

7 KONTROLL AV YTGRUNDLÄGGNING

7.1 Allmänt

Kontroll av eller i samband med markarbeten utförs vid ytgrundläggning främst av följande skäl.

- att verifiera att förutsättningarna för dimensioneringen stämmer med verkligheten.
- att verifiera att material och utförande blir enligt gällande lagar, föreskrifter och övriga handlingar eller vedertagen praxis och beprövad erfarenhet så att avtalad funktion och kvalitet uppnås.
- att dokumentera verkliga mängder där sådana är reglerbara t ex vid schakt av jord, urgrävning av lösmassor eller återfyllning med packad fyllning. (Denna typ av kontroll behandlas ej vidare i denna handbok utan hänvisning görs till MR 83 Mark (1983).

Enligt NR1 skall bärande konstruktioner, alltså även geokonstruktioner, underkastas kontroll; dimensioneringskontroll och utförandekontroll enligt följande utdrag:

:145 *Kontroll*

:1451 *Dimensioneringskontroll*

Bärande konstruktioner i säkerhetsklasserna 2 och 3 skall underkastas dimensioneringskontroll.

Dimensioneringskontroll omfattar normalt kontroll av att

- de antaganden som dimensioneringen baseras på överensstämmer med de krav som ställts för ifrågavarande byggnad,
- antaganden om egenskaper hos material, inklusive jord och berg, är tillämpliga,
- antaganden om laster och materialpåverkan är tillämpliga,
- valda mekaniska beräkningsmodeller motsvarar den verkliga konstruktionen,
- valda kalkylmetoder är korrekta och tillämpliga,
- grafiska eller numeriska beräkningar är korrekt genomförda,
- provningar är korrekt genomförda,
- beräkningsresultaten har blivit korrekt överförda till redovisningshandling, t ex ritning.

:1452 Utförandekontroll

Bärande konstruktioner och material som ingår i dessa skall underkastas utförandekontroll. Denna kontroll utförs som tillverkningskontroll och byggkontroll.

I NR 1 *kapitel 6:3* anges också föreskrifter om kontroll för konstruktioner i de geotekniska klasserna GK1, GK2 och GK3. Gemensamt för dessa är att man skall kontrollera att verkliga förhållanden överensstämmer med förutsättningarna för projektering samt att man skall fastställa åtgärd föranledd av konstaterad avvikelse. För GK1 gäller följande:

:343 Kontroll

Kontroll skall göras så att de verkliga förhållandena överensstämmer med de förutsättningar projekteringen baserats på. Erforderliga åtgärder med anledning av konstaterade avvikelser skall fastställas.

För GK 2 utökas och preciseras kravet på kontroll och krav på kontrollplan införs.

:357 Kontroll

Kontroll skall omfatta jämförelse mellan verkliga jord-, berg- och grundvattenförhållanden och de förutsättningar på vilka projekteringen baserats. En kontrollplan för tilläggskontroll skall upprättas. Tilläggskontrollen skall omfatta de objektsanpassade kontrollåtgärder som erfordras för att förhindra sådana fel som med hänsyn till konstruktionens utformning har avgörande betydelse för konstruktionens säkerhet, funktion och beständighet samt för dess inverkan på grannfastigheterna.

Erforderliga åtgärder med anledning av konstaterade avvikelser från projekterad geokonstruktion skall fastställas.

Här införs begreppet tilläggskontroll utan definition varför detta kan behöva förklaras. Enligt förarbetena till NR1 finns avseende kontroll av geokonstruktioner två begrepp: Grundkontroll och tilläggskontroll. Med *grundkontroll* avses sådan kontroll som alltid bör utföras för en viss typ av geokonstruktion. Med *tilläggskontroll* avses de ytterligare kontrollåtgärder som projektören bedömt nödvändiga för att säkerställa att vissa förhållanden som antagits vid dimensioneringen överensstämmer med de verkliga. Dessa skall enligt ovan medtas i kontrollplanen.

Grundkontrollen omfattar normalt besiktning av schakt och kontroll av att jord-, berg- och grundvattenförhållandena överensstämmer med dimensioneringsförutsättningarna.

Under arbetsutförandet skall grundkontrollen säkerställa att man följer fastställda handlingar avseende t ex arbetsmetoder eller ordningsföljd mellan olika arbetsmoment. I grundkontrollen skall också ingå fastställande av eventuellt erforderliga åtgärder, som föranleds av konstaterade avvikelser.

Tilläggskontrollen kan t ex omfatta kompletterande geotekniska undersökningar, mätning av porvattentryck eller påverkan på omgivningen.

För GK3 skall enligt NR1 kontrollen av geokonstruktioner kompletteras med kontroll utförd av oberoende sakkunnig:

365 *Kontroll*

Kontroll utförd av en producerande enhet avseende egna produkter skall för geokonstruktioner i GK3 kompletteras med kontroll utförd av oberoende sakkunnig.

Med oberoende sakkunnig kan förstås person som är tekniskt och ekonomiskt oberoende av utfallet av kontrollen och som besitter kunskaper inom det område som föranlett att konstruktionen klassats i GK 3.

I GK3 kan det också vara lämpligt att genom mätningar kontrollera geokonstruktionens beteende om de undersöknings- eller dimensioneringsmetoder som använts saknar väldokumenterat erfarenhetsunderlag eller om konstruktionen har sådan storlek att erfarenheterna är begränsade.

