



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Effekter i Göteborgs centrum av en vattenståndshöjning i havet

av Inger Hellström



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers tekniska högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Effekter i Göteborgs centrum av en vattenståndshöjning i havet

av

Inger Hellström

Examensarbete
Nr. 1991:3

Göteborg 1991

Address: Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology
412 96 GÖTEBORG

Telephone: 031-72 10 00

REFERAT

I detta examensarbete avser att studeras några konsekvenser av växthuseffekten för Göteborgs innerstad.

Först ges en orientering om vad växthuseffekten är och vilka effekter denna kan ge i stort. Efter detta följer en genomgång av de effekter som kan tänkas drabba Göteborg. Några förslag till åtgärder ges också.

Arbetet koncentrerar sig sedan på en av växthuseffektens verkningar, nämligen en höjning av havets medelnivå på grund av temperaturutvidgning. En beräkning av havshöjningen redovisas.

Konsekvensstudien koncentrerar sig på några av effekterna. Dessa är marköversvämning, källaröversvämning samt en uppdämning av rörledningsnätet. Geografiskt begränsas arbetet till den centrala staden inom och kring vallgraven. Utsatta områden studeras närmare och en riskbedömning görs.

Åtgärdsförslag ges sedan om behovet finns.

Vilka är då resultaten i de tre olika fallen?

Marköversvämning:

Vissa områden svämmas över redan idag vid högsta högvatten. Nya områden svämmas över vid högsta högvattentillfällen om havets medelnivå höjs. Om havsnivån höjs med 0,5 meter sker översvämningar redan vid medelhögvatten. I det fall att växthuseffekten visar sig ge en höjning av havets medelnivå måste åtgärder såsom till exempel invallningar vidtagas för att skydda mot marköversvämningar skall erhållas.

Källaröversvämning:

Det visar sig att några av husen närmast kanalerna kan få översvämningar i källaren, vid en höjning av havets medelnivå på 0,5 meter. Än fler berörs om höjningen blir 1,0 meter. Något enstaka kvarter berörs redan idag. Åtgärder som till exempel tätning och pumpning bör vidtagas om havsnivån höjs.

Dagvattennätet:

Det finns system som ger översvämningar vid högsta högvatten redan idag. Dessa översvämmas redan vid medelhögvatten om

havets medelnivå höjs med 0,5 meter. Än fler ger vid en sådan höjning översvämningar vid högsta högvatten. Vid 1,0 meters höjning ger dessa i sin tur översvämningar vid medelhögvatten. Nu tillkommer ännu några system som ger översvämningar vid högsta högvatten. Åtgärder i form av till exempel högvattenluckor och pumpning måste därför vidtagas för att förhindra översvämningar om havets medelnivå höjs.

Närmare uppgifter om vilka områden, fastigheter och rörinstallationer som berörs och i vilken grad, ges i kapitlet "Effekter för Göetborgs centrala delar av en höjd havsnivå", och i bilagorna B till och med E. Här ges också förslag till åtgärder.

FÖRORD

Under slutet av 1980-talet har människans påverkan på miljön kommit alltmer i fokus. En effekt av de utsläpp som sker och som börjat uppmärksammas är den skenande växthuseffekten, det vill säga att jordens medeltemperatur ökar på grund av att vi släpper ut så kallade växthusgaser som håller kvar mer av solens värme i atmosfären.

Denna temperaturökning ger bland annat upphov till en höjning av havets medelnivå som följd av temperaturutvidgning av havsvattnets övre nivå.

Göteborg är en stad vid kusten, och påverkas därför i hög grad av en höjning av havets medelnivå. På grund av detta ville man på Stadsbyggnadskontoret i Göteborg utreda om havshöjningen får konsekvenser för Göteborg och vilka åtgärder som är lämpliga.

Detta examensarbete söker belysa eventuella konsekvenser av en sådan havshöjning.

För vägledning och välbehövlig kritik vill jag tacka min handledare Steffen Häggström, högskolelektor på Vattenbyggnadsinstitutionen vid Chalmers Tekniska Högskola. Jag tackar också Lars-Gunnar Hellgren vid Göteborgs stadsbyggnadskontor för vägledning och hjälp vid val av kartmaterial och insamling av data för mark-, och källarstudierna, samt Olle Ljunggren vid VA-Verket i Göteborg för hjälp med kartor och annat vid undersökningen av dagvattennätet i Göteborg.

Dessutom ett stort tack till min sambo, Alf Andersen för stöd och uppmuntran, samt hjälp med fotograferingen.

Tack också till min Macintosh, utan vars hjälp examensarbetet hade blivit betydligt mer arbetskrävande.

INNEHÅLL

	Sida
Referat	1
Förord	3
Innehåll	4
Inledning	5
Växthuseffekten	6
Vad är växthuseffekten?	6
Lite om de viktigaste växthusgaserna	7
Hur påverkas klimatet?	12
Effekter av höjd medeltemperatur	14
Allmänna konsekvenser i Sverige	14
Konsekvenser för Göteborg av växthuseffekten	17
Åtgärder	19
Åtgärder som bromsar växthuseffekten	19
Åtgärder för att minska verkningarna av växthuseffekten	22
Åtgärder som kan bli aktuella i Göteborg	25
Effekter för Göteborgs centrala delar av en höjd havsnivå	28
Marköversvämning	29
Källaröversvämning	38
Dämning i dagvattensystemet	46
Resultat	52
Marköversvämningar	52
Källaröversvämningar	53
Dagvattendämning	55
Slutsatser	57
Litteratur	60
Figurer, kartor och bilder som förekommer i texten	61
Bilagor	63
Bilaga A: Beräkning av havshöjning	64
Bilaga B: Kartblad med fastighetsbeteckningar	70
Bilaga C: Fastigheter, nivådata	79
Bilaga D: Genomgång källare	87
Bilaga E: Genomgång av dagvattensystemen	96

INLEDNING

Alla forskarrön tyder på att vi håller på att gå mot en ny istid. Trots detta har en höjning av Jordens medeltemperatur börjat skönjas.,vilket beror på den så kallade växthuseffekten. Bakgrunden diskuteras nedan.

Vi lever i ett energikrävande samhälle. En stor del av vår energi får vi genom förbränning av fossila bränslen. Denna förbränning ger upphov till ett nettoutflöde av koldioxid till atmosfären. På grund av ökningen får vi en skenande växthuseffekt med en allt högre medeltemperatur på Jorden som följd, då koldioxiden håller kvar mer av solens värme i atmosfären. Vi släpper också ut andra så kallade växthusgaser som har samma effekt. Dessa är bland annat Metan och Freoner.

På senare tid har frågan om en skenande växthuseffekt aktualiserats allt mer. Inte minst efter de varma åren 1989 och 90, och då speciellt de exceptionellt varma vintrarna, har ämnet debatterats flitigt. Diskussionens vågor har gått höga i tidningarna. Man har ömsom sagt att växthuseffekten ökat snabbt, ömsom att ingen märkbar ökning finns. Dessutom finns både positiva och negativa röster vad gäller de konsekvenser en höjd medeltemperatur ger.

Vilka effekter får då en ökad växthuseffekt?

De främsta effekterna av den temperaturhöjning som en ökad växthuseffekt ger upphov till i Sverige är en höjning av havets medelnivå på grund av temperaturutvidgning, samt en ökad nederbörd. Detta ger förstås konsekvenser för speciellt Sveriges kustområden. Eftersom konsekvenserna ej är kända fullt ut och ingen riktigt vet hur allvarligt de skulle drabba oss är en undersökning av detta intressant.

Göteborg är en kuststad med stora arealer i förbindelse med havet. Därför är det av intresse att undersöka vad som händer vid bland annat en höjd medelnivå i havet. Detta har uppmärksammats av politiker i Göteborg, vilka aktualiserat frågan. För att försöka ge svar på denna fråga, om hur växthuseffekten kan drabba Göteborg har bland annat detta examensarbete kommit till.

Arbetet begränsas sökningen till att gälla endast effekterna av en höjning av havets medelnivå. Också det geografiska området för studien begränsas. Begränsningen sker till den del av Göteborg som ligger innanför Vallgraven och Stora Hamnkanalen, samt området strax norr om Stora Hamnkanalen.

VÄXTHUSEFFEKTEN

VAD ÄR VÄXTHUSEFFEKTEN ?

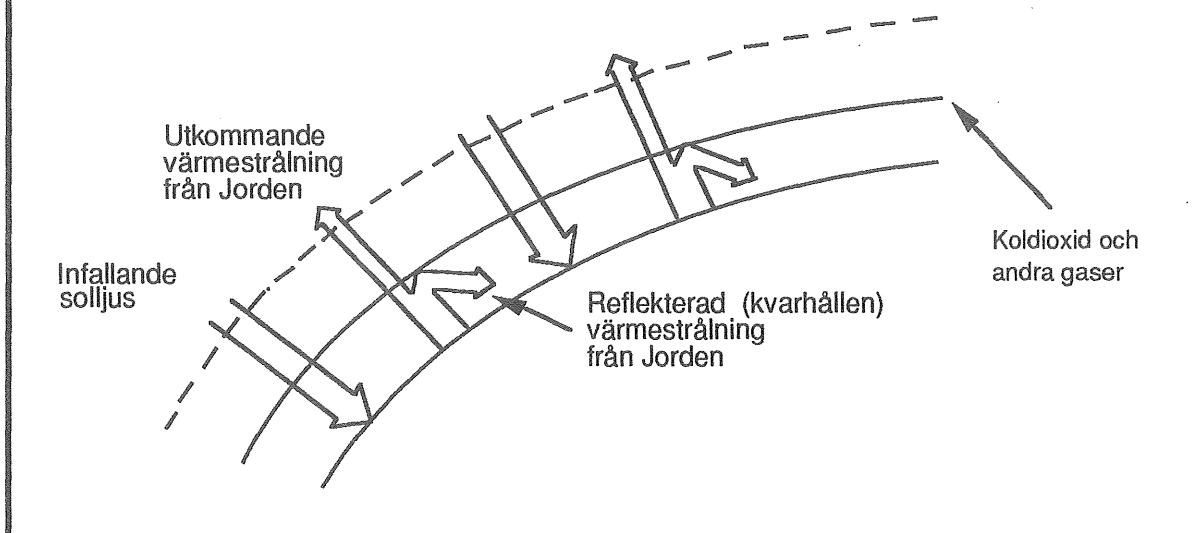
Växthuseffekten finns här på jorden och har funnits så länge jorden haft en atmosfär, vilket resulterat i det klimat vi har idag. Genom de stora utsläpp vi idag gör i atmosfären ändras luftens sammansättning, vilket kommer att förstärka växthuseffekten.

Atmosfären är relativt genomsläpplig för solens kortvågiga strålning. Denna strålning absorberas av jordytan, som värms upp. Värmen strålar ut från ytan som infrarött ljus, med längre våglängd än solljuset. För denna värme-strålning är inte atmosfären alls lika genomsläpplig. Jordytan blir därför varmare än om vi ej haft någon atmosfär. Gaserna i atmosfären har olika stark filterverkan på den infraröda strålningen.

Beroende på vilken gassammansättning atmosfären har, blir jämviktstemperaturen på jordytan olika. Den nuvarande jämviktstemperaturen ligger på +18 °C. Om jorden inte haft någon atmosfär, och då heller ingen växthuseffekt, skulle medeltemperaturen legat på -15 °C i.

Om vi släpper ut mer av de gaser som bidrar till växthuseffekten, ändrar vi jämviktstemperaturen och det är mot denna som jordens medeltemperatur kommer att gå. Temperaturen på jorden kommer att stiga, något som enligt vissa forskare redan börjat.

Illustration av Växthuseffekten



Figur 1: Solljuset tränger ner genom jordens atmosfär. Jordytan värms upp och värmen strålar sedan ut igen. En del av den utgående värmestrålningen reflekteras av den koldioxid och andra gaser som finns i atmosfären. Ju mer växthusgaser ju mer värme reflekterastillbaka, och desto varmare blir jordytan. Här har för åskådlighetens skull växthusgaserna i atmosfären ersatts av ett tunt lager.

LITE OM DE VIKTIGASTE VÄXTHUSGASERNA

Människan har genom stora utsläpp från industri och trafik börjat påverka gasinnehållet i atmosfären allt mer. Genom att påskynda det naturliga kretsloppet av vissa växthusgaser, och genom utsläpp av nya gaser som påverkar växthuseffekten rubbar hon värmebalansen.

De gaser som man vet kan påverka är främst Koldioxid (CO_2), Metan (CH_4), Dikväveoxid (N_2O), Ozon (O_3), Haloner och Klor-Flour-Karboner (CFC) .

En kortfattad genomgång av de viktigaste växthusgaserna kan nu vara på sin plats.

Tabell 1: Växthusgasernas halt och livslängd i atmosfären, samt deras respektive värmeabsorption.

	Halt i atmos- fären (ppbv)	Nuvarande haltökning i atmosfären (% per år)	Livslängd i atmos- fären (år)	Absorption av värme- strålning (i förhållande till koldioxid)
Koldioxid	350 000	0,4	3- 5	1
Metan	1 800	1	5- 10	25
Dikväveoxid	304	0,25	100-150	250
Ozon (i troposfären)	40-80	1	månad	2 000
CFC ₁₁ (Freoner)	0,23	5	74	20 000
CFC ₁₂ (Haloner)	0,4	5	110	20 000

ppbv = parts per billion volume (hur många av en miljard molekyler som utgörs av föreningen i fråga)

Tabellen är hämtad ur Naturvårdsverkets skrift: VÄXTHUSEFFEKTEN - Orsaker, effekter och möjliga åtgärder, sid 21 (1).

KOLDIOXID (CO₂)

Koldioxid ingår i det naturliga kretsloppet. De levande organismerna utsöndrar och tar upp koldioxid. Skogsbränder avger koldioxid, men de träd som sedan växer upp absorberar den igen.

Människan har alltid eldat, och bidrar därmed till utsläpp av Koldioxid. Men eftersom allt bränsle togs av det som växte i den närmaste omgivningen, och nya växter tog de uppeldades plats, så blev nettoutflödet noll.

Efter industrialiseringen har människan börjat elda upp fossila bränslen såsom gas, olja och kol. Den koldioxid som uppkommer vid förbränningen av dessa bränslen, är ett rent tillskott till innehållet i atmosfären. Växthuseffekten kan därför öka.

En annan sak som kan öka koldioxidinnehållet i atmosfären är de stora skogsskövlingarna i tropikerna, och andra förändringar av markens beskaffenhet, som exempelvis utdikning av våtmarker. Dessa verksamheter minskar biomassan och därmed jordytans förmåga att binda och absorbera luftens koldioxid.

METAN

Metangas har ett antal naturliga källor som är mycket svåra att påverka, såsom sumpgas från våtmarker, idisslande djur och från insekter.

Människan bidrar genom olika aktiviteter till att öka metan-utsläppen. Detta genom att föda upp idisslande djur, odla ris med mera.

Andra mänskliga aktiviteter som ökar utflödet av metan är förbränning av biobränslen, förluster vid utvinning av naturgas och dylikt, samt utsläpp från de stora avfallsdepåer som människan lägger upp.

Att ta vara på metanen och förbränna den till koldioxid och vatten, skulle minska effekten till en 1/25 del.

DIKVÄVEOXID

Även dikväveoxid finns med i det naturliga kretsloppet, genom att den utsöndras från mikroorganismer i markytan och i havet.

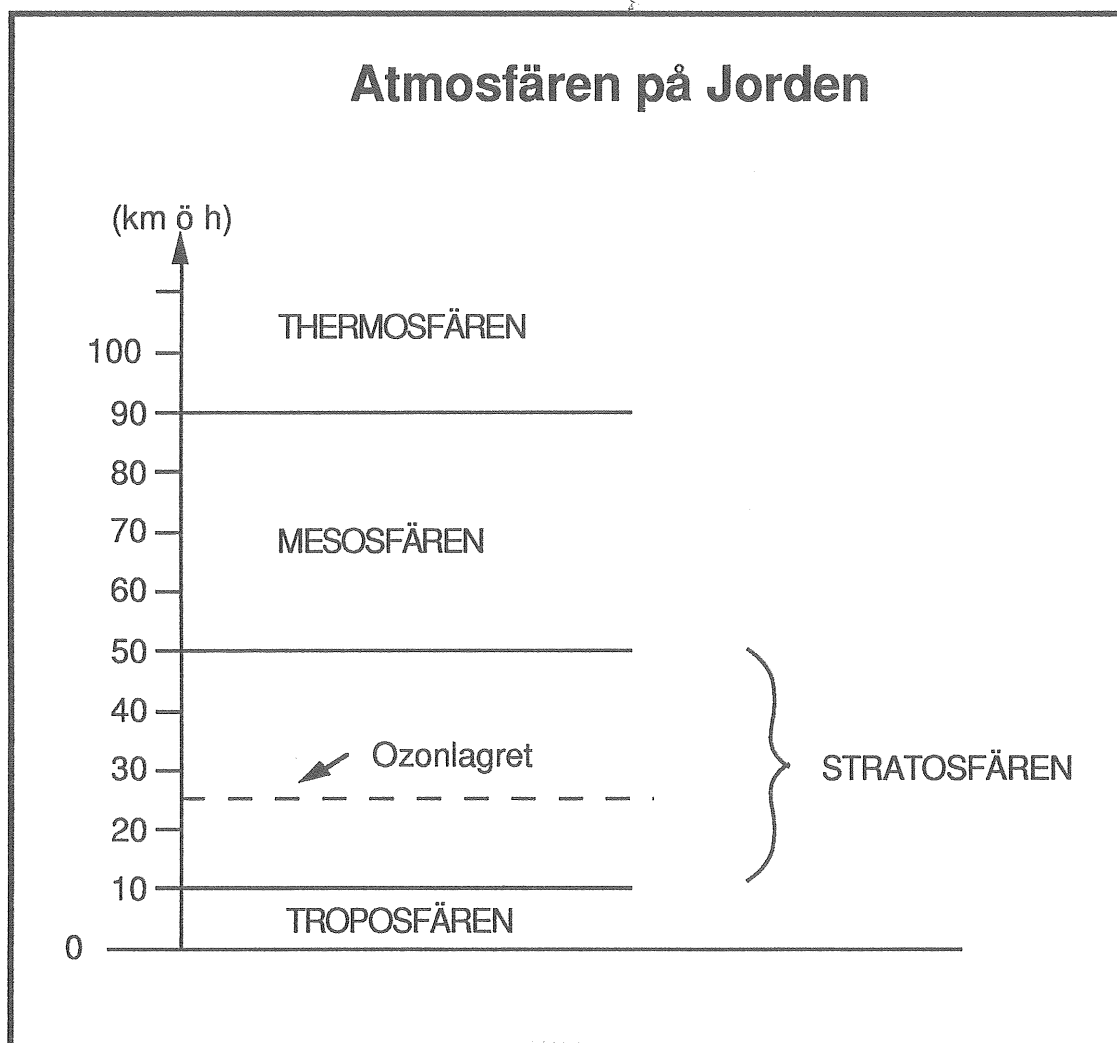
Människan bidrar till att förändra dikväveoxidens naturliga kretslopp. Det sker främst genom förbränning av både biomassa och fossila bränslen. Även omvandling av mark till jordbruksmark, och gödning av mark ökar dikväveoxidutflödet.

OZON

Ozon är lite annorlunda än de övriga växthusgaserna. Ozonet bildas i atmosfären genom olika fotokemiska reaktioner.

Beroende på var i atmosfären det bildas, är Ozonet antingen skadligt eller livsnödvändigt. Det skadliga Ozonet finns i troposfären, atmosfärens nedersta skikt, och det bildas på grund av

utsläpp av koldioxid, kväveoxider och kolväten. I stratosfären högre upp finns det nyttiga Ozonet, som skyddar de levande organismerna från alltför hög dos av UV-strålning från solen. Detta Ozonlager tunnas ut vid utsläpp av främst Klor-Flour-karboner i atmosfären.

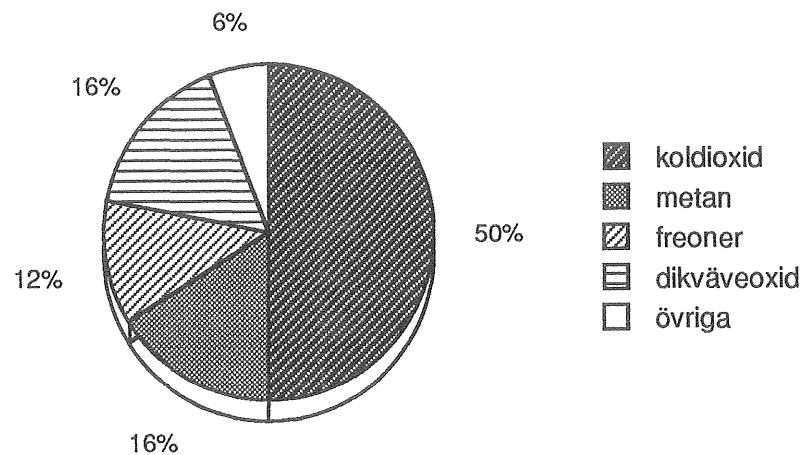


Figur 2: Illustration över var i atmosfären det skyddande Ozonlagret finns.

