygtige priser. Danmarks geologi er generelt gunstig for indvinding af råstoffer til beton, dog er der betydelige regionale forskelle i fordelingen af sand og sten. En væsentlig del af disse ressourcer kan dog ikke indvindes, fordi områderne er udlagt til andre formål, fx bebyggelse, skov mv.

Selvom størstedelen af udbygningen af infrastruktur og byggeri i disse år finder sted i hovedstadsområdet, er indvindingen af klassificerede tilslagsmaterialer fra land mindst på Sjælland og stort set ikke eksisterende i Region Hovedstaden, mens Region Midtjylland og Region Syddanmark indvinder størsteparten af disse materialer. Denne fordeling hænger både sammen med lokale geologiske forhold og med konkurrerende arealinteresser såsom befolkningstæthed (byer, boliger og infrastruktur), land- og skovbrug m.m.

Undersøgelsen peger også på andre problemstillinger i forsyningskæden for tilslagsmaterialer til beton:

- Det er vanskeligt at vurdere 'levetiden' for de opgjorte og tilgængelige ressourcer, bl.a. fordi forbruget varierer meget i forskellige perioder og fordi ressourceopgørelserne ikke kan opgøres i samme kategorier som de råstofprodukter, der efterspørges.
- En ubekendt andel af betonstilslag udgøres af sømaterialer. Men omfanget kendes ikke, fordi indberetningen af sømaterialer foretages på basis af de oppumpede mængder i henhold til fire klasser af sømaterialer; dette er i modsætning til den landbaserede indvinding, der indberettes som forarbejdede produkter. Derfor mangler der viden om klasse, størrelsesfraktion og anvendelse for sømaterialerne, og om hvor stor en andel der bruges til betonproduktion.
- Der indvindes ikke tilstrækkelige mængder af klassificerede sten i de høje miljøklasser fra forekomster på land (klasse-E sten). For at dække behovet importerer betonproducenterne i stedet granitskærver fra bl.a. Norge, Sverige og land. Der mangler viden om, hvorfor skærverne prioriteres, og om der kunne være grundlag for en større dansk produktion.

Der er altså flere forhold, som gør det vanskeligt at foretage en vurdering af, hvorvidt der er tilstrækkelige højkvalitetsråstoffer til de næste generationers byggerier. I den forbindelse kunne et overordnet perspektiv på måden, hvorpå indberetninger fra hhv. land- og søbase-ret indvinding foretages, bidrage til større klarhed med hensyn til, hvad de indvundne mængder bruges til, og om Danmark i højere grad kunne forsyne betonbranchen med sten i de rigtige klasser.

I dag foretages udlægning af nye indvindingsområder, både på land og marine områder, efter afvejning af lokale arealinteresser, og ikke ud fra de geologiske forskelligheder i de enkelte områder, set i et nationalt perspektiv. Dette beror bl.a. på, at der ikke foreligger en national råstofstrategi, som kunne danne grundlag for langsigtede prioriteringer.