I *tabell 7:1* redovisas exempel på åtgärder som kan bli aktuella vid grund- respektive tilläggskontroll vid GK1– GK3. Dessa exempel har främst upprättats mot bakgrund av de förutsättningar som anges under *kapitel 6:33* i NR1 avseende tillämpningen av GK1– GK3. Härtill skall läggas alla objektspecifika förhållanden som kan behöva kontrolleras.

Vid upprättande av kontrollprogram skall också beaktas vad som anges i NR1 kapitel 9 "Tillsyn". Här behandlas t ex:

- krav på befintliga anläggningar, ledningar m m
- krav på vibrationsmätning
- krav på sprängningsarbeten
- krav på rivningsarbeten

- råd avseende kontroll av material till dränerande och kapillärbrytande skikt

Tabell 7:1 Exempel på åtgärder vid grundkontroll (G) och tilläggskontroll (T) för geotekniska klasserna GK1–GK3.

Åtgärd	GK1	GK2	GK3
Besiktning av schakt	G	G	G
Kompletterande geotekniska undersökningar	(T)	T	T
Granskning av förutsatt jordprofil och materialegenskaper	G	G	G
Mätning av porvattentryck i grovkorniga skikt	–	T	G
Bestämning av porvattentryckprofiler och deras variationer	–	(T)	T
Påverkan på omgivningen	–	T	T
Fastställande av erforderliga åtgärder	G	G	G

7.2 Upprättande av kontrollplan för ytgrundläggning

Som framgår av NR1 ställs krav på kontroll, dels grundkontroll dels tilläggskontroll, i GK2 och GK3. Utöver dessa krav, som härrör från samhällets krav på att upprätthålla hälsa och säkerhet, har byggherren önskemål om att kontrollera att han får avtalad kvalitet på levererade varor och utförda arbeten. De kontrollarbeten, som anses nödvändiga eller önskvärda bör sammanfattas i kontrollplan och redovisas lämpligen i förfrågningsunderlaget. För att underlätta upprättandet av kontrollplaner redovisas i det följande ett antal kontrollpunkter som kan vara aktuella i samband med ytgrundläggningsprojekt i såväl enklare som svårare fall. Förteckningen har utarbetats i anslutning till "Kontroll av markarbeten" (1988) med hänvisningar till aktuella avsnitt i Mark-AMA 83. Förteckningen över vad som bör kontrolleras etc gör ej anspråk på att vara fullständig eftersom kontrollen måste anpassas till aktuellt projekt. Redovisningen kan tjänstgöra som en checklista vid upprättande av kontrollplan.

För varje upptagen kontrollpunkt i nedanstående förteckning ges i följande avsnitt exempel på svar till följande frågor:

Varför? Här anges motivet till att detta förhållande skall kontrolleras.

Hur? Här anges hur kontrollen skall göras.

Med vad? Denna punkt kan ofta flyta ihop med föregående, avsikten är dock att ge svar på vilket eller vilka hjälpmedel som kan användas för kontrollen.

Omfattning? Här anges exempel på kontrollens omfattning, exvis hur många sonderingar eller provtagningar som är lämpliga att utföra.

När? Det är viktigt att kontrollen verkställs vid rätt tidpunkt. Valet av tidpunkt styrs dels av när kontrollen är möjlig att utföra men även av att den skall utföras tidigt nog för att onödiga arbeten och kostnader skall undvikas.

Redovisning? Resultatet från utförda kontroller bör redovisas på ett ändamålsenligt sätt. Under denna punkt anges för de olika kontrollerna exempel på ändamålsenlig redovisning.

Åtgärder? Om en avvikelse uppdagats i samband med kontroll är det ofta nödvändigt att vidtaga någon åtgärd. Under denna rubrik anges exempel på lämpliga åtgärder vid olika avvikelser.

Förutom ovan angivna frågor bör kontrollplanen också innehålla uppgift på vem som skall utföra, redovisa och bedöma respektive kontrollpunkt.

7.3 Jordförhållanden (AMA B1.13)

Jordförhållandena skall kontrolleras för att verifiera projekteringsförutsättningarna med avseende på stratigrafi och fasthet. I vattenkänslig jord och vid högt grundvatten skall uppluckringen av schaktbotten särskilt beaktas. Minimikontroll utförs av en okulär besiktning vid schaktning kombinerad med någon enkel sondering från schaktbotten. I vissa fall kan denna

kontroll kompletteras med provtagning och sondering eller liknande. Detta gäller när tilläggskontroll (T) föreskrivits. I tveksamma fall skall undersökningen kompletteras med exvis siktning. Vid sondering från schaktbotten, vilken skall drivas till minst ett djup av två gånger plattbredden under schaktbotten, får sonderingsmotståndet ej underskrida följande värden (här anges vad som förutsatts för aktuellt projekt).

Särskilda omständigheter kan innebära att sonderingen bör drivas längre än vad som ovan angetts. Vid grundläggningsarbeten i kohesionsjord är det viktigt att kontrollera att organiskt bemängt material tas bort. I de fall en grundläggning förutsätts ske på, eller i, ett jordlager som överlagras av lera, är det viktigt att kontrollera att leran verkligen borttagits på aktuella grundläggningsnivåer. Kontroll av jordförhållanden bör alltid företas när utförda geotekniska undersökningar visat på ojämna jordlagerförhållanden. Kontrollen bör ske etappvis efter hand som arbetena fortskrider. Vid små och medelstora projekt kan resultat från utförd kontroll föras in i dagbok. Vid större projekt bör resultaten dessutom föras in på ritningskopia för att tillräcklig översikt skall erhållas. Om man vid kontrollen konstaterar avvikelser från projekteringsförutsättningarna bör ansvarig geoprojektör och konstruktör kontaktas. Åtgärder till följd av avvikelse kan vara extra packning eller urgrävning och återfyllning med packad fyllning för grundläggning.

