



DIMENSIONERING MARKBETONG

DIMENSIONERING AV ÖVERBYGGNAD

Överbyggnadskonstruktioner med marksten som slitlager används för trafikytor upp till och med 50 km/h. Förutsättningar som gäller vid dimensionering är geologi, trafiklast och klimat. Vägens överbyggnad ska dimensioneras för att klara de belastningar som kan komma att uppstå under vägkonstruktionens hela livslängd.

Avgörande kriterier för en markstensbeläggning är att terrassytan klarar kraven på töjning i terrassen. Där så är brukligt ska även kontroll ske så att tjällyftningen ej överstiger tillåtna värden. Beräkningsgången som följer är hämtad från Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002. Även AMA Anläggning 07/ATB VÄG kan användas för att dimensionera överbyggnaden..

GEOLOGI

Dimensioneringen av överbyggnaden ur belastnings-synpunkt baseras på materialegenskaper för berg och jord i terrassytan och ur tjällyftningssynpunkt baserat på tjällyftningsegenskaperna hos jorden i terrassytan. Indelning av materialtyper sker enligt tabellerna nedan.

Före byggande på materialtyp 6 ska utredning ske med avseende på bärighet, stabilitet, sättningar och tjälfarlighet. Indelningen av jordarter i fyra tjälfarlighetsklasser med hänsyn till deras tjällyftande egenskaper enligt tabell nedan.

INDELNING AV BERG OCH JORD I MATERIALTYP

Materialtyp	Jordartsgrupp enligt SGF 81 respektive grupp	Tilläggsvillkor	Exempel på jordarter
1	Bergtyp 1 och 2		
2	Block- och stenjordarter samt grovkorniga jordarter	Organisk halt ≤ 2 viktprocent	Bl, St, Gr, Sa, sa Gr, gr Sa, Gr Mn, Sa Mn
3	Bergtyp 3 samt vissa blandkorniga jordarter	Finjordshalt ≤ 30 viktprocent Organisk halt ≤ 2 viktprocent	si Sa, si Gr, si Sa Mn, si Gr Mn
4	Blandkorniga jordarter med hög finjordshalt	Finjordshalt > 30 viktprocent Organisk halt ≤ 2 viktprocent	si J, si Mn
5	Finkorniga jordarter	Lerhalt > 40 viktprocent Organisk halt ≤ 2 viktprocent	Le, Le Mn
6	Finkorniga jordarter, samtliga organiska mineraljordarter	Lerhalt < 40 viktprocent Organisk halt ≤ 6 viktprocent	Si, le Si, si Le, Si Mn, gy Le, dy Si
7	Övriga jordarter och material i underbyggnad och undergrund.		T, Dy, si Dy, Gy, le Gy, Mu, sa Mu, alternativa material

Teckenförklaring: Bl=blockjord, St=stenjord, Gr=grus, Sa=sand, Mn=morän, Si=silt, J=jord, Le=lera, Gy=gyttja, Dy=dy, Mu=mulljord, T=torv. Ex: si Le=siltig lera, Gr Mn=grusmorän

INDELNINGEN AV JORDARTER I TJÄLFARLIGHETSKLASSER

Tjälfarlighetsklass	Beskrivning	Exempel på jordarter
1	Icke tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjällossningsprocessen i regel är obetydlig. Klassen omfattar grovkorniga jordarter samt organiska jordarter med organisk halt $> 20\%$	Gr, Sa, sa Gr, gr Sa, Gr Mn, Sa Mn, T
2	Något tjällyftande jordarter. Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjällossningsprocessen är liten. Klassen omfattar blandkorniga jordarter med finjordshalt ≤ 30 viktprocent.	si Sa, si Gr, si Sa Mn, si Gr Mn
3	Måttligt tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjällossningsprocessen är måttlig. Klassen omfattar finkorniga jordarter med lerhalt > 40 viktprocent, blandkorniga jordarter med finjordshalt > 30 viktprocent.	Le, Le Mn, si Mn, si J
4	Mycket tjällyftande jordarter Dessa kännetecknas av att tjällyftningen under tjällossningsprocessen är stor. Klassen omfattar finkorniga jordarter med lerhalt ≤ 40 viktprocent.	Si, le Si, si Le, Si Mn

Teckenförklaring: Bl=blockjord, St=stenjord, Gr=grus, Sa=sand, Mn=morän, Si=silt, J=jord, Le=lera, Gy=gyttja, Dy=dy, Mu=mulljord, T=torv. Ex: si Le=siltig lera, Gr Mn=grusmorän

TRAFIKLAST

Dimensionering av överbyggnaden görs med hänsyn till den förväntade trafiklasten som kommer att belasta konstruktionen under dess livslängd. Trafiklasten beskrivs som ekvivalent antal standardaxlar under avsedd teknisk livslängd för respektive körfält. Ekvivalent antal standardaxlar (N_{ekv}) beräknas enligt formel 1 nedan. Definition av standardaxel visas i figuren nedan.