KLOR-FLOUR-KARBONER (CFC) (Freoner)
HALONER (Bromerade flourkarboner)

Dessa gaser är uppfunna av människan och tillverkas industriellt. CFC används bland annat som drivgas i sprayflaskor och i köldmedium. Haloner (CFC_{12}) används mest som brandsläckare. Utsläpp av dessa gaser både ökar växthuseffekten, och skadar det skyddande ozonlagret.

Hur kommer respektive växthusgasers relativa bidrag till växthuseffekten att bli? Den växthusgas som släpps ut i störst mängd är koldioxid. Påverkan på grund av denna kan vara så stor som 50%. Metan, dikväveoxid och freon ger vardera ungefär lika stora bidrag.



Figur 3: Visar de viktigaste växthusgasernas relativa bidrag till växthuseffekten.

Intresset riktas på grund av detta främst mot koldioxiden. Denna gas är också relativt enkel att påverka utsläppen av. Utvecklingen kan tänkas ske efter något av tre scenarier.

- * **LÅGT UTSLÄPP**- inga ökande utsläpp under cirka 40 år, och sedan minskande.
- * **MÅTTLIGT UTSLÄPP** med en ökning av utsläppen de närmaste 40 åren med 1-2% per år och sedan en minskning, vilket ger en fördubbling av halten år 3000.
- * **Höga utsläpp** som skulle fördubbla koldioxidhalten år 2050.

HUR PÅVERKAS KLIMATET ?

Jordens klimat är långt ifrån stationärt. Det har varierat en hel del genom åren.

Under den senaste istiden var till exempel jordens medeltemperatur 5 grader kallare än den är idag. De senaste tusen åren har temperaturen varierat med 1-2 °C.

Temperaturfördelningen över jorden uppvisar också stora lokala variationer.

Under den senaste 100-års perioden har man kunnat notera en höjning av medeltemperaturen med 0.5 grader. Huruvida detta är en produkt av växthuseffekten eller ej är dock mycket svårt att bestämma. Det kan lika gärna vara en naturlig variation.

Hur klimatet beter sig vid en eventuell höjning av medeltemperaturen är man mycket intresserad av. Ett antal klimatmodeller har därför upprättats på det området. Det är dock på grund av klimatets komplexitet mycket svårt att få en sådan modell säker. Man måste ta med i beräkningen ett antal osäkra faktorer. Dessa är bland annat växelverkan mellan atmosfär och hav. Man kan mycket mera om luftens beteende än om havets. Många kopplingar är dock osäkra såsom hur moln byggs upp och påverkar temperaturen. Atmosfären kan ändra sammansättning genom att nya ämnen kommer till. Klimatet fördelar sig inte linjärt, utan olika extrema temperaturer kan uppkomma på enstaka platser, och dessa platser är svåra att förutse.

Naturvårdsverkets skrift, "Växthuseffekten- Orsak, effekter och möjliga åtgärder" anger de vanligast förekommande slutsatserna som de nu existerande klimatmodellerna ger. Dessa är:

- * Den globala medeltemperaturen ökar med 1,5 - 4,5°C.
- * Nederbörden ökar i genomsnitt. Vissa regioner kan dock mycket väl få minskad nederbörd.
- * Temperaturökningen blir störst närmast polerna. Här ökar sannolikt också nederbörden mer än genomsnittet.
- * Markfuktigheten minskar på lång sikt i det inre av kontinenterna i de tempererade områdena.

Bevis för om vi verkligen får en ökad växthuseffekt, och om klimatmodellerna i så fall är korrekta kan vi få redan inom de närmaste decennierna.

EFFEKTER AV HÖJD MEDELTEMPERATUR

Den temperaturökning som blir följden av en stegrad växthuseffekt väntas bland annat få dessa effekter:

Höjning av havsytans nivå. Detta främst på grund av havsvattnets expansion vid höjd temperatur. En beräkning av denna havshöjning finns i bilaga B. Dessutom kan det bli ett visst bidrag från avsmältande is vid polerna, främst Antarktis.

Havsströmmarna kan förändras både till riktning och flöde på grund av en ändrad cirkulation i världshaven.

Världens sötvattenssystem får annorlunda flöden och nivåer. Detta påverkar bland annat vattenkraftproduktion och dricksvattenförsörjning.

De förändrade nederbörds-, och temperaturfördelningarna påverkar i hög grad skogs- och jordbruk. Hur påverkan kommer att bli är svårt att förutse på grund av stor osäkerhet vad gäller de lokala variationerna. Generellt kommer dock vegetationszonerna att förskjutas mot polerna.

De naturliga ekosystemen påverkas förstås också, då de yttre förutsättningarna förändras.

ALLMÄNNA KONSEKVENSER I SVERIGE

Vilka konsekvenser får då en ökad växthuseffekt här i Sverige?

I Naturvårdsverkets skrift har modellberäkningar gjorts enligt ett scenario med en fördubblad koldioxidhalt. Dessa ger följande konsekvenser för Sverige: (Observera att osäkerheten är stor om modellerna beskriver klimatet över klotet rätt. Osäkerheterna för ett begränsat område som Sverige blir ännu större.)

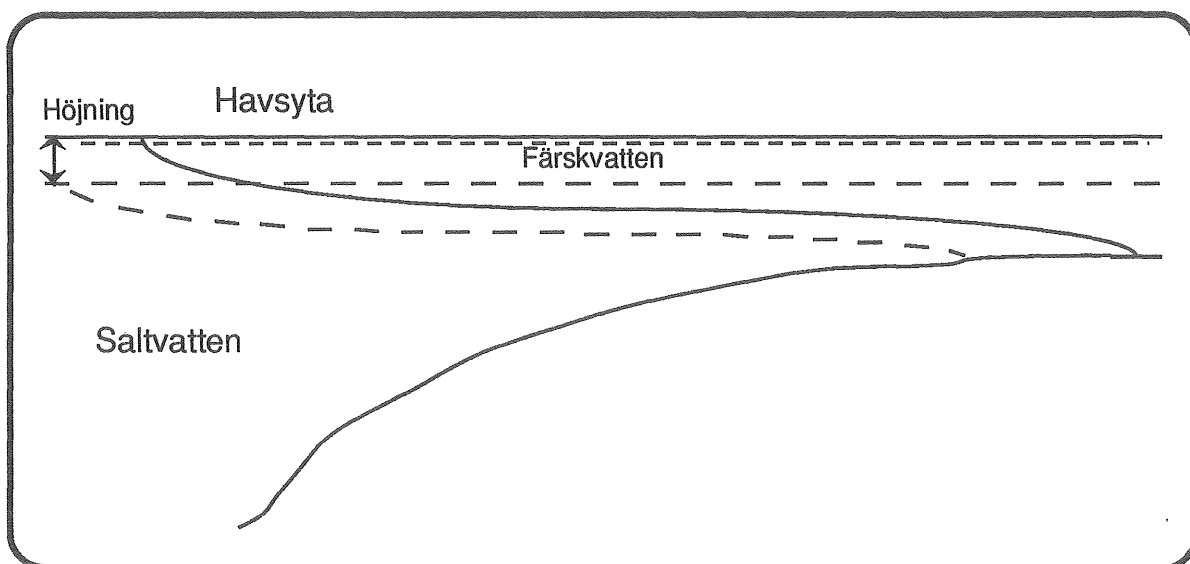
Medeltemperaturen ökar med 3-5 °C i norra och 3-4 °C i södra Sverige de närmaste 100 åren. Detta medför dels en 10-30% ökad nederbörd på grund av att atmosfären kan hålla mera vatten vid högre temperatur. Också avdunstningen ökar.

Vegetationsperioden blir längre. Den antas öka med cirka 50 dagar.

Havsytans nivå stiger. Landhöjningen kompenserar i någon mån detta, dock ej i södra Sverige.

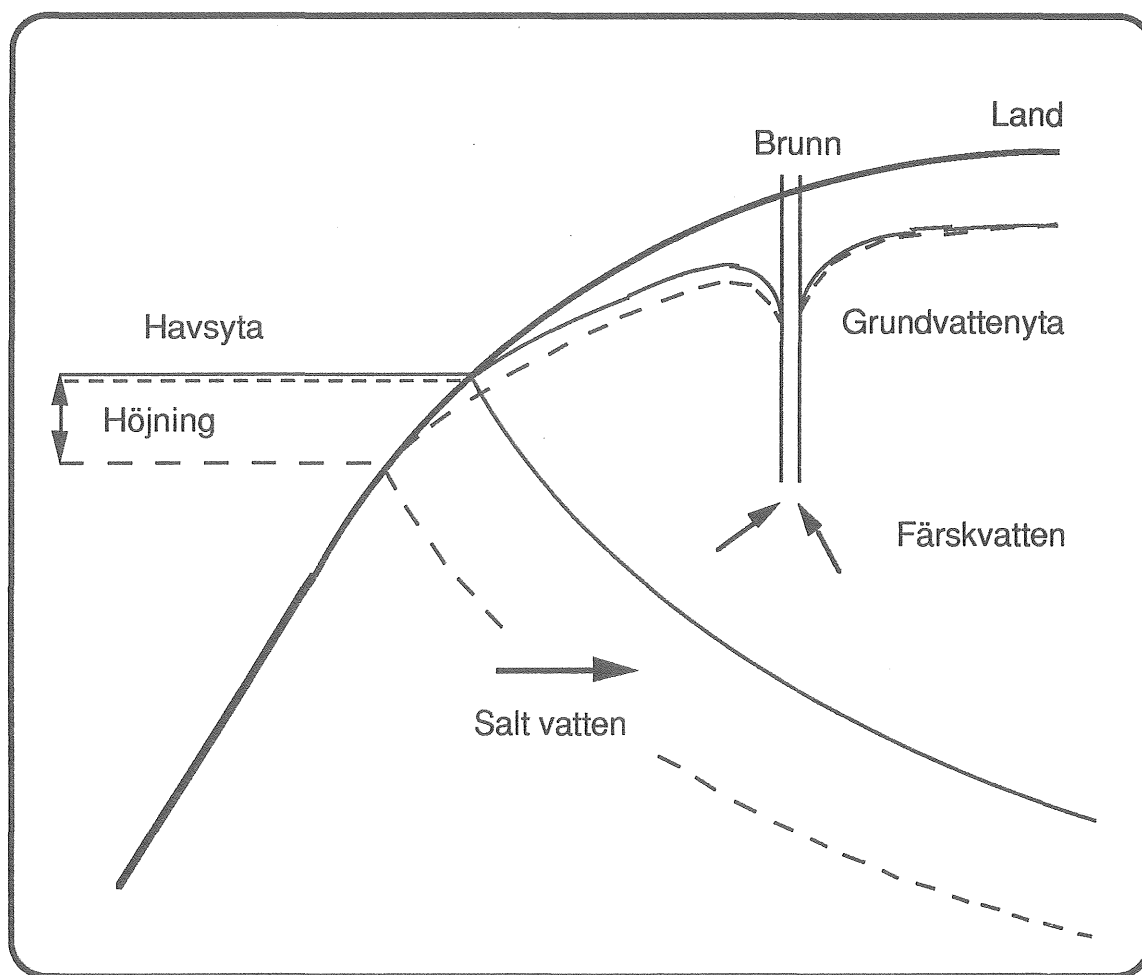
De områden som gränsar till havet får en ökad översvämningsfrekvens. Detta medför en större erosion på framförallt de erosionskänsliga sandstränderna i södra Götaland. En ökad översvämningsfrekvens ger också problem i tätorter vid havet, där avlopps-, och dagvattenledningar kan däckas. Kajer och vägar kan dessutom undermineras. Grundvattenivån höjs i havsnära områden, med de för och nackdelar som det innebär.

Havshöjningen ger också, främst i sandiga jordar, en ökad saltvatteninträngning, vilket kan påverka dricksvattentäkter. Saltvatteninträngningen blir stor i de sötvattenssystem som är flacka och i dag ligger nära havsytans nivå. Göta Älv är ett typiskt exempel på ett sådant vattendrag. På grund av detta kan flora och fauna, och även vattenförsörjning påverkas. Hur saltvatteninträngningen sker, kan ses i figur 4a och 4b. Saltinträngningen kan också medföra störningar på markförlagda el-, och teleledningar.



Figur 4a: Saltvatteninträngning i ett flackt vattendrag. En höjning av havets nivå gör här att saltvattnet kan tränga längre inåt land.

Observera att figuren visar det principiella utseendet och att skalorna är olika i horisontal- och vertikalled. Saltvatteninträngning kan ske upp till flera mil från kusten i ett flackt vattendrag.



Figur 4b: Saltvatteninträngning på grund av havshöjng i en porös jordart. Man kan här se hur saltvattenfronten tränger in och hotar en brunn.

Förändringarna av temperatur och nederbörd får även de följder, eftersom flöden och vattenomsättning ändras i sötvattensystemen. De naturliga vattensystem väntas få en ökad avrinning. Denna uppgår till 15%. En konsekvens av detta kan bli en ökad vattenkraftproduktion.

Hav och sjöar får en ändrad biologisk sammansättning. Primärproduktionen ökar, vilket medför en ökad bakteriaktivitet och förändring av faunan.

Naturligtvis får klimatförändringarna också konsekvenser för skogs- och jordbruket, främst på grund av den förlängda vegetationsperioden och ökande nederbörd. Naturen i övrigt får en delvis förändrad sammansättning och även växtsjukdomar och skadeinsekter kan få bättre livsbetingelser.

KONSEKVENSER FÖR GÖTEBORG AV VÄXTHUSEFFEKTEN

En av drivhuseffektens följder är som tidigare nämnts en ökad nederbörd. Denna kommer inte att falla oftare. Däremot blir det regn som faller intensivare, med ett större vatteninnehåll eftersom luften vid högre temperaturer innehåller mer vatten. (Sommarregn är mer intensiva än höst-, och vårregn.)

På grund av detta kommer dagvattenssystemet att få en högre belastning. Vissa ytor får en ökad erosion på grund av rinnande vatten.

Vattenföringen i Göta Älv kommer oftare att vara hög på grund av större regnvattenmängder, vilket höjer översvämningens risken betydligt, speciellt i kombination med lågtryck och hårda västvindar.

Den effekt som väntas bli mest märkbar i Göteborg är höjningen av havets medelnivå. På grund av denna blir det oftare så högt vattenstånd, att översvämningarna blir allvarliga. Större arealer än tidigare kan dessutom drabbas. Smärre översvämningar blir relativt vanliga om inget görs för att förhindra detta.

Vad kan då dessa oftare förekommande och häftigare översvämningar leda till?

Ett problem kan bli erosion av oskyddad mark. Detta drabbar i Göteborg främst parkområden. Kajer, vägar med mera som löper längs älven och kanalerna kan drabbas av underminering, speciellt vid älven, där vågor kan förekomma. Detta kan leda till sättningar, vilket i sin tur ger skador på rörledningar. Översvämningar kan drabba husens källare, och om de inte är förberedda för detta, orsaka omfattande skador. Även skyddsrum, som ofta ligger i källare, kan beröras.

En utförligare studie över översvämningarnas effekter i centrala Göteborg kommer senare.

Ett annat problem kan uppstå, då dagvattenledningar mynnar under havsnivån. Detta kan orsaka omfattande dämning på grund av en höjd nedströmsnivå och en kraftigt ökad dämning, vilket kan ge översvämningar. Även avloppsledningar kan drabbas vid olyckliga omständigheter.

Också hur dessa problem drabbar centrala Göteborg behandlas mera i detalj senare.

Höjningen av havets nivå kan också orsaka saltvatteninträngning i grundvattnet och i Göta Älv. Nu drabbas knappast Göteborg av salt grundvatten då leran som staden vilar på är ganska tät. Däremot kan vattenintaget i Göta Älv drabbas då saltvatten tränger in längs älvens botten. Detta saltvatten kan tränga ganska långt, då älven är mycket flack.

En annan effekt av havsytans medelhöjning blir en förhöjd grundvattennivå i anslutning till älv och kanaler. Detta kan ge problem för exempelvis el-, och teleledningar.

Göteborg är en stad med stora och ojämna sättningar. Dessas förlopp kan förändras om grundvattennivån höjs.

Andra som kan tänkas drabbas av den högre havsnivån med de över-
svämningar med mera som blir följden är bland andra Spårvägen,
SJ, vägtrafikanterna, rederierna med flera.

ÅTGÄRDER

ÅTGÄRDER SOM BROMSAR VÄXTHUSEFFEKTEN

De åtgärder som bromsar växthuseffektens ökningstakt är först och främst begränsning av utsläpp av de gaser som bidrar till denna.

Den växthusgas som är vanligast förekommande, (står för cirka hälften av växthusgaserna), och är lättast att komma åt är koldioxid. En sänkning av utsläppen får också relativt snabb effekt på grund av den ganska korta halveringstiden i atmosfären.

De ämnen som ger störst tillskott till atmosfären av koldioxid vid förbränning är de fossila bränslena, såsom kol, olja och naturgas. Det är därför önskvärt att minska användandet av dessa till förbränning, en åtgärd som dock är svår att genomföra rent politiskt / praktiskt.

I Naturvårdsverkets skrift "Växthuseffekten; Orsak, effekter och möjliga åtgärder" nämns siffran 70% som en önskvärd siffra på minskning av koldioxidutsläppen från fossila bränslen. Detta mål blir dock svårt att uppnå, men med ansträngningar kan en nedskärning med 50% bli möjlig inom 40-50 år.

Hur kan då dessa utsläpp begränsas?

En bra sak att börja med är att förändra fördelningen av de fossila bränslen som används till förbränning. Det är nämligen så, att kol ger 20% mer koldioxidutsläpp än olja och 60% mer än naturgas för samma energiproduktion. Man får försöka fördela användandet, så att mer naturgas och mindre kol och olja förbränns. Ett annat sätt att få ned koldioxidutsläppen är hushållning med energin, det vill säga en effektivare användning.

Man kan också gå över till alternativa bränslen som ger lägre utsläpp. Ett bra alternativ är biobränslen som förbränns relativt nära växtplatsen.

Satsningar på förnyelsebara energikällor är också bra. Exempel på sådana är bland annat vattenkraft och vindkraft. Dessa kan inte helt ersätta förbränningsenergin, men de gör att totalnivån koldioxid blir lägre.

Bränning av skog för att ge nya arealer åt bland annat boskaps-skötsel bör ej ske. Bortgallrad skog bör i högre grad än vad som sker idag användas som biobränslen.

Ett stort bidrag till minskningen av koldioxidutsläpp skulle vara rening av de rökgaser som släpps ut. Detta är dock termodynamiskt omöjligt då det kräver lika mycket energi som förbränningen ger. Man skulle dock kunna leda koldioxiden direkt till havet. Havet har dock en begränsad buffert.

Eftersom koldioxid endast utgör hälften av växthusgasmängden, bör man även försöka begränsa de övriga växthusgaserna, såsom CFC, Haloner, Dikväveoxid, Metan och Ozon.

Varför de övriga växthusgaserna ökat på senare tid är ej fullständigt känt. Det kan dock vara av intresse att minimera utsläppen från de källor vi vet om.

CFC och Haloner som är helt industriellt framställda bör ur växt-hushänseende helt tas bort. Nu har på många ställen användningen av CFC starkt begränsats på grund av debatten om hålet i Ozonlagret över Antarktis. Det har visat sig vara relativt enkelt att ersätta CFC med nya ämnen. Även Halonerna kommer troligen att kunna ersättas så småningom. Problemet med att ersätta freoner och haloner är av ekonomisk art. Ersättningskemikalierna är helt enkelt dyrare.

Dikväveoxid kan minskas genom begränsning av förbränningen av fossila bränslen, vilket går helt i hand med koldioxidkravet. Ett annat sätt att minska dikväveoxidmängden är att hantera kvävehaltiga gödningsmedel annorlunda. Dikväveoxid kan också renas katalytiskt, (detta sker idag i bilarnas katalysatorer), skrubbas, eller reduceras med tillsatser vid rökgasrening.

Utsläppen av Metan från naturgasanläggningar, kan sänkas genom att man minskar läckorna i det system för utvinning, distribution och användning som finns idag. Det kan även vara önskvärt att minska metanutsläppen från bland annat risodling och boskaps-skötsel, genom att exempelvis avfallsprodukter tas omhand. Metanutsläppen från avfallshanteringen går att minska, så att kolet i avfallet blir koldioxid istället för Metan genom förbränning. Denna åtgärd är i och för sig inte bra med hänsyn till koldioxidutsläppen, men eftersom metan är 25 gånger farligare som växthusgas och en energivinst fås, är det önskvärt.

Ozonutsläppen bör också minskas. Detta sker främst med hjälp av sänkta utsläpp av bland annat kväveoxider och kolväten.

En förutsättning för att växthusgaserna skall minska så mycket att en märkbar effekt kan uppnås, är ett internationellt samarbete i frågan. Här bör de rika länderna föregå med gott exempel. Ett steg i rätt riktning togs på en konferens i Toronto i juni 1988.

