

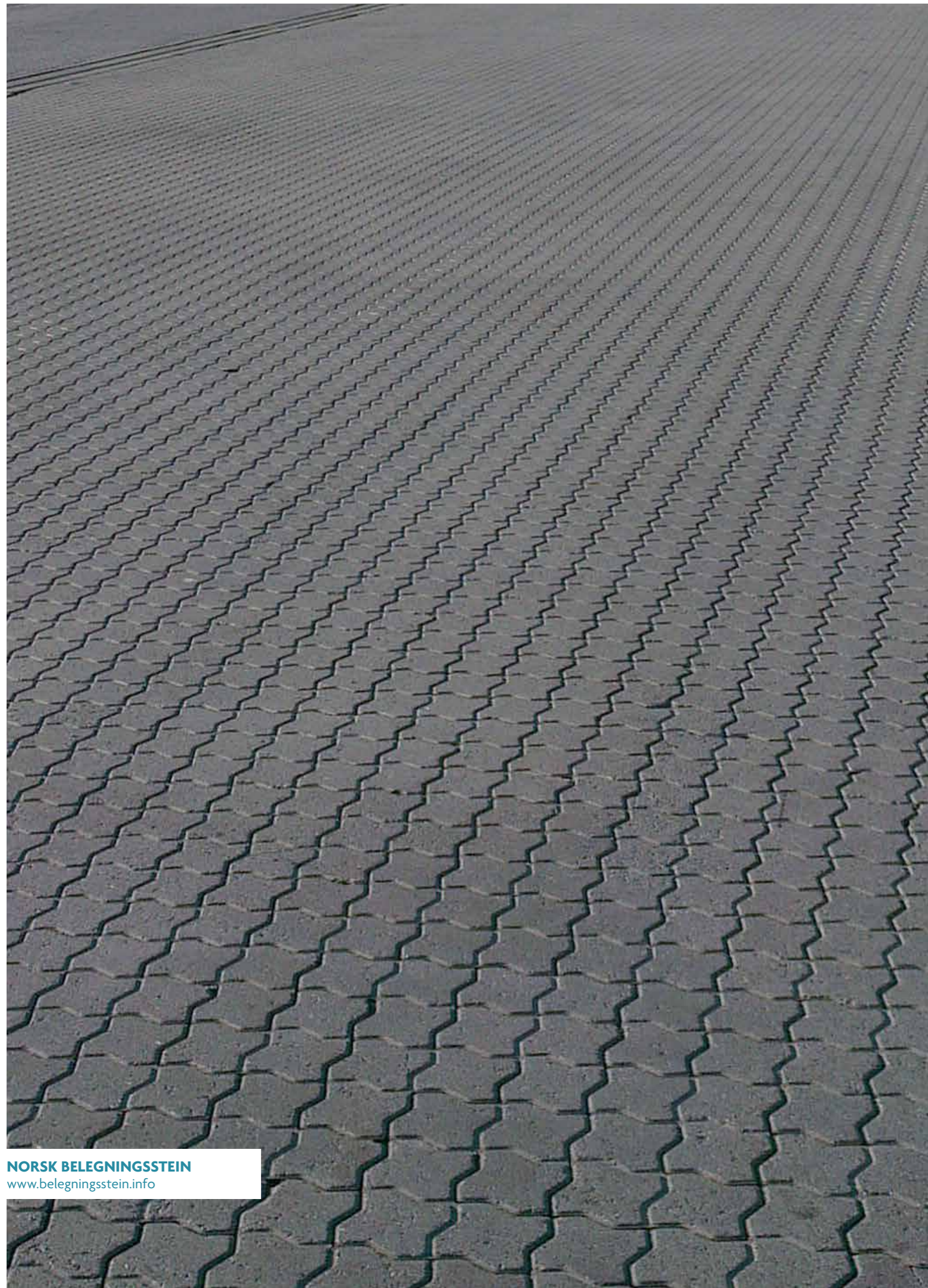
BELEGNINGSSTEIN PÅ TUNGT BELASTEDE INDUSTRIDEKKER

DIMENSJONERING VEILEDER

Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS



NORSK **BELEGNINGSSTEIN**
www.belegningsstein.info



Innledning	05
Flyplassdekker	06
Belastninger	07
Tunge biler	07
Containere	08
Containerhåndteringsutstyr	10
Dimensjonering for å tåle belastninger	15
Arealenes tekniske livslengde	15
Containerhåndteringsutstyr, reachstackere	15
Påkjenninger fra lagrede containere med last	21
Belegning	24
Belegningsstein	24
Settelag	24
Bærelag	25
Forsterkningslag	26
Dimensjonering mot telehiv	27
Dimensjonering av enkle anlegg	28
Litteratur	31



INNLEDNING

Denne veilederen gir forslag til dimensjonering av overbygningen for parkeringsplasser, terminalanlegg og industriarealer med dekke av belegningsstein. Veilederen er utarbeidet av Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS etter oppdrag fra prosjektgruppen Norsk Belegningsstein. Arbeidet er finansiert av Norcem AS.

På de fleste arealer som utsettes for tunge belastninger, har en dimensjonerende belastning fra gummihjul med dekktrykk i størrelsesorden 1,0 til 1,4 MPa. Den totale belastning fra enkelthjul eller fra grupper av hjul med liten innbyrdes avstand kan derimot bli svært høy. Dette innebærer også at kontaktflaten mellom belegning og dekk kan bli svært stor.

Forutsatt et fundament med rimelig god fasthet, vil kontaktspenninger i størrelsesorden 1,0 – 1,4 MPa ikke representere noe problem for et dekke av belegningsstein, i motsetning til f.eks. et asfaltdekke som kan være relativt mykt i varmt vær. For selve dekket av belegningsstein vil store vridningskrefter som en følge av store kontaktflater være viktig.

De store totalbelastningene krever spesielle vurderinger ved dimensjoneringen. På en containerterminal vil man kunne ha belastninger fra reachstackere med aksellaster i størrelsesorden 90 tonn eller mer. Dette krever en dimensjonering som enten inkluderer stive bærelag av betong e.l. eller store overbygningstykkelser av grove steinmaterialer. Stive bærelag setter som regel spesielle krav til stor overbygningstykkelser for å unngå ujevnt telehiv. Stive bærelag medfører også strenge krav til hva som tåles av setninger. I Norge har man de fleste steder god tilgang på gode, grove steinmaterialer av knust berg. Stor overbygningstykkelse med grove steinmaterialer i forsterkningslag og evt. frostsikringslag vil derfor normalt gi den mest gunstige løsningen.

FLYPLASSER

Prinsippene og regelverket for dimensjonering av overbygningen for flyplassdekker avviker så vidt mye fra annen dimensjonering at det ikke dekkes av dette notatet.

SINTEF og Asfaltteknisk Institutt har på oppdrag fra Forsvarsbygg og Avinor utarbeidet «Håndbok i vedlikehold og rehabilitering av flyplassdekker», faghåndbok AV-H-U007 av 1.10.2010.

