

BELEGNINGSSTEIN OG HELLER I BETONG

del II: Prosjektering

Basert på heftet «Belegningsstein og heller i betong – en veiledning» utgitt av Norsk Kommunalteknisk Forening

Kommunalt planarbeid – tilgjengelighet

I Rundskriv T-5/99B «Tilgjengelighet for alle» fra Miljøvern-departementet heter det:

I reguleringsplaner og bebyggelsesplaner bør utforming som gir god tilgjengelighet fastlegges på plankartet, i bestemmelser og i evt. retningslinjer. På denne måten sikrer man at for eksempel krav i Teknisk forskrift ivaretas eller at løsninger som ikke omfattes av forskriftene, innarbeides ved utforming. Samtidig sikres berørte grupper innsyn og uttalerett til valgte løsninger gjennom offentlig ettersyn. Følgende punkter er ikke uttømmende og har varierende detaljeringsgrad, men gir noen innspill til hvordan tilgjengelighet kan sikres ved utforming av detaljer på plankartet og/eller som bestemmelser:

- Tilstrekkelig bredde på gangarealer
- Gangarealer uten hindre og trinn. Markering av overganger (f.eks. med høydeforskjell på 20 mm) der det er behov for dette
- Tilfredsstillende stigningsforhold
- Jevnt og sklissikkert dekke
- Rampe i stedet for trapp
- Sammenhengende ledelinjer, enten naturlige eller kunstige, som gir synshemmede mulighet til å orientere seg
- Visuell informasjon gitt på en klar og tydelig måte
- 5–10 % parkeringsplasser anlegges, reserveres, merkes og skiltes for bevegelseshemmede.

En fornuftig anvendelse av belegningsstein og heller kan være en del av tiltakene for å sikre tilgjengelighet for alle.

Dimensjonering av veier og plasser

Overbygningen på en vei med belegningsstein inndeles normalt i dekke, bærelag og forsterkningslag – se figur. Veidekket består av et slitelag av belegningsstein og et settelag. Bærelaget vil for veier med stor trafikk som regel være oppdelt i et øvre og et nedre bærelag.

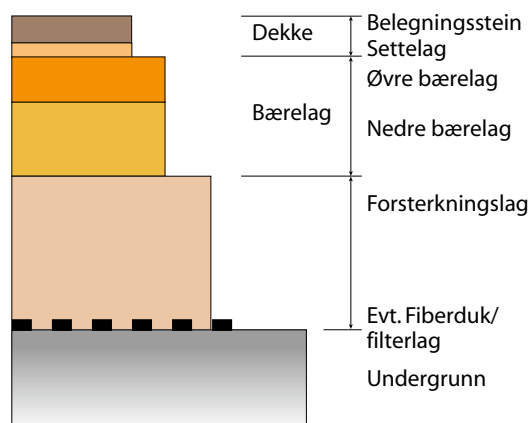
Vi har gode erfaringer med dekker av belegningsstein av betong på bærelag av mekanisk stabilisert knust fjell, også på tungt belastede områder.

Dersom undergrunnen består av finkornige materialer og/eller forsterkningslaget består av grove materialer, er



Artikkel om utførelse kommer i neste nr. av MUR+BETONG

Illustrasjoner: Jørn Steen, Lenes Sigbjørn Reklamefoto AS, Informasjonspartner AS, Cowi AS, Aallvedt Betong AS, Asak Miljøstein AS, Østraadt Stein AS, Norcem AS



det behov for fiberduk under forsterkningslaget for at dette ikke skal bli infiltrert av finstoff fra materialet i grunnen.

Statens vegvesens Håndbok 018 «Vegbygging» om dimensjonering av veier og plasser med dekke av belegningsstein danner grunnlag for beskrivelsen i denne artikkelen. Bruk av dimensjoneringstabellen (neste side) vil sikre tilfredsstillende bæreevne under de mest ugunstige forhold; i teleløsningsperioden om våren. Vil man gardere seg mot telehiv, er det behov for en mer inngående vurdering – se Håndbok 018.