TRAFIKKLASSER

En vägs trafikklass styrs av hur många standardaxlar som kommer att passera beläggningen under hela dess livslängd. Ytans beräknade trafikmängd och typ av trafik ger antalet överfarter av standardaxlar enligt formel 1.

$$N_{ekv} = \dot{A}DT_k \times A \times B \times 365 \times n$$

$\dot{A}DT_k$ = årsdygnstrafik, trafikflödet i ett körfält (k)

A = andel tunga fordon. 0,05 (5%) kan användas för lokal väg om uppgift saknas.

B = ekvivalent antal standardaxlar per tungt fordon. Värdet 1,3 kan användas om uppgift saknas.

365 = antal dygn/år

n = avsedd teknisk livslängd i år (antal år)

Om en antagen årlig trafikförändring kommer att ske, f (angiven i %), beräknas antalet standardaxlar enligt nedan:

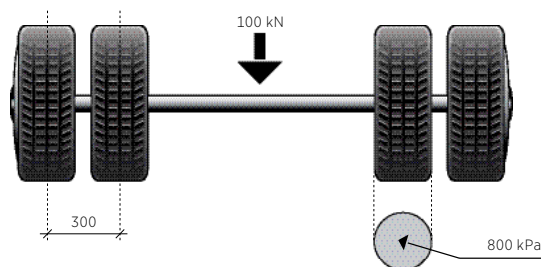
$$N_{ekv} = \dot{A}DT_k \times A \times B \times 365 \times (1+100/f)^n \times ((1+f/100)^n - 1)$$

Formel 1. Beräkning av antalet standardaxlar, N_{ekv}
Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Sambandet mellan trafikklass och antal överfarter av standardaxlar (under hela livslängden) visas i tabellen nedan. Överbyggnadens trafikklass väljs med hjälp av tabellen så att antalet standardaxlar är större eller lika med beräknat ekvivalent antal standardaxlar.

En yta där inga fordon förekommer, t ex trädgårdsgångar och uteplatser definieras som trafikklass G. Trafikklass O, endast definierat av Svensk Markbetong, motsvarar en trafikyta med ytterst lite tung trafik, d v s med enstaka tunga fordon per dygn (t.ex. gångfartsgata).

För vägar som trafikeras av enstaka fordon med axellast mindre eller lika med 8 ton, t.ex. GC-vägar, används kolumn GC i GC-vägar som trafikeras av enstaka tunga fordon med axellast större än 8 ton, dimensioneras enligt trafikklass O. Trafikklass 6 och 7 behandlas inte i Markhandboken



Standardaxel (S_a) är en fiktiv axel med parmonterade hjul och med 100 kN axellast jämt fördelad mellan hjulen. Varje hjul har en cirkulär kontaktyta mellan däck och väg. Varje kontaktyta är belastad med ett konstant tryck på 800 kPa. Hjulen i respektive hjulpar har ett inbördes centrumavstånd på 300 mm.

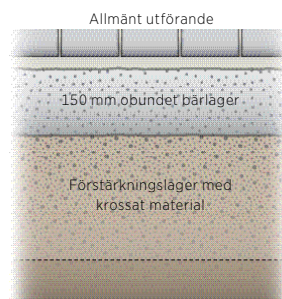
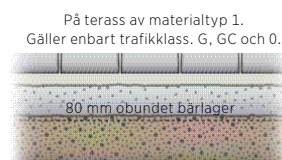
Trafikklass	Marksten		Plattor		
	Tillåtet antal standardaxlar	Notering	Typfordon 1 (vikt max 1.5 t)	Typfordon 2 (axellast max 8 t)	Typfordon 3 (axellast max 10 t)
G*	0	Inga fordon förekommer	Lätt renhållningsfordon eller redskapsbärare	Lätt varutransport	Tyngre service- och varutransportfordon
GC	0	Enstaka fordon med axellast $\leq 8t$	< 7/vecka	-	-
O*	0 - 50 000	Trafik med axellast 16t	Fri trafik	< 7/vecka	-
1	50 000 - 500 000	Trafik med axellast 16t	Fri trafik	< 10/dag	< 7/vecka
2	500 000 - 1 000 000	Trafik med axellast 16t	Fri trafik	< 100/dag	< 5/dag
3	1 000 000 - 2 500 000	Trafik med axellast 16t		< 200/dag	< 10/dag
4	2 500 000 - 5 000 000	Trafik med axellast 16t		< 500/dag	< 25/dag
5	5 000 000 - 9 000 000	Trafik med axellast 16t		< 1 000/dag	< 50/dag
				< 2 000/dag	< 100/dag

