

**Rapport**

**R74:1982**

# **Infiltrationstunnel i Kista**

**Uppföljning av funktion och  
drift 1976—1980**

**Karl Gösta Ejerholm  
Bengt Spångberg  
Per Lennart Svensson**

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	
Plac	<i>See</i>

R  
941

**Byggeforskningsrådet**

R74:1982

INFILTRATIONSTUNNEL I KISTA

Uppföljning av funktion och  
drift 1976 - 1980

Karl Gösta Ejerholm  
Bengt Spångberg  
Per Lennart Svensson

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
740378-6 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Stockholms vatten- och avloppsverk.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R74:1982

ISBN 91-540-3736-0  
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1982

## INNEHÅLL

FÖRORD .....	5
SAMMANFATTNING .....	7
1. BESKRIVNING OMRÅDE - UTBYGGNAD .....	9
2. BESKRIVNING AV INFILTRATIONSTUNNEL ..	12
3. REDOVISNING MÄTNINGAR .....	15
4. FUNKTION .....	17
4.1 Effekt på grundvattennivå, portryck och sättningar .....	17
4.2 Igensättningar .....	20
4.3 Infiltrationsområdets effektiva area .....	20
5. DRIFT .....	24
5.1 Driftstörningar .....	24
5.2 Vattenförbrukning .....	25
5.3 Driftkostnader .....	26
6. METODEN SEDD I ETT STÖRRE SAMMAN- HANG - PLANERING OCH STYRNING AV GRUNDVATTENNIVÅN .....	26
6.1 Historik .....	26
6.2 Olika typer av infiltration, tät- och dränskrämar .....	28
6.3 Planering och projektering .....	28
6.4 Kostnads-nyttoanalyser .....	30
7. RÅD OCH ANVISNINGAR FÖR ANVÄNDNING AV INFILTRATIONSTUNNEL .....	31
7.1 Vid problem med grundvatten inom befintlig bebyggelse eller vid nyexploatering .....	31
7.2 Reglering av grundvattennivå .....	31
7.3 Jämförande kostnadsberäkningar .....	31
7.4 Infiltrationstunnel .....	31

7.5	Projektering .....	31
7.6	Utförande .....	32
7.7	Drift .....	32
8.	ANDRA TILLÄMPNINGAR .....	32
9.	REFERENSER .....	35

## FÖRORD

Under 1975 erhö11 Stockholms VA-verk medel från bl a Statens råd för byggnadsforskning (BFR) och Styrelsen för teknisk utveckling (STU) för att utföra en infiltrationstunnel i Kista. Man ville därigenom undersöka möjligheten att reglera grundvattennivån inom ett större område. Tunneln utfördes 1976 och resultatet var över förväntan. Projektet redovisades i Rapport R58:1977: "Kontroll av grundvattennivån genom infiltration via tunnel - ett fullskaleförsök". Då drifterfarenheter från en sådan anläggning saknades, erhö11 VA-verket 1977 medel från BFR att följa upp drifterfarenheter under en 3-årsperiod. Dessa erfarenheter samt råd och anvisningar för användning av infiltrationstunneln redovisas i detta projekt.

Vi vill samtidigt tacka alla som stött projektet och särskilt Statens geotekniska institut (SGI) som hjälpt till med manuskriptgranskning, utskrift och figurer, med en förhoppning om att flera infiltrationstunnlar ska byggas i en nära framtid för att därigenom minska sättningskador i våra tätorter.



## SAMMANFATTNING

I rapporten, som är en slutredovisning av ett forskningsprojekt som inleddes 1974 vid Stockholms vatten- och avloppsverk, redovisas uppföljning av funktionen hos infiltrationstunneln i Kista 1976-1980. En kort beskrivning av infiltrationstunneln ges, liksom de mätningar som utförts under perioden.

Funktionen har varit god; grundvattentryck och portryck har kunnat hållas på ursprunglig nivå under utbyggnaden av området. Sättningsarna har varit små, 10-20 mm utom i områden där uppfyllningar eller annan belastning påverkat sättningsförloppet. Igensättningar av infiltrationspunkter har ej kunnat konstateras. Infiltrationen har verkat inom en betydligt (ca 10 ggr) större area än inom själva infiltrationsområdet, vilket var den ursprungliga målsättningen.

Driften har fungerat tillfredsställande sånär som reglerutrustning för vattentillförsel samt vattenmätare. Vissa uppehåll i vattentillförseln har förekommit, vilket avspeglar sig i vattenståndsdiagrammen inom området.

Vattenförbrukningen har ökat avsevärt i samband med utbyggnaden av Kista. Från att i början av perioden tidvis ha legat på nollnivå har den under 1980 stigit till 7 m<sup>3</sup>/h. Medelförbrukningen har legat på 3,8 m<sup>3</sup>/h. En utbyggnad med mindre dränerande ingrepp skulle ha gett mindre förbrukning. Man kan minska förbrukningen genom att sänka tillslagsnivån men då ökar risken för sättningar.

Beräknad driftkostnad för perioden är 10.500:- per år.

Med hänsyn till kostnadsutvecklingen samt våra ökade kunskaper inom grundvattenområdet är det troligt att grundvattenstyrning såsom infiltration, tät- och drän-skärmar får ökad betydelse, liksom nya tekniker såsom rörtryckning i lera, lokalt omhändertagande av dagvatten samt grunt förlagda ledningar. Inom områden där tunnlar



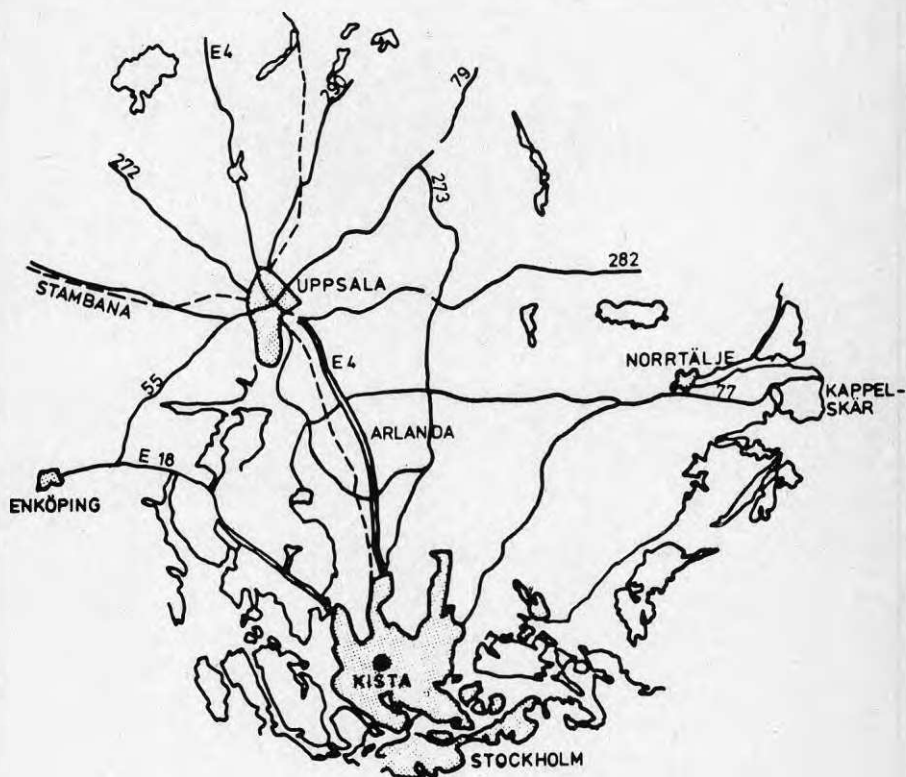
byggs kommer infiltrationstunnlar att vara en mycket konkurrenskraftig metod att reglera grundvattennivån, om kostnads-nyttanalyser utförs.

I rapporten ges råd och anvisningar för användning av infiltrationstunnel, där man behandlar förutsättningar, projektering, utförande och drift.

Slutligen ges förslag till andra tillämpningar.

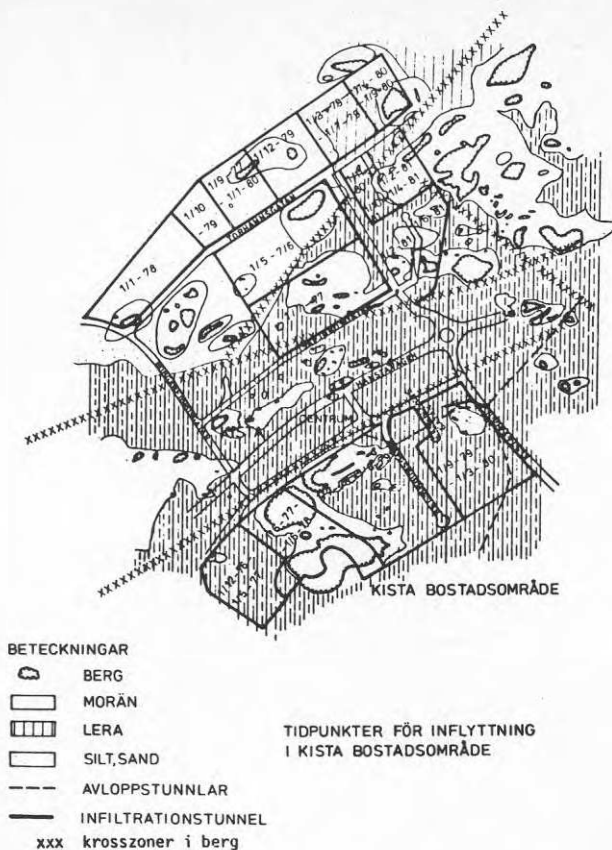
## 1. BESKRIVNING OMRÅDE - UTBYGGNAD

I Kista, 10 km norr om Stockholms centrum, färdigställs nu bostadsområden, industriområden, centrumanläggningar med tillhörande gatu- och ledningssystem samt tunnelbana.