12. Litteraturliste

- Aalborg Portland 1979: Betonbogen. Aalborg Portland og cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor.
- Aalborg Portland 2012: Cement og Beton. 20. udgave. Tilgængelig online: <http://diaphoni.ipapercms.dk/aalborgportland/NordicCement/CementogBeton/>
- Afløbsgruppen 2003: Betonafløbssystemer har gode miljødata – Temablad 16. Udgivet af Afløbsgruppen. Tilgængelig online: www.danskbeton.dk/publikationer/design+og+udf%C3%B8relse/afl%C3%B8bsprodukter
- Askehave, O. 2004: Bæredygtigt samspil – råstofindvinding land/hav. Skov- og SVANA. Tilgængelig online: <http://svana.dk/media/197073/bredygtigtsamspilfinal2006.pdf>
- BAR (Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg) 2012: Montage Af Betonelementer Og Letbetonelementer. Tilgængelig online: www.bar-ba.dk/media/3613105/montage-af-betonelementer-print.pdf
- BAR (Branchearbejdsmiljørådet for Bygge & Anlæg) 2016: Informationer fra hjemmeside. Hentet 2016: www.byggeproces.dk/
- Betonindustriens Fællesråd 2006: Miljøvenlig Betonproduktion -produktområdeprojekt vedrørende Betonprodukter 2003–2006. Udgivet af Betonindustriens Fællesråd, Aalborg Portland A/S, Teknologisk Institut. Tilgængelig online: <http://test.danskbeton.dk/media/19593/miljoevenlig-betonproduktion.pdf>
- Byggevareforordningen 2011: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:DA:PDF>
- Bygningsstyrelsen 2008: BYGHERREVEJLEDNING 2008 – Forskrifter og generelle retningslinjer for offentlig byggevirksomhed. Tilgængelig online: www.bygst.dk/media/451745/bygherrevejledning OPSAT nyt-afsnit.pdf
- Dansk Beton 2016: Informationer fra hjemmeside. Hentet online 2016: www.danskbeton.dk/
- Dansk Betonforening 2015: Betonhåndbogen – en digital håndbog. Tilgængelig online: <http://betonhaandbogen.dk/>
- Dansk Byggeri 2016: Der er kommet smil på boligbyggeriet. Tilgængelig online: www.danskbyggeri.dk/presse-politik/magasiner-og-nyhedsbreve/dansk-byggeri-barometer/tidligere-udgivelser/2016/nr-18-2016/der-er-kommet-smil-paa-boligbyggeriet/
- Dansk Standard 2016: Informationer fra hjemmeside. Hentet 2016: <http://eurocodes.dk/da/>
- Danske Regioner 2015: Grønbog om muligheder og begrænsninger for øget anvendelse af sømaterialer som supplement til landbaseret råstofindvinding. 2. udgave version 24. juni 2015.
- Danske Råstoffer 2012: Råstofbogen 2012. Tilgængelig online: www.danskeraastoffer.dk/media/6467/raastofbogen_2012.pdf
- DBC 2016: Fakta om Storebæltsbroen. Informationer fra hjemmeside. Hentet 2016: www.faktalink.dk/titelliste/storebaeltsbroen/fakta-om-storebaeltsbroen
- DBI (Dansk Beton Industriforening) 2005: At fremme den Danske Cementvareindustri – Historien om Dansk Beton Industriforening 1905–2005. DBI, København.

- Deloitte 2015: Analysen af Bygge- og Anlægsbranchen. Dansk Byggeri og Deloitte. Tilgængelig online: www.danskbyggeri.dk/media/3185/analyse-af-bygge-og-anlaegsbranchen-2015.pdf
- DST 2015: Særtræk fra Danmarks Statistik, indberettede råstofmængder på kommuneniveau.
- DST 2016: Statistik hentet fra Danmarks Statistikbank. Tilgængelig online: www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1920
- GEUS 1998: Den skjulte guldgrube, Råstoffer på havbunden. Temanummer, nr. 4. Geologi – Nyt fra GEUS.
- Miljøstyrelsen (2015): Udredning af teknologiske muligheder for at genbruge og genanvende beton, tilgængelig online: www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2015/04/978-87-93352-03-2.pdf
- MiMa 2015: Danske Mineralske Råstofressourcer – kvantitativ analyse baseret på geologiske og geofysiske data. MiMa rapport 2015/1.
- MiMa 2016: Indvinding af danske mineralske råstoffer – en geografisk sammenstilling. MiMa rapport 2016/1.
- NIRAS 2014: Fremskrivning af råstofforbruget for 2013-2036. Baggrundsrapport.
- Petersen, Anette: Om råstofkvaliteter. Teknisk notat til MiMa. Juni 2015.
- Pit & Quarry 2016: Report: Global Demand for Aggregates to rise. Tilgængelig online: www.pitandquarry.com/report-global-demand-for-aggregates-to-rise/,
- Region Sjælland 2016: Forslag til Råstofplanen 2016. Informationer fra hjemmesiden. Hentet 2016: <http://raastofplan.regionsjaelland.dk/plan/11#/1358>
- Råstofloven 2015: www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=176140 Bekendtgørelse af lov om råstoffer. Lovbekendtgørelse nr. 1585 2015. Tilgængelig online: www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=176140
- SVANA 2016: Informationer fra hjemmeside. Hentet online 2016: <http://svana.dk>
- UEPG 2016: Annual review 2015-2016. UEPG (European Aggregates Association) – A Sustainable Industry for a Sustainable Europe. Belgium. Tilgængelig online: www.uepg.eu/uploads/Modules/Publications/uepg-ar2016-7_32pages_v04_small.pdf
- UNEP 2014 UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Annual report 2014 Tilgængelig online: www.unep.org/annualreport/2014/en/pdf/en_UNEP_Annual_Report_2014.pdf