*Trafikklass definierad av Svensk Markbetong. Tillåtet antal standardaxlar indelade i trafikklasser för ett körfält. Teknisk livslängd vald till 40 år, gäller plattor.

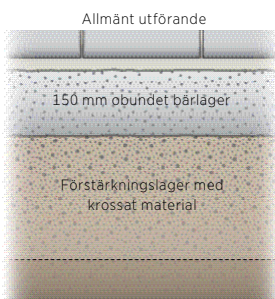
Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Arbetsgång dimensionering markstensöverbyggnad
Dimensioneringsprogram för markstensöverbyggnader hittar du på www.steriks.se. Alternativt kan en handräkning göras enligt följande dimensioneringsgång:

MARKSTEN



PLATTOR



Punkt 1-6 gäller dimensionering med avseende på bärighet. Markstensöverbyggnad dimensioneras enligt illustrationerna nedan.

1. Fastställ materialtyp i terrassen med hjälp av tabell på sid 134 i Markhandboken.
2. Bestäm trafikmängd och trafikklass enligt sid 135 i Markhandboken.
3. Bestäm överbyggnad och de olika materiallagrens tjocklek med hjälp av tabell 1 och 3 på sid 137 i Markhandboken.
4. Utgå från trafikklassen. Den ger ett ingångsvärde som möjliggör val av marksten med hänsyn till format (längd, bredd och tjocklek) och form. Detta har tillsammans med läggningens betydelse för belägningens stabilitet och lastfördelningsegenskaper.
5. Överbyggnadstjockleken är i tabell 1 på sid 137 i Markhandboken beräknad med en 80 mm tjock marksten för trafikklass 0 till 4 och 60 mm för GC-väg. Om en annan tjocklek används ska den totala överbyggnadstjockleken justeras enligt tabell 2 på sid 137. Om t ex en 60 mm tjock sten används för trafikklass 1, ska förstärkningslagrets tjocklek ökas med 50 mm. Om däremot en 100 mm tjock sten används, kan förstärkningslagrets tjocklek minskas med 35 mm.
6. Om okrossat material ska användas istället för krossat material ska förstärkningslagrets tjocklek justeras enligt tabell 4 på sid 137 i Markhandboken. Gäller även plattor. Även återvunnen krossad betong kan användas som förstärkningslager och likställs normalt med krossat stenmaterial. Underlag och förutsättningar för justering av förstärkningslagrets tjocklek när krossat material används återfinns bl a i KTH Rapport 67 (2002) och i VTI Notat 67-1999.

I områden där dimensionering med hänsyn till tjällyftning normalt sker, ska detta även göras för markstensöverbyggnader. Dimensionering med hänsyn till tjällyftning beräknas enligt punkt 7-8:

7. Bestäm tjälfarlighetsklass enligt tabellen på sid 134 i Markhandboken och klimatzon enligt kartan på sid 137 i Markhandboken.

8. Kontrollera den totala överbyggnadstjockleken med hänsyn till tjällyftning enligt tabell 5 på sid 137 i Markhandboken.

Överbyggnadens tjocklek har nu räknats fram med hänsyn till bärighet (punkt 1-6) och tjällyftning (punkt 7-8). Största tjocklek är dimensionerande och ska väljas.

Exempel på beräkning av 30-gata i Helsingborg
Förväntad trafikmängd öppningsåret är 2 400 fordon/dygn och körfält (ingen trafikökning förväntas ske). ÅDTk=2 400. Material i terrassen är siltig grus (si Gr). Krossat material i förstärkningslagret ska användas.