Rekommendationerna från denna hittas i Naturvårdsverkets skrift (2). Så här lyder dessa.

- * Koldioxidutsläppen bör som ett första steg minskas med 20% till år 2005.
- * Koldioxiden bör under de närmaste 40-50 åren minskas med minst 50%.
- * Användningen av fullständigt halogenerade CFC-föreningar bör elimineras praktiskt taget fullständigt till år 2000.

Liknande rekommendationer har senare beslutats om på andra håll.

I Naturvårdsverkets skrift (2) anges även vad Sverige kan göra för att bidra till att förhindra de globala effekterna av en ökad växthuseffekt. Sverige kan:

- * Delta aktivt i det internationella samarbetet.
- * Begränsa sina egna utsläpp av koldioxid, CFC och andra
- * Stödja energieffektivisering, ökat utnyttjande av förnyelsebara energikällor och bevarande av de tropiska skogarna i biståndsarbetet.
- * Satsa på forskning och utveckling för att öka förståelsen av såväl de mekanismer som bestämmer jordens klimat, som möjligheterna att motverka klimatförändringar.

Om man av någon anledning inte klarar att begränsa utsläppen av växthusgaser tillräckligt mycket, återstår bara att anpassa sig till nya förhållanden.

ÅTGÄRDER FÖR ATT MINSKA VERKNINGARNA AV VÄXTHUSEFFEKTEN

Den huvudsakliga påverkan som en ökad växthuseffekt kan tänkas utöva på dessa breddgrader är höjd medeltemperatur, ökad nederbörd och ett höjt medelvattenstånd i havet. Även stormfrekvensen kan tänkas öka.

De delar av Sverige som kommer att drabbas mest, är kustområdena. Vad kan då en kustkommun göra för att skydda sig mot växthuseffektens verkningar. Man kan tänka sig följande tre handlingsalternativ enligt L. Orrskog (3) :

- * Man försöker vidta åtgärder vid källan (teknik och livsformer för mindre utsläpp av växthusgaser).
- * Man vidtar direkta skyddsåtgärder.
- * Man gör upp offensiva planer som utnyttjar nya möjligheter.

I verkligheten kombineras handlingsalternativen. Det finns ingen enkel lösning, utan alla måste dra sitt strå till stacken.

Inom detta examensarbets ram faller endast den andra punkten. Vilka skyddsåtgärder kan vidtagas ?

Vattenståndshöjningen i havet kan tänkas orsaka omfattande översvämningar. En åtgärd som fungerar bra vid måttliga höjningar är invallningar av skyddsvärda områden. Detta kombineras med pumpning av inläckande vatten. Man kan också tänka sig att, om grundläggnings- förhållandena så tillåter helt enkelt höja marknivån, för att kunna bevara bland annat viktiga hamnområden och transportleder. Hus är dock svåra att rädda på detta vis, utan här får invallningar göras.

Även de dagvattensystem som finns blir allvarligt drabbade. De påverkas både av den ökade nederbörden och av en höjd nedströmsnivå. Om inga åtgärder vidtas kan detta leda till omfattande översvämningar. Det ökade regnvattenflödet kan tacklas genom att man ökar ledningarnas kapacitet vid den fortlöpande renoveringen av dagvattensystemet. En annan åtgärd kan vara att sätta in pumpar så att flödet ökar med samma rörarea. Vid måttliga vattenståndshöjningar kan det räcka med högvattenluckor i nedströmsänden. Om däremot höjningarna blir stora måste pumpar sättas in så att vattnet tvingas ut. Ett alternativ kan också vara att öka rör-

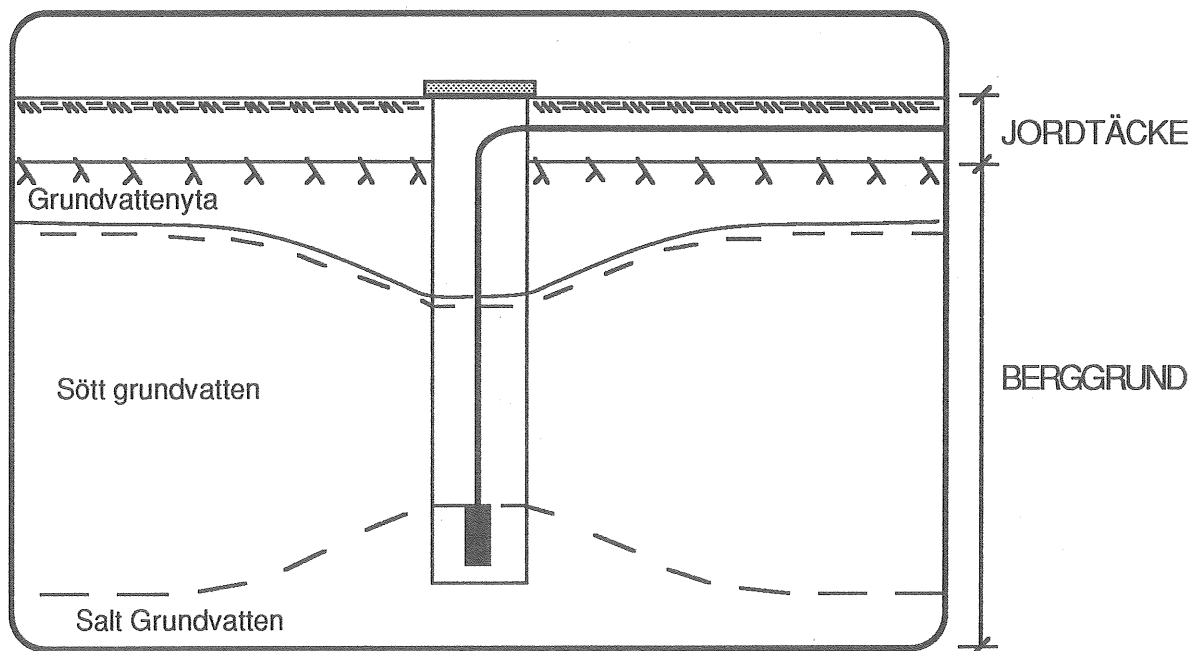
dimensionen i ledningssystemet. Detta är dock dyrt att genomföra i praktiken.

Det finns också ett annat problem som en ökad nivå i havet kan innebära. Vattnen som omger Sverige är mer eller mindre salta, och om de höjs kan på vissa håll flacka vattendrag som mynnar i havet hotas av saltvatteninträngning, se figur 4a. I de vattendrag där betydande saltinträngning kan tänkas äga rum kan man antingen försöka förhindra den, eller anpassa sig efter de nya förhållandena. Problem uppstår främst vid vattenintag där risken för att saltvatten följer med ökar.

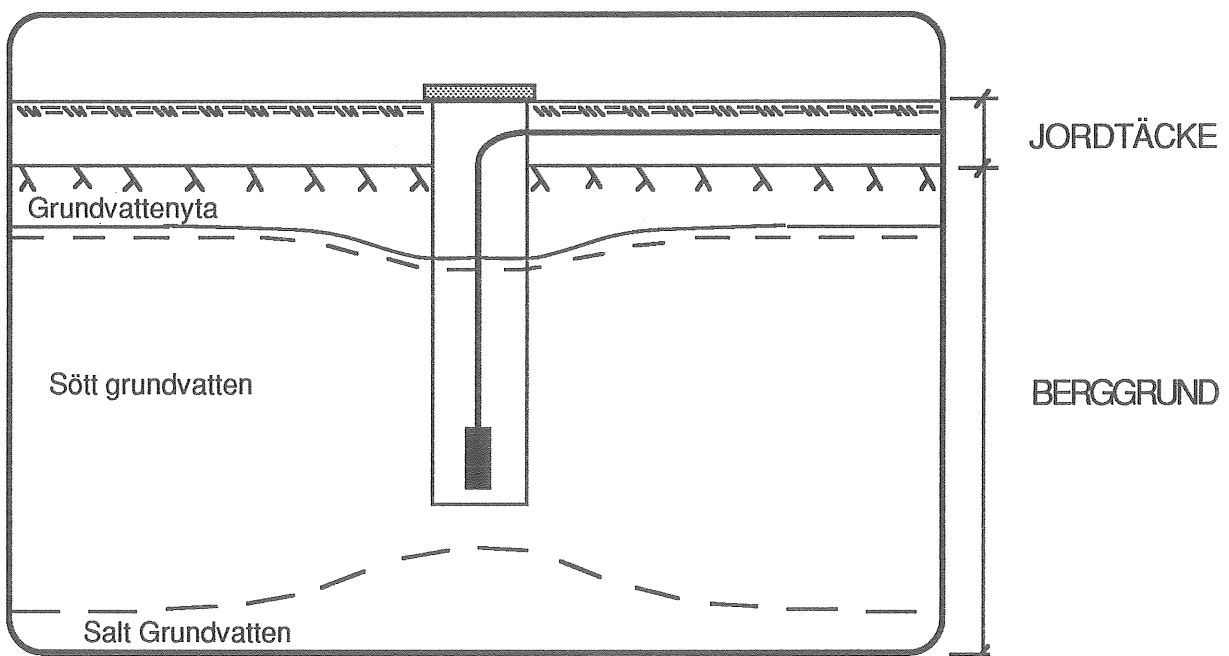
Saltvatteninträngning kan också drabba grundvattnet. Detta hotar kustnära brunnar, se figur 4b.

För att förhindra negativa effekter i vattendrag kan man öka vattenföringen i vattendraget vid lågvatten. Detta kan eventuellt växthuseffekten själv råda bot på genom ökad nederbörd. För att förhindra saltvatteninträngning i brunnen kan man begränsa uttaget av färskvatten.

Om man inte kan förhindra saltvatteninträngning i kustnära vattentäkter får man anpassa sig. I flacka floder får eventuella färskvattenuttag flyttas uppströms. Industrin kan i många fall anpassa sig till högre salthalter i sitt vatten. När det gäller brunnar får man göra fysiska barriärer av olika slag. Om kritiska lägen uppstår, som exempelvis extrema högvatten, kan infiltration av färskvatten bli aktuellt. Brunnens botten kan höjas. Uttaget ur brunnen kan fördelas över längre tid med lägre flöden och därmed en mindre avsänkningstratt kring brunnen(4), se figur 5.



Figur 5a: Här har uttaget varit så stort att salt grundvatten kommit in i brunnen. Lämpliga åtgärder för att få bort saltvattnet ur brunnen är att höja brunnens botten och/eller minska uttaget.



Figur 5b: Brunnen efter vidtagna åtgärder.

ÅTGÄRDER SOM KAN BLI AKTUELLA I GÖTEBORG

En av växthuseffektens verkningar är en ökad nederbörd. Detta kan innebära en ökad belastning på dagvattenssystemet. Man får undersöka om kapaciteten räcker till, och eventuellt sätta in pumpar eller på annat sätt öka denna. Smärre översvämningar kan tillåtas under kortare perioder. I Göteborg är systemet väl tilltaget, och en moderat ökning behöver inte leda till så omfattande översvämningar att en utbyggnad är nödvändig. En koncentration av åtgärder till "kritiska ledningssträckor" kan avsevärt förbättra ledningssystemens funktion.

En översikt av erosionsskyddet kan bli nödvändig då den ökade regnmängden kan orsaka erosion på ej hårdgjorda ytor. Både rinnande vatten på marken, och högre vattenstånd i älv och vallgravar kan orsaka detta. Kanske måste nya erosionsskydd göras, där det tidigare inte fanns några.

En annan verkning av växthuseffekten är en höjning av havets nivå. Denna nivåhöjning är kanske den effekt som blir mest märkbar för Göteborgs del.

Göteborg är en stad med skiftande topografi. Berg sticker upp ur en relativt plan, leryta. Göta Älv är relativt flack, och påverkas av havets nivå vid mynningen. Områdena närmast älven ligger relativt lågt, varför stora delar av centrala staden kan drabbas av översvämningar om havets medelnivå höjs. Högvatten förutsätts ligga lika mycket över medelnivån oavsett hur högt denna stiger. Bergytans topografi har en kraftig relief även under markytan. Berg i dagen och lerdjup på femtio meter eller mer finns ibland så tätt som under samma byggnad. Detta kan ge upphov till stora och ojämna sättningar, om belastningen på leran ändras. Det finns dock även några positiva effekter med en höjd medelnivå i havet. Vid en höjd grundvattennivå minskar belastningen och därmed sättningarna. Risker för röta i trärustbäddar och träpålar minskar också.

Som tidigare nämnts kan översvämningarna ge upphov till flera problem, såsom exempelvis erosion, underminering, vattenskador i fastigheter, dämning i dagvattenssystem, störningar i trafiken med mera.

Andra följder som havshöjningen får är en höjd grundvattennivå, saltinträngning i älven med mera.

Vad kan man då göra för att tackla dessa problem?

ÖVERSVÄMNING

Det enklaste sättet att komma tillrätta med översvämningarna, är att bygga vallar som helt enkelt förhindrar dessa. I Göteborg kan sådana vallar bli aktuella längs vallgravens, stora hamnkanalens och älvens stränder. Denna lösning kan kombineras med pumpar i strategiska punkter. Högre kajer i hamnen kan bli aktuella. Transportleder av olika slag, kan höjas genom utfyllnader. Här måste dock tas i beaktande Göteborgs dåliga grundförhållanden. Vid de naturliga stränderna, bör erosionsskyddet ses över.

HÖJD GRUNDVATTENNIVÅ

En höjd grundvattennivå kan ställa till med vissa problem. Först och främst måste dräneringssystemet ses över, kanske räcker kapaciteten för att hålla grundvattennivån nere. I vissa källare och andra lågt belägna utrymmen kan det bli nödvändigt att installera pumpar för att undvika fuktskador. Vattenkänsliga installationer som till exempel el-, och teleledningar kan hamna i farozonen om grundvattnet stiger för högt. På vissa punkter kan en höjning eller flyttning bli aktuell. Sättningsförloppet hos vissa byggnader kan påverkas av en förändrad grundvattennivå. Detta måste kontrolleras.

Dagvattensystemet bör förses med backventiler och högvattenluckor vid utlopp. Detta för att förhindra bakåtrinning, med översvämning som följd. Kanske måste pumpar installeras. Hela systemets plushöjd bör ses över.

SALTVATTENINTRÄNGNING

På grund av Göta Älvs flackhet förekommer en betydande saltvatteninträngning, det vill säga tyngre saltvatten från havet tränger långt inåt land längs älvens botten. Detta kan hota färskvattenintaget i älven. Göteborgs stad kan vid olyckliga omständigheter få in saltvatten från sin huvudsakliga vattentäkt Göta Älv. Redan idag sker en kontroll av saltinträngningen. Vattenintaget stängs av vid extrema högvatten. Detta måste ske oftare om vattennivån stiger. Om avstängningarna inträffar för ofta kan en

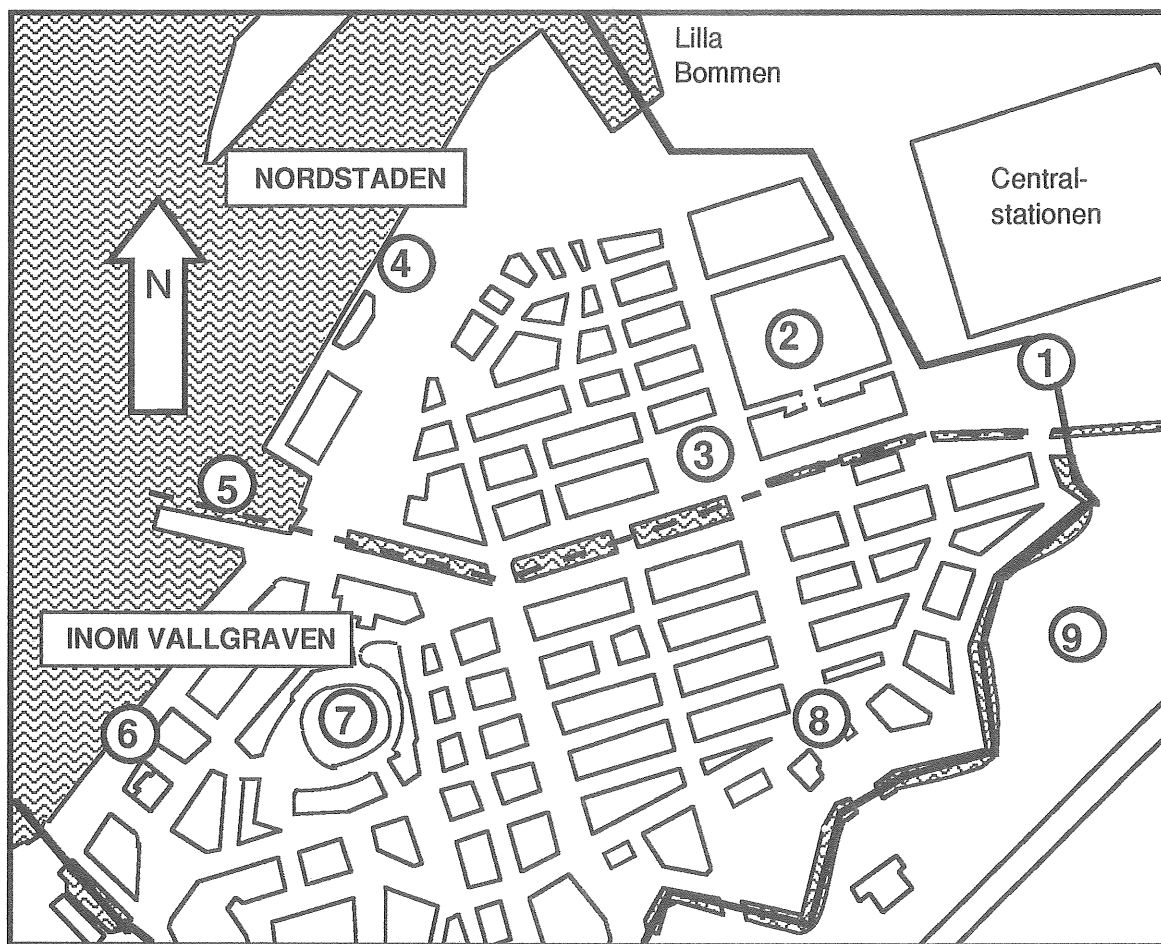
flyttning längre uppströms bli aktuell. Vad gäller industrins vattenuttag ur älven kan en anpassning till vatten med högre salt-halt ske. Påmasken kräver salt vatten för sin existens. Stadens äldre kajer grundlagda på träpålar exponerade för älvvattnet ligger långt in i hamnen. Om saltvattnet når längre in kan dessa kajers pålar förstöras av påmaskangrepp. Pålarna måste i så fall skyddas mot angrepp eller kajerna byggas om.

EFFEKTER FÖR GÖTEBORGS CENTRALA DELAR AV EN HÖJD HAVSNIVÅ

På grund av växthuseffekten uppkommer en global höjning av medeltemperaturen. De främsta effekterna av denna för Göteborg blir en ökad regnintensitet och ett högre medelvattenstånd i havet. Mer om detta kan läsas i kapitlet "Konsekvenser för Göteborg av växthuseffekten".

Några av de tidigare översiktligt behandlade konsekvenserna har studerats närmare för stadsdelarna inom Vallgraven och Nordstaden, som begränsas av Göta Älv, Rosenlundskanalen och Vallgraven. Se figur 6.

De konsekvenser som studeras är marköversvämning, källaröversvämning och uppdämning av rörledningar.



Figur 6: Här visas undersökningens geografiska begränsning. Heldragen linje visar områdets yttre kant. Streckad linje visar skiljelinjen mellan stadsdelarna "Nordstaden" och "Inom Vallgraven".

MARKÖVERSVÄMNING

Översvämning på grund av högvatten

En stor konsekvens av en höjning av havets medelnivå, är att högvattennivån oftare kommer att svämma över markytan i delar av centrala Göteborg. Detta inträffar redan idag vid extrema högvatten på vissa sällan i Göteborgs innerstad. Om havsnivån höjs kommer frekvensen av dessa marköversvämningar att öka. Kanske sker detta redan vid måttliga högvatten. I det fall att havets medelnivå höjs dramatiskt, kan det till och med bli möjligt att vissa platser ständigt ligger under vatten om inget görs.

På grund av detta blir en studie av de nuvarande nivåerna på markplanet, och en jämförelse med eventuella framtida vattenstånd intressant.

Några relevanta vattenståndshöjningar har valts, se tabell 2.

En jämförelse mellan de olika vattennivåerna och markytans nivå i anslutning till vatten, exempelvis längs Vallgravens och Göta Älvs stränder, ges i kartbilderna på sidorna 31 och 32.

Resultatet av denna jämförelse ger de platser som är i farozonen.

Tabell 2: Vattenstånd som valts vid nivåjämförelsen.

HÖJNING	MW	MHW	HHW
0	10,01	11,00	11,45
0,1	10,11	11,10	11,50
0,5	10,51	11,50	11,95
1,0	11,01	12,00	12,45

10,10 = Torshamnspirens nuvarande medelvattenstånd.