Porsgrunn sentrum

B

DIMENSJONERINGSTABELL FOR
VEGOVERBYGNING MED BELEGNINGSSTEIN
(lagtykkelser i cm)

TRAFIKKGRUPPE	A	B	C	D	Parkeringsplasser	
					lett trafikk ⁴⁾	tung trafikk
Antall ekvivalente 10 tonns aksler pr. felt i dimensjoneringsperioden (N, mill.)	< 0,5	0,5 - 1	1 - 2	2 - 3,5		
DEKKE						
Belegningsstein	8	8	8	8	6	8
Settelag	3	3	3	3	3	3
BÆRELAG	Tykkelse (cm)					
Typiske materialer:						
Ag	5	6	8	9	5	8
Ap	6	9	12	15	6	12
Ag over Fk	-	3 over 10	4 over 10	4 over 10	-	4 over 10
Fk	10	15	-	-	10	15
FORSTERKNINGSLAG PÅ						
Materialtype i grunnen:	Bæreevne gruppe	Tykkelse (cm)				
Fjellskjæring, steinfylling, T1	1	Avretting				
Fjellskjæring, steinfylling, T1	1	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾
Grus $C_u \geq 15$, T1	2	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾	20 ⁵⁾
Grus, $C_u < 15$, T1						
Sand $C_u \geq 15$, T1						
Fjellskjæring, steinfylling T2	3	20	20	20	30	20 ⁵⁾
Sand $C_u < 15$ ³⁾ og						
grus, sand, morene, T2	4	30	30	40	50	20
Grus, sand, morene, T3	5	40	50	60	60	30
Silt, leire, T4, $s_u \geq 50$ kPa	6	50	60	60	70	40
Silt, leire, T4, s_u 37,5-50 kPa	6	50	60	70	70	40+10 ¹⁾
Silt, leire, T4, s_u 25-37,5 kPa	6	50+20 ¹⁾	60+10 ¹⁾	70	70	40+30 ¹⁾
Silt, leire, T4, $s_u < 25$ kPa ²⁾	6	50+50 ¹⁾	60+40 ¹⁾	70+30 ¹⁾	70+30 ¹⁾	40+60 ¹⁾

1) Tall med pluss foran er knyttet til anleggstekniske forhold, se pkt 512.13.
2) For undergrunn av leire med $s_u < 25$ kPa skal forsterkningslagstykkelse og sikkerhet mot grunnbrudd vurderes spesielt.
3) Sand med $C_u < 5$ skal vurderes særskilt.
4) Gjelder også gang/sykkelveg og innkjøringer.
5) Dersom de øverste 20 cm av materialet i grunnen tilfredsstiller kravene til forsterkningslag, kan forsterkningslaget sløyfes.

Statens vegvesen, Håndbok 018: Dimensjonering av overbygning med belegningsstein av betong, typiske materialer med lagtykkelser i cm.

Dimensjoneringstabellens forkortelser og betegnelser kan være vanskelig å forstå for de som ikke arbeider med veibygging til daglig. I det følgende er disse kort omtalt.

For veier er dimensjoneringen knyttet til trafikkgrupper. Trafikkgruppene er knyttet til begrepet «Sum ekvivalente 10 tonns aksellastpasseringer i dimensjoneringsperioden». Dette er et begrep som både tar hensyn til mengden av tunge kjøretøyer og hvor tunge de er. Som en grov angivelse av trafikkgruppene kan de kobles til årsdøgntrafikken, ÅDT, som sannsynligvis er et mer kjent begrep. Andel tunge kjøretøy = 10%, gir følgende grunnlag for å velge trafikkgruppe ved dimensjonering:

Trafikkgruppe	ÅDT ved 10% tunge kjøretøy
A	0 – 1 000
B	1 000 – 2 500
C	2 500 – 4 000
D	4 000 – 8 000

Tabellen er basert på følgende forutsetninger:

- Vei med to kjørefelt
- Dimensjoneringsperiode 20 år
- Tillatt aksellast 10 tonn
- Årlig trafikkvekst 2%

For en komplett beregning ut fra detaljerte trafikkdata, henvises det til Håndbok 018.