Dimensjoneringen skal sikre at flyplassdekket har en PCN-verdi (Pavement Classification Number) som er minst like stor som flyenes ACN-verdi (Aircraft Classification Number). Sistnevnte bestemmes ut fra flytypene og antall forventede bevegelser av de forskjellige flytyper. Avinor benytter et dimensjoneringsprogram PCASE som er utviklet av Tri-Service Transportation på oppdrag for US Department of the Air Force, US Department of the Navy og US Department of the Army.

BELASTNINGER

De påkjenninger som dekket og overbygningen på terminalanlegg og industriområder blir utsatt for, kan variere betydelig ut fra den funksjon som arealene har.

Dette påvirker den dimensjonering som kreves for at dekket skal tilfredsstillende de funksjonskrav som brukerne setter og ha en tilfredsstillende levetid uten behov for utbedringer eller rehabilitering. Første trinn i en dimensjonering må derfor alltid bestå i å få klarlagt hvilke belastninger dekket og fundamentet forventes å bli utsatt for. Dette må inngå som en viktig del av prosjekteringsforutsetningene.

De fleste arealer vil utsettes for belastninger fra tungkjøretøy som er tillatt å kjøre på offentlig veg. Arealer som ikke tåler slike belastninger, bør normalt ha fysiske sperrer som hindrer tunge kjøretøy å komme inn på området. For slike områder vil som regel påkjenningene for snøbrøyteutstyr eller annet utstyr for drift og vedlikehold være bestemmende for overbygningens dimensjonering.

Tunge biler

Med tunge biler menes normalt kjøretøy som tillates benyttet på offentlig veg. I Norge vil dette omfatte kjøretøy med tillatt totalvekt større enn 3,5 tonn. Det omfatter enkeltkjøretøy, busser, semitrailere og kjøretøy med påhengsvogn eller slepvogn. Felles for alle disse er at aksellasten er 10 tonn på enkeltaksler (11,5 tonn på trekkaksler), 18 tonn på boggiaksler og 24 tonn på trippelaksler. Dekktrykket kan være opp til 900 kPa. Største tillatt totalvekt for vogntog er 50 – 60 tonn. Det finnes egne regler for tunge kjøretøy til tømmertransport.

I en del andre land, inklusive våre naboland, er det en utvikling mot lengre kjøretøy med større totalvekt, men ofte med flere aksler, hver med mindre enn 10 tonns aksellast. I Australia og Afrika er kjøretøy med totalvekt 150 tonn eller mer, men med 8,2 tonns aksellast, ikke uvanlig. Slike kjøretøy ansees som mer vegvennlige, dvs. forholdet mellom transportert gods og påkjenningene på vegdekket og vegfundamentet er gunstigere enn for de tunge kjøretøy som tillates i Norge i dag.

CONTAINERE

Den mest vanlige containertypen har en lengde på 40 fot, og det er som regel denne typen som dekket og overbygningen dimensjoneres for. En 40 fots ISO transportcontainere har en tillatt totalvekt på 30,48 tonn, og dimensjonerende containervekt er normalt 22 tonn. En container kan unntaksvis ha en totalvekt opp til ca. 40 tonn, og de største reachstackere er konstruert for å løfte containere med vekt opp til 45 tonn.

Belastningene på dekket avhenger både av hvor mange containere som stables i høyden, og hvordan de plasseres: enkeltvis, på linje eller i blokker slik det er vist i figur 1 nedenfor.

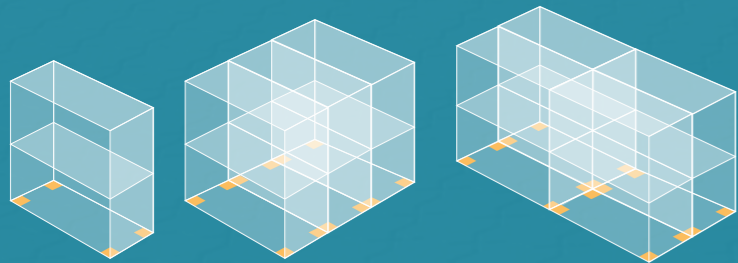
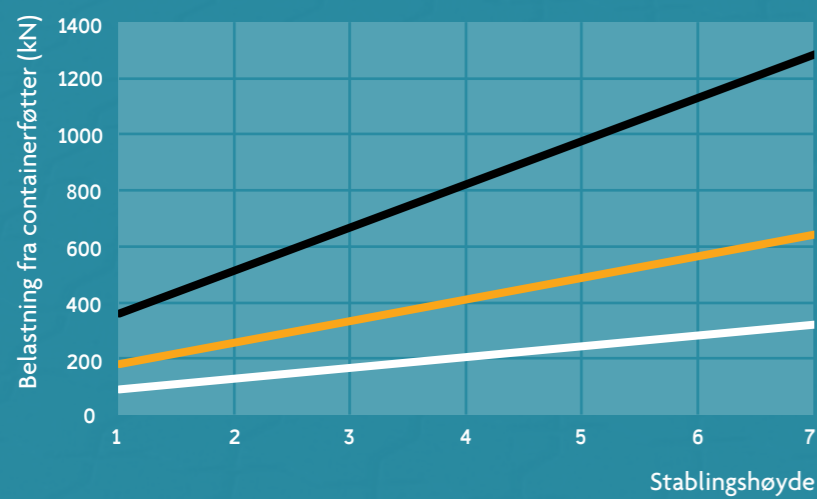


Fig. 1. Stabling av containere; enkeltvis, i linje og i blokker.

Med flere containere i høyden kan man normalt forutsette at ikke alle containere har like tung last. Figur 2 nedenfor viser hvordan dimensjonerende belastning øker for en gruppe av containerføtter ved forskjellige plasseringer og varierende antall containere i høyden. I denne figuren er det forutsatt at dimensjonerende containergruppe består av 4 stk. enkeltføtter når containerne plasseres i blokker.