7.4 Grundvattenförhållanden (AMA B1.14)

Syftet med kontrollen är dels att verifiera projekteringsförutsättningarna, men även att ge ett bättre underlag för bedömning av risk för hydrauliskt grundbrott, samt få en klarare bild av eventuell omgivningspåverkan samt förekomst av speciella grundvattenströmmar. Kontrollen utförs i sin enklaste form genom observation i schakt. En förbättrad kontroll erhålls genom att dessutom utföra observationer i grundvattenrör, nyinstallerade eller installerade i samband med tidigare utförd geoteknisk undersökning. Vid observationer för att klarlägga omgivningspåverkan är det viktigt att observationsserien inleds före schaktningsarbetenas igångsättande, se handboken Bygg G. Hur pass omfattande kontrollen skall vara är beroende av förutsättningar, såsom:

- förekommande vattendelare

- förekommande dränerings- och/eller infiltrationsanläggningar
- förekomst av flera grundvattensystem

I den mån kommunalt grundvattennät finns skall utförda kontrollobservationer knytas ihop med detta. Observationerna i och runt arbetsplatsen bör ha lämplig frekvens vilket normalt innebär ca 1 observation/vecka. Dock skall tätare observationer utföras i samband med aktivitet, som kan tänkas påverka grundvattenståndet. Resultaten från kontrollen förs in på planritning som nivå och datum. Dessutom upprättas diagram över grundvatten- eller porttrycksnivån som funktion av tiden Tremblay (1990). I mån av underlag upprättas porttrycksprofiler. När kontrollerade nivåer överensstämmer med de projekterade efordras ingen särskild åtgärd. Om inte, skall ansvarig geoprojektör och konstruktör kontaktas för eventuell omprojektering. Erhålls avvikelse från förutsatt omgivningspåverkan skall diskussion med geoprojektör föras avseende ändrat arbetsförfarande. Aktuella åtgärder kan vara:

- utökat mät- eller kontrollprogram
- kompletterande grundvattensänkning
- injektering eller annan tätning
- gjutning under vatten
- förstärkning för att minska effekten av omgivningspåverkan

7.5 Befintligt (AMA B1.15 och B1.26)

Förekomst av befintliga, hela eller delar av, konstruktioner kan medföra att den nya konstruktionen kan komma att behöva ändras. Likaså kan planerade hjälparbeten behöva omprojekteras vid förekomst av ledningar eller grundkonstruktioner. Häri ligger även att kontrollera förekommande intilliggande byggnaders grundläggning så att erforderliga stödkonstruktioner kan projekteras. Vid befintliga konstruktioner eller utfyllnader under blivande fundamentlägen krävs särskild uppmärksamhet. Kontrollen utförs genom fotografering och inmätning av påträffade befintliga konstruktioner. För utfyllnader skall egenskaperna bestämmas i den mån de har betydelse för den nya konstruktionen. Kontrollens omfattning ges av mängden

påträffat "befintligt". Kontrollen sker i samband med fram-
schakt, och redovisas i plan och sektion. När förekomst av
"befintligt" avviker från vad som förutsatts skall avstämning
ske av ersättning för hjälparbeten. Pluggning av vattenförande
ledning, alternativt vattenomledande åtgärder kan bli aktuella.

7.6 Nivåer, lägen, avvikelser (AMA B1.3)

Kontrollens syfte är att säkerställa:

- att beräkningsförutsättningarna uppfylls vad avser grund-
plattas höjd och planläge
- att slänter invid grundplattor ej görs brantare än projekterat
- att dränering utförs på sådant sätt som förutsatts vid projek-
teringen

Härtill kan dessutom höras att kontrollera storleken på uppträ-
dande sättningar i omgivande bebyggelse. För kontrollens ut-
förande används normal byggmätutrustning utom vid sätt-
ningsuppföljning där precisionsavvägningsinstrument erford-
ras. Kontrollen skall omfatta:

- förekommande grundplattor med toleranser enligt SS-ISO
4463
- sättningsuppföljning enligt omfattning i förekommande
program.

Kontrollen av grundplattor utförs i samband med formsättning.
Schakt och fyllnadsnivåer kontrolleras löpande. Sättningsupp-
följning i omgivningen inleds före arbetenas igångsättande och
bör fortgå med jämna intervall till efter byggnadstiden. Mät-
ningen intensifieras i samband med arbeten som kan tänkas ge
särskild påverkan, exvis undergjutning. Sättningsuppföljning-
en kompletteras normalt före schakt med en sprickkartering av
byggnaderna inom riskzonen. Resultat från kontroll av funda-
mentlägen förs in i dagbok. Avvikelser i schakt- och fyllnads-
nivåer skall också föras in i dagbok. Resultat från kontroll av
omgivningspåverkan förs i särskilt tidsdiagram, där även hän-
delser med möjlig inverkan på uppträdande sättningar samt
grundvattennivåer införs. Om kontroll av fundamentlägen vi-
sar oacceptabel avvikelse från projekterade kan flyttning eller
förstoring av fundamentform bli nödvändig. Om nivåer för
schakt och utfyllnad, vid kontroll visat sig avvika från de

projekterade, skall kontrollerad utfyllnad respektive avbanning vidtagas. Om kontrollen visar att omgivningspåverkan blir större än vad som förutsatts kan det bli aktuellt med motfyllnader, ytterligare staguppspänning, undergjutning eller injektering av jord eller närliggande konstruktion.