Bærelag

Dimensjoneringstabellen beskriver fire typer materialer som de mest aktuelle til bærelag. Forkortelsene er:

Ag – asfaltert grus – et av de mest brukte asfaltbærelagene i veibygging. Under belegningsstein er det viktig at bærelaget ikke blir for tett. Ved bestilling av Ag må man derfor forsikre seg om asfaltprodusenten bruker en massesammensetning som gir et åpent bærelag. Vanlig Ag kan normalt ikke brukes.

Ap – asfaltert pukk; har mindre bindemiddel enn det som er vanlig i Ag, og mer åpent steinskjelett. Derfor er Ap mer egnet enn Ag til bærelag på arealer med belegningsstein.

Fk – knust fjell; har frem til nå vært en svært vanlig betegnelse i norsk veibygging. De nye EU-kravene til steinmaterialer, som nå også gjelder i Norge, har en helt annen måte å angi forskjellen mellom knust fjell og knust grus.

Ag over Fk; et øvre bærelag av Ag over et nedre bærelag av Fk.

De materialer som er angitt under Bærelag, er alternative materialer. På en parkeringsplass med lett trafikk kan man f.eks velge mellom et bærelag av 10 cm knust fjell eller et bærelag av 6 cm asfaltert pukk.

Det tabellen angir som «typiske materialer» er en presisering av at det kan være aktuelt å bruke andre materialer.

Av dimensjoneringstabellen ser man at Vegnormalene har begrenset anvendelsen av knust fjell som et komplett bærelag til trafikkgruppe A og B. Denne begrensningen har minimale konsekvenser for de veier hvor belegningsstein er aktuelt. Nærmere 80% av riksveinettet, mer enn 95% av fylkesveinettet og ca 99% av det kommunale veinettet i Norge er i trafikkgruppe A eller B.

I praksis vil bærelag av knust fjell være et godt og sannsynligvis det rimeligste alternativ for de fleste veier og plasser med belegningsstein og heller av betong.

Forsterkningslag

Nedre del av dimensjoneringstabellen angir tykkelsen på forsterkningslaget avhengig av trafikken og materialene i grunnen. Også i denne delen av tabellen finnes det noen forkortelser som kanskje trenger en forklaring:

Cu (om grus og sand): graderingstall. Et enskornet materiale er relativt ustabil og krever tykkere overbygning enn et velgradert materiale. I dimensjoneringstabellen er grensen mellom velgradert og ensgradert materiale satt ved $Cu = 15$.

T1 til T4 uttrykker materialenes telefarlighet. T1 angir et ikke telefarlig materiale, T4 et svært telefarlig materiale.

su-verdi – materialets udrenerte skjærfasthet. For silt og leire i grunnen har tabellen fire kategorier. For de mer bløte leirene er tykkelsen på forsterkningslaget oppdelt i to verdier. Hvilken verdi som anbefales benyttet avhenger av de anleggstekniske forholdene på stedet.

For leire med udrenert skjærfasthet 25–37,5 kPa, ser en f.eks at tykkelsen på forsterkningslaget for en parkeringsplass med lett trafikk er angitt som 40+30. Dersom arbeidet utføres med lette maskiner og anleggstrafikken skjer med lette kjøretøyer er det tilstrekkelig med et 40 cm tykt forsterkningslag. Ved normal anleggstrafikk er det anleggsperioden som bestemmer tykkelsen på forsterkningslaget. Tykkelsen er satt til 70 cm (30 + 40 cm). Kravet er det samme uavhengig av den trafikken man seinere forventer å få på den ferdige plassen/veien.