Figur 1.1. Kista, ny förort 10 km norr om Stockholms centrum.

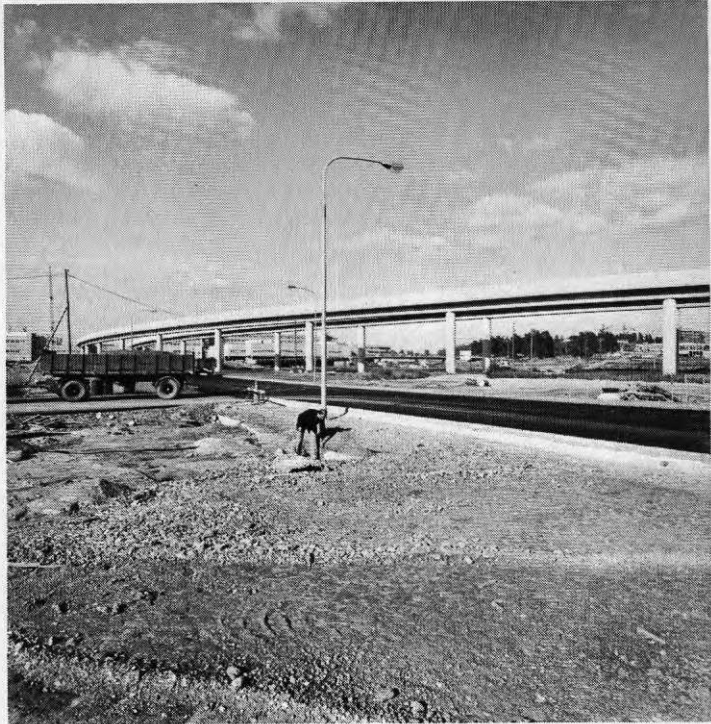
En dalgång 900 m lång och 200 m bred, fylld med lera är belägen centralt i området. Leran är ställvis upp till 20 m tjock och skjuvhållfastheten låg, varierande från 10 kPa på 2 m djup till 26 kPa på 15 m djup. Dalen korsas av ett system tunnlar för vatten och avlopp, tele m m. Området har utbyggt i etapper under 1975-80.



Figur 1.2 Geologisk karta över Järvafältet, utbyggnads-  
etapper för bebyggelse samt underjordsan-  
läggningar visas.

Den antagna grundvattensänkningen på grund av inläckning i tunnlar och minskad infiltration har beräknats ge sättningar upp till 1600 mm vilket i sin tur medför extra grundläggningkostnader för 10-15 miljoner kronor samt 1-10 miljoner kronor på kapitaliserat värde för antagna sättningsskador.

För att undersöka möjligheten att reglera grundvattennivån beslöt man att konstruera en infiltrationstunnel. Kapitaliserad kostnad för tunnel inklusive drift är ca 1 miljon kronor.



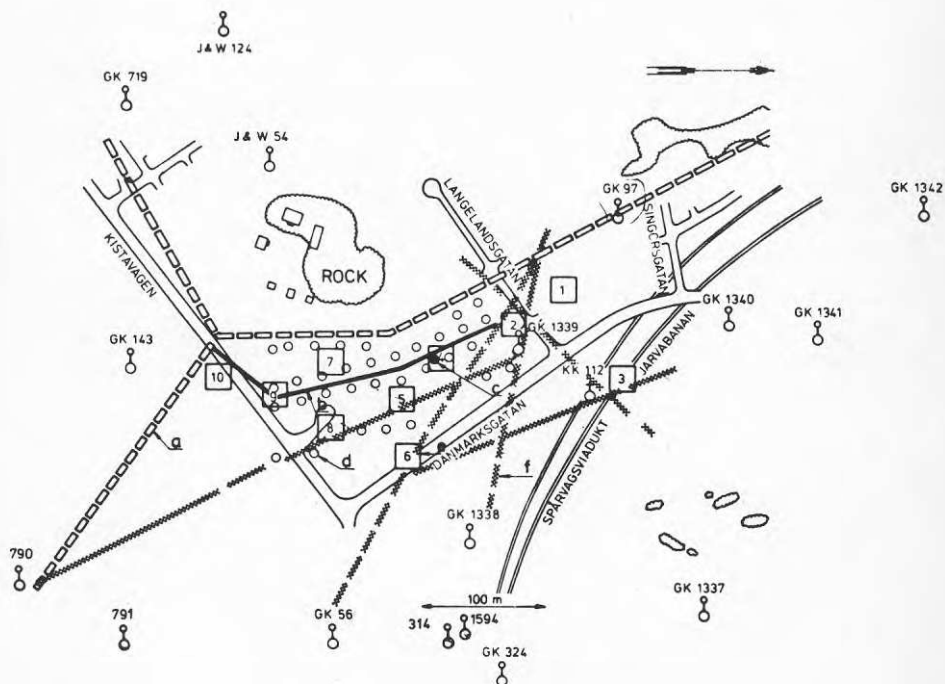
Figur 1.3 Vy över dalgången med tunnelbanan och Danmarksgatan samt infart Langelandsgatan. Danmarksgatan är utförd på påldäck. Påldäcksanslutning framgår av bilden.  
Foto Gösta Nordin



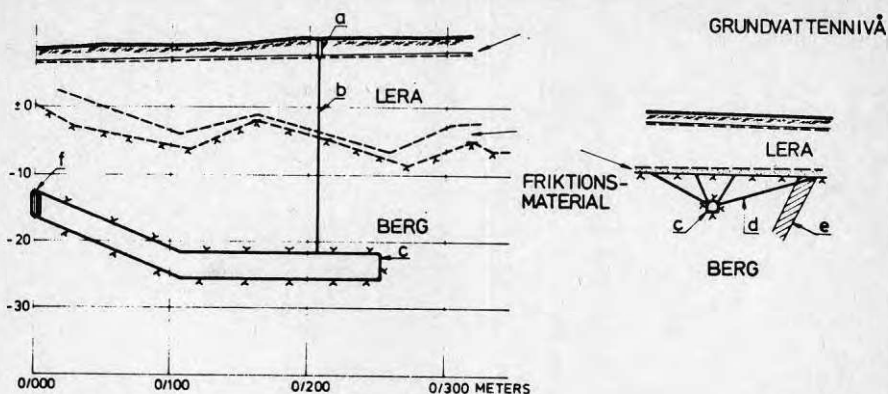
Figur 1.4 Samma vy februari 1981.  
Foto K G Ejerholm

## 2. BESKRIVNING AV INFILTRATIONSTUNNEL

Med utgångspunkt från pågående forskning och med stadens erfarenhet av tunnelbyggande valdes ett infiltrations-system bestående av tunnel, borrhål i solfjäderform från tunnel till och genom bergöverytan och krosszoner.



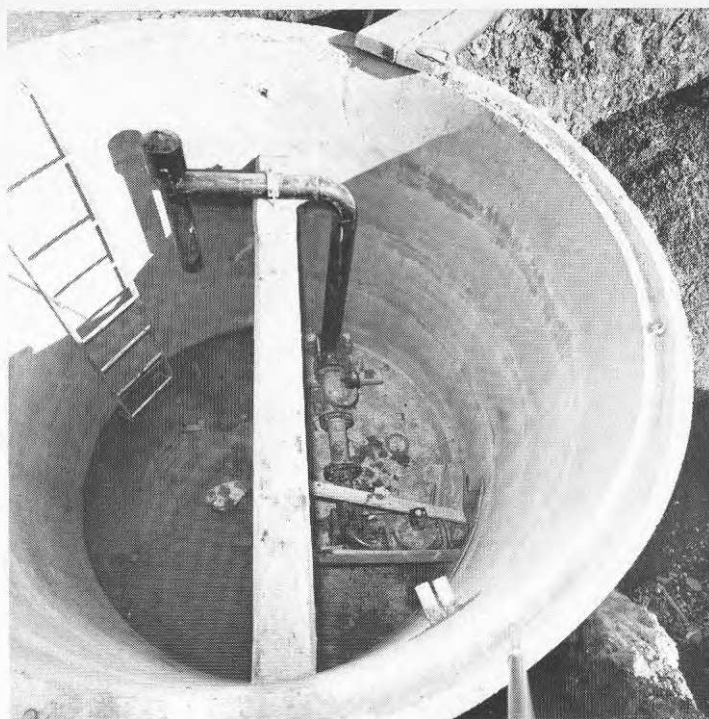
Figur 2.1 Plan över området visande befintlig tunnel (a), infiltrationstunnel (b), påfyllnadsbrunn (c), slutpunkter för infiltrationshål (d), mätstationer (e) 1 - 10, sprickzoner i berg, tunnelbana, gator samt gatukontorets och J&W:s mätpunkter.