7.7 Bergförhållanden, block och jordstenar (AMA B1.13, B1.33)

Bergnivå måste kontrolleras för att säkerställa att grundläggning som projekterats bli utförd i jord inte helt, eller delvis, hamnar på berg. Om grundläggningen projekterats bli utförd på, eller i, berg skall kontroll göras av att bergnivå, lutningar och kvalitet är de förutsatta. Som grundkontroll utförs okulär besiktning av nivåer och lutningar (eventuell inmätning) samt kvalitet. Vid tilläggskontroll utförs sprickkartering, eventuellt kombinerad med jord- bergsondering. Om sprick- eller krosszoner vid fundamentläge påträffats vid grundkontrollen, alternativt att lutningen hos bergytan befinns vara större än vad som projekterats, skall sprickkartering utföras varvid strykning och stupning fastställs. Kontrollen skall omfatta frilagd bergyta i omgivningen av aktuella fundamentlägen. Kontrollen utförs i samband med avtäckning. Kontrollresultaten skall föras in i dagbok samt redovisas på planritning. Om avvikelse av betydelse för grundläggningens utformning konstaterats skall geoprojektör och konstruktör kontaktas för eventuell omprojektering.

Block och jordstenar kan förstyya grunden för en viss platta på ett ogynnsamt sätt. Syftet är här att klarlägga förekomsten av block eller jordstenar så att erforderliga åtgärder kan vidtas.

Kontrollen utförs vid besiktning av schaktbotten och eventuellt med någon sticksondering. Resultatet redovisas lämpligen på grundplan.

Möjliga åtgärder kan vara bortschaktning, eller sprängning och bortschaktning, till visst djup under schaktbotten samt återfyllning med packad friktionsjord.

7.8 Spont (AMA B2.4)

Kontrollen skall verifiera att vald spontkonstruktion fyller sin funktion. Med detta avses att deformationerna och stabiliteten i jordlagren på båda sidor om sponten är acceptabla vid såväl

installation som brukande och demontering. Kontrollen skall omfatta en avstämning så att spontberäkningen grundar sig på kontrollerade jordlagerföljder. I övrigt skall kontrollen säkerställa att utförandet står i överensstämmelse med förekommande spontritningar. Kontrollen är främst okulär så att utförandet sker enligt uppgjord arbetsplan. När krav på vibrationsnivåer förekommer skall vibrationsmätning utföras i samband med installation och vid eventuell demontering. Kontrollen bör vara intensiv i början av arbetena så att arbetet ur vibrationssynpunkt kommer på rätt nivå från början. Detta gäller exvis etablerandet av "stoppplagningsvillkor" vid spetsbärande spont, men även staguppspänningen måste inledningsvis ägnas uppmärksamhet. Vid kontrollen erhållna resultat skall redovisas på spontritning. Där skall anges stoppnivåer, stoppslag och förspänningskraft i dragstag. Aktuella åtgärder är bl a ytterligare stagnivåer vid för ytliga stoppnivåer, kvarlämnande av spont i jord om stora rörelser konstaterats vid installation. Vid mycket omfattande avvikelser kan en omprojektering vara nödvändig.

7.9 Vattenavledning (AMA B2.5)

Kontrollen skall verifiera att vattenavledning utförs på sådant sätt att avsedd effekt uppnås utan skadlig erosion i slänter eller schaktbotten. Kontrollen skall även avse tidpunkt då vattenavledande åtgärder påbörjas så att skada ej inträffar innan avsedd effekt uppnåtts. Likaså skall kontrolleras att schakt ej påbörjas före det att verksam grundvattensänkning är konstaterad. Kontrollen är främst okulär vad avser att tillse att avlett vatten ej är grumlat och att vattensamlingar ej blir stående samt att i schakten inströmmande vatten avleds. Effekt av grundvattensänkning kontrolleras mha observationsrör installerade i de jordlager där grundvattentrycket skall sänkas. Kontroll av att avledningsåtgärderna följer schaktens fortskridande görs kontinuerligt. Att grundvattensänkande åtgärder har avsedd effekt inom avsedd area kontrolleras likaledes. Resultat från okulär kontroll förs in på planritning. Resultat från kontroll av grundvattenavsänkande åtgärder förs in i tiddiagram i vilket även anges verklig pumptid. Om inströmmande vatten i schakten grumlas, eller pumpanläggning havererar, kan man överväga att genast fylla schakten med vatten. Avsikten är att ej äventyra schaktbotten vilken annars kan tryckas upp eller utsättas för uppluckring. I vissa fall kan filter på schaktbotten eller i slänter bli aktuella. För grundvattensänkning i omgivningen se *kapitel 7.4*.

7.10 Jordschakt (AMA B5)

Kontrollen skall tillse att schaktarbetena utförs på sådant sätt att blivande grundläggning eller omgivande bebyggelse och verksamhet ej kommer till skada. Kontrollen skall även gälla avstämning av schaktens utformning och utförande mot kontrollerade jord-, berg- och grundvattenförhållanden. Slänter, schaktbottnar och upplagsplatser kontrolleras okulärt eller med inmätning. Kontroll skall ske att föreskrivet skydd mot tjäle i schaktbottnar utförs. Vidare kontrolleras att större belastningar ej påförs släntkrön än vad som anges acceptabelt i handlingarna. Att schaktanvisningar rörande arbetenas ordningsföljd efterlevs kontrolleras också. Vidare kontrolleras att borttagandet av sten eller block, åtföljt av återfyllnad blir utfört enligt handlingarna. Likaså att lösmassor grävs bort i sin helhet innan återfyllnad sker. Före formsättning och armering kontrolleras att bottenuppluckring ej skett i samband med schakt eller läns hållning. De kontroller som avser fasthetsförhållanden under blivande byggnad kontrolleras genom sondering. All kontroll vid jordschakt skall göras fortlöpande och följa schaktarbetenas fortskridande. Konstaterade avvikelser redovisas i dagbok eller särskild PM. Vid lösmassor eller vid schaktbottenuppluckring skall ytterligare schakt ned till fast jord följt av återfyllning med packad fyllning utföras. Släntlutningar justeras, alternativt upprättas stödkonstruktion. Omprojektering kan bli nödvändig om avsedda släntlutningar ej kan hållas.