Dimensjoneringseksempel

Betraktningene ovenfor kan sammenfattes i følgende dimensjoneringseksempel:

- Parkeringsplass
- Dekket og overbygningen skal tåle tunge kjøretøy
- Materialet i grunnen er fast leire ($su > 50$ kPa)
- Normal anleggstrafikk

Tabellen gir da følgende dimensjonering av overbygningen:

Dekke	8 cm belegningsstein på 3 cm settelag
Bærelag	Vi velger 15 cm knust fjell
Forsterkningslag	60 cm knust grus eller fjell

Med leire i grunnen må det brukes fiberduk på traubunnen for å unngå at finstoff trenger opp i forsterkningslaget og reduserer bæreevnen. Hvilke krav som skal settes til geotekstilene avhenger av hvor bløt grunnen er og hvor grove steinmaterialer det skal brukes i forsterkningslaget.

Dersom anleggstrafikken på forsterkningslaget er betydelig, vil det på bløt leire ofte være nødvendig med større

tykkelser enn det som er angitt i tabellene. For slike forhold skal tykkelsen på forsterkningslaget vurderes spesielt.

Et alternativ til tykke forsterkningslag på bløte underlag kan være å anvende geonett i underkant av forsterkningslaget. Håndbok 018 at tykkelsen på forsterkningslaget derved kan reduseres med opp til 15 cm. En slik reduksjon er imidlertid betinget av at det for det nettet som brukes, foreligger en dokumentasjon av forsterkningsegenskapene.

Dimensjonering av industriarealer og terminalanlegg



En av de største utfordringene er å få klarlagt hvilke påkjenninger dekket og fundamentet utsettes for.

Dersom vi skal dimensjonere en overbygning på en containerterminal, må vi vurdere både de påkjenninger dekket får ved lagring av containerne, og påkjenningene fra containerhåndteringsutstyret.

En 40 fots container kan ha en totalvekt i størrelsesorden 40 tonn. Det er imidlertid relativt vanlig å anta en dimensjonerende totalvekt i størrelsesorden 21 tonn. I hvert hjørne av containeren er det en fot med areal 288 cm². Dersom vi antar at det lagres fire containere i høyden, får vi en påkjenning på dekket i størrelsesorden 7,3 MPa:

$$\frac{21.000 \times 4 \times 10}{4 \times 0,288} = 7,3 \text{ MPa}$$

Dimensjoneringshåndboken til de engelske havnemyndighetene angir at denne belastningen skal multipliseres med to faktorer. En faktor tar hensyn til at alle fire containerne i høyden som regel ikke er like tunge, en annen faktor tar hensyn til at underlaget som regel ikke er perfekt flatt og



Skade på asfaltdekket etter container

at man derfor får noe skjevbelastninger på de fire føttene. Med disse faktorene angir håndboken en dimensjonerende påkjenning på 7,27 MPa.

Et vanlig asfaltdekke vil ikke tåle påkjenninger i denne størrelsesorden uten plastiske deformasjoner. Selv etter relativt kort tids lagring vil containerens føtter presses ned i asfaltdekket slik at belastningene blir fordelt på et vesentlig større areal. Dersom man ønsker et dekke uten «fotavtrykk», vil som regel valget stå mellom belegningsstein eller et betongdekke.

Det finnes en rekke forskjellig utstyr for håndtering av containere på et terminalanlegg. Det mest vanlige er RTG-kraner (Rubber Tyred Gantry Cranes), Straddle Carriers og Reachstackere. I tabellen nedenfor er det vist noen typiske data for to typer reachstackere fra Kalmar.

Utstyret har en egenvekt på 70–100 tonn. Med en container på 45 tonn får man en aksellast på rundt 95 tonn, som vist i tabellen nedenfor. Imidlertid er luftrykket i dekkene ikke spesielt høyt, noe mer enn 900 kPa som er tillatt på tunge kjøretøy på offentlig vei.

Data for to Reachstackere fra Kalmar:

	DRD420-60S5	DCD420-12G
Luftrykk i dekk	1.000 kPa	1.000 kPa
Aksellast 40 tonn last	94,7 tonn	92,0 tonn
Antall hjul på drivakselen	4 stk	4 stk
Kontaktflate pr. hjul	440 * 538 mm	440 * 523 mm
Senteravstand mellom hjul	0,60 m	0,60 m
Senteravstand mellomhjulpar	3,03 m	3,03 m

Med de belastninger som overbygningen på en containerterminal blir utsatt for, blir et dekke av belegningsstein og et bærelag av betong en svært aktuell løsning.