Figur 2.2 Profil och sektion genom infiltrationstunnel. Renvatten förs från påfyllningsbrunn (a) genom ett borrhål (b) till infiltrationstunneln (c). Från tunneln trycks vattnet genom borrhål (d) och infiltrerar i sprickigt berg (e) och friktionslager ovan berg. En tätvägg (f) har utförts mellan avloppstunneln och infiltrationstunneln.

Tunnelns längd är 250 m och tvärsnittsarean  $9 \text{ m}^2$ . Borrhålens längd är 20-50 m.

Systemet står i förbindelse med en brunn vid markytan via ett genom jord och berg drivet foderrör. Hela systemet är vattenfyllt och vattennivån i systemet regleras från brunnen. Vatten tillförs från en passeraden dricksvattenledning. Infiltrationstunneln avskiljs från befintlig tunnel genom en 90 cm tjock betongvägg. Väggens är försedd med lucka och ventil för tömning av tunneln.



Figur 2.3 Nivåregleringsbrunn med påfyllnadsrör. Reglering sker i vänstra kammaren. Foto G Nordin.



Figur 2.4 Läge för nivåregleringsbrunn februari 1981. Foto C.G, Ejerholm

Tunneln projekterades i ett läge med gott berg på relativt stort djup (35 m under markytan) medan borrhålen lätt kunde nå vattenförande krosszoner och friktionslagret närmast bergöverytan. Arbetena kunde också utföras med mycket små störningar och förstärkningsåtgärder. Borrhålen försågs med backventiler försedda med filter omedelbart efter borrhning. De flesta hål var nämligen starkt vattenförande. Tunnelsystemet utfördes under tiden maj-september 1976.

### 3. REDOVISNING, MÄTNINGAR

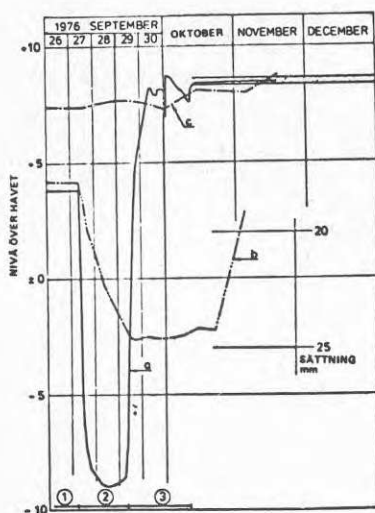
Mätningar av grundvattentryck i friktionsmaterialet under leran, porvattentryck på olika nivåer i leran samt mark-sättningar har utförts i 12 mätstationer utplacerade i dalgången.

Dessutom har uppgifter om grundvattnets trycknivå i friktionsmaterialet under leran inom ett större område erhållits från gatukontoret. Mätningarna påbörjades i oktober 1975 och har pågått t o m november 1980. Trycknivån i friktionslagret under leran har i stort följt de naturliga variationerna i området fram till september 1976 då borrhålet mellan brunn och tunnel utfördes. I månadsskiftet september-oktober togs tunneln i drift genom att borrhålen öppnades och tunneln vattenfylldes med inströmmande grundvatten. Efter två dygn var tunneln fylld. Effekten av den kraftiga momentana grundvattensänkningen kunde därvid studeras. Normalt fylls en tunnel genom påfyllnadsbrunnar.





Figur 3.1 Infiltrationshål i solfjäderform försedda med backventiler. Tunneln vattenfylls genom att öppna ventilerna.



Figur 3.2 Representativa mätvärden 76-09-26--11-18. Mätvärden vid station 5. a) visar grundvattennivån i friktionslagret mellan lera och berg före (1) och under (2) påfyllningen av tunneln med grundvatten. Vid (3) nåddes det önskade vattentrycket (mellan de två horisontella linjerna) genom påfyllning av renvatten. b) visar sättningar under perioden. Observera skalan! c) visar porttrycket i leran på nivån -5,5 m.

Därefter fylldes vatten i brunnen till nivån ca +8,30. Trycknivån i friktionslagret, som sjunkit maximalt 13 m, steg nu snabbt. Redan efter ett dygn steg trycknivån i stort till nivån i brunnen.

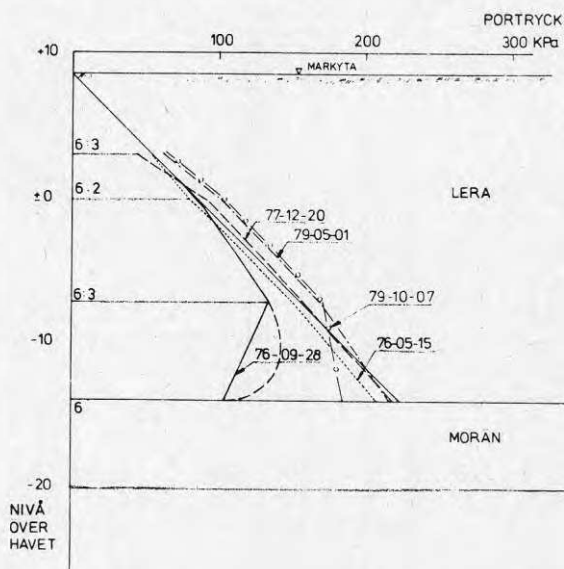
#### 4. FUNKTION

Sedan tunneln togs i drift hösten 1976 har dess funktion studerats fram t o m 1980. Funktionsstudier har omfattat:

- sambandet grundvattentryck under lera, portryck på olika nivåer i leran samt sättningar i olika punkter
- igensättningar
- inom vilken area infiltrationen har verkat.

##### 4.1 Effekt på grundvattennivå, portryck och sättningar

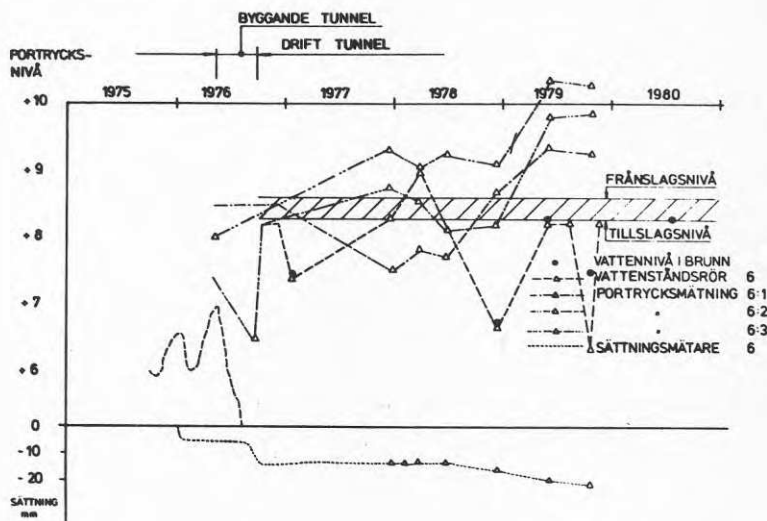
Mätningar har under perioden utförts i 12 mätstationer av vilka några förstörts i samband med områdets utbyggnad. Som en representativ mätpunkt har station 6 redovisats. Denna station förstördes 1980. Portrycksprofilen från 5 mättillfällen före, under och efter utförandet av infiltrationstunneln visas på figur 4.1.



Figur 4.1 Portrycksprofiler vid mätstation 6. Mätningar före, under och efter tunnelns byggande.

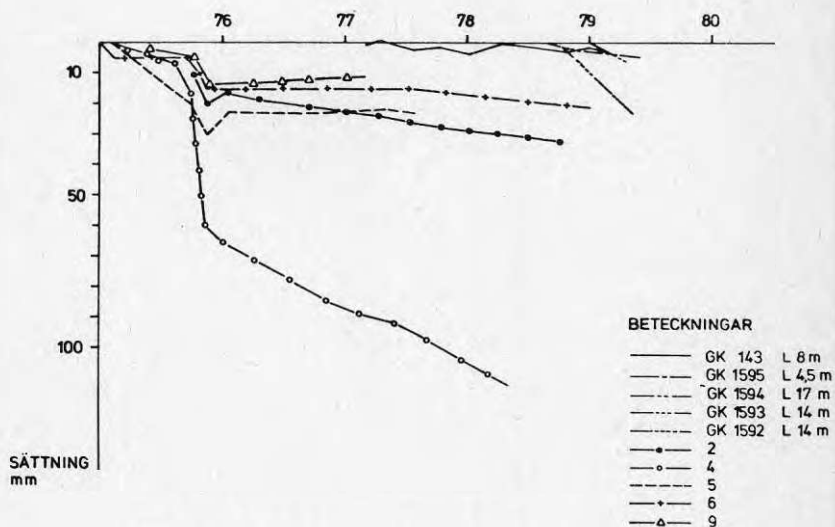
Mätningarna visar att grundvattentrycket i friktionsjorden under leran väl överensstämmer med en stignivå motsvarande markeytan efter utförande av tunneln. Portrycken i leran ligger vid dessa mätningar i allmänhet över denna nivå. Den förhöjda portrycksnivån orsakas huvudsakligen av belastning från fyllnadsmassor i samband med utbyggnaden men kan också tyda på en viss höjning av sprickvattennivån i torrskorpeleran. Vid den snabba grundvattensänkning vid tunnelns vattenfyllning sjönk även portrycken i de djupare lerlagren, vilket tyder på en viss överkonsolidering hos leran.

