

DIMENSIONERING MARKBETONG



S.T. ERIKS
SVERIGES STEN- OCH BETONGLEVERANTÖR

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 belastningssynpunkt 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

Material- typ	Jordartsgrupp enligt SGF 81 respektive grupp	Tilläggs villkor	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
4	Finkorniga jordarter	Lerhalt > 40 viktprocent Organisk halt ≤ 2 viktprocent	Le, Le Mn
5	Finkorniga jordarter, samtliga organiska mineraljordarter	Lerhalt < 40 viktprocent Organisk halt ≤ 6 viktprocent	Si, le Si, si Le, Si Mn, gy Le, dy Si
6	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

Tjälfarlighets- klass	Beskrivning	Exempel på jordarter
1	Ikke 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.

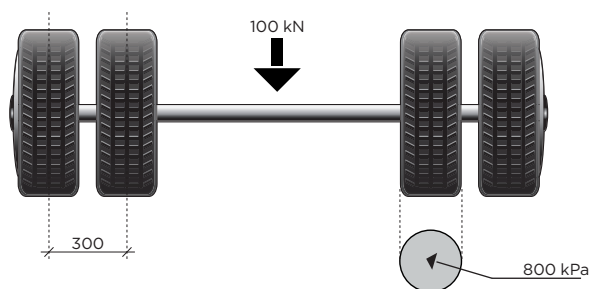
Trafikklasser

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. 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 0, endast definierat av Svensk Markbetong, motsvarar en trafikyta med ytterst lite tung trafik, dvs 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 0. Trafikklass 6 och 7 behandlas inte i Markhandboken.

$N_{ekv} = \dot{A}DT_k \times A \times B \times 365 \times n$	
$\dot{A}DT_k$ = 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:	
$N_{ekv} = \dot{A}DT_k \times A \times B \times 365 \times (1+100/f)((1+f/100)^n - 1)$	
Formel 1. Beräkning av antalet standardaxlar, N_{ekv} Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.	



Standardaxel (Sa) 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.

Trafik-klass	Marksten		Plattor		
	Tillåtet antal standar-daxlar	Notering	Typfordon 1 (vikt max 1.5 t)	Typfordon 2 (axellast max 8 t)	Typfordon 3 (axellast max 10 t)
			Lätt renhållningsfordon eller redskapsbärare 	Lätt varu-transport 	Tyngre service- och varu-transportfordon
G*	0	Inga fordon förekommer	< 7/vecka	-	-
GC	0	Enstaka fordon med axellast ≤ 8t	Fri trafik	< 7/vecka	-
0*	0 - 50 000	Trafik med axellast 16t	Fri trafik	< 10/dag	< 7/vecka
1	50 000 - 500 000	Trafik med axellast 16t	Fri trafik	< 100/dag	< 5/dag
2	500 000 - 1 000 000	Trafik med axellast 16t		< 200/dag	< 10/dag
3	1 000 000 - 2 500 000	Trafik med axellast 16t		< 500/dag	< 25/dag
4	2 500 000 - 5 000 000	Trafik med axellast 16t		< 1 000/dag	< 50/dag
5	5 000 000 - 9 000 000	Trafik med axellast 16t		< 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.

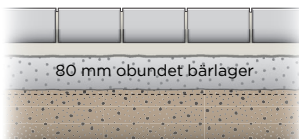
Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

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

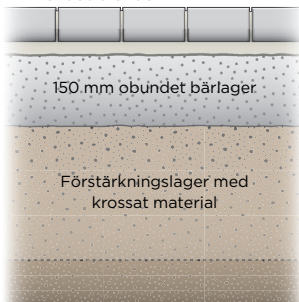
Punkt 1-6 gäller dimensionering med avseende på bärighet. Markstensöverbyggnad dimensioneras enligt illustrationerna nedan.

Marksten

På terrass av materialtyp 1.
Gäller enbart trafikklass G, GC och O.

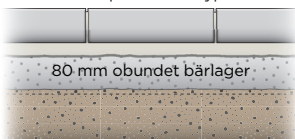


Allmänt utförande

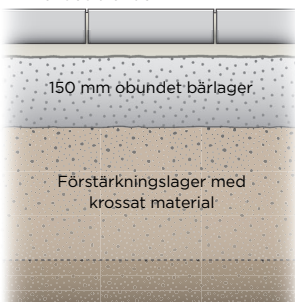


Plattor

Gäller trafikklass GC eller trafikklass O på materialtyp 1.



Allmänt utförande



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 läggmönstret betydelse för beläggningens stabilitet och lastfördelande egenskaper.

5. Överbyggnadstjockleken är i tabell 1 på sid 137 i Markhandboken beräknad med en 80 mm tjock marksten för trafikklass O 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). $\dot{A}DT_k = 2400$. 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 $\dot{A}DT_k$. Ekvivalent antal standardaxlar per fordon antas vara 1.3 (exakt uppgift saknas). Avsedd teknisk livslängd väljs till 30 år. Formel 1 används.
$$N_{ekv} = \dot{A}DT_k \times A \times B \times 365 \times n$$
$$N_{ekv} = 2\,400 \times 0,07 \times 1,3 \times 365 \times 30 = 2\,391\,500 \text{ std.axlar.}$$

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 "låses in" väl.

5. En 100 mm tjock sten istället för 80 mm innebär en reduktion av förstärkningslagrets tjocklek. Då kan förstärkningslagrets 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.						
		○	○	< 50 000	50 000 - 500 000	500 000 - 1 000 000	1 000 000 - 2 500 000	2 500 000 - 5 000 000
		G*	GC	0*	1	2	3	4
Marksten		50	60	80	80	80	80**	80**
Sättsand		30	30	30	30	30	30	30
Obundet bärlager		Hela ÖB	80	80	150	150	150	150
Total överbyggnadstjocklek på terrass av materialtyp:	1	80	170	190		260	290	380
	2	80	240		260	340	400	480
	3	160	240		260	430	480	540
	4	180	240		260	460	520	600
	5	220	340		360	590	650	770

* 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 markstenstjocklek 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.				
		○	○	< 50 000	50 000 - 500 000	
		G*	GC	0*	1	
Plattor		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 överbyggnadstjocklek 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.

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.



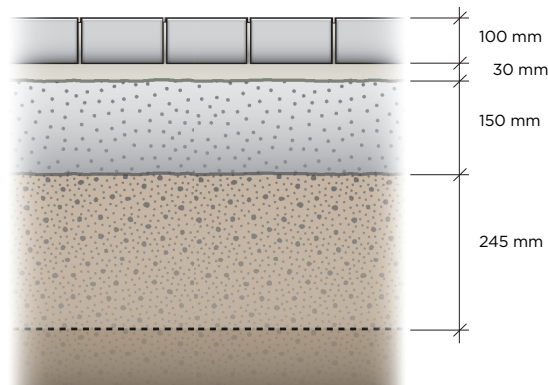
Klimatzoner. Källa: Svensk Markbetongs bok "Beläggning med plattor och marksten av betong", andra upplagan 2002.

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
	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.



Galleria Dragarbrunn, Uppsala

Plattor/ sten	Tjocklek (mm)	Gatans trafikklass							
		G	GC	0	1	2	3	4	5
Plattor									
175 × 350	40,50,60								
175 × 350	70								
175x350	80								
350 × 350	40,50								
350 × 350	60								
350 × 350	70								
350 × 350	80								
350 × 350	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	Környa
Råkilad			
Flammad			
Kryssharnad			

Vägledning av lämplig yta på natursten för olika användningsområden.