Ref. dimensjoneringsreglene i håndboken fra the British Ports Association:: The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries, 1996

Tre eksempler på anlegg med bærelag av knust fjell
Nedenfor er det vist tre eksempler på dimensjonering av arealer med dekke av belegningsstein. Alle tre er utsatt for relativt store påkjenninger.

SAS, Teknisk base, Gardermoen

Utført : 1998

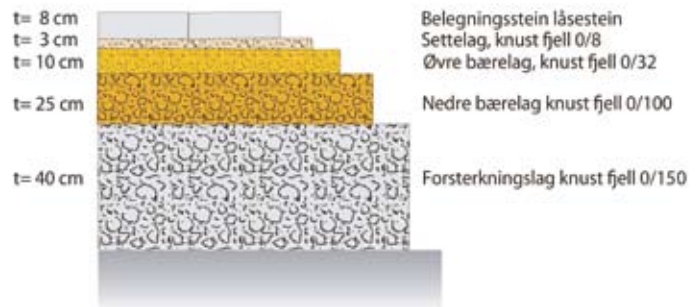
Område : Flyside (flyoppstilling)

Areal med betongstein : 77 000 m²

Type betongstein : Låsestein

Tykkelse 80 mm

Dim. last : Boeng 767 (nesehjul)



SAS Cargo, Gardermoen

Utført : 1998

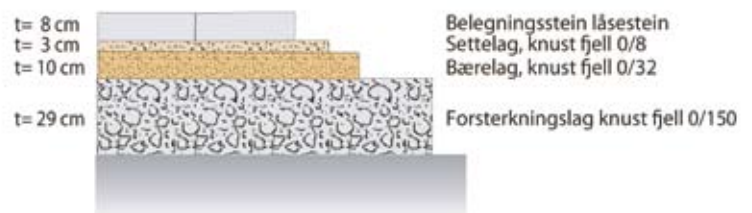
Område : Godsterminal

Areal med betongstein : 12 500 m²

Type betongstein : Låsestein

Tykkelse 80 mm

Dim. last : Trailere/containerere



NSB-Gods, Narvik

Utført : 2001

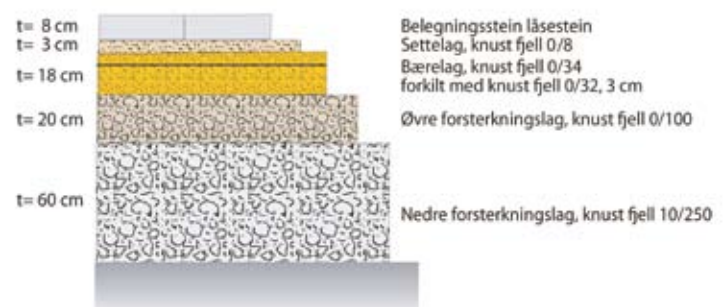
Område : Lastegate 3I

Areal med betongstein : 17 300 m²

Type betongstein : Låsestein

Tykkelse 80 mm

Dim. last : Containertrucker, aksellast 110 tonn



Vannavrenning

Av hensyn til både kjørendes og de gåendes sikkerhet og komfort må det etableres et tilstrekkelig fall for effektiv fjerning av overflatevann. Et dekke med vanddammer og tilhørende sølesprut vil i sommerhalvåret være til stor iritasjon. I vinterhalvåret vil det i tillegg gi risiko for glatte, isete partier. God avrenning sikres ved:

- fall mot tilstøtende terreng
- fall mot sluk
- fall mot slisserenner

For å sikre en tilfredsstillende vannavrenning må dekket ha et fall på minst 2,0 %. Ved mindre fall vil selv ubetydelige svanker føre til vanddammer. NS 3420 angir følgende krav til resulterende fall:

- Kjørearealer minimum 2,5%
- Andre arealer minimum 2,0%

Dette er minimumskrav som ikke gir full sikkerhet mot vanddammer. Det anbefales derfor å øke fallet til minst 2,5% nær inngangspartier og andre områder hvor vanddammer vil være spesielt irriterende.