Figur 4.2 visar variationen i grundvatten- och portrycksnivå samt marksättningar i station 6. Mätningarna visar att grundvattentrycken i stort överensstämmer med tillslagsnivån i brunnen, men avvikelser förekommer på grund av driftstörningar. Vid några tillfällen då grundvattennivån legat lägre än tillslagsnivån har även vattennivån i brunnen mätts och den har då legat obetydligt över grundvattennivån utom i ett fall. Då rörde det sig förmodligen om ett mätfel.



Figur 4.2 Variation i grundvattennivå, portryck och sättningsnivå i station 6 före, under och efter byggnaden av infiltrationstunneln.

Portrycken har varierat men har i stort legat över tillslagsnivån speciellt i slutet av perioden då belastningen på markytan ökat. Under detta senare skede har även sättningarna ökat och är totalt 20 mm sedan mätningarna påbörjades. Sättningarna inträffade dels i samband med mätstationens etablering (5 mm), vid tunnelns påfyllning (10 mm) och vid ovannämnda belastning (5 mm). Sättningarna i samtliga stationer inklusive gatukontorets visas på fig 4.3. Mätvärdena från övriga stationer är likartade med de från station 6. Sättningar i mätpunkt 4 är ej representativa på grund av urspolning.



Figur 4.3 Sättningar i samtliga stationer.

#### 4.2 Igensättningar

Enligt ovan är skillnaden mellan vattentrycknivån i brunn och grundvattentryck i grundvattenrör 6 liten (fig 4.2) och har ej ökat med tiden. Detta gäller även för andra närliggande stationer.

Följaktligen har någon igensättning i infiltrationspunkterna ej skett under tidsperioden. Risken för igensättning är mindre vid en infiltrationstunnel än vid annan djupinfiltration av följande orsaker.

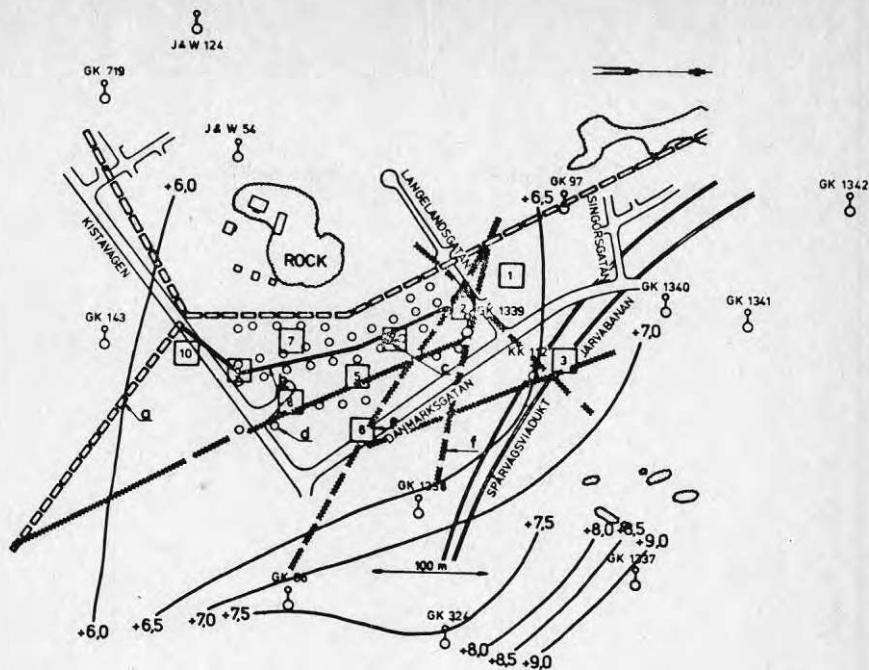
- infiltrationsarean (borrhål, sprickor och tunnel) är betydligt större än vid enstaka brunnar eller borrhål
- vattenövertrycket är obetydligt
- eventuell förorening sedimenterar i tunnel.

Skulle igensättning ändå inträffa har man möjlighet att tillfälligt kraftigt sänka trycket i tunneln genom att öppna ventilen i skiljeväggen och på så vis åstadkomma en bakspolning.

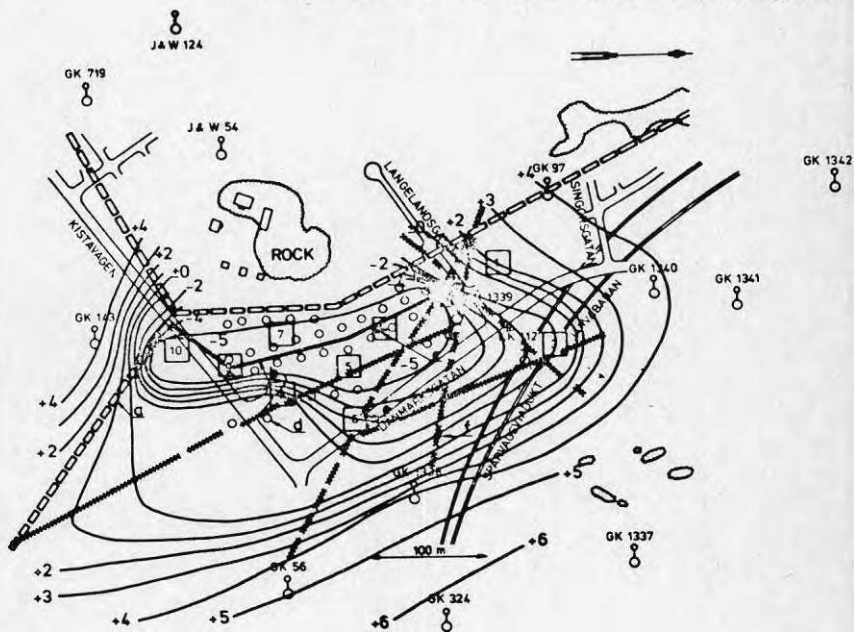
#### 4.3 Infiltrationsområdets effektiva area

För att få en totalbild av grundvattensituationerna i Kista redovisas nivåkurvor för grundvattnets trycknivå vid 5 tillfällen, före byggande av tunnel (fig 4.4), vid tunnelns fyllande (fig 4.5), 1,5 månader (fig 4.6), 2,5 år (fig 4.7) och 3,0 år (fig 4.8) efter tunnelns drifttagande.

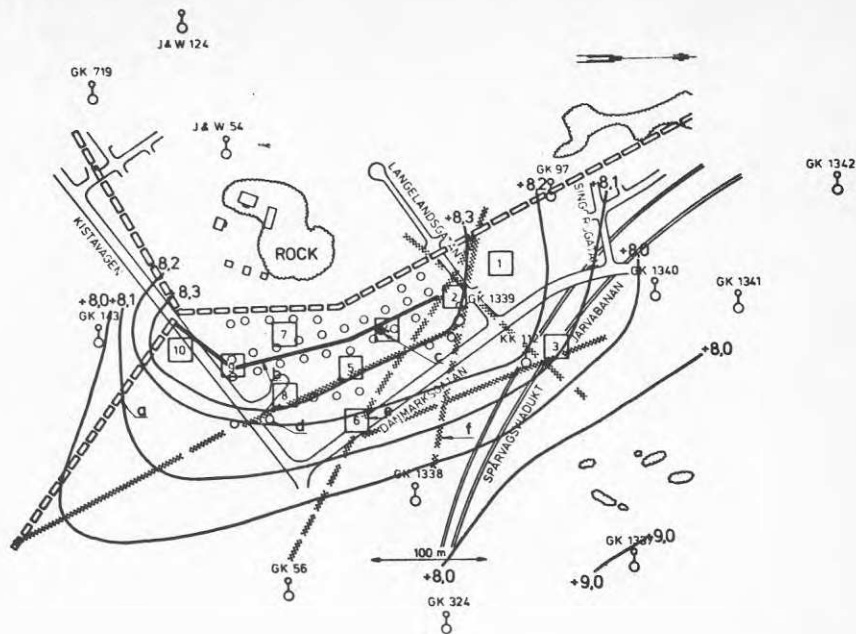
Vid en jämförelse av trycknivåkurvor före och olika tidpunkter efter utförandet av tunneln ser man klart effekten av tunneln. Infiltrationen verkar inte bara inom själva infiltrationsområdet, vilket var den ursprungliga målsättningen, utan inom ett betydligt större område. Speciellt utmed krosszonerna sträcker sig inverkan av infiltrationen långt från infiltrationszonen. Infiltrationsområdets effektiva area är minst  $350 \times 700 = 235.000 \text{ m}^2 \approx 25 \text{ ha}$ . Troligtvis är den effektiva arean större genom tunnelns dämningseffekt på grundvattnet i den uppströms belägna dalgången.