1. Fastställ materialtyp i terrassen. Terrassen består av en siltig grus (si Gr) som ger materialtyp 3.

2. Bestäm trafikmängd. Andel tunga fordon antas vara 7% av den totala ÅDTk. Ekvivalent antal standardaxlar per fordon antas vara 1.3 (exakt uppgift saknas). Avsedd teknisk livslängd väljs till 30 år. Formel 1 används.
 $N_{kv} = \text{ÅDTk} \times A \times B \times 365 \times n$
 $N_{kv} = 2\,400 \times 0,07 \times 1,3 \times 365 \times 30 = 2\,391\,500 \text{ std.axlar}$

3. Dimensionera överbyggnadslagren. Trafikklass 3 och material typ 3 ger, den totala överbyggnadstjockleken ska vara 540 mm. Marksten 80 mm, sättsand 30 mm, obundet bärlager 150 mm och förstärkningslager 280 mm (krossat material).

4. Beräkningen av överbyggnadens tjocklek förutsätter en 80 mm tjock sten. I detta fall väljs en tjockare marksten, 100 mm tjock. Ytan "läses in" väl.

5. En 100 mm tjock sten istället för 80 mm innebär en reduktion av förstärkningslagrets tjocklek. Då kan förstärknings lagrets tjocklek reduceras med 35 mm. Marksten 100 mm, sättsand 30 mm, obundet bärlager 150 mm och förstärkningslager 245 mm (280-35). Totala överbyggnadstjockleken blir 525 mm.

6. Förstärkningslager ska i detta fall bestå av krossat material-justering av förstärkningslagrets tjocklek är därför inte aktuell.

7. Bestäm tjälfarlighetsklass och klimatzon. Terrassen består av en slitig grus (si Gr) vilket ger tjälfarlighetsklass 2. Orten ligger i klimatzon 1.

8. Kontroll av överbyggnadstjocklek m h t tjälfarlighet sker normalt inte i klimatzon 1. Tjälfarlighetsklass 2 innebär dessutom att tjällyftningen är liten.

9. Överbyggnadstjockleken m h t bärighet är dimensionerande 525 mm. Se figur 1 till höger.

Klimatzon 1-6, krossat material i förstärkningslagret	Tillåtet antal standardaxlar. Trafikklass.								
	0		< 50 000		50 000 - 500 000	500 000 - 1 000 000	1 000 000 - 2 500 000	2 500 000 - 5 000 000	
	G	0	0*		1	2	3	4	
Marksten	50	60	80	80	80	80	80**	80**	
Sättsand	30	30	30	30	30	30	30	30	
Obundet bärlager	Hela ÖB	80	80	150	150	150	150	150	
Total överbyggnads- tjocklek på terrass av materialtyp:	1	80	170	190	-	260	290	380	440
	2	80	240	-	260	340	400	480	540
	3	160	240	-	260	430	480	540	590
	4	180	240	-	260	460	520	600	660
	5	220	340	-	360	590	650	770	870

* Svensk Markbetongs egen definition. ** Rekommenderad tjocklek på marksten är 100 mm.

Tabell 1. Markstensöverbyggnader på obundet bärlager, samtliga klimatzoner (mått i mm). Ytor i trafikklass 5 kan ej dimensioneras enligt här redovisad beräkningsgång. Särskild utredning måste göras i varje enskilt fall.

Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

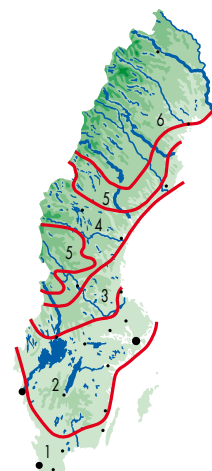
Markstenens tjocklek	50	60	70	80	100	120
Justering av förstärkningslagrets tjocklek (mm)	+80	+50	+30	0	-35	-70

Tabell 2. Justering av förstärkningslagrets tjocklek beroende på annat val av markstentjocklek än 80 mm. (Gäller ej för G, GC-alternativet.)

Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Klimatzon 1-6, krossat material i förstärkningslagret	Tillåtet antal standardaxlar enligt ATB VÄG. Trafikklass enligt VÄG 94.					
	0		< 50 000		50 000 - 500 000	
	G*	0	0*		1	
Marksten	enl rek	enl rek	enl rek	enl rek	enl rek	
Sättsand	30	30	30	30	30	
Obundet bärlager	Hela ÖB	80	80	150	150	
Total överbyggnads- tjocklek på terrass av materialtyp:	1	80	200	220	-	270
	2	80	250	-	290	350
	3	160	250	-	290	440
	4	180	250	-	400	470
	5	220	350	-	490	600

* Svensk Markbetongs egen definition. ** Rekommenderad tjocklek på marksten är 100 mm.