Riktig valg av fugeretning i forhold til fallretningen vil bidra til en rask horisontaltransport av overflatevann. Dette er spesielt viktig på steder der man ønsker minst mulig fall.

Linjefjerning eller punktfjerning av overflatevann?

Ved linjefjerning er det enkelt å etablere tilfredsstillende fall. Men systemet er krevende med hensyn til slamtømming, som bør utføres regelmessig.

Punktfjerning, hvor det etableres et mønster av sluk på området, er mer krevende med hensyn til etablering av gode fallforhold. Men slamtømming er som regel enklere.

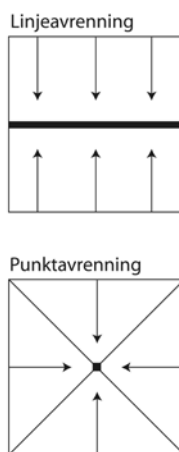
Terminaler for containere er et av de stedene hvor linjefjerning kan ha en fordel fremfor punktfjerning. På slike områder er det viktig å ha mest mulig ensartede fallforhold, både av hensyn til lagring og håndtering av containerne.

God vannavrenning må også sikres for snøsmeltingen, når brøytekantene ofte stenger for avrenning ut til sidene.

Drenering av fundament

I tillegg til å få et tilfredsstillende avløp for overflatevannet, må selve veifundamentet dreneres. Det er svært viktig å unngå at settelaget under belegningssteinene blir mettet av vann. Hvis dette skjer, reduseres bæreevnen vesentlig, med setninger og spordannelse som resultat. Riktig fuging og vedlikehold av fugene er en forutsetning for tilstrekkelig tetthet i belegningssteinslaget.

På et nylagt dekke med belegningsstein kan man anta at ca 30% av vannet på overflaten trenger ned i settelaget gjennom fugene og må dreneres ut. Etter hvert blir fugene tettere og vanngjennomgangen reduseres til ca 5%. Fugeforsegling vil minske vanngjennomgangen ytterligere, men noe vann vil alltid trenge ned i settelaget, og dette må dreneres ut.



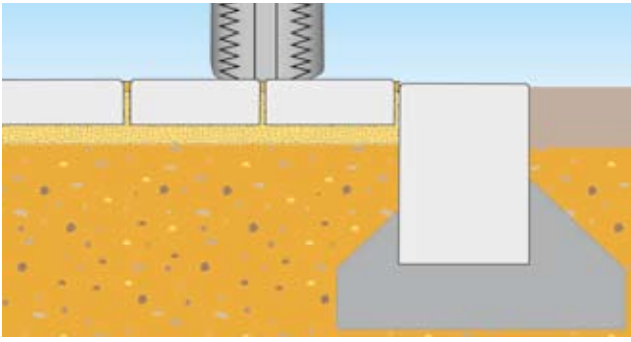
Gartnerier benytter ofte belegningsstein som dekke, bl.a. på grunn av den gode dreneringsevnen

Kantsikring

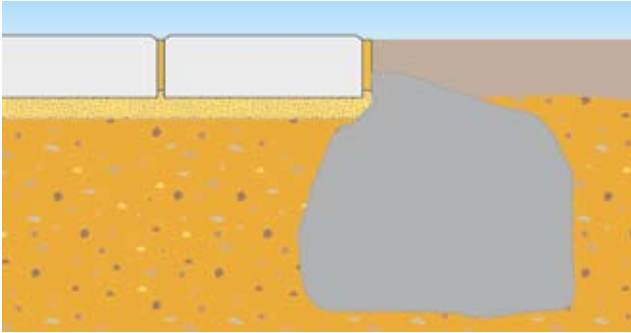
En forutsetning for at underlag med belegningsstein får lang levetid, er at det lages en god kantsikring. Kantsikringens oppgave er å holde sammen underlaget, slik at trafikken ikke dytter steinene fra hverandre og underlagets bæreevne blir redusert.