7.11 Bergschakt (AMA B6.1)

Syftet är att kontrollera att berget och bergschaktarbetena har sådan kvalitet att vare sig den blivande konstruktionens grundläggning, eller omgivande bebyggelse eller verksamhet äventyras. Kontrollera, främst okulärt, att arbetsplanen för bergarbetenas bedrivande stämmer med verkligheten och att i planen ingående föreskrifter efterlevs. Särskilt viktigt är det att tillse att kontursprängning och skonsam sprängning utförs på föreskrivet sätt. Likaså kontrolleras att slänter och bottnar är av rätt kvalitet. Om ytterligare bergschakt befunnits nödvändig skall kontroll ske av att den fria sektionen blir tillräcklig. Om underborrning utförts är det viktigt kontrollera att detta gjorts till rätt djup. Förekomst av svällande mineral måste alltid kontrolleras. Kontrollen utförs huvudsakligen okulärt kompletterad med inmätning där så erfordras. Kontrollen skall ske fortlöpande i takt

med att schaktarbetena framskrider. Dokumentationens görs genom notering av avvikelser och speciella åtgärder i dagbok eller vid förekomst av större sprickor och slag genom uppritning av sektioner. De åtgärder som kan bli aktuella är komplettering av bergschakten, förstärkning av berget genom bultning och undergjutning samt ytterst en omprojektering av grundläggningen. Vid svällande bergmineral kan en tätning av bergbotten mot vatten bli aktuell.

7.12 Fyllning för grundläggning (AMA C1.11)

Kontrollens syfte är att tillse att fyllningen blir av avsedd kvalitet. Härmed avses att fyllningens sammansättning och packning (fasthet) blir sådan att blivande grundplattors, omgivande byggnader eller anläggningars, funktion inte skadligt påverkas. Förutom mekaniska och hydrauliska egenskaper skall kontrollen omfatta allmänhygieniska aspekter, såsom radon och andra hälsovådliga ämnen. Kontrollera att fyllningsmaterialet har föreskrivet innehåll; dvs är fritt från organisk jord, snö, is och tjälklumpar. Att utläggning och packning görs på föreskrivet sätt, alternativt till föreskrivet resultat ingår naturligtvis i kontrollen. Dessutom ingår att tillse att rätt redskap används, att underlaget är otjälät, att tjälisolering används när så är påkallat, att vattenbegjutning ej utförs vid lägre temperatur än 0 °C, att erforderlig stödfyllning utläggs. Vid packning av sprängsten skall kontrolleras att största tillåtna stenstorlek ej överskrids samt att föreskrivet antal vältöverfarter utförs med föreskrivet packningsredskap. Vid finkorniga fyllnadsmassor skall kontrolleras, att massorna är rätt konditionerade med hänsyn till önskat resultat, att använt packningsredskap är det rätta, att förekrivna dränerande skikt läggs in samt att förekrivna lutningar för underlättande av avrinning upprätthålls. Kontroll skall även ske av att trafikering av färdigpackad fyllning ej förekommer vid sådana väderleksförhållanden att risk för inarbetning av vatten i fyllningen föreligger. Kontrollen är huvudsakligen okulär men kompletteras med sondering och provtagning när detta är påkallat. Kontrollmetoder finns beskrivna i bla Bygg Band G. Kontrollen utförs i takt med fyllnadsarbetenas fortskridande. Kontrollen bör vara särskilt intensiv i den inledande fasen av fyllnadsarbetena så att objektrelaterade kriterier kan upprättas. Viss provtagning kan vara befogad före arbetenas igångsättande. Utförd kontroll förs in i

dagbok. En särskild sammanställning av resultaten från utförd kontroll kan vara motiverad vid större projekt. Konstaterade avvikelser medför kompletterande provning, utfyllnad eller packning. Utbyte av utförd fyllning kan bli nödvändig. Kompletterande stödfyllningar kan behöva utföras.

I *kapitel 7.16* redovisas ytterligare information om kontroll av packad fyllning, som kan vara av värde vid upprättande av kontrollplan för packningsarbeten.

7.13 Fyllning för dränering av hus (AMA C1.16)

Kontrollens syfte är att tillse att dränerande och kapillärbrytande skikt får sådan kvalitet att skador ej uppstår i den blivande konstruktionen. Detta gäller fyllnad under, såväl som vid sidan av, konstruktionen. Kontrollen skall omfatta nivåer och lutningsförhållanden för schaktbotten under byggnad men även för dräneringsledning. Vidare skall materialets sammansättning och kapillaritet kontrolleras. Efterlevnaden av föreskrifter gällande lagertjocklekar, materialskiljande skikt och packning kontrolleras. Särskilt bör påpekas vikten av att kontrollera att fyllnaden ej smutsas under arbetets gång. Kontrollen är till viss del okulär men utförs huvudsakligen med sedvanlig byggmätutrustning. För kapillaritetsbestämningar används normalt rörkapillarimeter. Kontrollen skall ske kontinuerligt under arbetets gång. Före arbetenas igångsättande uttas materialprov för kontroll av dränerande och kapillärbrytande egenskaper. Konstaterade avvikelser förs in i dagbok. Vid större arbeten bör särskild plan upprättas där godkända delar efter hand kan inritas och signeras. Kornfördelningskurva och kapillaritetsbestämningar skall dokumenteras med laboratorieprotokoll. Om avvikelser konstaterats kan åtgärder såsom ökad lagertjocklek, utbyte av material och urgrävning av redan utförd fyllning bli aktuella.