12.1 Møder, oplæg og interviews

- Berrig, A. 2016: Chefkonsulent, Dansk Beton Branchefællesskab. interview, juli 2016.
- Dansk Beton Årsmøde 2016: Deltagelse i Dansk Beton Årsmøde, 3. november 2016.
- Jensen, A. 2016: Næstformand Danske Råstoffers Bestyrelse. Interview, maj 2016.
- Overgaard, B. 2016: Direktør Danske Råstoffers bestyrelse. Interview, juni 2016.
- Råstofårsmødet 2016: Deltagelse i Råstofårsmødet, 22. august 2016.

På grund af krav til anonymisering er alle virksomhedsinterviews undtaget reference.



MiMa Rapport 2016/2

Råstofforsyning: Fra sand og sten til betonbyggeri

Beton er et af mest de anvendte byggematerialer i verden og intet tyder på, at det vil blive afløst af andre byggematerialer de næste mange år. Beton består primært af cement med tilslag af sand, grus og sten. På verdensplan blev der i 2015 produceret ca. 26 mia. ton beton. Til sammenligning blev der i Danmark produceret ca. 8,7 mio. ton, eller hvad der svarer til forbruget til fire Storebæltsbroer.

Beton fremstilles af specialiserede virksomheder, som producerer flydende beton, betonelementer til bygninger og betonvarer som rør og belægninger. Disse virksomheder er afhængige af, at der kan skaffes tilstrækkelige mængder af sand, grus og sten, som opfylder betonindustriens tekniske kvalitetskrav.

Tilslagsmaterialerne sand, grus og sten er – i princippet – tilgængelige over det meste af jorden. Det danske istidsdominerede landskab indeholder mange af disse råstoffer. Men indvindingen er begrænset af en række forhold, først og fremmest de geologiske, fordi kvaliteten af sand og grus ikke alle steder er god nok til beton. Andre gange kan gode forekomster ikke udnyttes på grund af natur- og kulturforhold og andre konkurrerende arealinteresser, hvilket bevirker, at råstoffer til beton ofte må transporteres med lastbiler over store afstande – til skade for miljøet.

MiMa har analyseret betonindustriens adgang til tilslagsmaterialer i Danmark med henblik på at vurdere om forsyningskæderne er tilstrækkeligt robuste til at sikre, at industrien både på kort og langt sigt kan få de råstoffer, den har brug for.

Undersøgelsen er gennemført som interviewundersøgelser af 22 betonproducenter og 27 indvindere af tilslagsmaterialer. Rapporten gennemgår organiseringen af betonindustriens tre sektorer: fabriksbeton, betonelementer og betonvarer med fokus på branchens behov for råstofferne sand, grus og sten, og undersøger, hvilke krav producenterne stiller til råstofferne, og hvori branchens udfordringer består. Tilsvarende gennemgås erhvervsstrukturen for danske indvindere af råstoffer.

Rapporten gennemgår, hvor der indvindes tilslagsmaterialer til betonfremstilling på kommuneniveau og i de såkaldte projektområder i de danske farvande. Adgangen til gode råstofforekomster regionalt, konkurrerende arealinteresser og andre hensyn er en udfordring for både indvindere og betonbranchen. Hertil kommer krav, der skal sikre, at indvinding og forbrug sker på et bæredygtigt grundlag, fx ved at minimere transporten af råstoffer og betonprodukter.

Betonindustrien aftager ca. 25% af den årlige tonnage fra landindvinding, mens der ikke indberettes tal for, hvor stor en del af de marine råstoffer, der anvendes til beton. Dette hindrer muligheden for en nærmere analyse af, hvor og hvordan råstofferne anvendes, og om noget kan gøres mere bæredygtigt.

Videncenter for Mineralske Råstoffer og Materialer (MiMa) er et rådgivende center under De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS). MiMa formidler viden om mineralske ressourcers værdikæde fra efterforskning og udvinding til forbrug, genanvendelse og udviklingen af nye teknologier.