MW = Medelvatten

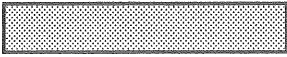
MHW = Medelhögvatten

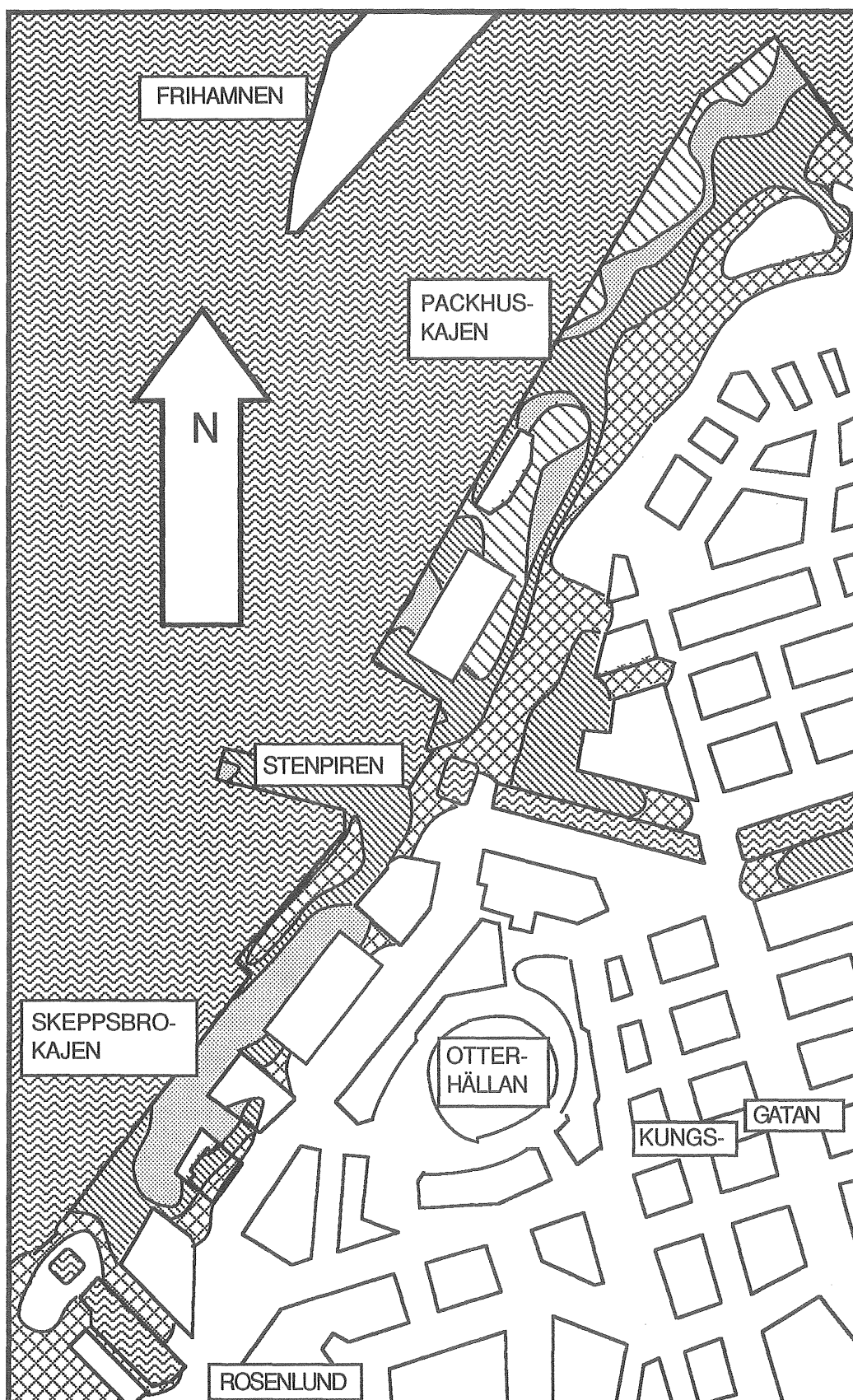
HHW = Högsta högvatten

De marköversvämningar som kommer att ske, visas översiktligt på sidorna 31 och 32 i skala 1:5500.

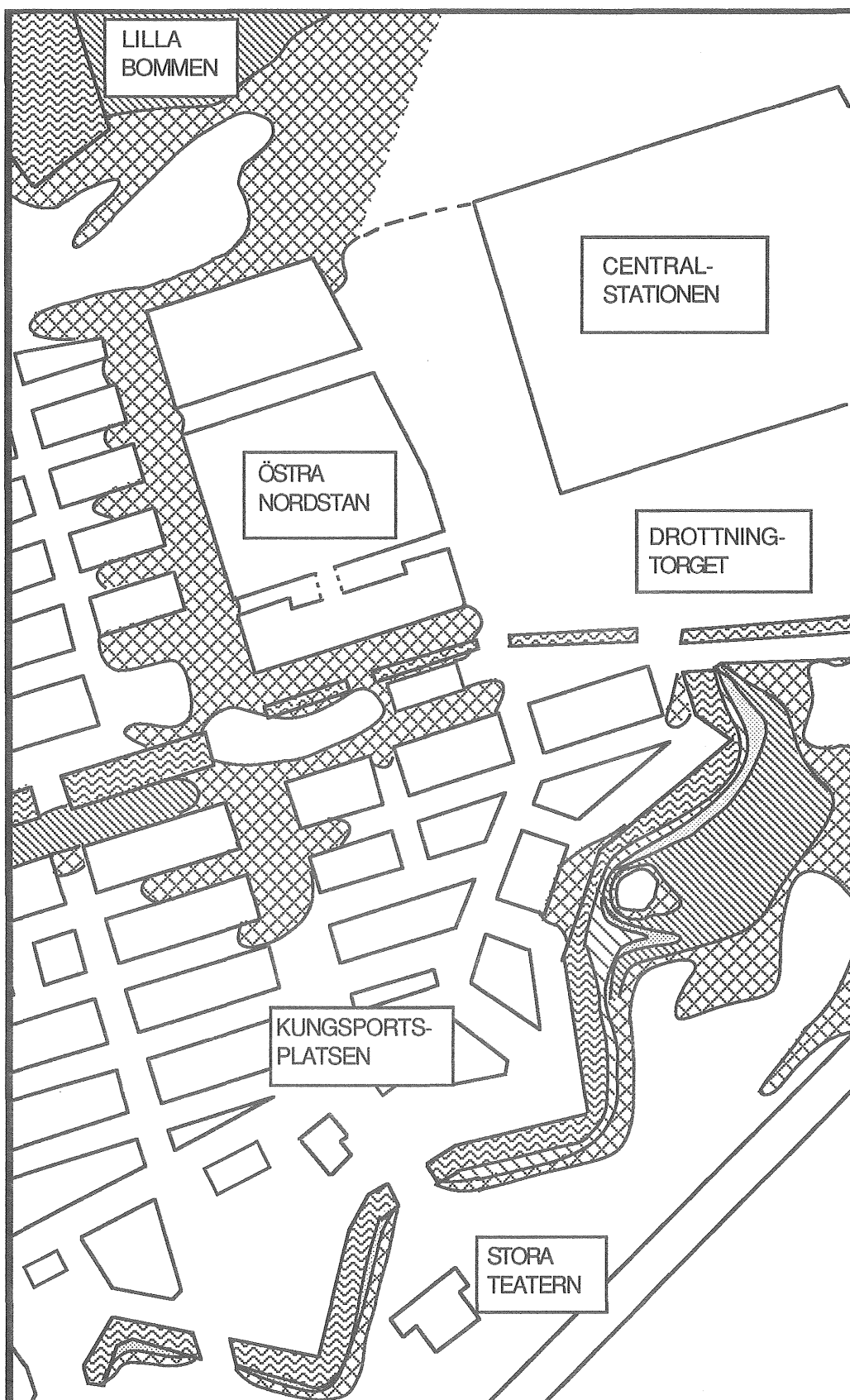
Tabell 3: De nivåer som kartan över marköversvämningar illustrerar är:

Högsta högvattennivå:

Höjning	Höjd gentemot rikshöjd	Färg på kartan
Idag	+ 11,45 m	
+0,1	+ 11,55 m	
+0,5	+ 11,95 m	
+1,0	+ 12,45 m	



Karta 1a: Illustration av översvämningarna vid högsta högvatten med olika höjningar av havsnivån, västra delen.
Skala 1:5500



Karta 1b: Östra delen. Skala 1:5500

De områden som visar sig ligga i farozonen med hänsyn till mark-översvämningar är bland annat hela älvstranden. Vissa områden som direkt gränsar till Vallgraven berörs också. Ett av dessa områden är den sida av Vallgraven som utgörs av parkområden. Andra områden är marken vid Feskekôrka, kvarteren kring Slussen, samt stora delar av Stora Hamnkanalens stränder, bland annat Brunnsparken.

Vad kan man då göra för att skydda dessa utsatta områden?

PARKOMRÅDENA

De parkområden som sträcker sig från Rosenlund till Slussen på Vallgravens södra sida höjer sig relativt brant ur vattnet. Detta gör att relativt små delar av dessa områden drabbas. Utanför vallgraven kan delar av Trädgårdsföreningen översvämmas ganska rejält om havsnivån höjs.

Den enklaste lösningen för parkernas del är att helt enkelt höja nivån på erosionsskyddet. Erosion är annars inget större problem i Vallgraven, då vattenhastigheten är låg och vågorna små. Vad gäller Trädgårdsföreningen kan invallningar behövas längs stranden för att förhindra översvämningar.



Bild 1: Exempel på högt vattenstånd av ett parkområde vid Vallgraven.

STORA HAMNKANALEN-FRÅN SLUSSEN TILL STORA BOMMEN

Vid Slussen blir effekterna endast kännbara om havets nivå stiger så mycket som en meter, och då endast i begränsad omfattning. Den enklaste lösningen är här att höja marknivån, så att den överstiger den farliga gränsen.

I Brunnsparken drabbas större områden vid en meters höjning. Detta gäller även Gustav Adolfs torg. Här behöver dock ej hela marknivån höjas, utan det räcker med de delar som vetter direkt mot kanalen. Om dessa områden höjs och görs vattentäta, så fungerar de som vallar.

Denna lösning är även tillämplig för resten av hamnkanalen. Detsamma gäller området kring Feskekôrka.

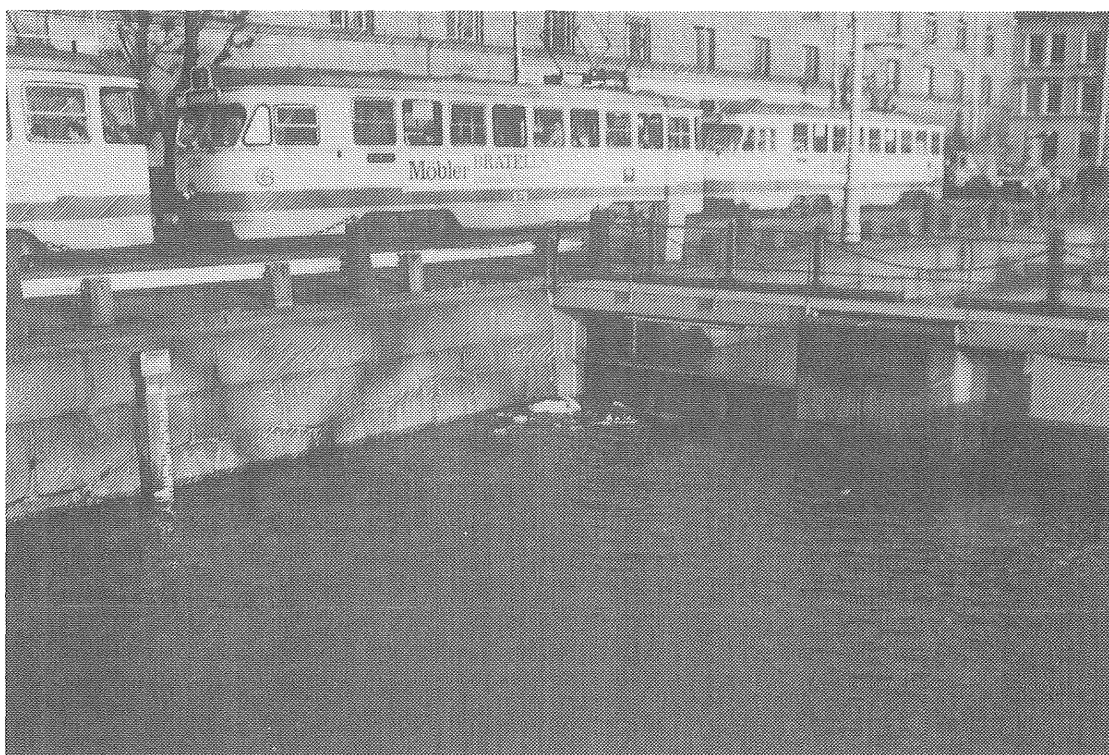


Bild 2: Exempel på högt vattenstånd vid Slussen



Bild 3: Exempel på högt vattenstånd i Stora Hamnkanalen.

GÖTA ÄLVS STRAND FRÅN LILLA BOMMEN TILL JÄRNTORGET

Detta område ligger relativt lågt och översvämmas redan idag, åtminstone någon gång om året. Bästa lösningen är här vallar av någon form längs kajkanten. Höjda kajer kan räcka. Även fyllningen under kajplanet måste tätas för att förhindra underminering och inläckning.

Invallningars och erosionsskydds övre nivå bör överstiga högsta högvattennivån.

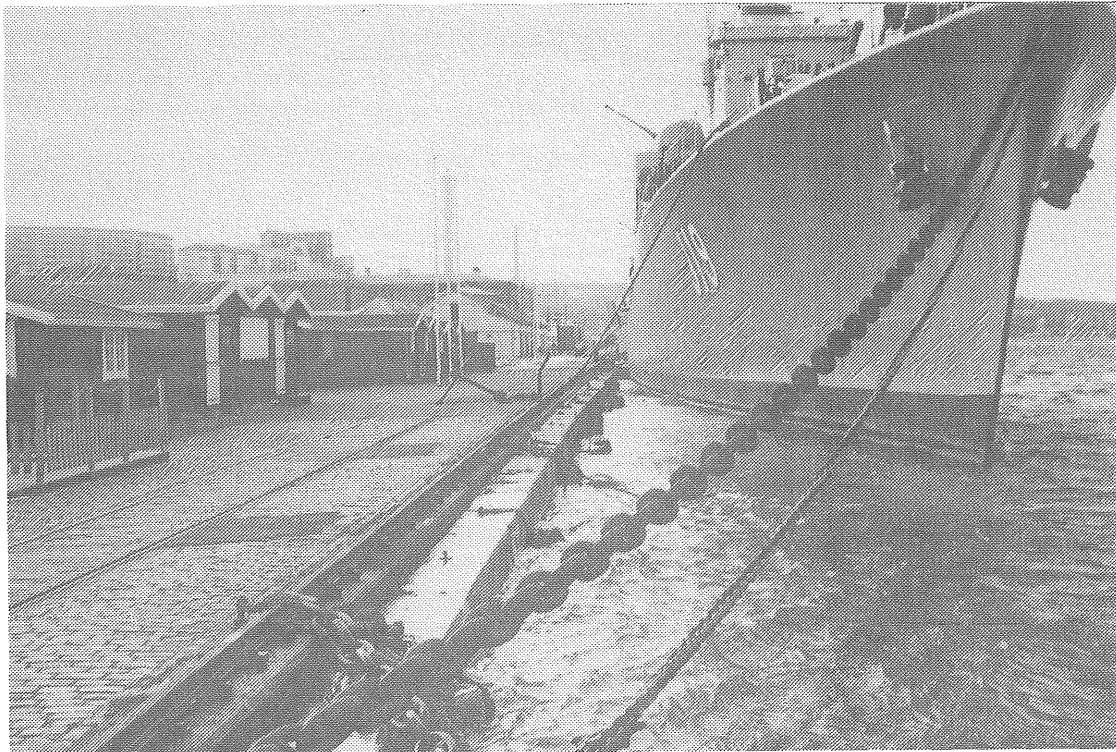


Bild 4: Exempel på översvämning längs Götaälvstranden vid Packhuskajen.



Bild 5: Exempel på översvämning längs Götaälvstranden vid Skeppsbrokajen.

Grundvattenhöjning

De ovan föreslagna åtgärderna gäller främst som motmedel mot de översvämningar som blir följden av högvattenstånd, vilket alltså bara inträffar ibland, kanske några gånger om året.

Den andra konsekvensen av ett höjt medelvattenstånd är en höjd grundvattennivå. Delar av Göteborg ligger såpass lågt att grundvattnet kan komma i dagen om nivån höjs. De områden som detta gäller är delar av Götaälvstranden mellan Lilla Bommen och Järntorget.

Dräneringssystemet måste här räcka till för att hålla grundvattennivån nere om inte områdena skall försummas. På vissa platser kan extra dräneringspumpar behövas.

En annan lösning är att höja marknivån. Detta är dock dyrt.

Dessutom är sättningarna stora här, vilket gör en sådan lösning riskabel.

Också Trädgårdsföreningen kan få vissa problem med en förhöjd grundvattennivå. Pumpning eller markförändring kan lösa problemen även där.

Sammanfattning av åtgärderna

Parkområden från Rosenlund till Slussen:

- Höjda erosionsskydd på de brantare delarna
- Invallningar och kanske grundvattenpumpar och/eller markhöjning vid Trädgårdsföreningen

Hamnkanalen från Slussen till Stora Bommen, samt området vid Feskekôrka:

- Invallningar på utsatta ställen

Göta Älvs strand från Lilla Bommen till Järntorget:

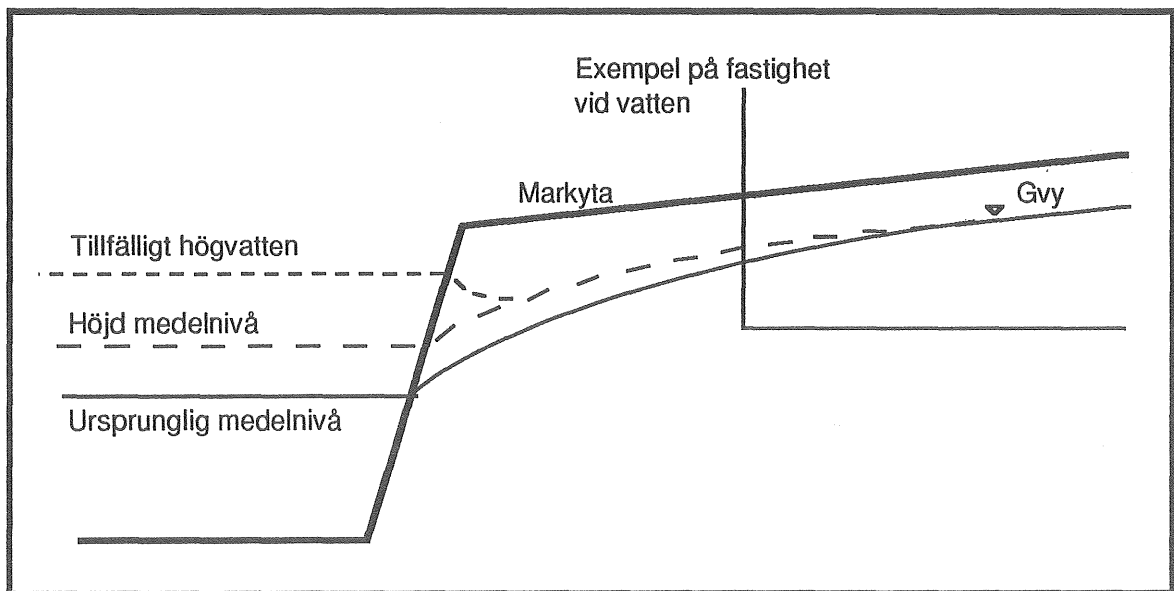
- Invallningar i form av högre kajer
- Dräneringspumpar och/eller markhöjning på utsatta ställen

KÄLLARÖVERSVÄMNING

En andra stor konsekvens av en höjd havsnivå är översvämningar och fuktskador i källare som ligger i anslutning till vatten vilkas nivå beror av havets nivå. Dessa källare kan översvämmas på två sätt. Dels kan markytan vid huset översvämmas vid speciellt höga vattenstånd. Fastigheter som tidigare legat utanför riskområden kan nu komma att drabbas. Vatten kan vid sådana tillfällen rinna in i källare och orsaka skador. Dels höjs grundvattennivån lika mycket som havets medelnivå. Kortvarig höjning av grundvattnet alldeles i anslutning till vatten kan i olyckliga fall ge översvämningsrisk. Om dräneringen inte räcker till, eller om eventuella tätningar ej når tillräckligt högt, kan vatten tränga in i källaren i form av grundvatten. Många äldre fastigheter har alls inget skydd, om källargolvets nivå överskrids.

En annan effekt som också bör studeras är risken för uppflytning av hus, och risken för att källargolv kan tryckas upp. Detta på grund av det förhöjda vattentryck som en höjd grundvattenyta ger upphov till.