7.14 Tätning, avjämning och materialskiljande lager (AMA C3.111-123, 511)

Kontrollen skall tillse att tätning- och materialskiljande lager får avsedd funktion. Kontrollera att rätt produkt, rätt utförande och redskap används. Vid packad sprängbotten skall kontrolleras att packning även utförs utanför blivande konstruktion. Kontrollera även att ytjämnheten blir sådan att brott i isolerskivor ej uppstår. Vidare skall kontrolleras att is ej finns i sprängbotten. Materialkontroll sker vid leverans medan övrig kontroll sker i takt med arbetenas fortskridande. Konstaterade avvikelser förs in i dagbok. Godkända ytor förs kontinuerligt in på plan. Vid avvikelse kan åtgärder såsom utbyte av material, kompletterande fyllning/packning, och ytterst urgrävning och packad återfyllning bli aktuella.

7.15 Dränerande skivor (AMA C7.11)

Kontrollen skall tillse att använda skivor har sådan kvalitet att de ej påverkar den blivande konstruktionens funktion på ett ogynnsamt sätt.

Kontrollera kvaliteten hos levererad produkt i termer av fabrikat, densitet och tryckhållfasthet.

Kontrollen görs normalt via leverantörsbesked men i tveksamma fall tillgrips provning. Provningsen kan då utföras som kompressions- och kapillaritetsförsök.

Kontrollen utförs innan skivorna läggs in i konstruktionen.

Kontrollen dokumenteras i dagbok och i förekommande fall genom signerade laboratorieresultat.

Vid konstaterad ogynnsam avvikelse byts skivorna ut mot skivor av avsedd kvalitet.

7.16 Komplement rörande kontroll av packad fyllning

En allmän beskrivning av erforderlig kontroll vid fyllning för grundläggning redovisas i *kapitel 7.12*. Som underlag för pla-

nering av t ex kontrollplan för packad fyllning lämnas här nedan ytterligare information om kontroll av packad fyllning. Med *utförandekontroll* avses kontroll av att gällande handlingar följs beträffande:

- fyllningsmaterialets sammansättning
- fyllningsmaterialets vattenkvot
- variationer i fyllningsmaterial
- skiktthjocklek
- utläggningsförfarande
- packningsredskap
- antal överfarter
- ytbearbetning

Med *resultatkontroll* avses normalt kontroll av att avtalat resultat uppnåtts beträffande:

- packningsgrad
- variationer i uppnådd packningsgrad

Många faktorer påverkar kvaliteten på ett fyllnings- och packningsarbete. Enligt Frost (1973) kan betydelsen av olika påverkande faktorer åsättas värden enligt *tabell 7:2*.

Tabell 7:2 Arbetsförhållanden (1–7) som på ett avgörande sätt påverkar uppnådd kvalitet hos packad fyllning enligt Frost (1973)

Nr	Arbetsförhållande	Riskvärde (0–5)				
		0	1	2	3	4
1	Erforderlig konditionering i andelar av optimal vattenkvot			Liten (0–1/4)	Medel (1/4–1/2)	Stor (1/2)
2	Erforderlig packningsgrad		Låg (< 95%)	Medel (95–100%)	Hög (> 100%)	
3	Packningsredskapens lämplighet			Mer än erforderlig	Erforderlig	Mindre än erforderlig
4	Entreprenörens kontroll av fyllningsarbetet		God		Medel	Dålig
5	Utförandekontroll	God	Medel	Dålig		
6	Variationer i fyllningsmaterial	Låg	Medel	Hög		
7	Spridning av använd kontrollmetod		Liten	Medel	Stor	

I tabellen anges riskvärden för varje påverkande arbetsförhållande. Respektive riskvärde (0–5) är lägre ju säkrare eller bättre kvaliteten är hos det påverkande förhållandet. Summan av riskvärdena för de sju arbetsförhållandena benämns projektets kontrollfaktor och är lägre ju bättre packningsförutsättningarna är. Av *tabell 7:3* framgår att när projektets kontrollfaktor är mindre än 15–16 blir packningsförutsättningarna mycket goda till tillfredsställande och standardavvikelsen för packningsgraden blir mindre än 4,5%. Av *tabell 7:2* framgår att arbetsförhållandena är viktigast för slutresultatet.

Tabell 7:3 Kvaliteten hos packad jordfyllning som funktion av kontrollfaktorn enligt Frost (1973)

Packningsförutsättningar (1)	Projektets kontrollfaktor (2)	Packningsgradens standardavvikelse % (3)
Mycket goda	7–11	0–2,2
Goda	12–14	2,3–3,5
Tillfredsställande	15–16	3,6–4,5
Dåliga	17–18	4,6–5,4
Mycket dåliga	19–23	> 5,5

Utförandekontroll

Utförandekontroll utförs kontinuerligt under fyllnings- och packningsarbets gång av kontrollant med goda kunskaper om jords beteende och arbetets art. Kontrollanten bör ständigt närvara under fyllnings- och packningsarbete. Kontrollant tillser att gällande handlingar beträffande underlag, fyllningsmaterial, utläggning och packning följs.