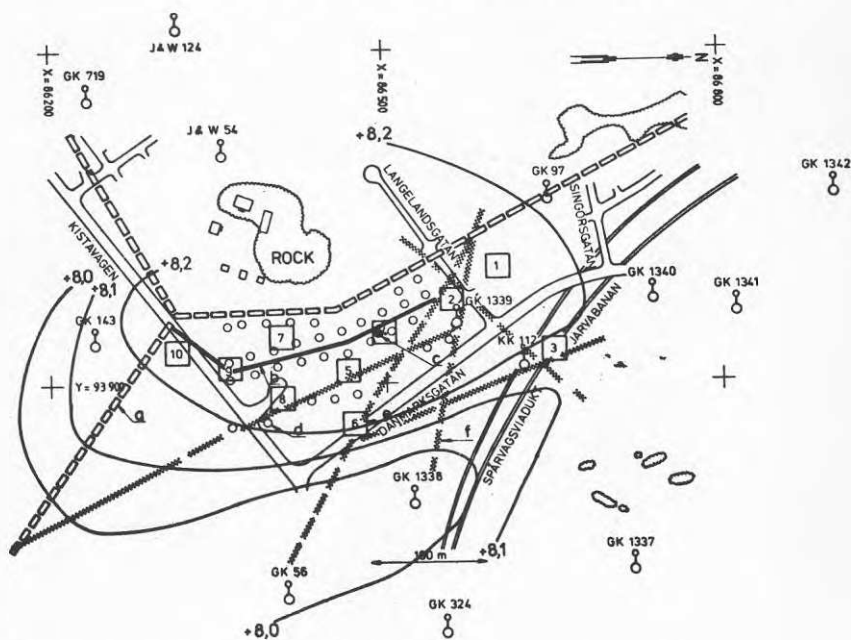
Figur 4.4 Nivåkurvor för grundvattnets trycknivå 1976-03-28. Infiltrationstunnel ej påbörjad.



Figur 4.5 Nivåkurvor för grundvattnets trycknivå 1976-09-27. Alla borrhål öppna. Tunneln fylls med grundvatten.

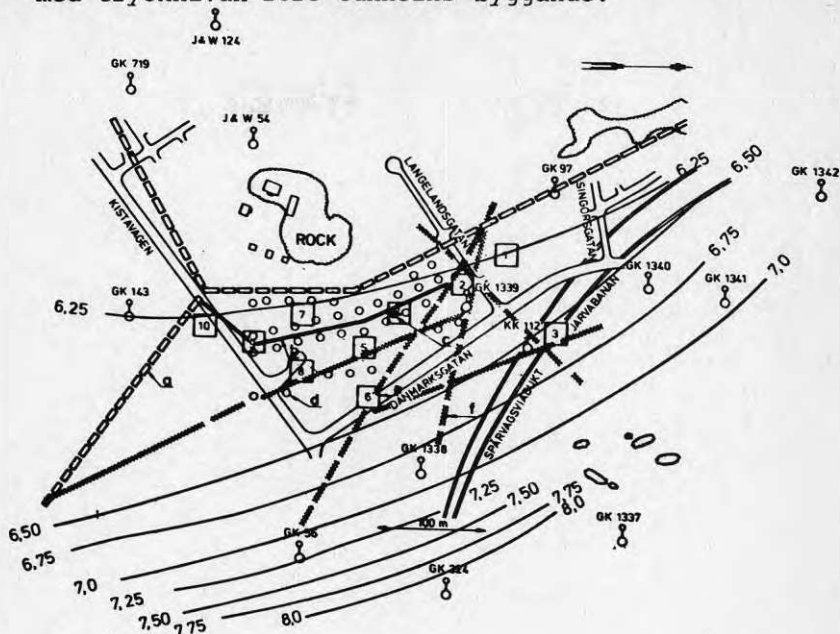


Figur 4.6 Nivåkurvor för grundvattnets trycknivå 1976-11-18. Tunneln i drift 1,5 månader.



Figur 4.7 Nivåkurvor för grundvattnets trycknivå 1979-05. Tunneln i drift 2,5 år.

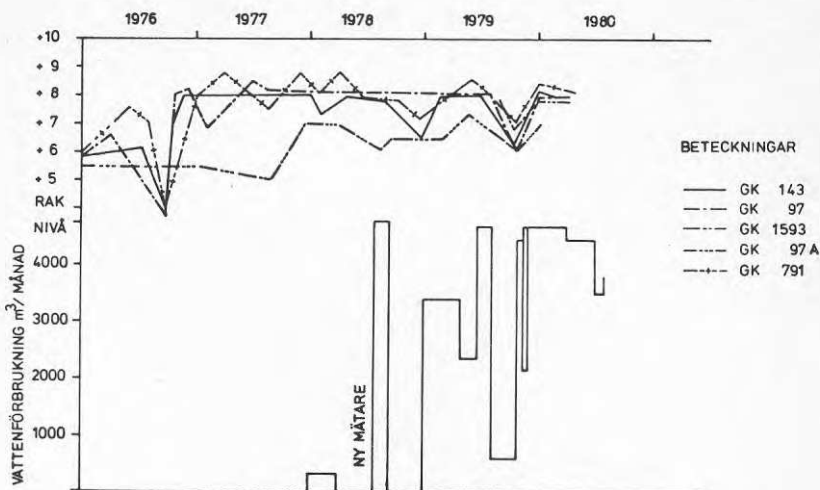
Vid tillfället 79-10 var tunneln avstängd till följd av driftstörning. Grundvattnets trycknivå är då likartad med trycknivån före tunnelns byggande.



Figur 4.8 Nivåkurvor för grundvattnets trycknivå 79-10. Tunneln i drift 3,0 år.

Grundvattennivåns variation med tiden i vissa karakteristiska punkter visas på figur 4.9. Ur dessa kurvor kan det vara svårt att direkt se tunnelns positiva effekt på grundvattennivån. Orsaken till detta är dels driftstörningar vid påfyllnadsbrunn, dels att enligt prognoserna skulle grundvattennivån avsevärt sänkas i samband med utbyggnaden av området. Så har ej skett. Däremot har tunnelns vattenförbrukning ökat i takt med utbyggnaden. För att ur kurvorna kunna läsa ut tunnelns verkliga effekt bör vattentillförseln stoppas under en sommarsäsong samtidigt som avläsningarna fortgår. Risken för skador genom detta är liten då man ju avläser sättningarnas storlek och åter kan starta infiltrationen om sättningarna bedöms bli skadliga. Den ökade vatteninfiltrationen motverkar utbyggnadens negativa effekt på grundvattenbalansen. Den ökade vattenförbrukningen beror bl a på ett ledningsbrott som orsakat grundvatteninläckning.





Figur 4.9 Grundvattennivåns variation i vissa karaktäristiska punkter 1975-1980, samt vattenförbrukningen under samma tid.

## 5. DRIFT

Tunneln har nu varit i drift i drygt 4 år med endast kortare avbrott. Den enda tillsyn som erfordrats är kontroll av vattentillförseln i påfyllnadsbrunn, samt kontroll av funktion genom mätningar. Vattenförbrukningen har följts upp.

### 5.1 Driftstörningar

Driften under perioden har i stort fungerat tillfredsställande. Ett problem i sammanhanget har varit regleringsbrunnen, vars magasinvolym mellan tillslag och frånslag har varit för liten:  $0,85 \text{ m}^3$ . Detta har medfört att antalet tillslag har varit för stort och att nivåviporna skadats genom den kraftiga vattenströmningen vid fyllning. Därför har en tryckdosa installerats i botten av brunnen för att reglera grundvattennivån.

Nivåvipporna har avlägsnats. Ej heller tryckdosan har fungerat problemfritt varför vattentillförseln nu regleras med nivåflottör vilket ger ett jämnare flöde. Tidvis har därför infiltrationen varit fränkopplad och tidvis har försök gjorts med andra vattennivåer i brunnen. Med rätt storlek på regleringsbrunnen och rätt reglerutrustning är driftproblemen små. Vattentillförseln kan även styras från grundvattenmätpunkter. Erforderliga vattenmängder har kunnat infiltreras utan svårigheter.

Frånsett vattentillförseln har tunneln fungerat bra och kräver ringa tillsyn. Problemen med vattentillförseln har inte med infiltrationssystemet att göra utan kan ha uppträtt i vilken regleringsbrunn som helst. Vid rätt dimensionering bör inga problem uppstå.

## 5.2 Vattenförbrukning

Förbrukningen har mätts genom att räkna antalet tillslag, vilka finns registrerade i vattenförbrukningskurvorna i Kista. Vattenförbrukningen har varierat beroende på den naturliga tillrinningen samt dränerade ingrepp och minskning av infiltrationsytor vid utbyggnaden av Kista. Vid två tillfällen, slutet av 1978 resp 1979, var vattentillförseln låg, antagligen på grund av driftstörningar. Vid dessa tillfällen sjönk grundvattennivån i de flesta observationspunkterna. (Fig 4.9)

Vid bultförstärkningen i de befintliga tunnlarna har vatteninläckningen i dessa temporärt ökat. Vattenförbrukningen har ökat och var i periodens början i medeltal  $0 \text{ m}^3/\text{h}$  och i slutet  $7 \text{ m}^3/\text{h}$ . I medeltal var förbrukningen  $3,8 \text{ m}^3/\text{h}$ . Man kan minska vattenförbrukningen genom att sänka tillslagsnivån, vilket tidvis har skett. Man får inte sänka tillslagsnivån så att konsoliderings-sättningar inträffar i leran eller att risk för torrskorpebildning föreligger. Detta kan man kontrollera genom sättningsmätning och på så sätt trimma in optimal nivå.