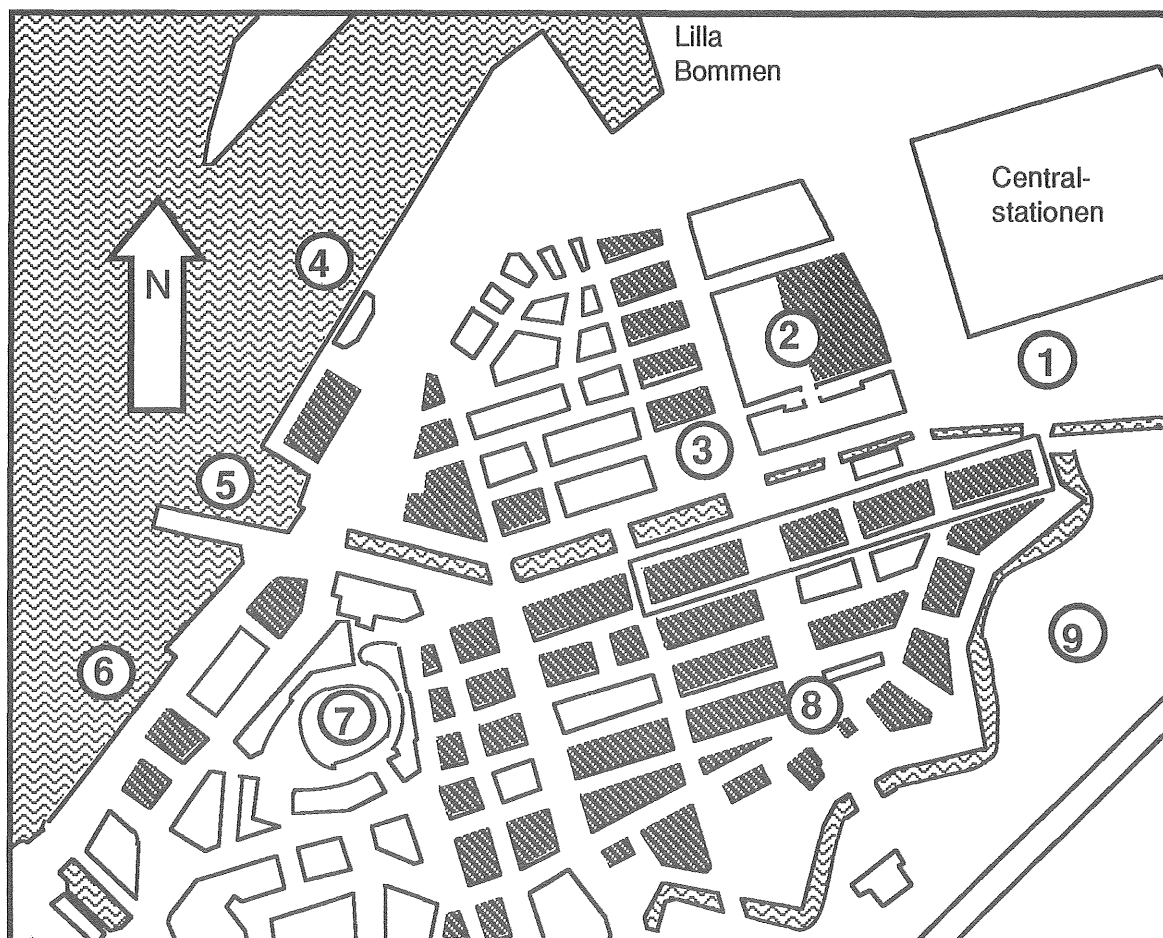
I Göteborgs innerstad finns ett flertal fastigheter som ligger i anslutning till vatten vid Vallgraven och Stora Hamnkanalen. För att se vilka konsekvenserna skulle bli av en havshöjning är en studie av några relevanta fastigheter på sin plats. De rena marköversvämningarna, som orsakas av högvattenstånden, bör tas om hand via bland annat invallningar, se kapitlet "Marköversvämningar", och effekterna av dessa behandlas därför inte här. Resultaten från markstudien, som finns i kapitlet om marköversvämningarna, kan dock ändå komma till nytta genom att ange farliga områden. Detta eftersom markytan som översvämmas ligger relativt lågt. Husens grundläggning som givetvis följer markens nivå ligger då också lågt, och en höjd grundvattennivå får följaktligen en större effekt där. Den konsekvens som berör källarnivåerna är alltså en höjd medelnivå i havet, och därmed en höjd grundvattennivå i anslutning till vatten. Detta på grund av att tillfälliga högvatten ej klarar av att tränga genom leran, och de ger därför ingen effekt, se figur 7.



Figur 7: Skillnaden i grundvattenytan är mest märkbar i anslutning till den vattenyta som förändras, och effekten avtar längre bort från vattnet, allteftersom i lera som finns under Göteborg hinner ej tillfälliga högvattenstånd fortplanta sig så långt in att någon fara för översvämningar uppstår. På grund av detta blir det endast medelvattenståndet som ger en grundvattenhöjning, och då endast i någorlunda närhet till öppet vatten.

För studien har några kvarter i centrala Göteborg valts ut. Dessa redovisas i figur 8a,b och c Dessutom visas vilka som berörs vid en höjning av havets medelnivå med 0,5 respektive 1,0 meter.

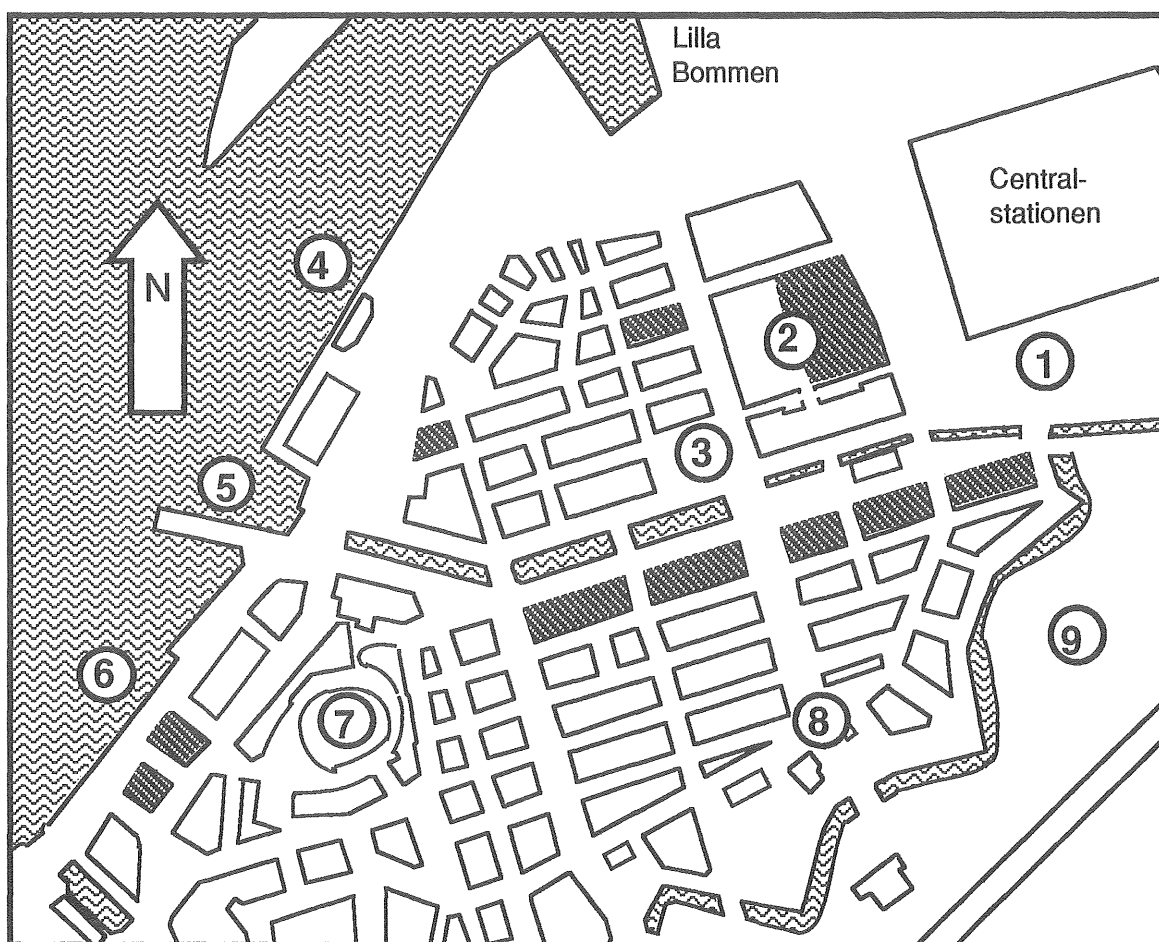
Några av fastigheterna utmed Stora Hamnkanalen har även kontrollerats med hänsyn till uppflytnings-, och upptryckningsrisken. Dessa markeras extra genom inringning.



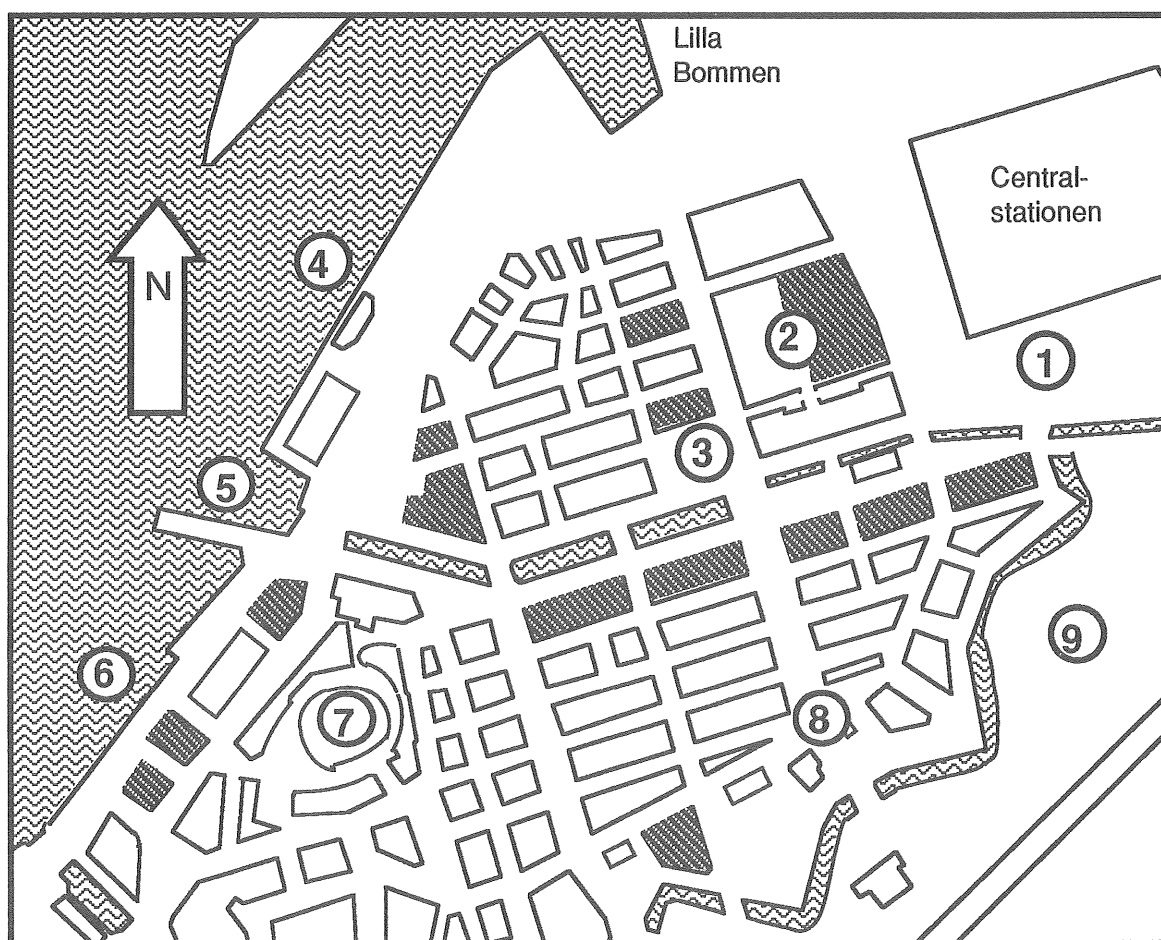
Figur 8a: Vågade ytor är vatten. Fyllda kvarter är de som undersökts.
Skala 1:10 000

För att underlätta orienteringen på dessa tre figurer följer här några namn.

- 1 Drottningtorget
- 2 Östra Nordstan
- 3 Gustav Adolfs Torg
- 4 Packhuskajen
- 5 Stora Bommens Hamn med Stenpiren
- 6 Skeppsbrokajen
- 7 Otterhällan
- 8 Kungssportsplatsen
- 9 Trädgårdsföreningen



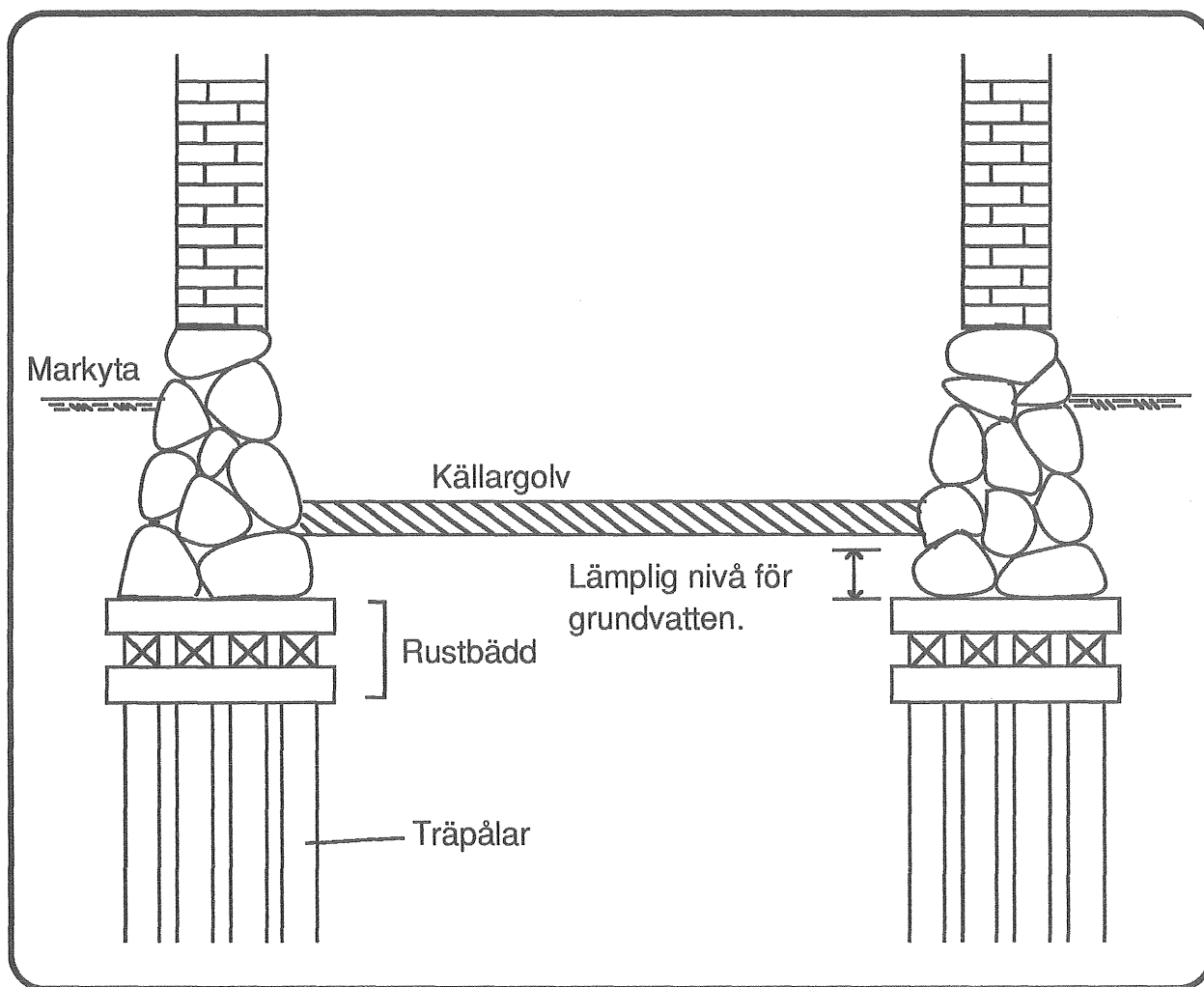
Figur 8b: Fyllda kvarter är de som berörs om höjningen är +0,5 m.
Skala 1:10 000



Figur 8c: Fyllda kvarter är de som berörs om höjningen är +1,0 m.
Skala 1:10 000

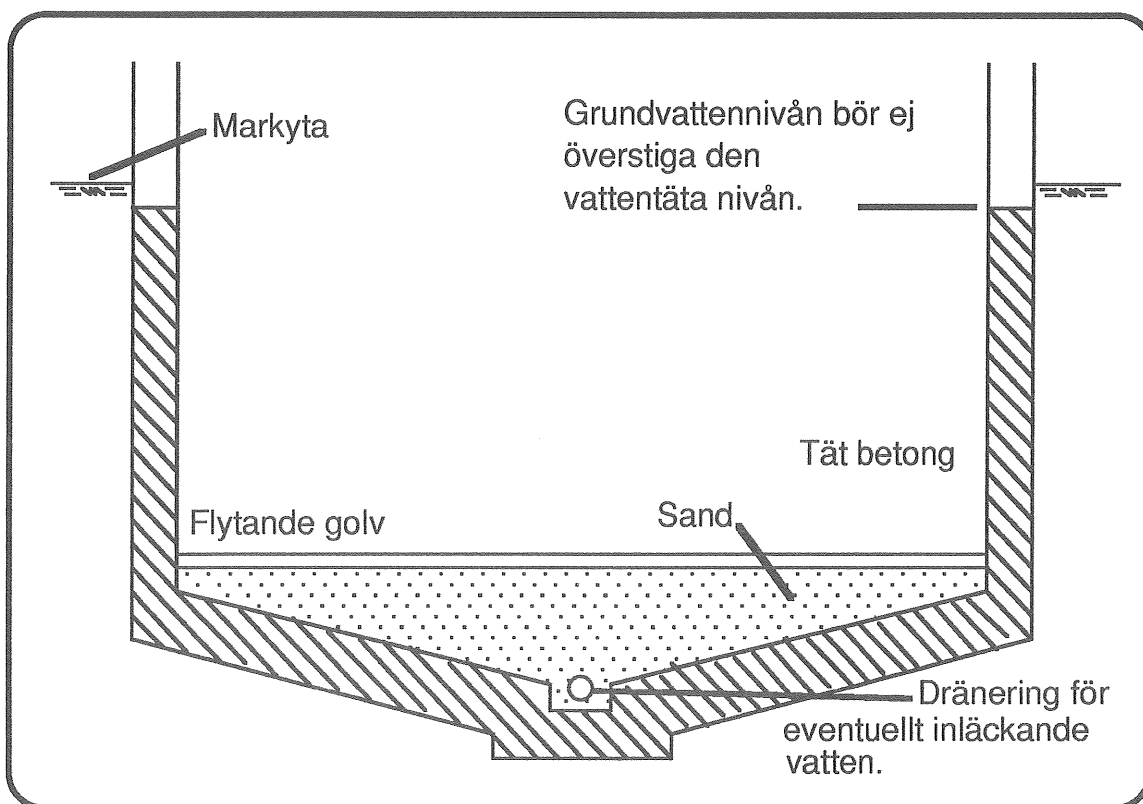
De undersökta fastigheterna kan indelas i en nyare och en äldre typ. Den äldre typen av hus är grundlagd med kallmur på rustbädd, se figur 9a, och källargolvet ligger i princip direkt på marken. I dessa hus ligger sällan källargolvet djupare än en till två meter under markytan. Oftast ligger golvet endast några decimeter ovanför den naturliga grundvattenytan.

Nu har landhöjningen på vissa platser åstadkommit en sänkning av grundvattennivån sedan husen byggdes. Detta har medfört en risk för röta i rustbäddarna, som är av trä. För dessa hus kan en måttlig höjning av grundvattenytan vara positiv. Dock har flera av husen haft sättningar som gjort att källarnivån sänkts. Dessa hus ligger i farozonen om grundvattennivån höjs.



Figur 9a: Schematisk bild av äldre hustyp.

De nyare husen, det vill säga de som byggts om på senare tid har en annan konstruktion. Här ligger källargolvet åtskilliga meter under markytan, och följaktligen också under grundvattennivån. Dessa fastigheter är grundlagda på pålade fundament. Konstruktionen av källaren är vattentät, det vill säga man har använt vattentät betong och fogband där så behövts, upp till och med grundvattennivån. För att hålla undan eventuellt inläckande vatten har källarna dubbelt, så kallat flytande, golv med en dräneringsränna för eventuellt inläckande vatten, som leds till pumpgropar. En principskiss över denna källartyp kan ses i figur 9b.



Figur 9b: Schematisk bild av nyare hustyp.

En närmare översikt över vilka fastigheter som berörs och hur de påverkas finns i bilagorna B, C och D.