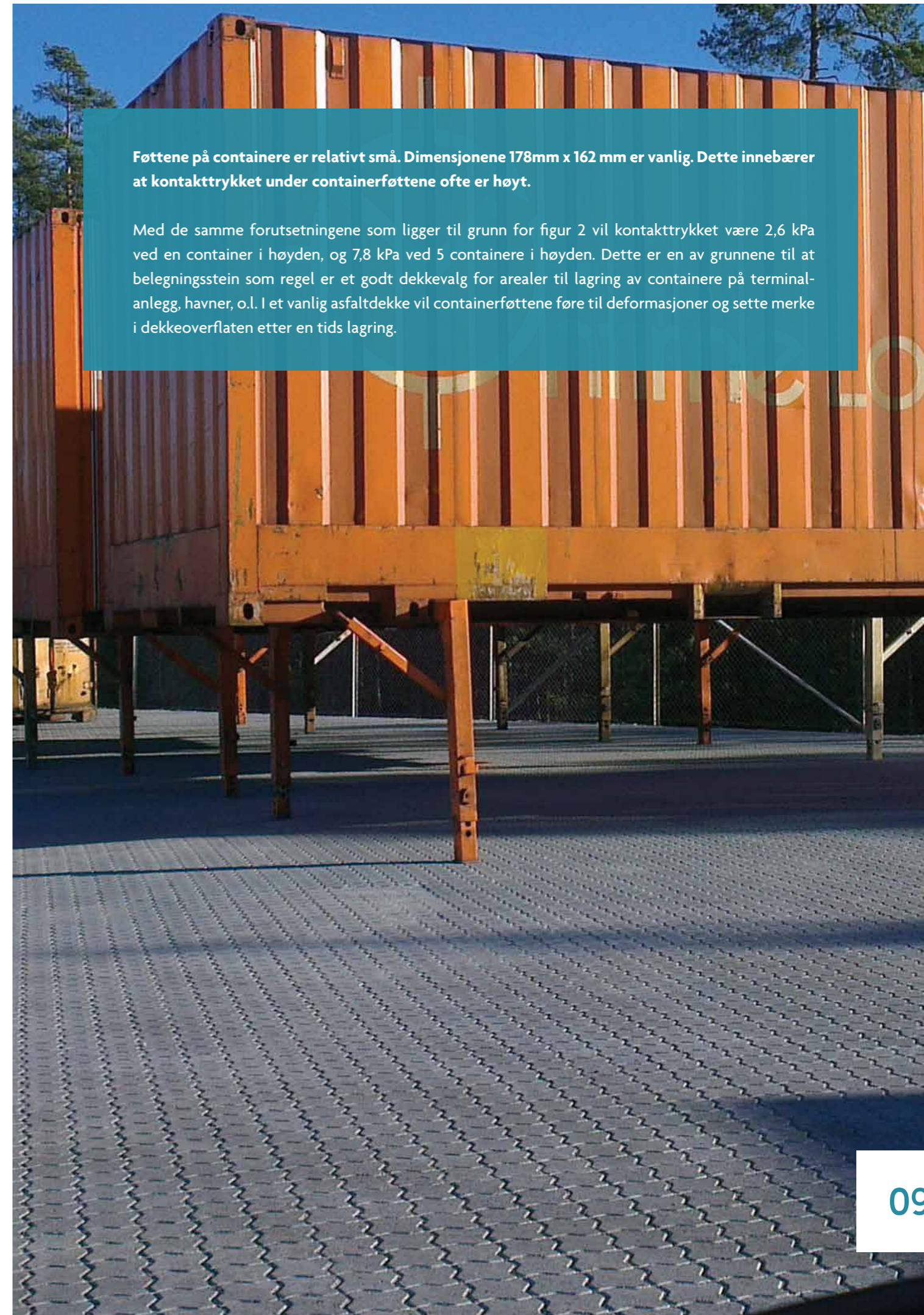


BLOKK RADER ENKELTSTÅENDE

Fig. 2. Totalbelastning fra grupper av containerføtter som funksjon av antall containere i høyde og stablingmønster, Ref. 2.

Føttene på containere er relativt små. Dimensjonene 178mm x 162 mm er vanlig. Dette innebærer at kontaktrykket under containerføttene ofte er høyt.

Med de samme forutsetningene som ligger til grunn for figur 2 vil kontaktrykket være 2,6 kPa ved en container i høyden, og 7,8 kPa ved 5 containere i høyden. Dette er en av grunnene til at belegningsstein som regel er et godt dekkevalg for arealer til lagring av containere på terminalanlegg, havner, o.l. I et vanlig asfaltdekke vil containerføttene føre til deformasjoner og sette merke i dekkeoverflaten etter en tids lagring.



Containerhåndteringsutstyr

Det finnes en rekke forskjellige utstyr for håndtering av containere, noen av de viktigste er vist på bildene nedenfor.



Fig. 3. Typer containerhåndteringsutstyr Reachstackere (venstre) og Straddle Carriers (høyre)



Fig. 4. Typer containerhåndteringsutstyr Containertrucker (venstre) og RTB, rubber tired gantry kraner (høyre).

	KALMAR DRF450 65S5X	LINDE C4230 TL	HYSTER RS 45-31 CH
LØFTEKAPASITET	45 tonn	42 tonn	45 tonn
TOTALVEKT	76,3 tonn	70,4 tonn	72,2 tonn
DEKKTYPE	18.00 x 33	18.00 x 25	18.00 x 25
ANTALL HJUL FORAN	4 stk	4 stk	4 stk
ANTALL HJUL BAK	2 stk	2 stk	2 stk
AKSELLAST FORAN, LASTET		97,2 tonn	99,6 tonn
AKSELLAST BAK, LASTET		15,2 tonn	17,6 tonn
AKSELLAST FORAN, UTEN LAST		35,9 tonn	35,0 tonn
AKSELLAST BAK, UTEN LAST		34,5 tonn	37,2 tonn

Fig. 5. Typiske data for noen store Reachstackere.

Som et eksempel er det i dette notatet gjennomført en analyse for dimensjonering av overbygningen for belastninger fra reachstackere for håndtering av containere med last. Noen typiske data for tre typer store reachstackere er gjengitt i figur 5 ovenfor.

Med 1,0 MPa dekktrykk vil kontaktarealet mellom dekk og belegning være i størrelsesorden 1,0 m² fordelt på fire hjul ved en aksellast på 99 tonn.

Dataene over er basert på en reachstacker som er i ro.

Interpave, Ref. 1, anbefaler at påkjenningene på overbygningen multipliseres med en dynamisk faktor basert på følgende verdier for reachstackere i aktivitet:

OPPBREMSING	+30 %
SVINGER	+40 %
AKSELERERE	+10 %
UJEVN OVERFLATE	+20 %

Reachstackere av de typer som er beskrevet over har en betydelig reservekapasitet i forhold til den mest vanlige containertypen, 40 fots ISO transportcontainere, som har en tillatt totalvekt på 30,48 tonn.