För fyllning med total tjocklek av högst 1 m som ej utsätts för tjälning eller för fyllning som ska påföras endast liten last, t ex småhus, är utförandekontroll tillräcklig t ex i GK1.

Skärpt utförandekontroll tillämpas om ogynnsamma arbetsförhållanden råder eller förväntas, t ex varierande fyllningsmaterial, olika packningsredskap, risk för tjälning, nederbördsrik väderlek, dåliga dräneringsförhållanden.

Schaktningrepp i packad fyllning nära bärande konstruktionsdel undviks normalt. Skall sådant göras måste geoprojektören eller konstruktör kontaktas för godkännande och eventuell omdimensionering.

En väl fungerande utförandekontroll har stor ekonomisk betydelse. Exempelvis kan ett tidigt stopp av olämpligt fyllnadsmaterial inbespara en stor kostnad för utskiftning av bristfällig fyllning.

Ett instrument som underlättar utförandekontrollen och förstärker dess betydelse är *kompaktometern* som appliceras på packningsvälsen. Föraren av välsen kan kontinuerligt under packningen följa förändringen av densitet kompaktometervärdet med antal överfarter. Kompaktometern kan användas på sandig eller grövre fyllning. Den kan även användas på siltig fyllning men ger osäkra värden beroende på silts känslighet för oscillerande belastning (uppkomst av porövertryck). Kompaktometervärdet, som beror på vältens och fyllningsmaterialets egenskaper ger en relativ värdering av packningsresultatet men kan inte direkt användas för bestämning av jordens packningsgrad, hållfasthets- eller deformationsegenskaper. Däremot kan konstateras om full packningseffekt erhållits. Vidare kan inslag av annat fyllningsmaterial och gömda block upptäckas. Genom parallella fallvikts tester eller plattförsök kan utförandekontrollen kalibreras och jordegenskaperna över området fastställas.

Resultatkontroll

Resultatkontrollen syftar till att klarlägga när överenskommen kvalitet uppnått. Fortlöpande resultatkontroll utförs i samband med packningsarbete där så överenskommit. Vid resultatkontroll uppmäts normalt fyllningens densitet. Godtagbara kontrollmetoder finns redovisade i SIS 027109-10 och Bergdahl (1984). Packningsresultatet blir enligt SBN 80 normalt tillfredsställande för grundläggning om packningsgraden är större än 90% av densiteten från tung laboratoriestampning.

I *fyllning* där *sten* och *grus* förekommer är användning av vatten- eller sandvolumeter mindre lämpligt. Kontrollresultatet blir på provets begränsade storlek behäftat med stor osäkerhet. Även isotopmätare ger i stenig fyllning osäkra resultat. Densitetsmätning kan göras genom uppschaktning och uppmätning av provgröp samt vägning och vattenkvotsbestämning av uppgrävt material.

I *stenig fyllning* kan icke förstörande resultatkontroll göras med fallviktsförsök eller plattförsök, se *kapitel 8*, varvid fyllningens kompressionsegenskaper bestäms.

I *finkornig fyllning* kan packningsresultatet kontrolleras genom sondering, t ex spetstrycksondering.

Formulering av kontrollkriterier vid packning

När packningskraven formuleras är det viktigt att detta görs med hänsyn till den spridning som mätresultaten förväntas uppvisa och provningens omfattning. Detta måste göras på ett väldefinierat sätt och fungera rättvist mellan "producent" och "konsument", dvs entreprenör och beställare.

Att formulera ett godkännandekriterium så att *"Alla enskilda mätresultat skall ligga högre än t ex 90 % av modifierad proctor"* leder till att medelvärdet för bestämningarna måste vara runt 95 % av modifierad proctor för en spridning som är av storleksordningen 3 till 5 %-enheter av medelvärdet. Med andra ord erhålls då en fyllning som är bättre än avsett, och därmed givetvis även dyrare än nödvändigt.

I stället bör godkännandekriteriet vara formulerat i termer av att sannolikheten (P) för att en undre gräns, x_{min} (uttryckt som packningsgrad eller fasthet på annat sätt) överskrids med viss konfidensgrad (Q). Eventuellt kan den undre gränsen kompletteras med en övre gräns, x_{max} . Detta kan vara motiverat i de fall det anses särskilt viktigt att fyllningen inte bara uppvisar en viss lägsta fasthet utan även begränsad fasthetsvariation. I det senare fallet formuleras godkännandekriteriet så att *"Sannolikheten (P) för att egenskapen hos fyllningen ligger mellan gränserna x_{min} och x_{max} uppfyller konfidensgraden Q "*

Konfidensgraden Q är ett uttryck för den statistiska säkerheten i provresultatens riktighet. Ju högre konfidensgrad ju lägre är sannolikheten att något som borde ha underkänts ändå godkänns. Konfidensgraden kan därför ses som ett krav på provningsomfattningen. En hög konfidensgrad ökar i allmänhet kravet på antal prov.

Stickprovsanalys

För den variabel (packningsgrad, skjuvhållfasthet etc) som används för att formulera ett godkännandekriterium tas ett antal prov. Antal prov bör vara minst 5, dvs $n \geq 5$. För proven beräknas medelvärde $\bar{x}$ och standardavvikelse s , enligt:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_i \quad (7.1)$$

$$s = \frac{1}{n-1} \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2} \quad (7.2)$$

Om godkännandekriteriet är formulerat som en undre gräns x_{min} beräknas

$$x_L = \bar{x} - k_1 s \quad (7.3)$$

Om x_L är större än x_{min} kan fyllningen godkännas.