Problem:

För de äldre husen gäller att grundvattenytan ej får nå ovanför källargolvets nivå. Helst skall nivån vara cirka tre decimeter eller mer under golvet, men ovanför en eventuell rustbädds överkant. När det gäller de nyare fastigheterna får ej grundvattenivån överstiga den nivå till vilken källarkonstruktionen är vattentät. Grundvattentrycket får heller aldrig bli så högt att huset flyter upp eller dimensionerande upptryck för källargolvet överskrids.

Åtgärder:

För de äldre husen finns i princip två möjliga åtgärder. Det ena är att helt enkelt göra källaren vattentät, till exempel med hjälp av sprutbetong. Detta bör dock kombineras med någon form av pump-

ning eftersom en konstruktion ej kan bli till hundra procent vattentät. Här kan golven behöva grundförstärkas så att de ej trycks upp av det vattentryck som kan uppstå under dem. Den andra åtgärden är att installera grundvattenbrunn och pumpa så att grundvattennivån sänks till en riskfri nivå.

För den nyare källartypen bör man se till att den vattentäta konstruktionen om så behövs höjs upp till grundvattennivån och att källargolvet i så fall förstärks. Man bör också kontrollera att pumparnas kapacitet är tillräcklig för dräneringsvattnet.

En genomgång av vad som krävs fastighet för fastighet följer i bilaga D.

När det gäller risken för upptryckning av källargolv och uppflytning har fyra kvarter inom Vallgraven undersökts, vilka kan ses i figur 8a, där de är iramade. Det visar sig att de flest är utom fara vid höjningar av medelvattenståndet som understiger en meter. Dock ligger två av fastigheterna på gränsen, se bilaga D.

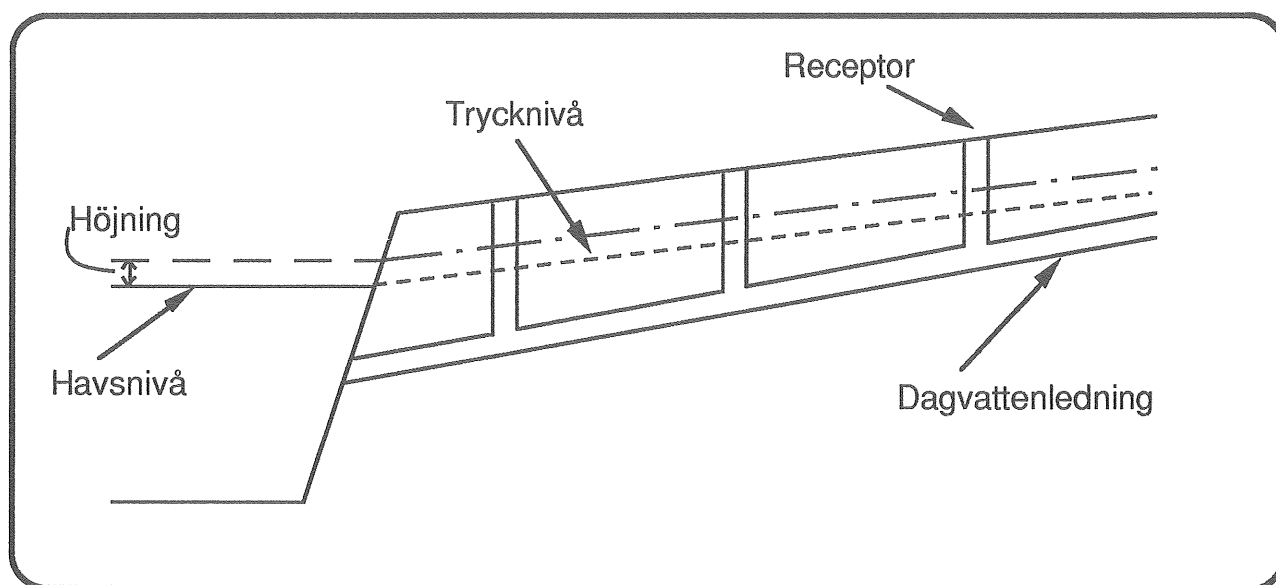
DÄMNING I DAGVATTENSYSTEMET

Den tredje stora konsekvensen av en höjd nivå i havet, är uppdämning i avloppssystemet. Dessa installationer utgörs i centrala Göteborg av ett dagvattensystem, och ett spillvattensystem. Det finns också ledningar som är kombinerade spill-, och dagvattenledningar.

I Göteborg är alla ledningar utom de separata dagvattenledningarna kopplade till pumpstationer där vattnet pumpas vidare till reningsverket. Avrinningsriktningarna för pumparna kan ses i figur 11. Dessa ledningar kommer på så sätt aldrig i kontakt med älven eller kanalerna, och berörs således inte av en höjd havsnivå. Studien kommer därför att koncentrera sig på de separerade dagvattenledningarna.

Det som kan drabba den är att de däms upp i nedströmsändan, så att översvämningar kan fås vid receptorerna längre uppströms, det vill säga att trycknivån i ledningarna överstiger marknivån, se figur 10.

I det följande studeras detta problem.



Figur 10: Om ledningarna är vattenfyllda, det vill säga ligger lägre än nedströmsnivån höjs trycknivån i brunnarna lika mycket som havsnivån.

Trycknivån kan vara högre än havets nivå endast om vatten strömmar i rören, det vill säga vid regn.

Flertalet av dagvattensystemet går tämligen fulla redan idag, och då särskilt vid högvatten. En höjning av havets medelnivå kommer ytterligare att öka fyllnadsgraden. På grund av detta kommer de

system som har en hög uppströmsnivå att, speciellt i samband med regn, riskera att ge översvämningar även om havsnivån ligger något under marknivån. I övriga fall är marken och då också systemen tämligen flacka, och översvämningar kan ske endast om marknivå vid receptorerna är lägre än havets nivå.

Karta med dagvattensystem finns på sidorna 51 och 52.

En närmare genomgång av de aktuella systemen finns i bilaga E. Här visas hur de berörs, och olika åtgärdsförslag ges.

Det visar sig att översvämningsrisk finns vid högsta högvatten i vissa av systemen redan idag. Dessa är de system som mynnar vid Packhuskajen.

Inga större förändringar sker jämfört med dagens läge om havets medelnivå höjs med 0,1 meter.

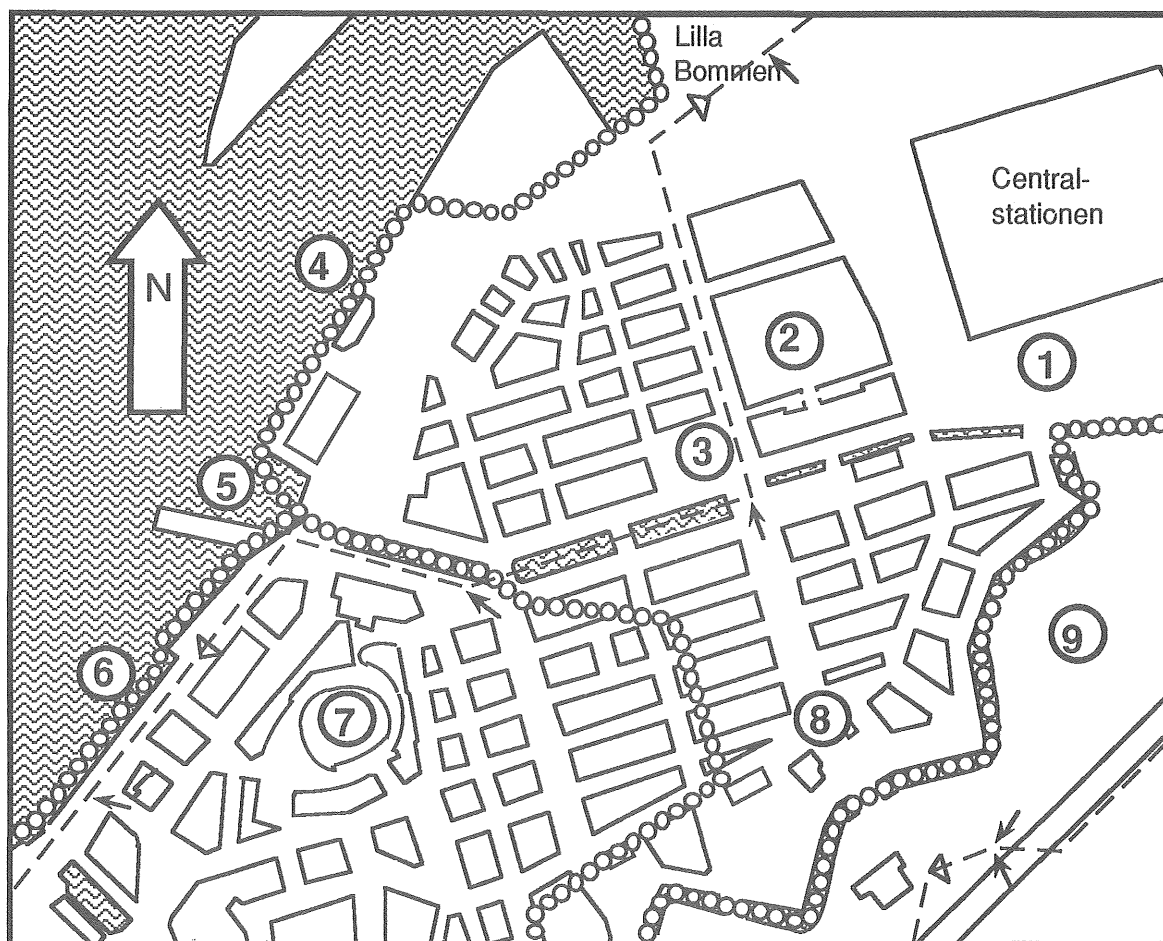
Om havsnivån däremot höjs med 0,5 meter kan Packhuskajen översvämmas redan vid medelhögvatten.

Dessutom kan några andra områden drabbas vid högsta högvatten.

Dessa är området norr om Stora Hamnkanalen mellan Lilla Bommen, Östra Nordstan och Packhuskajen, samt området kring Brunnsparken.

Vid en höjning av havets medelnivå med 1,0 meter, kan de områden som berördes vid högsta högvatten och höjningen 0,5 meter, drabbas redan vid medelhögvatten. Dessutom finns då också en översvämningsrisk vid högsta högvatten i området intill Vallgraven mellan Drottningtorget, Trädgårdsföreningen och Kungssportsplatsen, samt området vid Gustav Adolfs Torg.

Olika åtgärder som pumpning eller högvattenluckor bör vid vissa havshöjningar övervägas på några ställen, se bilaga E.



FIGUR 11: Här visas avrinningsområden och avrinningsriktningar för det vatten som pumpas till reningsverk. De ledningar vilkas vatten pumpas är spillvattenledningar och kombinerade dag-, och spillvattenledningar.
Skala 1:10 000

Teckenförklaringar:

- Avrinningsområdets begränsning
- — — — — Pumpad ledning med pumpriktning
- Huvudpunkter för vattnets inledning

För att underlätta orienteringen följer här några namn.

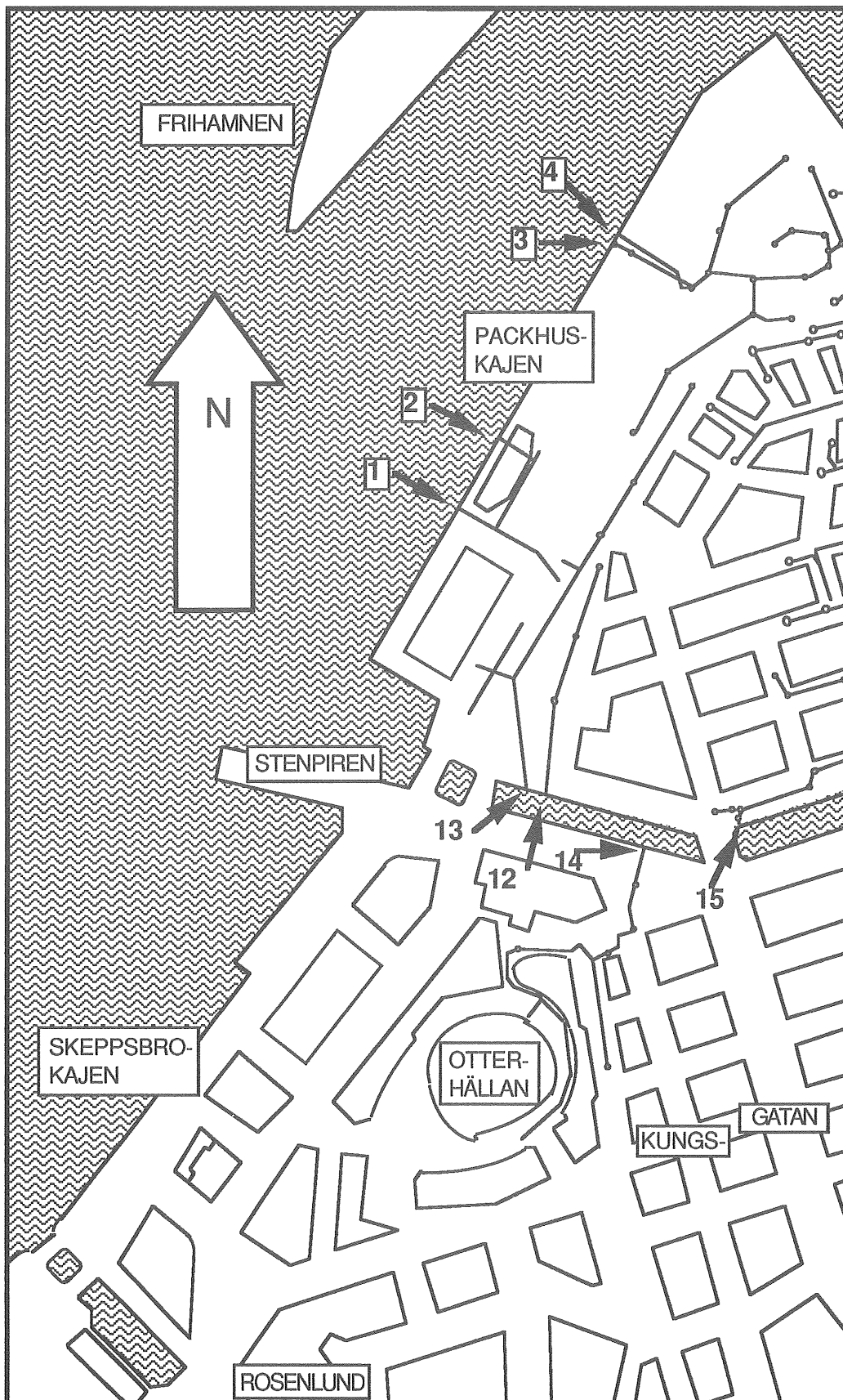
- | | |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1 Drottningtorget | 6 Skeppsbrokajen |
| 2 Östra Nordstan | 7 Otterhällan |
| 3 Gustav Adolfs Torg | 8 Kungssportsplatsen |
| 4 Packhuskajen | 9 Trädgårdsföreningen |
| 5 Stora Bommens hamn med Stenpiren | |

En översikt över de separerade dagvattenledningarna finns på de nästa sidorna.

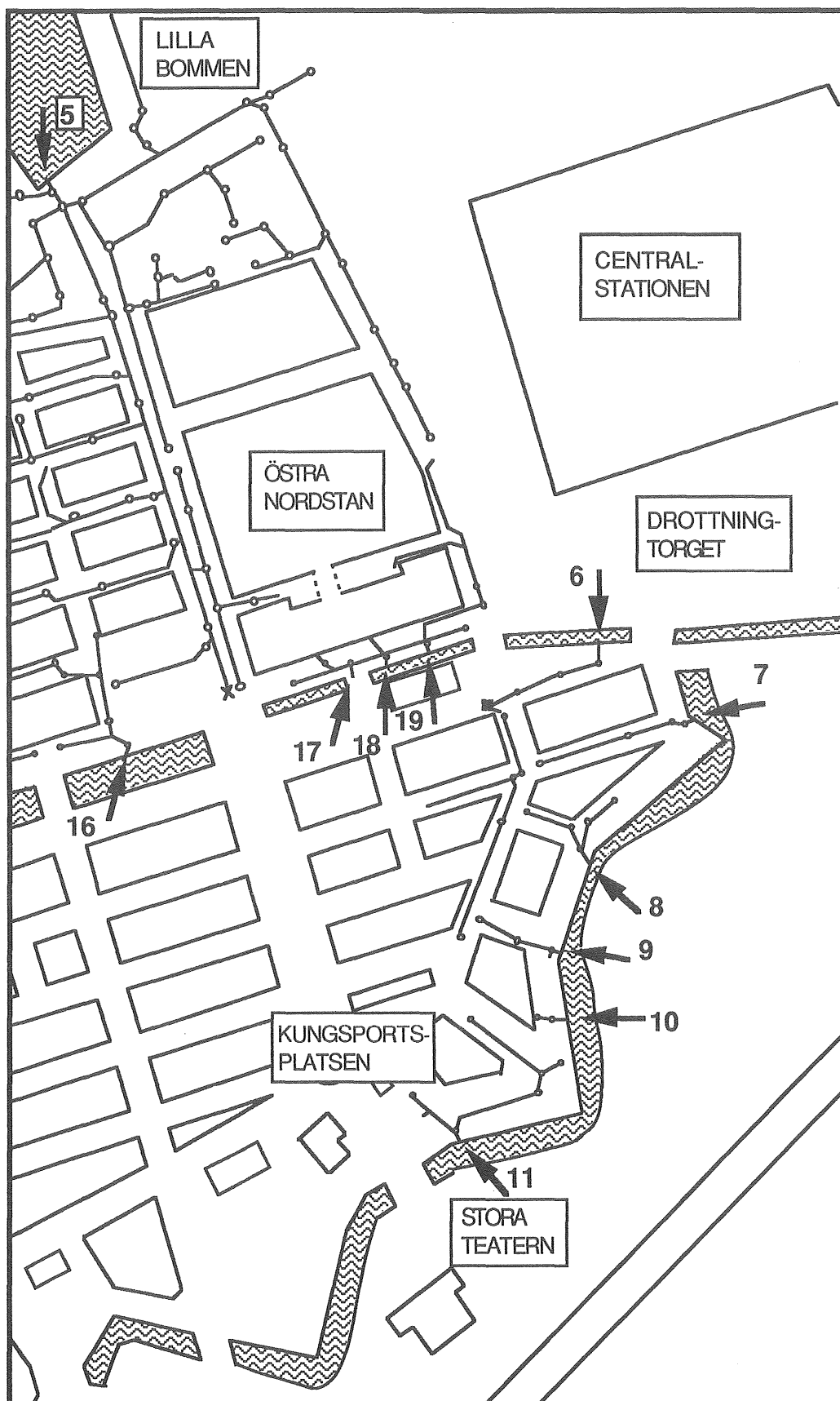
Tabell 4: Teckenförklaring till karta över de dagvattensystem som kan beröras av en höjd havsnivå.

TECKENFÖRKLARING TILL DAGVATTENKARTAN

— — — — —	Dagvattenledning
○	Punkt med nivåangivelse
×	Anslutning till annan ledningstyp
== == == :	Begränsningslinje för avrinningsområde
HL	Högvattenlucka



Karta 2a: Illustration av de dagvattensystem som kan komma att beröras om havets medelnivå stiger, västra delen.
Skala 1:5500



Karta 2b: Östra delen. Skala 1:5500

RESULTAT

Genom studier av de tre valda effekterna, marköversvämning, källaröversvämning och dagvattendämning har följande resultat erhållits.

MARKÖVERSVÄMNINGAR

Situationen idag:

Det visar sig att översvämningar av markytan fås redan idag vid högsta högvatten.

De områden detta gäller är delar av Packhuskajen. Både parkeringen bakom Packhuset och den del av kajens yttre del som ligger intill Lilla Bommens hamn berörs. Andra områden som ligger i farozonen är delar av Trädgårdsföreningens stränder, de övriga parkområdenas stränder, samt delar av kajerna vid Feskekörka.

Om högsta högvattnet höjs med 0,1 meter:

Nu berörs de områden som redan drabbas idag än mer vid högsta högvatten. Dessutom berörs ännu ett område, nämligen Skeppsbrokajen.

Om högsta högvattnet höjs med 0,5 meter:

De områden som översvämmas redan idag vid högsta högvatten berörs nu redan vid medelhögvatten. Dessutom tillkommer nya områden som kan svämmas över vid högsta högvatten. Dessa områden är hela Stenpiren, området strax bakom Packhuskajen och stora delar av Skeppsbrokajen. Området norr om Stora Hamnkanalens västligaste del, och söder om den östliga delen berörs nu också. Det område som ligger strax norr om Lilla bommens hamn berörs även det. Dessutom ligger stora delar av Trädgårdsföreningen i farozonen.