KUMULATIV FORDELING AV TOTALVEKT FOR 40 FOT ISO-CONTAINERE

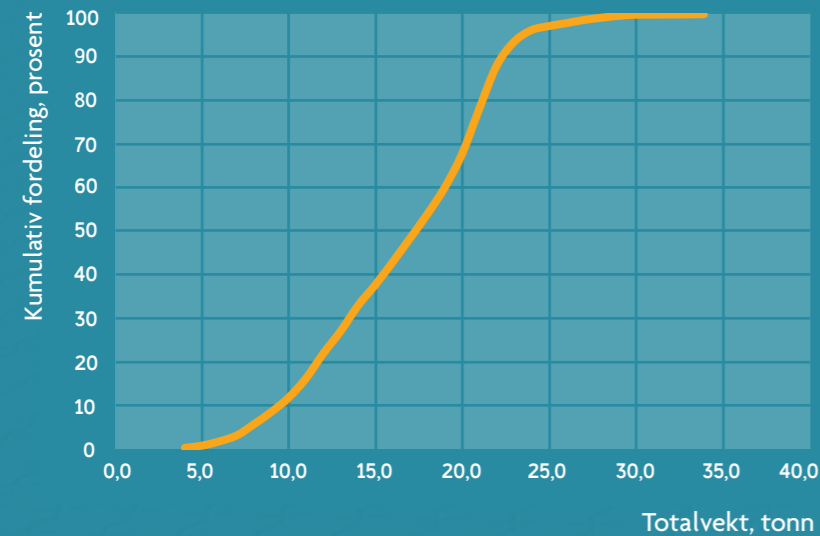


Fig. 6. Kumulativ fordeling av totalvekt for 40 fots ISO transportcontainere.

KUMULATIV FORDELING AV AKSELLAST (FOR OG BAKAKSEL) FOR REACHSTACKERE VED ANGITT FORDELING FOR 40FOT ISO-CONTAINERE

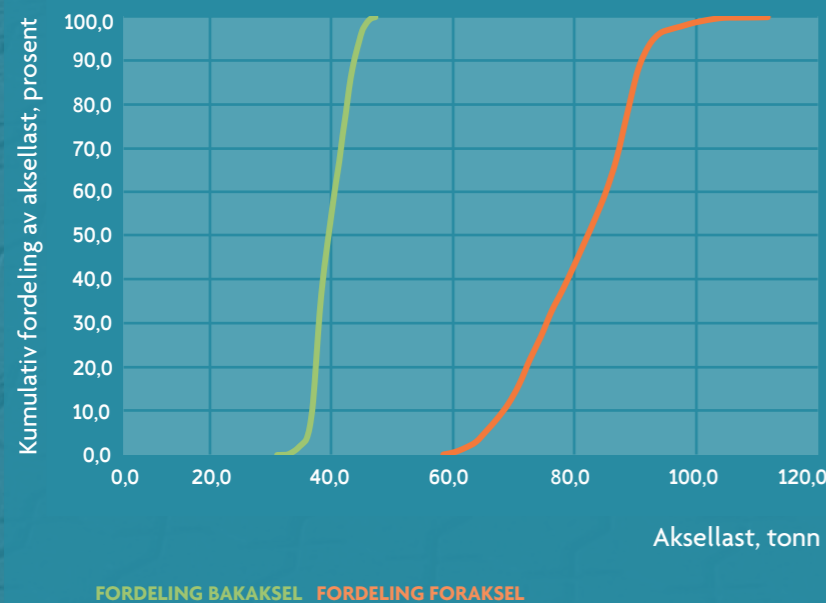


Fig. 7. Kumulative fordelinger av aksellaster for reachstackere ut fra fordeling av containeres totalvekt som vist i figur 5.

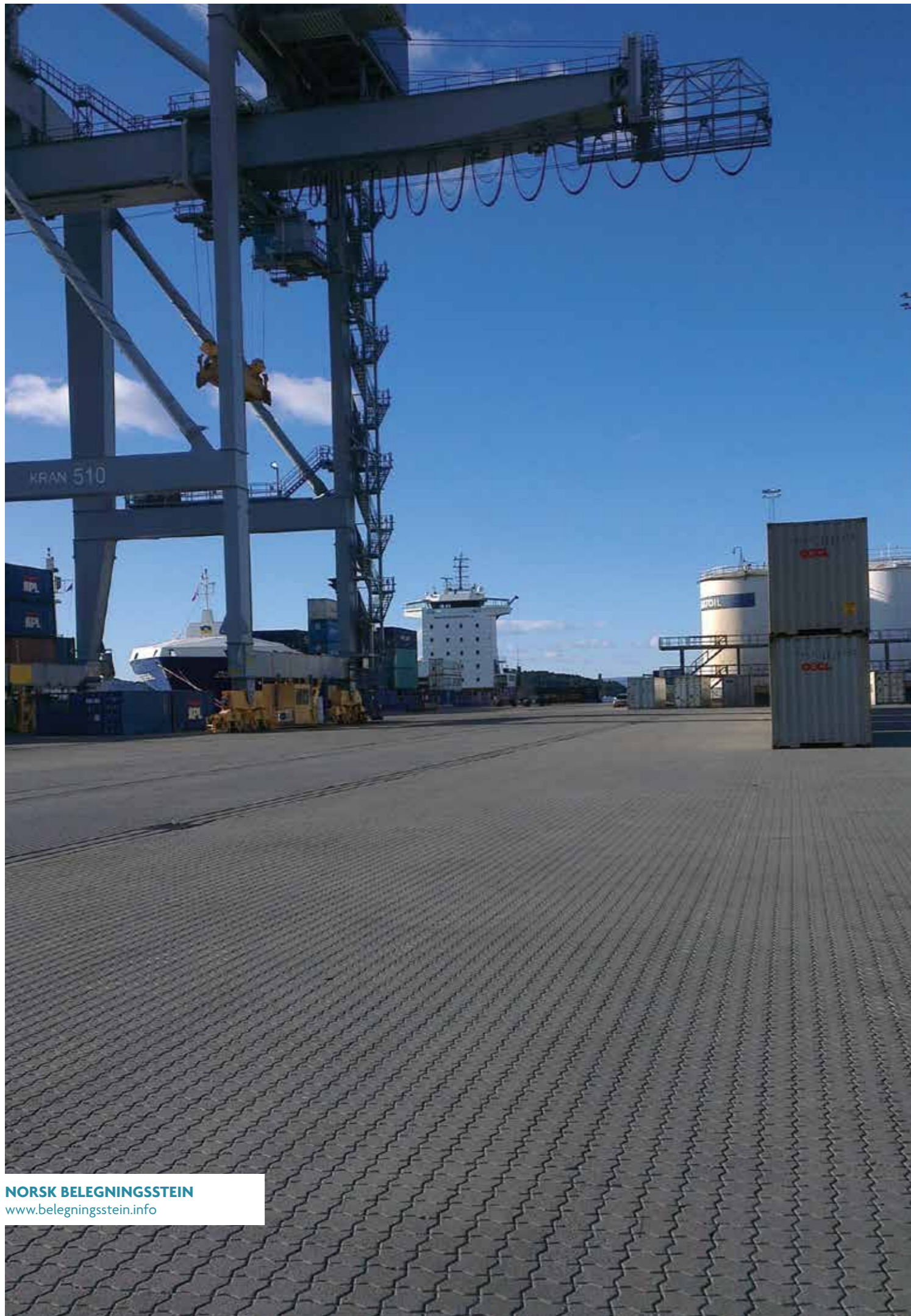
Interpave, Ref. 1, har i sitt dimensjoneringsystem lagt til grunn en statistisk fordeling av containervekten som vist i figur 6.