Är godkännandekriteriet formulerat som en undre och en övre gräns mellan vilka resultatet skall ligga, beräknas

$$x_L = \bar{x} - k_2 s \quad (7.4a)$$

och

$$x_U = \bar{x} + k_2 s \quad (7.4b)$$

Om x_L är större än x_{min} och x_U mindre än x_{max} kan fyllningen godkännas. Faktorerna k_1 och k_2 hämtas ur *tabell 7:4* som är baserad på att populationen är normalfördelad. Tabellen ger k_1 och k_2 som funktion av konfidensgrader, Q , från 0,75 till 0,95, sannolikheten, P , från 0,75 till 0,99 och antal prov när fyllningen är inom specificerade gränser.

Val av verifieringsnivå

I många andra byggnadstekniska sammanhang eftersträvas att hållfastheten, eller motsvarande egenskap, ska vara uppfylld med 95 % sannolikhet på 75 % konfidensnivå. Det kan finnas anledning att eftersträva en liknande målsättning i de flesta grundläggningstekniska sammanhang. Att så högt värde på P som 0,99 medtagits i *tabell 7:4* motiveras av fullständighets-skäl.

I de flesta sammanhang bör brottsannolikheten inte överskrida 5 %, dvs $P = 0,95$. Konfidensnivån kan variera beroende på spridningen i en provad egenskap och provningskostnad. En mer detaljerad analys är möjlig och kan vara motiverad vid större fyllningsarbeten. Härvid bör provpackning företas och därpå baserad analys utföras av vad som är optimalt. Beräkning av den så kallade OC-funktionen (Operating Characteristic Function) är ett sätt att hantera problematiken, (se SS 014201).

I *kapitel 9.5* visas exempel på användandet av *ekvation 7.1-7.4*.

Tabell 7:1 Faktorerna k_1 och k_2 som funktion av provantal n , konfidensnivå Q och sannolikheten P för att fyllningsegenskapen är inom specificerade gränser

		$P = 0,75$		$P = 0,90$		$P = 0,95$		$P = 0,99$	
$Q = 0,75$	n	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
	5	1,15	1,83	1,96	2,60	2,46	3,09	3,42	4,03
	6	1,09	1,70	1,86	2,43	2,34	2,89	3,24	3,78
	7	1,04	1,62	1,79	2,32	2,25	2,76	3,13	3,61
	8	1,01	1,57	1,74	2,24	2,19	2,66	3,04	3,49
	9	0,99	1,53	1,70	2,18	2,14	2,59	2,98	3,40
	10	0,96	1,49	1,67	2,13	2,10	2,54	2,93	3,33
	15	0,90	1,40	1,58	1,99	1,99	2,38	2,78	3,12
	20	0,86	1,35	1,53	1,93	1,93	2,29	2,70	3,01
	25	0,84	1,32	1,50	1,88	1,90	2,24	2,65	2,95
	50	0,79	1,26	1,43	1,79	1,81	2,14	2,54	2,81
		$P = 0,75$		$P = 0,90$		$P = 0,95$		$P = 0,99$	
$Q = 0,90$	n	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
	5	1,70	2,45	2,74	3,49	3,40	4,15	4,67	5,42
	6	1,54	2,20	2,49	3,13	3,09	3,72	4,24	4,87
	7	1,44	2,03	2,33	2,90	2,89	3,45	3,97	4,52
	8	1,36	1,92	2,22	2,74	2,75	3,26	3,78	4,28
	9	1,30	1,84	2,13	2,63	2,65	3,13	3,64	4,10
	10	1,26	1,78	2,07	2,54	2,57	3,02	3,53	3,96
	15	1,12	1,59	1,87	2,28	2,33	2,71	3,21	3,56
	20	1,05	1,51	1,77	2,15	2,21	2,56	3,05	3,37
	25	1,00	1,45	1,70	2,08	2,13	2,47	2,95	3,25
	50	0,89	1,34	1,56	1,92	1,97	2,28	2,74	3,00
		$P = 0,75$		$P = 0,90$		$P = 0,95$		$P = 0,99$	
$Q = 0,95$	n	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2	k_1	k_2
	5	2,15	3,00	3,41	4,28	4,20	5,08	5,74	6,63
	6	1,90	2,60	3,01	3,71	3,71	4,41	5,06	5,78
	7	1,73	2,36	2,76	3,37	3,40	4,01	4,64	5,25
	8	1,62	2,20	2,58	3,14	3,19	3,73	4,35	4,89
	9	1,53	2,08	2,45	2,97	3,03	3,53	4,14	4,63
	10	1,47	1,99	2,36	2,84	2,91	3,38	3,98	4,43
	15	1,27	1,74	2,07	2,48	2,57	2,95	3,52	3,88
	20	1,17	1,62	1,93	2,31	2,40	2,75	3,30	3,62
	25	1,10	1,55	1,84	2,21	2,29	2,63	3,16	3,46
	50	0,96	1,40	1,65	1,97	2,07	2,38	2,86	3,13

Kontroll av packad sprängbotten

Kontroll av packad sprängbotten består normalt endast av *utförandekontroll*, dvs kontrollen bör främst avse: material, tätning, vattning, redskap, antal överfarter. Kompaktometern kan användas för att bedöma homogeniteten. *Resultatkontroll* utförs normalt inte men kan exempelvis omfatta maskinschaktning av provgropar eller fallviktsförsök.