Klimatzoner. Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Tabell 3. Plattöverbyggnader på obundet bärlager, samtliga klimatzoner (mått i mm).

Krossat material i förstärkningslager.

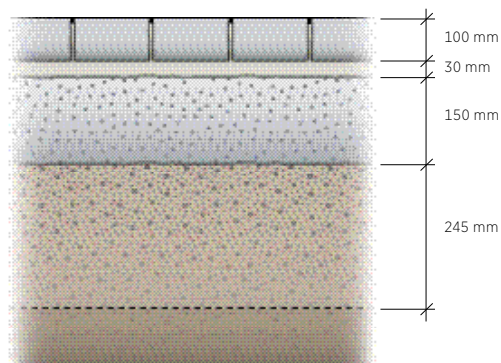
Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Materialtyp	Om okrossat material förekommer ska förstärkningslagrets tjocklek ökas med:
2 och 3	25%
4 och 5	40%

Tabell 4. Justering av förstärkningslagrets tjocklek om okrossat material används istället för krossmaterial. Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

Alla trafikklasser	Klimatzon					
	1	2	3	4	5	6
Tjälfarlighetsklass: 3			200	375	425	1150
Tjälfarlighetsklass: 4			545	1000	1000	1250

Tabell 5. Total överbyggnadstjocklek (mm) med hänsyn till tjällyftning i alla trafikklasser. Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.



Figur 1. Exempel på beräkning av 30-gata i Helsingborg

SAMMANFATTNING

I handlingar som beskriver överbyggnad ska följande anges:

1 Trafikbelastning i form av ekvivalent antal standardaxlar, samt hur pronosen tagits fram för dessa över avsedd teknisk livslängd.

2 Klimatzon

3 Materialtyper och tjälfarlighetsklasser i vägområdet samt undersökningsmetoder och provtagningsfrekvens för bestämning av dessa.

4 Måttsett överbyggnadskonstruktion med mått för marksten, sättsand, obundet bärlager och förstärkningslager. Observera att uppgift olämplig kvalitet och tjocklek på marksten kan erhållas från tillverkaren.

5 Krav på jämnhet och kontroll eller hänvisning till AMA Anläggning 07 VÄG 94.

Val av beläggning

Gatan/vägens trafikklass styr valet av vilken tjocklek på marksten som är lämplig för den aktuella ytan. Tabeller nedan ger en vägledning om lämplig tjocklek av produkter för en gata/vägs respektive trafikklass. För natursten följer man EN 1341. Det är viktigt att objekten om möjligt också projekteras för maskinläggning. Läggningsbredderna måste anpassas till aktuellt modulmått. Kapning bör undvikas.



Gränbystaden, Uppsala

Plattor/sten	Tjocklek (mm)	Gatans trafikklass								
		G	GC	0	1	2	3	4	5	
Plattor										
175x350	40,50,60	■								
175x350	70	■	■							
175x350	80	■	■	■						
350x350	40,50	■								
350x350	60	■	■							
350x350	70	■	■	■						
350x350	80	■	■	■	■					
350x350	120	■	■	■	■	■	■			
200x400	40,45,60	■								
200x400	80	■	■							
400x400	40,45	■								
400x400	60	■	■							
400x400	80	■	■	■						
210x420	70	■								
420x420	70	■	■							
420x420	100	■	■	■	■					
250x500	50,70, 80	■								
500x500	50	■								
500x500	70, 80	■	■							
350x700	80	■								
350x700	120	■		■						
700x700	80	■								
420x840	100,120	■								
840x840	100	■								
840x840	120	■	■							
Superplattan										
175x350	65	■	■	■						
350x350	50	■	■							
350x350	65	■	■	■						
Marksten										
	40,50	■								
	70	■	■	■	■					
	80	■	■	■	■	■	■			
	100	■	■	■	■	■	■	■	■	

■ = Rekommenderas

Vägledning av lämplig tjocklek på plattor och marksten m h t överbyggnadens trafikklass. Tabellerna bygger på att ytan är inspänd, att stenarna/plattorna är lagda i förband och i övrigt uppfyller kraven på ett korrekt utförande. I kapitel "Marksten och plattor" redovisas högsta rekommenderade trafikklass för respektive produkt.

Granit	Gångyta/park	Uteplats	Köryta
Råkilad			■
Flammad	■	■	■
Krysshamrad	■	■	■

Vägledning av lämplig yta på natursten för olika användningsområden.