Dersom man antar en generell dynamisk faktor på 1,30 for aksellaster under fart, får man en fordeling av aksellaster for fremre og bakre aksel på Reachstacker som vist i figur 7.

Simonsen og Silfwerbrand, Ref. 2, har utarbeidet dimensjoneringsregler for industriarealer med belegningsstein basert på belastninger fra en blanding av tunge lastebiler (aksellast 10 tonn), store hjullaster (aksellast 30 tonn) og containertrucker (aksellast 90 tonn). Det er utarbeidet dimensjoneringsregler basert på prinsippet om ekvivalent antall aksellaster basert på firepotensregelen. Firepotensregelen innebærer at den nedbrytende effekt på en overbygning fra en passering av en aksel med angitt aksellast er proporsjonal med aksellasten opphøyd i fjerde potens.

Dersom vi antar at det er belastningene fra kjøreveier/kjøreområder for reachstackere med aksellastfordeling som vist i figur 6 som er bestemmende for dimensjonering av terminalområdets overbygning, og at reachstackerne er med last den ene veien og uten last tilbake, får man at en passering av en reachstacker i gjennomsnitt tilsvarer 0,37 passeringer av en aksellast på 90 tonn. I dette inngår at de statiske laster er påplussset en samlet dynamisk effekt på 30 %. Dette tillegget avviker ikke mye fra effekten av en stillestående reachstacker med større avstand fra fremre aksel til container i forbindelse med plassering av container i andre rad.

I dette notatet er det forutsatt at påkjenningen fra reachstackere er bestemmende for dimensjonering av overbygningen på de deler av terminalanlegget hvor denne type containerhåndteringsutstyr benyttes. For disse arealene kan man anta at påkjenningene fra tunge lastebiler er av minimal betydning for dimensjoneringen. Ref. 2 angir at man må ha mellom 400 og 1000 passeringer (avhengig av materialene i overbygningen) av en aksellast på 10 tonn for å tilsvare én passering av en aksellast på 90 tonn.



DIMENSJONERING FOR Å TÅLE BELASTNINGER

Arealenes tekniske livslengde

I de etterfølgende avsnittene er det forutsatt en dimensjoneringsperiode på 20 eller 40 år. For offentlige veger er det i Norge vanlig å benytte en dimensjoneringsperiode på 20 år. For et industriområde eller terminalområde med dekke av belegningsstein vil man normalt forvente en teknisk livslengde som er større enn 20 år. Det er normalt lite aktuelt å gjennomføre større ombyggings- eller forsterkningsarbeider på selve dekket i løpet av den tekniske livslengden. Dette innebærer at dimensjoneringsperioden bør settes lik dekkets antatte tekniske livslengde. Det er videre antatt en 2 % årlig vekst i aktivitetene med hensyn på containerhåndtering.

Containerhåndteringsutstyr, reachstackere

Antall passeringer av reachstackere med og uten en fullastet container er et viktig grunnlag for dimensjonering av et terminalområde. Områder med stor aktivitet krever et sterkere fundament enn et område med beskjeden aktivitet.

På et terminalområde vil det normalt være etablert spesielle «transportveger» for containerhåndteringen. Det er disse «vegene» som bestemmer dimensjoneringen av terminalområdet hvor transport foregår. Det er selvsagt mulig å dimensjonere «transportvegene» spesielt og ha en svakere dimensjonering på resten av terminalområdet. Ulempen er at man da har bundet seg til å benytte de samme transportveger i hele dekkets levetid, endringer i opplegget for containerhåndteringen kan da utløse et behov for en ny dimensjonering. Dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

EKSEMPEL PÅ TERMINALOMRÅDE MED BESKJEDEN TRAFIKK, MAN ANTAR FØLGENDE FORUTSETNINGER:

GJENNOMSNIITTLIG INTERVALL MELLOM HVER PASSERING AV REACHSTACKER	10 min
ANTALL TIMER I DØGNET MED AKTIVITET	8 t
AKTIVITET PÅ OMRÅDET MANDAG TIL FREDAG, IKKE I FERIER	200 dager/år
ANTATT TEKNISK LIVSLENGDE FOR TERMINAL-OMRÅDET	20 år

Dette gir i alt 0,23 mill passeringer i løpet av områdets tekniske livslengde, forutsatt 2 % årlig vekst i aktiviteten.

EKSEMPEL PÅ TERMINALOMRÅDE MED STOR TRAFIKK, MAN ANTAR FØLGENDE FORUTSETNINGER:

GJENNOMSNIITTLIG INTERVALL MELLOM HVER PASSERING AV REACHSTACKER	2 min
ANTALL TIMER I DØGNET MED AKTIVITET	12 t
AKTIVITET PÅ OMRÅDET MANDAG TIL FREDAG, IKKE I FERIER	365 dager/år
ANTATT TEKNISK LIVSLENGDE FOR TERMINAL-OMRÅDET	40 år

Dette gir i alt 8,0 mill passeringer i løpet av områdets tekniske livslengde, forutsatt 2 % årlig vekst i aktiviteten.

Som antall passeringer regnes summen av antall passeringer med og uten container. Det er i beregningene i figur 8 til høyre forutsatt at 50 % av passeringene er med container og 50 % uten container. Det presiseres at tallene over er gjennomsnittstall. Det kan være deler av døgnet som har større aktivitet enn del som er angitt over, og mindre aktivitet.

Med de forutsetninger som er beskrevet i avsnittene på de forrige sidene og en fordeling av totalvekten av containere som vist i figur 6, får man at 100 passeringer av reachstacker på et snitt av transportvegen tilsvarer 37 ekvivalente 90 tonns aksellast-passeringer. Med denne forutsetningen har man vurdert dimensjonering av overbygningen på et containerområde for følgende aktivitetsmengder:

ANTALL PASSERINGER I LØPET AV DEKKETS TEKNISKE LEVETID	0,2 mill	1,0 mill	2,0 mill	10 mill	20 mill
ANTALL EKV 90 TONNS AKSELASTPASSERINGER	0,07 mill	0,37 mill	0,74 mill	3,7 mill	7,4 mill
CA ANTALL PASSERINGER I LØPET AV ET DØGN <small>Forutsatt 8 timers dag og 200 dager med drift i året.</small>	40	200	400	2 000	4 000

Fig. 8. Trafikkmengde reachstackere, grunnlag for dimensjonering.

En annen viktig del av grunnlaget for dimensjonering av overbygningen er hva slags materiale man har i grunnen. Dimensjoneringstabellene i dette notatet gjelder for følgende grunnforhold:

- ✓ FJELL, STEINFYLLING
- ✓ VELGRADERT GRUS, TELEFARLIGHETSKLASSE T 1
- ✓ SAND, I TELEFARLIGHETSKLASSE T 1
- ✓ SAND OG GRUS, TELEFARLIGHETSKLASSE T 2

For finkornige jordarter som silt og leire, samt materialer i telefarlighetsklasse 3 og 4, anbefales det å gjøre særlige analyser av påkjenningene på materiale i forhold til materialenes styrke og bæreevne.