### 5.3 Driftkostnader

Driftkostnaderna härrör dels från vattenförbrukning, dels från tillsyn av vattentillförsel samt kontroll av grundvatten, porttryck och mätningar.

#### Vattenförbrukning:

Vattenkostnad vid distributionspunkten	0,25 kr/m <sup>3</sup>
Medelförbrukning per år	35000 m <sup>3</sup>
Vattenkostnad per år	8750 kr

#### Tillsyn:

Uppskattad kostnader per år	1800 kr
-----------------------------	---------

Kontroll av grundvatten, porttryck och sättningar ingår normalt där man bygger tunnlar.

Total driftkostnad per år: 10.500 kr.

Kommentar: Vattenförbrukningen kan minimeras enligt ovannämnda förfarande. Den är beroende på hur stora dränerande ingrepp man gör och hur mycket infiltrationsyta som försvinner vid utbyggnad av ett område.

Vid en riktigt dimensionerad tillförselbrunn blir tillsynskostnaden försumbar. Vattentillförseln bör styras från en lämpligt placerad kontrollpunkt för grundvatten och sättningar.

## 6. METODEN SETT I ETT STÖRRE SAMMANHANG - PLANERING OCH STYRNING AV GRUNDVATTENNIVÅN

### 6.1 Historik

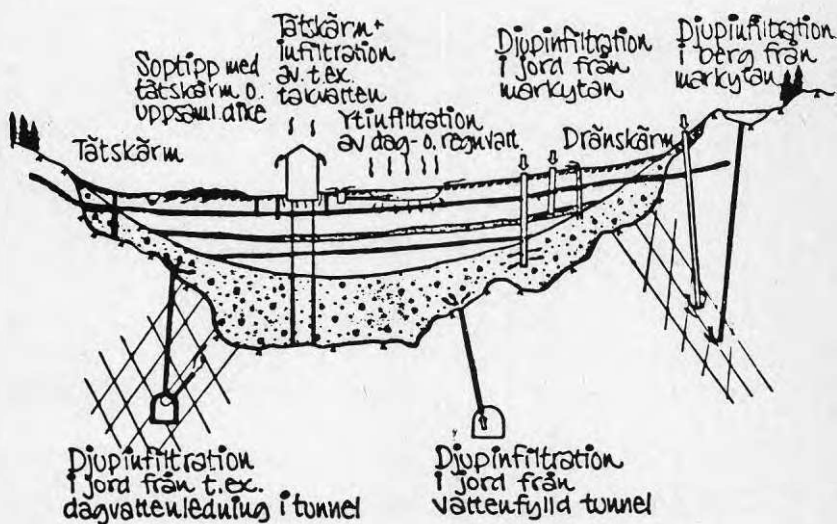
Grundvattenproblemen i våra tätorter har varit kända 20-30 år tillbaka.

60-talet karakteriserades av ett konstaterande av problemen, under 70-talet började man lösa problemen genom generell pålgrundläggning i lerområden av byggnader och anläggningar i nybyggnation och grund- och markförstärkning av de mest drabbade områdena. Detta är dyrt och ej

alltid problemfritt, skador kan uppstå på närliggande befintlig bebyggelse vid pålgrundläggning, liksom skadliga marksättningar. Man kan naturligtvis inte generellt undvika pålgrundläggning, men däremot pålgrundläggning orsakad av förväntad grundvattensänkning.

Man kan därför anta att under 80-talet kommer man att angripa orsaken till problemen genom styrning och kontroll av grundvattenytan. Detta är oftast den billigaste och skonsammaste lösningen. Jämförande kostnadskalkyler visar ofta att dessa metoder är flera gånger billigare än konventionell pålning.

Genom forskningen och utvecklingen under 70-talet har vi fått en hel arsenal av sådana metoder som vi nu börjar kunna hantera (fig 6.1).



Figur 6.1 Olika typer av infiltration, tät- och dränskrämar.

## 6.2 Olika typer av infiltration, tät- och dränskrömar

Av de infiltrationssystem som tillämpats kan nämnas:

- Dagvatteninfiltration (LOD)
- Ytlig infiltration för att höja sprickvattenytan i lera (bevattning)
- Djupinfiltration i jord från infiltrationsbrunnar
- Djupinfiltration i berg från befintliga tunnlar via enstaka borrhål
- Infiltrationstunnel

Andra metoder att styra grundvattnet är tätskrömar där man tillämpat:

- Injektering i berg kring befintliga tunnlar
- Tätskrömar i jord

Dränskrömar där man tillämpat:

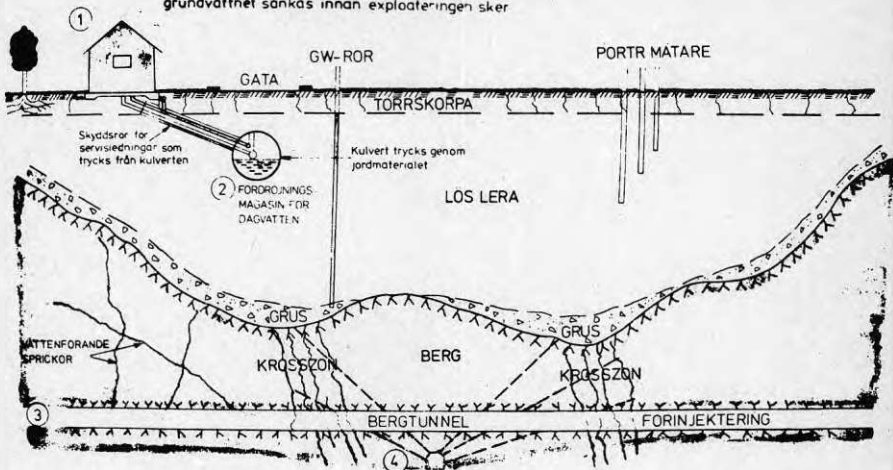
- Olika typer av vertikaldränering för att sänka portrycket inom skredfarliga områden
- Dränering vid hus och ledningar.

## 6.3 Planering och projektering

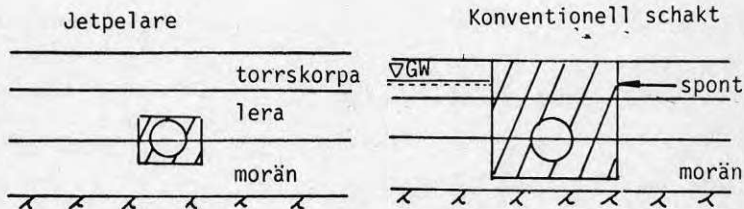
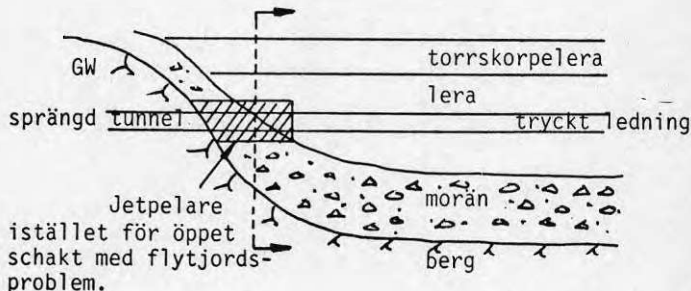
Andra sätt att styra grundvattennivån är att planera, projektera och bygga på så sätt att skadliga grundvattenändringar ej uppstår. De tekniska försörjningssystemen (VA, tele, el och värme) påverkar grundvattennivån mest. Traditionellt läggs de i dränerade rörgravar ofta kombinerade med djupt i urberget förlagda tunnlar. Detta sätt att arbeta har orsakat svåra problem med grundvattensänkningar. De kan nu bemästras genom att man övergår till lokalt omhändertagande av grundvattnet (LOD), eller tryckta ledningar i lerterräng och kombinationen lämplig injektering + infiltrationstunnel vad gäller bergtunnlar (fig 6.2). Andra dränerande ingrepp kan åtgärdas med tätskrömar. Ett radikalt bättre sätt ur grundvattensynpunkt vore att frångå systemet med djupa urbergstunnlar och i stället lägga ytliga system tunnel-ledningar i berg och jord (fig 6.3).

### RÄTT UTFÖRD EXPLOATERING

- 1 Husen grundlaggs på hela kantförstärkade betongplattor högt upp i torrskorpan.
- Ingen uppfyllnad kring huset. Trädens rötter växer ut i torrskorpan.
- 2 Avloppen trycks med domkrakter genom lera. Genom att trycka ett stort rör kan eventuella läckage tas ut inifrån. Det stora roret används som fördröjningsmagasin för dagvattnet och skyddsror för spillvattenledning och vattenledning.
- 3 Bergtunnlar utförs förinjekterade.
- 4 Grundvattentunnlar utförs. Om ingen bebyggelse finns i omgivningen bör grundvattnet sänkas innan exploateringen sker.