Om högsta högvattnet höjs med 1,0 meter:

Vid denna höjning svämmas de områden som nämndes vid höjningen 0,5 meter över redan vid medelhögvatten. Då högsta högvatten inträffar riskerar än större områden att som tidigare nämnts. Bland annat drabbas nästan halva Trädgårdsföreningens yta. Ett område som tillkommer är Järntorget. Nu berörs också området kring Brunnsparken, Gustav Adolfs torg, samt gatan mellan Brunnsparken och

Lilla Bommen. Stora arealer innanför Lilla Bommen åt centralstationen till ligger även de i farozonen.

En illustration av vilka områden som svämmas över finns i kartform på sidorna 29 och 30 i kapitlet "Marköversvämning".

De åtgärder som bör vidtagas kan ses på sidan 36 och är följande:

Erosionsskyddens övre nivå bör höjas för parkområdenas stränder. Invallningar bör göras på utsatta ställen, både längs Trädgårdsföreningens stränder, Stora Hamnkanalens kanter och Göta Älvs stränder. Dessa invallningar bör i vissa fall kompletteras med grundvattenpumpar och/eller markhöjning.

KÄLLARÖVERSVÄMNINGAR

Det visar sig att ingen risk för översvämningar på grund av en höjning av grundvattenytan finns om havets medelnivå höjs med mindre än 0,3 meter.

De kvarter som har fastigheter vilkas källare ligger i farozonen för översvämningar vid höjningar av medelvattenståndet är följande:

Fastigheter av gamla typen:

Nordstaden:	20	Franska Tomten
	24	Polismästaren
	13	Gamla Tullen
	16	Högvakten
Inom Vallgraven:	50	Redaren
	49	Merkurius
	15	Frimuraren (delar)
	16	Kommerserådet
	26	Saluhallen

Fastigheter av nya typen:

Nordstaden:	8	Köpmannen
Inom Vallgraven:	1	Slusskvarnen
	12	Härbärgget
	11	Arkaden
	15	Frimuraren
	52	Stora Bommen

Var respektive kvarter ligger kan ses på sidan 71 i bilaga B.

Kvarteren av äldre typ berörs vid följande nivåer:

Kvarter Nummer	Nivåhöjning hos grundvattnet som kan ge översvämningar
-------------------	---

Nordstaden

20	+0,3m
13	+0,7m
24	+0,8m
16	+1,0m

Inom Vallgraven

15	+0,8m
16	+0,6m
26	+1,0m
50	+0,4m
49	+0,4m

De åtgärder som bör vidtagas i förekommande fall är tätningen av källaren till aktuell nivå och eventuell komplettering med pumpar som tar hand om inläckande vatten.

Om en källare tätas bör en kontroll av risken för upptryckning av källargolvet och uppflytning av huset företas.

Då det gäller kvarter av nyare typ var det svårare att hitta exakta nivåer för den vattentäta betongens överkant. Dock framkom följande:

Kvarter nummer	Tätningshöjd	Vattenhöjning som klaras
-------------------	--------------	-----------------------------

Nordstaden

8:24	Som lägst +10,60m	+0,6m
8:25	Ingen uppgift	-

Inom Vallgraven

1	Ingen uppgift	-
12	Ingen uppgift	-
11	Ingen uppgift	-
15	Ingen uppgift	-
52:4	Tät till +10,72	+0,7m
52:5	Tät till +12,00	+2,0m

De fastigheter som saknar uppgift om tätningshöjd får undersökas närmare om en höjning av medelvattenståndet skulle inträffa.

Vilka åtgärder skall då vidtagas om nu grundvattennivån visar sig höjas?

Man får helt enkelt kontrollera att den vattentäta nivån hos betongen räcker till och om inte, täta den till aktuell nivå. De pumpar som idag finns för att pumpa undan eventuellt inläckande vatten för ses över, så att deras kapacitet räcker till för nya förhållanden.

En undersökning av risken för upptryckning av källargolven bör göras. Dessutom bör man kontrollera att husen ej flyter upp.

För fyra av kvarteren har några fastigheter undersökts, vilket gav följande resultat:

Kvarter inom vallgraven	Fara för upptryck och uppflyt	
1:13	Utom fara	I varje fall fastigheterna 12 och 11:1 bör hållas koll på vid en eventuell höjning av grundvattennivå.
12	På gränsen	
11:1	Små marginaler	
11:2	Klarar sig bra	
15:3	God marginal	

DAGVATTENDÄMNING

Risk för översvämningar finns i vissa fall vid högsta högvatten redan idag, och om havets medelnivå höjs föreligger en än större översvämningrisk.

En sammanfattning av översvämningrisken ges nedan. Också förslag till åtgärder anges.

Tabell 5: Sammanfattning av översvämningsrisken och åtgärdsförslag för de separerade dagvattensystemen.

SYSTEM NR	RISK VID MHW OM HÖJNING	ÅTG	RISK VID HHW OM HÖJNING	ÅTG.
1,2	+0,4m	P,M	Sker redan idag	HL,P
3,4	+0,3m	P,M	Sker redan idag	HL,P
5	+1,0m	HL	+0.5m	HL,P
6	Ingen risk	-	+0,9m	HL
7	Ingen risk	-	+0,8m	HL
8	Ingen risk	-	+1,0m	HL
9	Ingen risk	-	+1,0m	HL
10	Ingen risk	-	Ingen risk	-
11	Ingen risk	-	Ingen risk	-
12	+0,9m	HL	+0,4m	HL,P
13	+1,0m	HL	+0.5m	HL,P
14	Ingen risk	-	Ingen risk	-
15	Ingen risk	-	Ingen risk	-
16	Ingen risk	-	+1,0m	HL
17	+1,0m	HL	+0.5m	HL,P
18	+1,0m	HL	+0.5m	HL,P
19	+1,0m	HL	+0.5m	HL,P

Ingen risk, betecknar att det inte är någon risk om ej höjningen överstiger 1,0 meter.

Vid kraftiga regnväder kan översvämnningar ske vid något lägre höjning av havsnivån på grund av en höjd trycknivå i ledningarna.

M Markhöjning
P Pumpning
HL Högvattenluckor

SLUTSATSER

Inga större konsekvenser av havets höjning inträffar om höjningen någon decimeter håller. Om höjningen är uppemot 0,5 meter eller mer kan stora områden svämmas över. Vid en höjning på 1,0 meter kan omfattande översvämningar orsakas.

För att inga katastrofer skall uppkomma fordras åtgärder som stävjer de effekter som en eventuell höjning av havets medelnivå kan ge.

Vad bör göras idag?

Idag sker översvämningar på Packhuskajen vid högsta högvatten. Dessa stoppas lättast med invallningar, det vill säga en höjning av Packhuskajens kant. Man måste då också se till att kajens täthet är tillräcklig.

De dagvattenledningar som mynnar längs kajen förses med högvattenluckor.

Vad bör göras vid höjningen 0,1 meter?

Om havets medelvattennivå höjs med 0,1 meter inträffar översvämningar också bakom Skeppsbrokajen. Kajen måste då höjas något. Där det erfordras får den tätas. Dessutom får man se till att vallarna på Packhuskajen räcker till.

Vad bör göras vid höjningen 0,5 meter?

Vid höjningen 0,5 meter måste invallningarna längs Packhuskajen förstärkas, eftersom de områden som svämmas över idag vid högsta högvatten, kan drabbas redan vid medelhögvatten. Invallningarna längs Göta älvs strand bör också höjas för att ej omfattande översvämningar vid högsta högvatten skall kunna ske. Dessa bör också finnas längs sträckan norr om Lilla Bommen. Invallningar bör också göras längs norra kanten av Stora Hamnkanalens östra gren, och södra kanten av den del av Stora Hamnkanalen som ligger mellan Kämpebron och Brunnsparken. Trädgårdsföreningens stränder bör då också vallas in. Dessutom bör erosionsskyddets höjd ökas för de Parkområden som har stränder mot Vallgraven. Höjden på kajerna vid Feskekörka bör också ses över.

Nu berörs också tre kvarter av gamla typen av en för hög grundvattennivå. Kvarteren är nummer 20 Franska Tomten i stadsdelen Nordstaden och kvarteren 50 Redaren och 49 Mercurius i stadsdelen Inom Vallgraven. Franska Tomten har redan pumpar, och deras kapacitet får då ses över. De andra två kvarteren får kanske förses med pumpar de också. Kanske måste husen också tätas mot inläckande vatten.

Av de kvarter av nya typen som undersökts får nummer 15 Slusskvarnen, 12 Härbärgen, 11 Arkaden och nummer 15 Frimuraren i stadsdelen Inom Vallgraven kollas över så att pumpar och täthöjd räcker till. Nummer 12 och delar av 11 har också dålig säkerhet mot upptryckning, och de bör därför kollas.

När det gäller dagvattensystemen vid 0,5 meters höjning av havsnivån, bör åtgärder vidtagas för några av systemen. Två system, nämligen de som mynnar vid Packhuskajen, berörs nu redan vid medelhögvatten. Lämpligt kan nu vara att installera pumpar i systemen, eller kanske höja marknivån vid receptorbrunnarna. Andra system kan nu ge risk för översvämningar vid högsta högvatten. Dessa är dels ett som mynnar i Stora Hamnkanalens allra västligaste del och tre som mynnar vid Brunnsparken. Dessa bör nu förses med högvattenluckor.

Vad bör göras vid höjningen 1,0 meter?

Då havets medelnivå höjs med 1,0 meter kan omfattande översvämningar uppkomma.

De markytor som svämmas över vid högsta högvatten för höjningen 0,5 meter är nu översvämmade redan vid medelhögvatten. De invallningar som gjorts måste därför förstärkas. Dessa måste också höjas med en halvmeter för att inga översvämningar skall uppkomma. Hela Götaälvstranden måste vallas in. Nu måste också området kring Brunnsparken och Gustav Adolfs torg vallas in för att översvämningar vid högsta högvatten skall undvikas.

När det gäller källaröversvämningar för de kvarter som nämndes vid höjningen 0,5 meter ges ett ännu större skydd. Dessutom tillkommer fler kvarter som ligger i riskzonen. De av äldre typ som berörs nu är i Nordstaden nummer 13 Gamla Tullen, 16 Högvakten och 24 Polismästaren. Pumpar får kanske installeras i källarna, och eventuellt får de tätas mot inläckande vatten. Inom Vallgraven tillkommer 15 Frimuraren, 16 Kommerserådet och 26 Saluhallen vilka får samma åtgärder.

Också några av nya typen tillkommer nu, nämligen nummer 8 Köpmannen i Nordstaden och 52 Stora Bommen Inom Vallgraven. Dessas täthöjd och pumpkapacitet bör ses över.

De dagvattensystem som drabbas vid högsta högvatten med höjningen 0,5 meter, berörs nu redan vid medelhögvatten. Det kan därför bli nödvändigt att i vissa fall installera pumpar i dessa. Några system tillkommer som drabbas vid högsta högvatten. Dessa är fyra stycken som mynnar i Vallgraven intill Drottningtorget och Trädgårdsföreningen, och ett som mynnar i Stora Hamnkanalen vid Gustav Adolfs torg. Dessa förses med högvattenluckor.

LITTERATUR

1. Naturvårdsverket informerar: "VÄXTHUSEFFEKTEN- Orsaker, effekter och möjliga åtgärder:" Nordstedts tryckeri 1989.
2. Mc.Cormick & Thiruvathukal: Elements of oceanography. CBS College Publishing 1981.
3. Föredrag ur:
Sammanfattning av föredrag vid konferens i Ystad 8-9 mars 1989:
Växthuseffektens inverkan på den kommunala planeringen.
Sammanställd av Gunnar Lindh och Janusz Niemczynowics.

Lind, G.: Konsekvenser av saltvatteninträngning för vattenförsörjningen. s. 99-109

Niemczynowics, J.: Impact of "Greenhouse effect" on sewerage systems- Lund case study. s. 109-127

Lindhagen,G.: Samhällsekonomiska kostnader av vattenstånds höjning i världshaven. s. 145-155

Orrskog, L.: Kan behovet av åtgärder mot växthuseffekten med flera miljöhot komma att innebära genomslaget för ett systemtänkande i den kommunala planeringen. s. 155-165
4. Statens Geotekniska Undersökningar: Grundvatten Nr 1/91. Uppsala 1991.

FIGURER, TABELLER, KARTOR OCH BILDER SOM FÖREKOMMER I TEXTEN

FIGUR NUMMER	SIDA	INNEHÅLL
1	7	Illustraton av växthuseffekten
2	10	Atmosfären på jorden
3	11	Tårta över de viktigaste växthusgaserna
4a	15	Saltinträngning i flackt vattendrag
4b	16	Saltinträngning i porös jordart
5a	24	Brunn med saltinträngning på grund av för stort uttag
5b	24	Brunnen efter åtgärder
6	28	Undersökningens geografiska begränsning
7	39	Allmänt om grundvatten i Göteborg
8a	40	Illustration av undersökta kvarter
8b	41	Kvarter som drabbas om havet höjs med 0,5 meter
8c	42	Kvarter som drabbas om havet höjs med 1,0 meter
9a	43	Äldre källartyp
9b	44	Nyare källartyp
10	46	Dämning av dagvattenledning med receptorbrunnar
11	48	Avrinningsriktningsområden och avrin- ningsriktningar för pumpade rörledningar

TABELL NUMMER	SIDA	INNEHÅLL
1	8	Växthusgasernas halt och livslängd i atmosfären
2	29	Valda vattenståndshöjningar
3	30	Teckenförklaring till kartan över marköversvämningarna.
4	49	Teckenförklaring till dagvattenkartan
5	56	Sammanfattning av översvämningsrisken i dagvattensystemen.

KARTA NUMMER	SIDA	INNEHÅLL
1a,b	31-32	Marköversvämningar vid valda höjningar av havsnivån
2a,b	50-51	Dagvattensystem med nummer

BILD NUMMER	SIDA	INNEHÅLL
		Exempel på högsta högvattentillfälle februari 1990:
1	33	Parkområde söder om Vallgraven
2	34	Vallgravens anslutning till Fattighusån vid Slussen.
3	35	Stora Hamnkanalen, vy åt kvarteret Frimuraren.
4	36	Översvämning vid Packhuskajen.
5	36	Översvämning vid Skeppsbrokajen.

BILAGOR

Total	sida
A. Beräkning av havshöjning (7 sidor)	64
B. Kartblad med fastighetsbeteckningar (8 sidor)	71
C. Fastigheter, nivådata (8 sidor)	79
D. Genomgång källare (9 sidor)	87
E. Genomgång av dagvattenssystemen (16 sidor)	96

Bilaga A: BERÄKNING AV HAVSHÖJNING

VAL AV NIVÅER

I samråd med handledaren har de nivåer valts som skall användas för konsekvensstudien i examensarbetet. Att dessa nivåer är relevanta visas med en beräkning på de följande sidorna. De är beräknade utifrån den höjning av temperaturen som kan anses vara trolig, på grund av växthuseffekten inom den närmaste tidsperioden, det vill säga inom cirka 50 till 100 år.

Tre nivåhöjningar valdes, nämligen + 0,1, + 0,5 och +1,0 meter.

Grundnivån för havet här i Göteborg valdes som vattenståndet vid Torshamnspiren.

Följande diagram åskådliggör höjningarna.

NUVARANDE HÖJDER

HÖJNING	LLW	MLW	MW	MHW	HHW
0 m	9,00	9,50	10,01	11,00	11,45

FRAMTIDA HÖJDER

0,1 m	9,10	9,60	10,11	11,10	11,55
0,5 m	9,50	10,00	10,51	11,50	11,95
1,0 m	10,00	10,50	11,01	12,00	12,45

Förklaring till höjdbeteckningarna:

LLW	Lägsta lågvatten
MLW	Medellågvatten
MW	Medelvattenstånd
MHW	Medelhögvatten
HHW	Högsta högvatten (80-årsvärde)

BERÄKNING AV HAVSHÖJNING

Den största faktorn för en höjning av havets nivå är en expansion av havsvattnet på grund av att temperaturen höjs. Detta gäller vid måttliga temperaturökningar, och det är inom detta temperatur-område (ca $+5^{\circ}$) vi kommer att hålla oss.

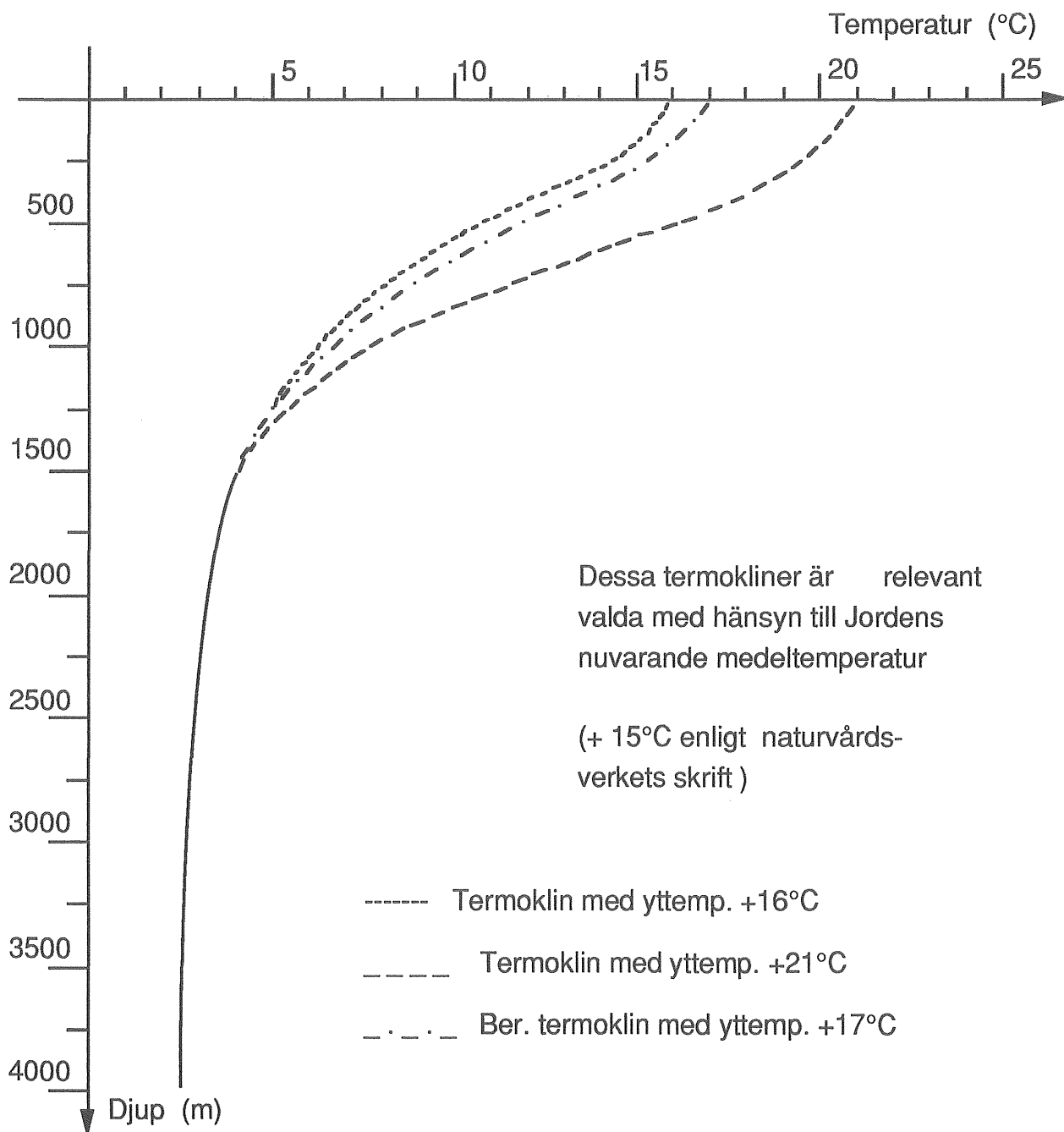
Hur stor blir då denna höjning av havsnivån? Är de nivåer som valts vid konsekvensstudien relevanta?

För att visa detta följer nu en beräkning av havshöjningen.

Lämpliga temperatur-, och expansionsvärden är hämtade ur relevant litteratur.