Dimensjoneringen på de neste sidene er basert på analysene i Ref. 2. Det er lagt til rette for to forskjellige materialer i fundamentets bæreevne:

- ✓ BÆRELAG AV KNUST FJELL, PUKK, KULT
- ✓ BÆRELAG AV DRENERENDE ASFALTERN GRUS

DIMENSJONERINGSTABELL 1

ANTALL PASSERINGER I LØPET AV DEKKETS TEKNISKE LEVETID					
	0,2 mill	1,0 mill	2,0 mill	10 mill	20 mill
BELEGNINGSSTEIN	100	100	100	100	100
SETTELAG	30	30	30	30	30
ØVRE BÆRELAG AV KNUST FJELL 0/32 <small>Knust fjell (Fk) skal oppfylle kornfordelingskrav til bærelag gitt i Statens vegvesen Håndbok 018.</small>	100	100	100	100	100
NEDRE BÆRELAG AV KULT 22/120 <small>Angitt sortering er ment som eksempel, er ikke krav.</small>	200	200	200	200	200
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN					
FJELL, STEINFYLLING	350	600	700	1000	1100
GRUS, VELGRADERT T1	400	700	800	1100	1200
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	500	800	900	1200	1350
GRUS, SAND T2	600	900	1050	1400	1500

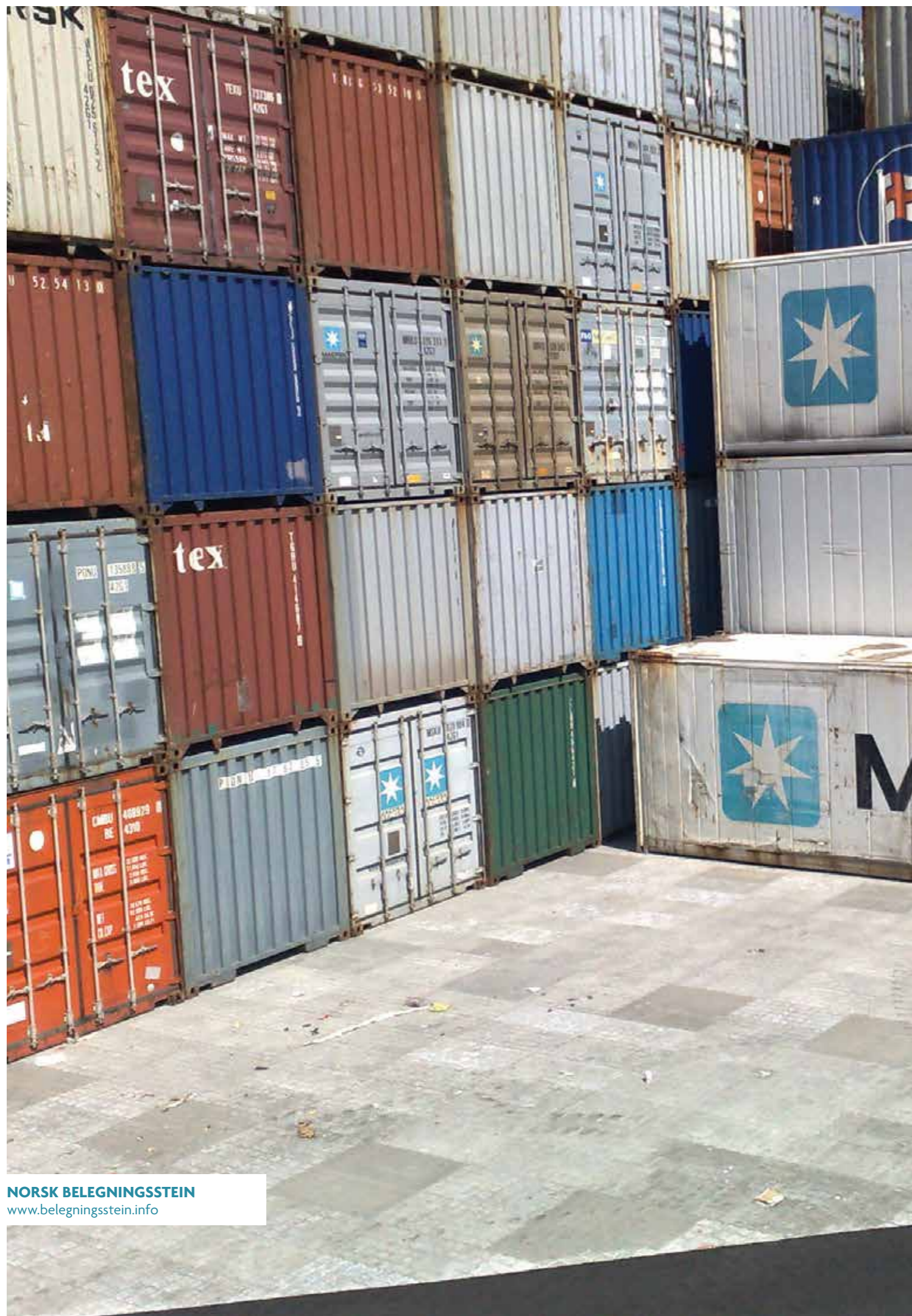
Fig. 9. Dimensjonering av overbygning bærelag av knust fjell/kult, trafikk av reachstackere, tykkelse i mm.

DIMENSJONERINGSTABELL 2

ANTALL PASSERINGER I LØPET AV DEKKETS TEKNISKE LEVETID					
	0,2 mill	1,0 mill	2,0 mill	10 mill	20 mill
BELEGNINGSSTEIN	100	100	100	100	100
SETTELAG	30	30	30	30	30
BÆRELAG AV ASFALBERT GRUS	200	200	200	200	200
NEDRE BÆRELAG AV KULT 22/120 <small>Angitt sortering er ment som eksempel, er ikke krav.</small>	200	200	200	200	200
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN					
FJELL, STEINFYLLING	200	400	550	800	950
GRUS, VELGRADERT T1	250	500	600	900	1150
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	300	600	700	1000	1150
GRUS, SAND T2	400	700	850	1200	1350

Fig. 10. Dimensjonering av overbygning bærelag av asfaltert grus, trafikk av reachstackere, tykkelse i mm.

For i tabell 3 og 4 å kunne benytte en dimensjonering basert på steinfylling i grunnen, må tykkelsen på steinfyllingen være minst 1,0 meter.



Påkjenninger fra lagrede containere med last

Områder for lagring av containere med last kan i prinsippet dimensjoneres forskjellig fra kjøreveiene på terminalområdet. For disse områdene vil man gjennomføre en dimensjonering både ut fra belastningene fra containerhåndteringsutstyret og fra lagrede containere med last. Områdets dimensjonering blir da den største av de to dimensjoneringsresultatene.