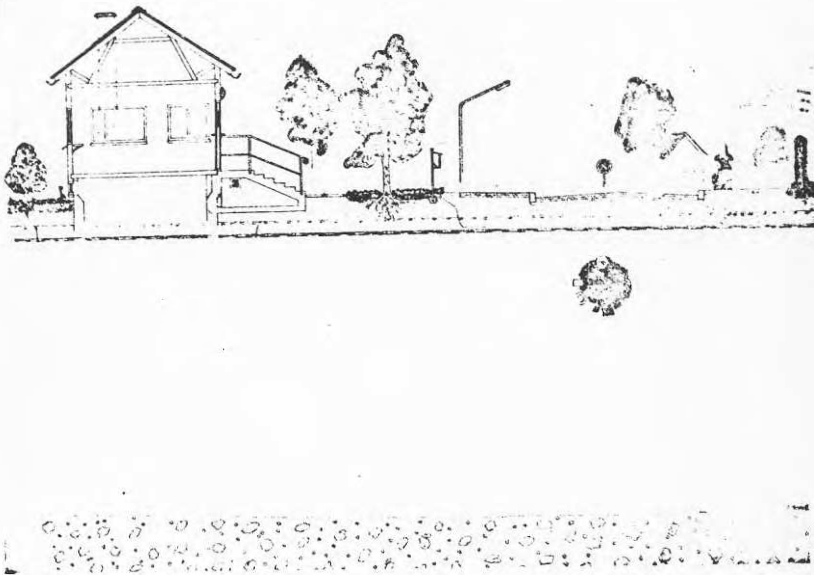


Figur 6.2 Rätt utförd exploatering med infiltrations-tunnel och tryckta ledningar.



Figur 6.3 Förslag till tunneldrivning: kombination sprängd tunnel-tryckt ledning.

Kombination sprängd tunnel - tryckt ledning i lera ger ofta kostnader i samma storleksordning som djupa tunnlar vid en area upp till 5 m<sup>2</sup>. Vid ett sådant system kan självfallsledningar för spillvatten läggas åtkomliga i självfallsledning för dagvatten. Det kan även finnas möjlighet att trycka exempelvis servisledningar från tryckta huvudledningar i lera (fig 6.4).



Figur 6.4 System med tryckt ledning - tryckt servis.

#### 6.4 Kostnads-nyttoanalyser

Vilken eller vilka metoder man skall använda bör alltid grunda sig på en kostnads-nyttoanalys och ej på slentrian. Sådana analyser bör starta redan i översiktsplanering speciellt vad gäller tekniska försörjningssystem och sedan fortsätta genom hela byggnadsprocessen. För att göra sådana analyser krävs geotekniskt underlag avpassat efter varje planerings- eller projekteringsnivå.

Det kan ej heller vara svårt att övertyga beställare om nödvändigheten av ett sådant underlag, om vinsterna kan räknas i miljoner kronor.

## 7. RÅD OCH ANVISNINGAR FÖR ANVÄNDNING AV INFILTRATIONSTUNNEL

### 7.1 Vid problem med grundvatten inom befintlig bebyggelse eller vid nyexploatering

Gör en prognos över grundvattensituationen, försök ta med kostnader.

### 7.2 Reglering av grundvattennivå

Om prognosen visar på en sänkt grundvattennivå som vållar avsevärda kostnader och/eller skador för tredje man skall man försöka reglera grundvattennivån.

### 7.3 Jämförande kostnadsberäkning

Välj ut de i varje särskilt fall lämpligaste metoderna och gör en jämförande kostnadskalkyl där både anläggnings- och driftkostnader bör finnas med.

### 7.4 Infiltrationstunnel

Om infiltrationstunnel är den tekniskt-ekonomiskt bästa lösningen (ofta vid läckande bergtunnlar) besluta om

### 7.5 Projektering

- Avgränsa området där grundvattennivån skall regleras.
- Gör en byggnadsgeologisk karta över området som visar bergnivå, sprick- och krosszoner, bergartsbestämning, jordlagerföljd samt jordarternas egenskaper.
- Redovisa grundvatten, portryck och sättningar och deras variation med tiden.
- Komplettera eventuellt geundersökningar.
- Placera in tunneln. Tunneln skall ligga i gott berg så att förstärkningsåtgärder kan minimeras, och borrhålen skall nå krosszoner och genomsläpplig jord. Tunnelsystemets area (horisontella projektion) skall i geologist ogynnsamma fall täcka hela reglerade ytan



för att i gynnsamma fall täcka endast en tiondel av reglerad yta (Kista).

- Gör en seismisk undersökning i tunnelprofilen och vinkelrät mot denna. Kontrollera med jordbergsondering, för att bestämma bergöverytan och krosszoners riktning och läge.
- Projektera borrhål.
- Dimensionera påfyllnadsbrunn med utrustning så att inga driftstörningar uppstår.

#### 7.6 Utförande

- Driv tunneln och gör nödvändiga förstärkningar ur säkerhetssynpunkt.
- Gör en geologisk kartering i tunneln och gör en eventuell modifiering av borrhålens läge.
- Utför borrhålen.
- Utför påfyllnadsbrunn med borrhålsanslutning till tunneln.
- Installera sil- och avstängningsventiler i borrhålen. Låt gärna grundvattnet rinna in i tunneln kortare tid för att tillskapa filter där borrhålen går från berg till jord.
- Utför eventuell avstängningsvägg mellan VA-tunnel och infiltrationstunnel och ventil eller annan anordning för att kunna sänka vattentrycket tillfälligt i tunneln.

#### 7.7 Drift

- Fyll tunneln med vatten.
- Använd dricksvatten eller annat rent vatten.
- Trimma in lämplig vattentillförsel. (Trycknivå i påfyllnadsbrunn.)
- Följ upp grundvatten, porttryck, sättningar och vattenförbrukning i normal omfattning och gör erforderliga justeringar av vattentillförseln.

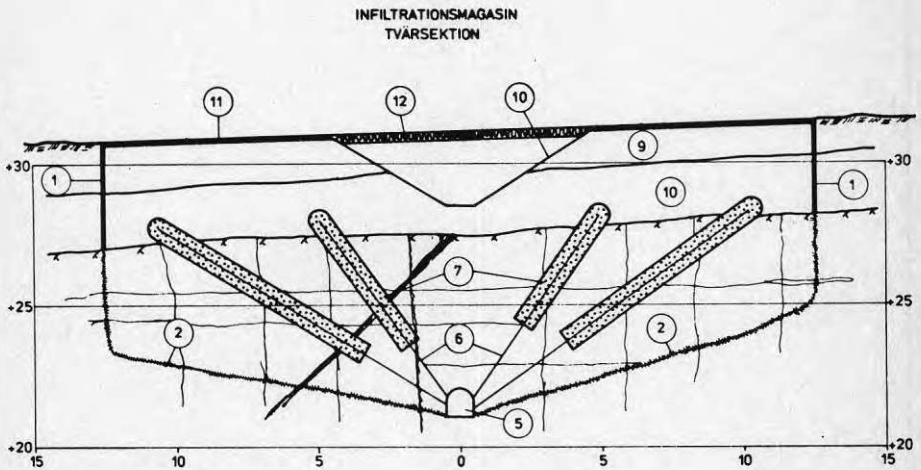
### 8. ANDRA TILLÄMPNINGAR

Infiltrationstunneln kan användas

- såsom jordförstärkning genom att bygga tunneln i god tid innan ett område byggs ut, sänka grundvattnet och därmed ta ut sättningarna i förväg samt höja grundvattnet när området byggs ut. Den kan i detta sammanhang även användas som säker grundundersökningsmetod då hela lerpacken fungerar som en jättelik ödometer.
- Dränkskärm för att sänka grundvattennivån temporärt för schaktningsarbeten. Metoden har diskuterats i

Kista och har använts i Japan.

- Dränskärm för att sänka grundvattenytan permanent där man har problem med högt grundvatten men inga sättningsbenägna jordarter. På många håll i Sverige har man stora kostnader på grund av grundvatteninläckning i ledningar och källare.
- Dränskärm för att kontrollera portrycksnivån i skredfarliga områden.
- Värmelager (fig 8.1).



Figur 8.1 Förslag till infiltrationsvärmelager.

Värmetransporterande medium är grundvatten, vilket stängs in i magasinet genom tätskärmar i jord ① och ② berg. Vattnet förs ned till infiltrationstunneln ⑤. Vattnet förs vidare via borrhål ⑥ genom berget till jord. För att förbättra vattnets genomströmning i berget utförs sprängning i borrhålen ⑦. Vattnet strömmar genom jorden ⑧ via dräneringsdiken ⑨ till huvuddikesreservoar ⑩ varifrån det går till bostäder eller solfångare.



## 9. REFERENSER

Ahlberg, P., Lundgren, T. (1977). Grundvattensänkning till följd av tunnelsprängning, SGI, Rapport nr 1.

Andersson, A-C., Berntson, J. (1979). Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. CTH, Meddelande nr 26.

Andréasson, L., Svensson, G., Svensson, P L. (1977). Geohydrological activities in urban areas for environmental control, Tokyo-konferensen, IX ICSMFE, Specialty Session 11.