Hvis belegningen grenser til en bygning eller liknende, er det normalt ikke noe behov for ekstra kantsikring. Hvis dette ikke er tilfelle, kan kantsikringen for eksempel bestå av en betongkantstein som settes i tørrbetong, eller det kan støpes en kant i betong. Selv om belegningen avsluttes med en spesiell kantstein som går inn i den øvrige belegningen, er det likevel nødvendig å lage en kantsikring.

Der hvor dekket av belegningsstein støter mot andre fleksible dekker (f.eks. asfalt) vil det normalt ikke være behov for noen spesiell kantsikring. Det tilstøtende dekket vil



Synlig kantavslutning



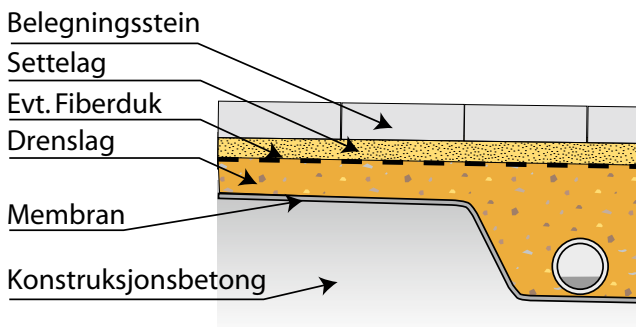
Ikke synlig kantavslutning



fungere som en fullgod kantsikring i seg selv. Erfaring med betongdragere mellom slike fleksible dekker er mindre god. Over tid kan man få setninger i de fleksible dekkene mens betongdrageren blir liggende i ro. Resultatet blir oppstikkende kanter som kan være til ulempe for vannavrenningen, snøbrøytingen om vinteren og på annen måte være uheldig for bruken av arealene.

Dekke på stive konstruksjoner

Der det benyttes et dekke av belegningsstein på konstruksjoner, f.eks som et parkeringsdekke på en bygning, ligger det en stor utfordring i å sikre et godt avløp for vann som siger ned i settelaget, samtidig som man skal ha en tett membran som beskytter konstruksjonen under mot fuktighet. Én mulig løsning er vist på skissen under:



Mellom dekke og membran må man ha et lag av materiale som er stabilt samtidig som det slipper vann igjennom.

- I konstruksjonsbetongen etableres et godt fall med lavpunkter hvor det siden legges drensledninger for vannet. Forsenkningene med drensledninger bør ikke ha en innbyrdes avstand større enn 20 meter.
- På konstruksjonsbetongen legges det en vanntett membran. Membranen må være av en type og ha en utførelse som gjør det mulig å ha et drenslag av finpukk over, uten risiko for at membranen punkteres. Alternativt må det legges ut et beskyttelseslag mellom drenslag av finpukk og membranen.
- Drenslaget bør ha en minste tykkelse på 40 mm og kan bestå av finpukk i sorteringen 2/8 mm. Materialet i drenslaget må ha en permeabilitet som er minst like høy som permeabiliteten til settelaget, helst noe høyere. Materialet i drenslaget må komprimeres godt med vibrasjonsutstyr, men vær oppmerksom på at konstruksjonsbetongen kan sette begrensninger i valg av utstyr og utførelse av komprimeringen.
- Kravene til settelaget er de samme som til settelaget ved andre utførelser. Materialene bestemmes ut fra om dekket består av betongheller eller belegningsstein, samt de forventede belastninger på dekket. Selv om man bruker samme materialer i drenslag og settelag, anbefales det å legge ut materialene og komprimere disse som to lag.
- Avløpssystemet for vann må gis en tilfredsstillende løsning både med hensyn til å lede bort vannet på belegningen og det vannet som kommer ned i settelag og drenslag.
- Det anbefales å forsegle fugene i dekket, slik at man får minst mulig vann ned i underlaget.