Ved dimensjonering basert på containerhåndteringsutstyret kan man bruke dimensjoneringstabell 1 og 2 (figur 9 og 10) på samme måte som for trafikkområdene, men man vil normalt forutsette et langt mindre antall bevegelser pr dag enn det man forutsatte for transport vegene. Til dimensjonering ut fra påkjenningerne fra lagrede containere med last kan dimensjoneringstabell 3 og 4 benyttes, se side 22 og 23.

DIMENSJONERINGSTABELL 3

ANTALL CONTAINERE I HØYDEN					
	1	2	3	4	5
BELEGNINGSSTEIN	100	100	100	100	100
SETTELAG	30	30	30	30	30
ØVRE BÆRELAG AV KNUST FJELL 0/32 <small>Knust fjell (Fk) skal oppfylle kornfordelingskrav til bærelag gitt i Statens vegvesen Håndbok 018.</small>	100	100	100	100	100
NEDRE BÆRELAG AV KULT 22/120 <small>Angitt sortering er ment som eksempel, er ikke krav.</small>	200	200	200	200	200
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT ENKELTVIS					
FJELL, STEINFYLLING	Avr.	200	300	400	550
GRUS, VELGRADERT T1	200	300	450	500	450
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	200	400	550	600	650
GRUS, SAND T2	300	550	700	800	850
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT PÅ LINJE					
FJELL, STEINFYLLING	250	500	650	750	800
GRUS, VELGRADERT T1	350	650	800	900	950
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	450	750	950	1050	1100
GRUS, SAND T2	600	1000	1250	1450	1550
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT I BLOKKER					
FJELL, STEINFYLLING	550	900	1150	1150	1300
GRUS, VELGRADERT T1	700	1050	1350	1400	1450
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	800	1250	1550	1600	1600
GRUS, SAND T2	1100	1600	1600	1600	1600

Fig. 11. Dimensjonering av overbygning bærelag av knust fjell/kult, påkjenninger fra lagrede containere, tykkelse i mm.

DIMENSJONERINGSTABELL 4

ANTALL CONTAINERE I HØYDEN					
	1	2	3	4	5
BELEGNINGSSTEIN	100	100	100	100	100
SETTELAG	30	30	30	30	30
BÆRELAG AV ASFALBERT GRUS	150	150	150	150	150
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT ENKELTVIS					
FJELL, STEINFYLLING	Avr.	200	300	400	400
GRUS, VELGRADERT T1	200	300	400	500	550
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	200	400	500	600	650
GRUS, SAND T2	250	550	700	800	850
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT PÅ LINJE					
FJELL, STEINFYLLING	250	500	650	750	800
GRUS, VELGRADERT T1	350	650	800	900	950
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	400	750	950	1050	1100
GRUS, SAND T2	600	1000	1250	1450	1500
TYKKELSE AV FORSTERKNINGSLAG PÅ MATERIALE I GRUNNEN, CONTAINERE PLASSERT I BLOKKER					
FJELL, STEINFYLLING	550	900	1100	1250	1300
GRUS, VELGRADERT T1	700	1100	1350	1400	1450
GRUS ENSGRADERT, SAND, T1	800	1250	1500	1550	1550
GRUS, SAND T2	1050	1550	1550	1550	1550

Fig. 12. Dimensjonering av overbygning bærelag av asfaltert grus, påkjenninger fra lagrede containere, tykkelse i mm.

BELEGNING

Belegningsstein

Som det fremgår av dimensjoneringsstabellene på foregående sider, er det for tungt belastede områder anbefalt å benytte belegningsstein i låsende mønster med tykkelse 100 mm. For krav til belegningsstein henvises det til temaheftet «Belegningsstein og heller av betong – en veiledning» fra Norsk Kommunalteknisk Forening.

Settelag

Som settelag benyttes knust fjell i sortering 0/8 eller 0/11. På tungt belastede områder vil en grovere sortering som 0/11, være å foretrekke. Det er viktig at materialet har en jevn korngradering uten sandpukkel e.l. som reduserer materialets stabilitet.

Det er viktig at materialets finstoffandel ikke er for høy slik at materialets fasthet ikke reduseres under fuktige forhold. Det må derfor settes krav om andelen av materialet som er mindre enn 0,063 mm, ikke overstiger 5 %. Det er også viktig å treffe tiltak som gir en sikkerhet for at både levert og ferdig utlagt materiale er homogent slik at finstoffkravet overholdes alle steder.

Ved å beskrive pukksortereringer til settelaget får man automatisk en bedre kontroll på finstoffinnholdet, men man skal være oppmerksom på risikoen for dårligere stabilitet, dårligere fasthet, i materialet. Sorteringen 2/11 vil f.eks. fungere godt i de fleste tilfeller, mens sorteringen 4/8 som regel har for dårlig stabilitet.

For krav til settelaget forøvrig henvises det til temaheftet «Belegningsstein og heller av betong – en veiledning» fra Norsk Kommunalteknisk Forening, samt til Staten vegvesens Håndbok 018.

BÆRELAG

Mekanisk stabiliserte materialer

Dimensjoneringsstabell 1 og 3 er basert på mekanisk stabiliserte materialer i bærelaget. Et godt resultat er helt avhengig av en jevn tykkelse på settelaget, 30 ±10 mm er et vanlig krav. Av den grunn anbefales det å benytte et øvre og et nedre bærelag, begge lag av knust berg, hvorav øvre siktstørrelse, D, er 32 mm for materialet i øvre bærelag.

For krav til bærelaget forøvrig henvises det til temaheftet «Belegningsstein og heller av betong – en veiledning» fra Norsk Kommunalteknisk Forening, samt til Staten vegvesens Håndbok 018.

Anvendelse av asfalterte materialer

Dimensjoneringsstabell 2 og 4 er basert på anvendelse av asfalterte materialer i bærelaget. Det er svært viktig at asfaltlaget er drenerende, med hulrom i størrelsesorden 15 % eller mer. Vanlig asfaltert grus, Ag, grus må ikke benyttes. Kravene til Drensasfalt, Da, i Statens vegvesens håndbok 018 kan være et godt alternativ. Asfaltert puk, Ap, kan benyttes, men da i modifisert form, bl.a. ved et forhøyet bindemiddelinhold og anvendelse av polymermodifisert bindemiddel og/eller annen tilsetning. Vedheftningsmidler som sikrer varig god vedheft mellom steinmaterialene og bindemidlene under fuktige forhold, må normalt benyttes.

FORSTERKNINGSLAG

For krav til materialer og utførelse av forsterkningslag henvises det til kravene i Statens vegvesens håndbok 018. I den forbindelse bør det nevnes at Statens vegvesen ikke lenger tillater bruk av usortert sprengt stein i forsterkningslaget. Steinmaterialer til forsterkningslag skal produseres ved kontrollert produksjon med grovkusing og utsikting av finstoff.