Bergman, G. (1976). Djupinfiltration i berg, Byggmästaren nr 3, 1976.

Bergman, G. m fl (1979). Kontrollerad bevattning för bevarande av träpålar. BFR R62:1979.

Ejerholm, K-G., Spångberg, B., Svensson, P L. (1977). Kontroll av grundvattennivån genom infiltration via tunnel - ett fullskaleförsök. Byggforskningen, BFR Rapport R58:1977.

Ejerholm, K-G., Spångberg, B., Svensson P L. (1979). Controlling groundwater level in cities by infiltration, Tunnels & Tunnelling, April 1979.

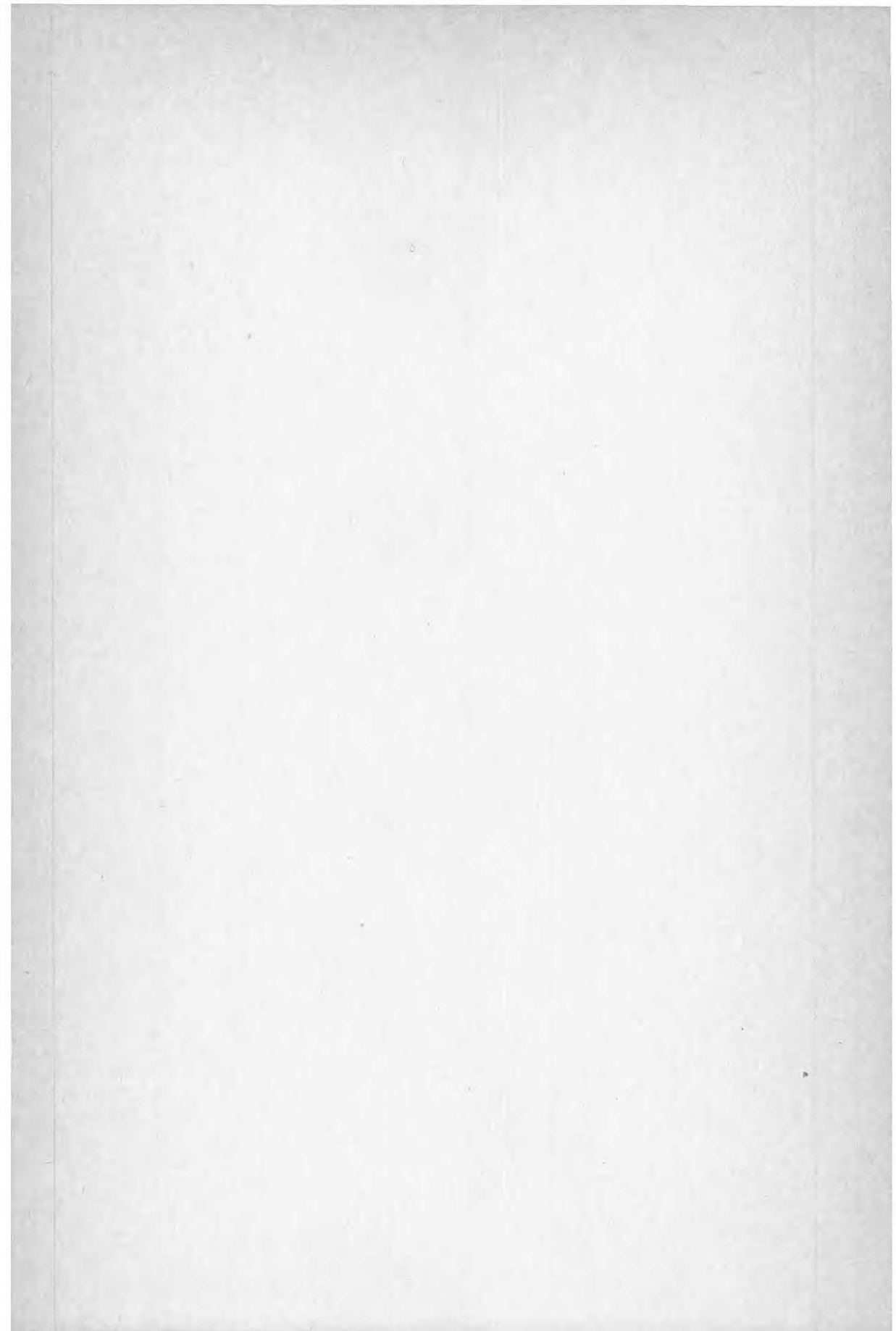
Lysén, L., Palmquist, K. (1979). Tätning av bergtunnlar, projekteringsmetodik, injektering och förstärkning. BFR R4:1976.

Miyoshi, M., Okuzoko, K. (1979). Large-diameter shield-driven tunnel in thick water-bearing sand strata: use of a pilot tunnel for dewatering, paper 8, Tunnelling 79, London.

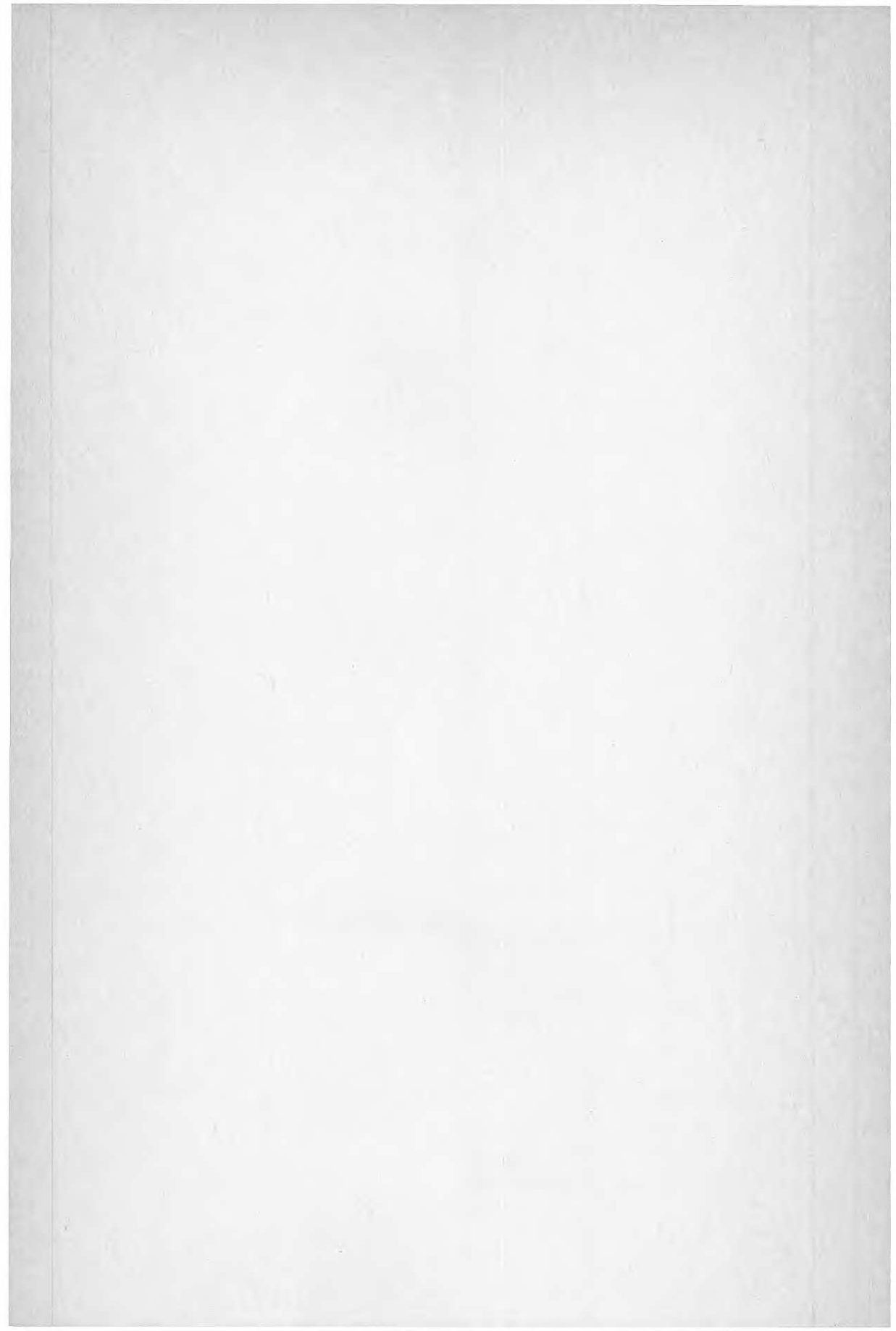
Nord, B. (1978). Så här hindras förorenat vatten rinna ut i Braån, Byggnadsindustrin 1978 nr 2.

Torstensson, B-A. (1975). Mätning av lerans portrycker uppgift om sättningar.













Denna rapport hänför sig till forskningsanslag  
740378-6 från Statens råd för byggnadsforskning  
till Stockholms vatten- och avloppsverk.

R74: 1982

ISBN 91-540-3736-0

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6700574

Abonnemangsgrupp:  
V. Anläggningsteknik

Distribution:  
Svensk Byggtjänst, Box 7853  
103 99 Stockholm

Cirka pris: 25 kr exkl moms