DIMENSJONERING MOT TELEHIV

Tradisjonell dimensjonering av veger og plasser har fokus på forholdet mellom de dimensjonerende trafikklaster og overbygningskonstruksjonen fasthet og styrke. I dette inngår også egenskapene til materialene i grunnen, med de variasjoner man har gjennom året på grunn av nedbør, frost o.l.

I denne dimensjoneringen legges det f.eks. ikke vekt på frostens betydning for risikoen for ujevnt telehiv som kan redusere arealenes funksjonsegenskaper. Dimensjonering for å unngå telehiv må sikres på annen måte.

I kap 5 i Håndbok 018 «Vegbygging» er det gitt regler for dimensjonering av vegoverbygninger mot frost. Disse reglene kan også anvendes ved dimensjonering av industriarealer o.l. Reglene ble skjerpet i 2011-utgaven av Håndbok 018, NA-rundskriv nr 12/09 fra Vegdirektoratet angir en ytterligere skjerpelse av kravene til frostsikring.

Håndbok 018 legger vekt på risikoen for ujevnt telehiv og de ulemper dette har for trafiksikkerhet og kjørekomfort. For industriområder, terminalanlegg o.l. vil det som regel være helt andre forhold som man bør legge vekt på når behovet for telesikring vurderes. Behovet for plane arealer som ikke hever seg om vinteren, spesielle forhold for varetransport inn og ut av bygninger, må vurderes nøye.

Ujevnt telehiv kan oppstå som en følge av variasjoner i materialene i grunnen med hensyn til telefarlighet, variasjoner i vanntilsiget og variasjoner i frostisolasjonen på grunn av snøbrøyting o.l. De fleste plasser har en betydelig infrastruktur i grunnen i form av kabler avløpsledninger for vann, spillvann, overflatevann og drenering, noe som også kan være en kilde til variasjoner i telehiv om vinteren. På prosjekteringsstadiet vil det som regel være vanskelig å vurdere om forventet telehiv kan betraktes som jevnt eller ujevnt. Av den grunn anbefales det å legge stor vekt på en grundig vurdering av behovet for frostsikring i forbindelse med dimensjonering av overbygningen.

DIMENSJONERING AV ENKLE ANLEGG

For de fleste enkle industriarealer er det tilstrekkelig med en dimensjonering basert på figuren på neste side.

Figuren er en litt omarbeidet utgave av kravene i Håndbok 018. Dersom det på arealet skal etableres konkrete kjøreveier for tunge kjøretøy og/eller annet tungt utstyr, kan dimensjoneringen i henhold til figuren på neste side gi en for svak overbygning. Slike arealer må vurderes spesielt.

- 1) Tall med + foran er knyttet til anleggsfasen, se Håndbok 018.
- 2) Det anbefales at overbygningen uten risiko for ujevnt telehiv.
- 3) Tallverdiene er en grov veiledning, og en spesiell vurdering vil være nødvendig i hvert enkelt tilfelle.
- 4) Ved $S_u < 25$ kPa må forsterkningslagets tykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt, se Håndbok 018.
- 5) Sand med $C_u < 5$ må vurderes spesielt.
- 6) Dersom de øverste 20 cm av materialet i grunnen tilfredsstiller kravene til forsterkningslag, kan forsterkningslaget sløyfes.
- 7) Asfaltert grus, Ag, må ha en sammensetning med åpen korngredning som sikrer god permeabilitet, tilsetning av vedheftningsmiddel er som regel nødvendig.
- 8) Grove materialer i bærelaget må avrettes med knust fjell 0/32 eller tilsvarende. Dette kan bety at tykkelsen på bærelaget økes mot en tilsvarende reduksjon i tykkelsen på forsterkningslaget.
- 9) For velgraderte og/eller grove masser brukes graderingstall (C_u) som er definert som d_{60}/d_{10} . For leire brukes begrepet udrenert skjærfasthet (C_u)

DIMENSJONERINGSTABELL FOR PARKERINGSPLASSER OG TERMINALANLEGG MED DEKKE AV BELEGNINGSSTEIN

(Lagtykkelser i cm) NB! Dimensjonering mot frost bør også vurderes.

	TYPE ANLEGG			
	Parkeringsplass med lett trafikk	Parkeringsplass Med tung trafikk, Aksellast ≤ 10 t	Terminalanlegg aksellast 10 - 20 t ³⁾	
DEKKE				
Belegningsstein over settelag		6 over 3	8 over 3	10 over 3
BÆRELAG				
Knust fjell ⁸⁾		10	15	
Knust fjell (Fk 0/32) over knust fjell				10 over 15
Ag ⁷⁾ over knust fjell		4 over 10	4 over 10	4 over 15
Ag ⁷⁾		5	8	10
FORSTERKNINGSLAG PÅ		Bæreevne-gruppe		
Fjellskjæring, steinfylling, T1	1	20 ⁶⁾	20	20
Grus $C_u \geq 15$, T1	2	20 ⁶⁾	20	20
Grus $C_u < 15$, T1	3	20 ⁶⁾	20	20
Sand $C_u \geq 15$, T1				
Fjellskjæring, steinfylling, T2	4	20	30	30
Sand $C_u < 15$, T1 ⁵⁾				
Grus, sand, morene, T2	5	30	50	65
Grus, sand, morene, T3	6	40	60	85
Silt, leire, T4, C_u ⁹⁾ ≥ 50 kPa	6	40+10 ¹⁾	60	85
Silt, leire, T4, $37,5 \leq C_u$ ⁹⁾ < 50 kPa	6	40+10 ¹⁾	60	85
Silt, leire, T4, $25 \leq C_u$ ⁹⁾ $< 37,5$ kPa	6	40+30 ¹⁾	60+10 ¹⁾	85
Silt, leire, T4, C_u ⁹⁾ < 25 kPa ⁴⁾	6	40+60 ¹⁾	60+40 ¹⁾	85+15 ¹⁾

LITTERATUR

- 1 The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and Other Industries, Edition 4, 2007**
Interpave, www.paving.org.uk
- 2 Erik Simonsen & Johan Silfwerbrand**
Markstensbeläggningar för industrier, typfall och rekommendationer
Svensk Markbetong/Cement och betong institutet, 2006
- 3 Håndbok 018 vegbygging**
Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 2011

Utgitt av Norsk Belegningsstein som er
en prosjektgruppe under byggutengrenser.no

Følgende bedrifter er deltagere i Norsk Belegningsstein:

NORCEM
HEIDELBERGCEMENT Group

Asak[®]
miljøstein



BMC

byggutengrenser.no
MUR- OG BETONGBRANSJEN I NORGE

MULTIBLOKK
Ha det fint.

AALTVEDT STEIN[®]
FOR STEINSMÅLERE