HUR HÖJS HAVSYTAN MED HÄNSYN TILL EN HÖJNING AV TEMPERATUREN

Två representativa termokliner hämtade ur en lärobok i havsresursteknik (s.136 +21°C och s.161 +16°C), samt en beräknad för +17°C (bestämd med hjälp av de två andra)



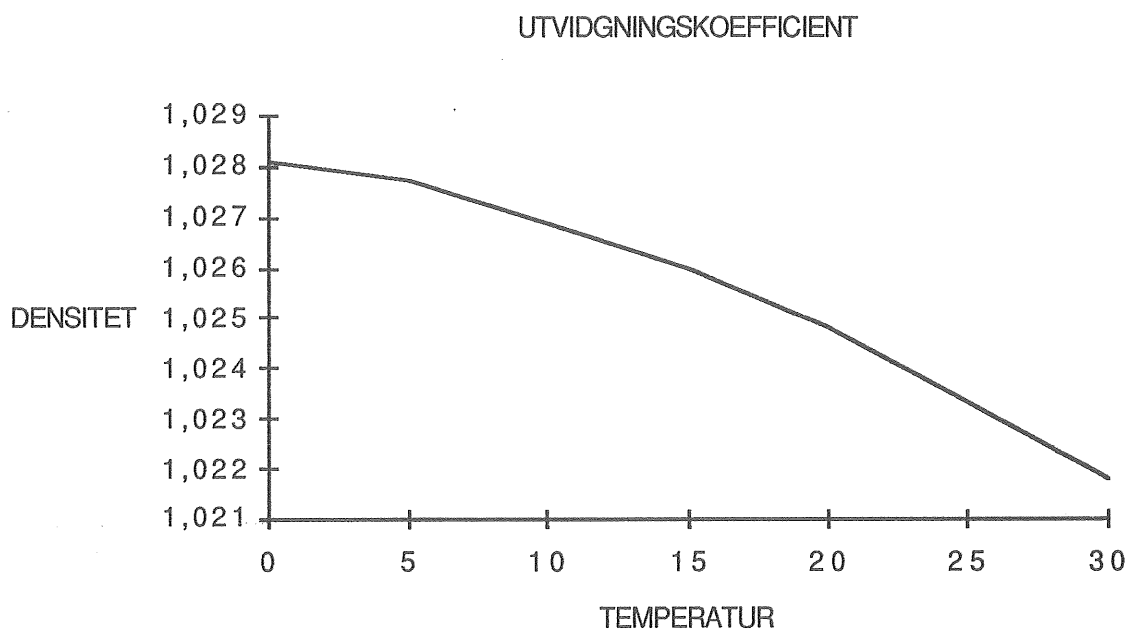
HUR HÖJS HAVSYTAN MED HÄNSYN TILL EN HÖJNING AV TEMPERATUREN

TERMOKLINERNA PÅ TABELLFORM

DJUP	YTTEMP.+16	YTTEMP +17	YTTEMP +21
0	16,0	17,0	21,0
50	15,8	16,8	20,8
100	15,6	16,6	20,6
250	14,5	15,5	19,5
500	11,0	12,0	16,0
750	8,2	8,9	11,8
1000	6,4	6,6	7,6
1250	5,2	5,2	5,4
1500	4,2	4,2	4,2
2000	3,3	3,3	3,3
2500	2,9	2,9	2,9
3000	2,6	2,6	2,6
3500	2,5	2,5	2,5
4000	2,5	2,5	2,5

UTVIDGNINGSKOEFFICIENTEN FÖR SALTVATTEN MED SALINITETEN
35‰ OCH TEMPERATURER MELLAN 0 OCH +30°C. (Underlag fig.25)

Utvidningskoefficienten motsvaras av kurvans lutning.



PÅ TABELLFORM :

KOEFFICIENT PER KURVDEL :

TEMPERATUR (°C)	DENSITET (g/cm ³)	TEMPERATUR (°C)	KOEFFICIENT ($\alpha \cdot 10^{-3}$)
-----		-----	
0	1,0281	0-5	0,08
5	1,0277	5-10	0,16
10	1,0269	10-15	0,18
15	1,0260	15-20	0,24
20	1,0248	20-25	0,30
25	1,0233	25-30	0,30
30	1,0218		

TEMPERATURDIFFERENSER GENTEMOT YTTEMPERATUR +16°C OCH
UTVIDGNINGSKOEFFICIENTERNA GENTEMOT DJUPET

DJUP (m)	YTDIFF 1°C Δt_1	KOEFF. $\alpha * 0,001$	YTDIFF 5°C Δt_5	KOEFF. $\alpha * 0,001$
0	1	0,24	5	0,252
50	1	0,24	5	0,250
100	1	0,24	5	0,247
250	1	0,21	5	0,234
500	1	0,18	5	0,192
750	0,7	0,16	3,6	0,17
1000	0,2	0,16	1,2	0,16
1250	0	-	0,2	0,16
1500	0	-	0	-

BERÄKNING AV HAVSYTANS HÖJNING BEROENDE PÅ EN TEMPERATURHÖJNING

Beräkningen utförs i tabellform enligt:

$$\Delta h = \Delta d * \Delta t * \alpha ,$$

där:

Δh = delhöjning i valt djupintervall

Δd = höjden hos valt djupintervall

Δt = temperaturökning

α = vattnets längdutvidgningskoefficient

HAVSHÖJNING:

DJUP d (m)	DELDJUP Δd	TEMP- $\Delta t1(^\circ\text{C})$	HÖJN $\Delta t5(^\circ\text{C})$	UTV- $\alpha 1 * 0,001$	KOEFF $\alpha 5 * 0,001$	$\Delta h1$ (mm)	$\Delta h2$ (mm)
0	0	1	5	0,24	0,252	0	0
50	50	1	5	0,24	0,250	12	62,5
100	50	1	5	0,24	0,247	12	61,75
250	150	1	5	0,21	0,234	31,5	175,5
500	250	1	5	0,18	0,192	45	250
750	250	0,7	3,6	0,16	0,170	28	153
1000	250	0,2	1,2	0,16	0,16	8	48
1250	250	0	0,2	-	0,16	0	8
1500	250	0	0	-	-	0	0
Total höjning: Σ						136,50	748,75

Detta ger:

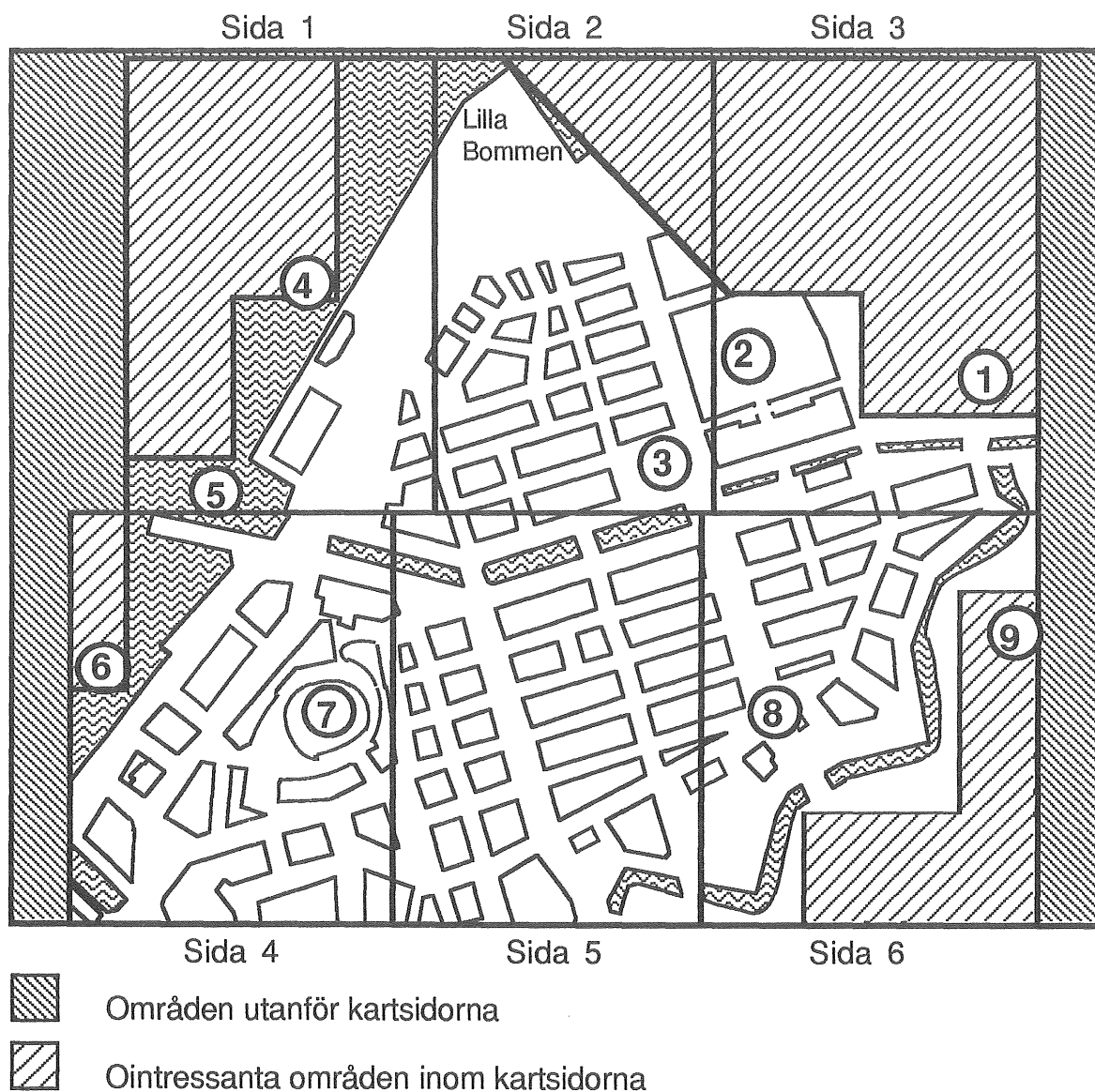
Temperaturhöjning med 1°C ger havshöjning på ca 14 cm

Temperaturhöjning med 5°C ger havshöjning på ca 75 cm

Bilaga B: KVARTERSÖVERSIKT

För att underlätta för läsaren att följa konsekvensbeskrivningen vad gäller källaröversvämningar följer här några sidor med en karta över Göteborgs innerstad med kvartersnamn och nummer inskrivna.

Här nedan visas en översikt över kartans disposition på sidorna:

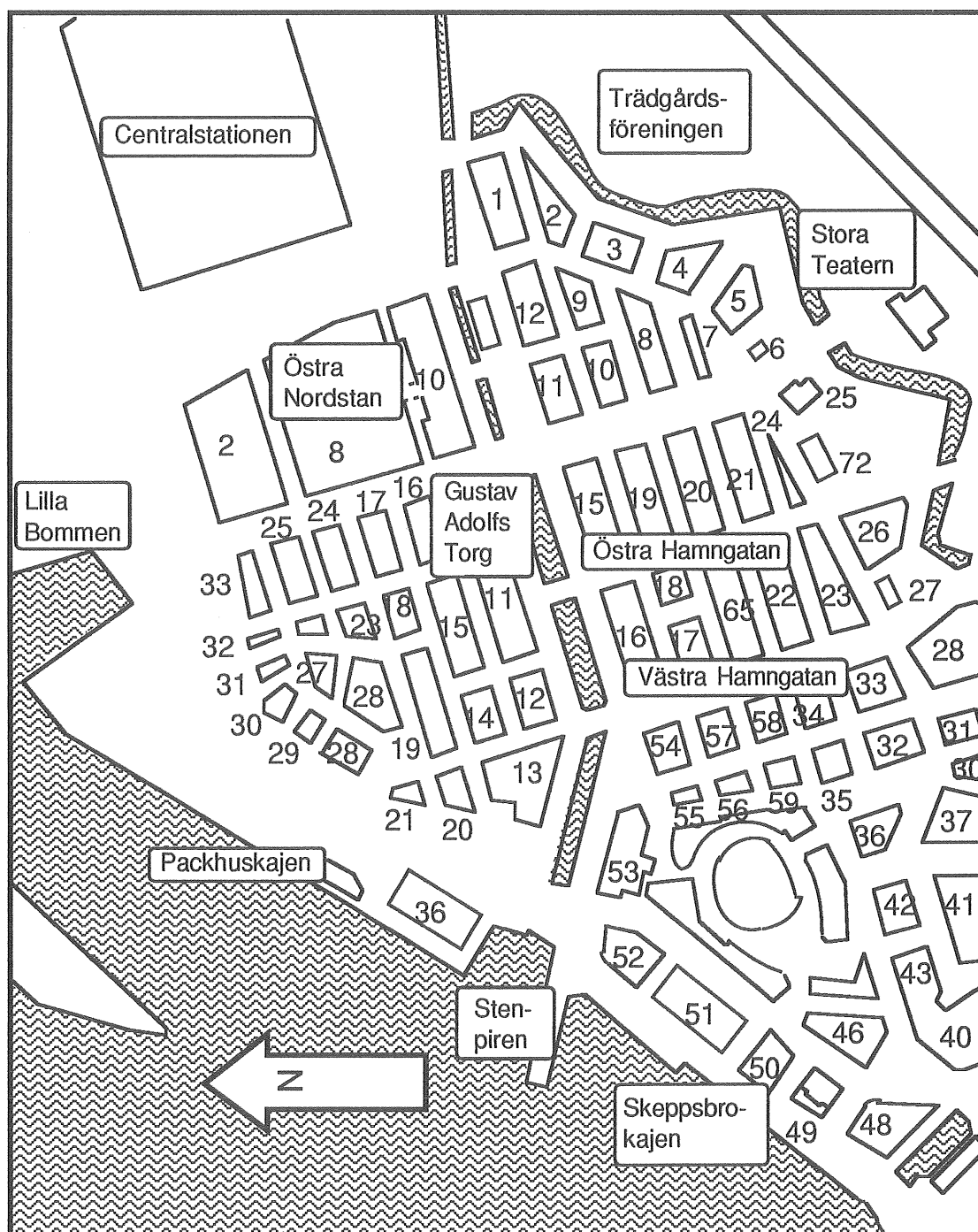


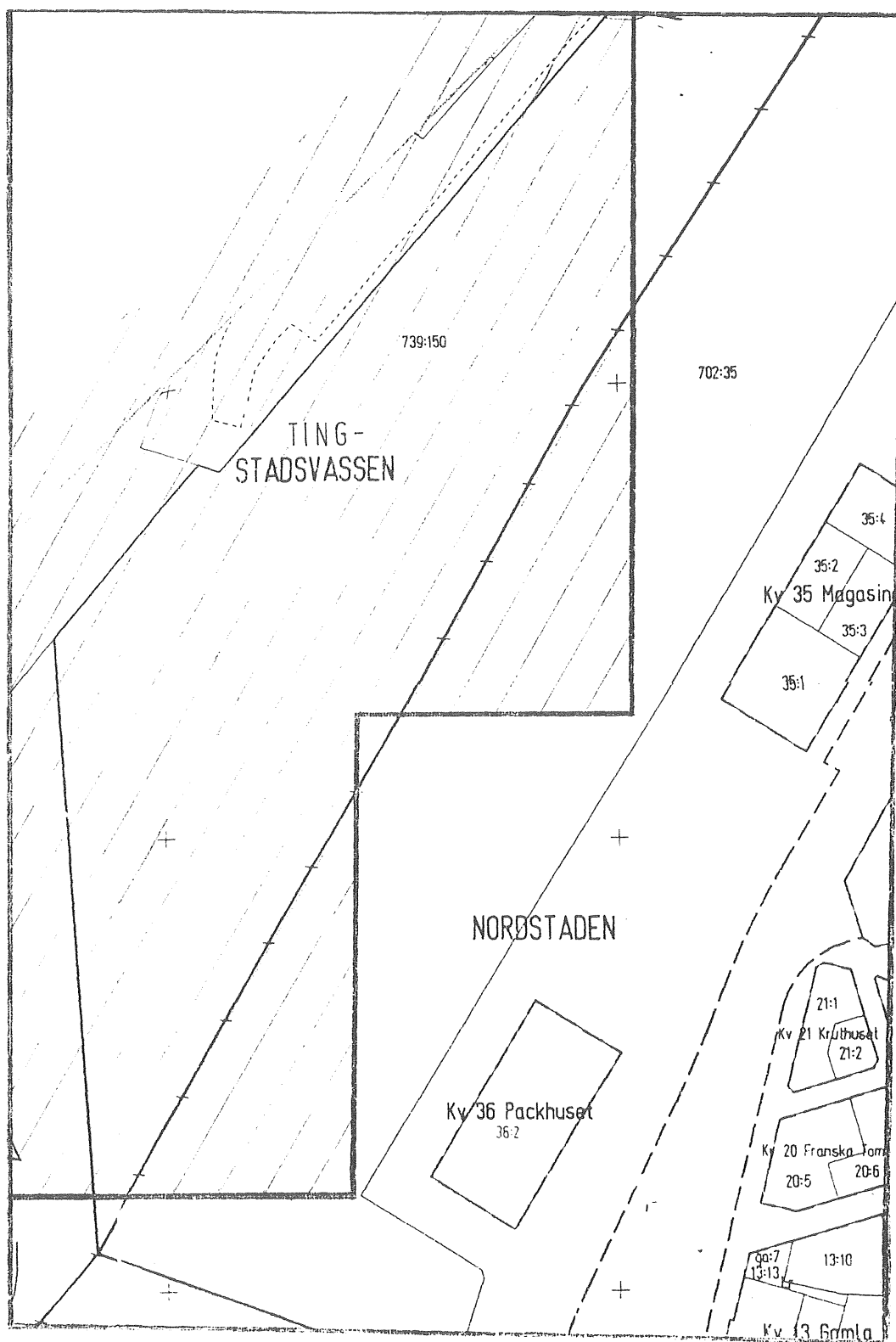
För att underlätta orienteringen följer här några namn:

- | | | | |
|---|----------------------------------|---|---------------------|
| 1 | Drottningtorget | 6 | Skeppsbrokajen |
| 2 | Östra Nordstaden | 7 | Otterhällan |
| 3 | Gustav Adolfs Torg | 8 | Kungsportsplatsen |
| 4 | Packhuskajen | 9 | Trädgårdsföreningen |
| 5 | Stora Bommens hamn med Stenpiren | | |

Kartorna på sidorna 73 till 78 är i skala 1:3000

ÖVERSIKT AV KVARTERENS NUMRERING I GÖTEBORG:

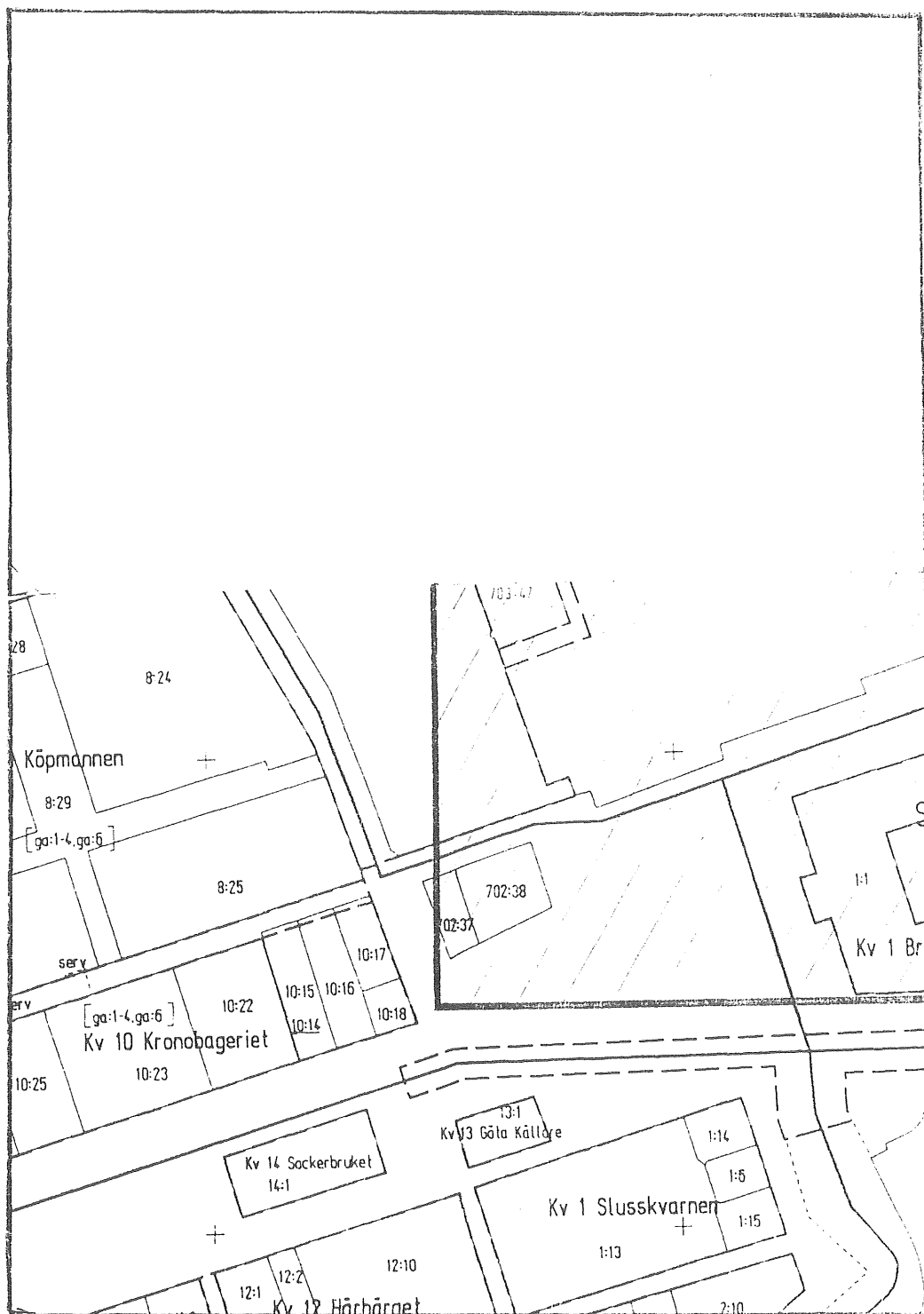




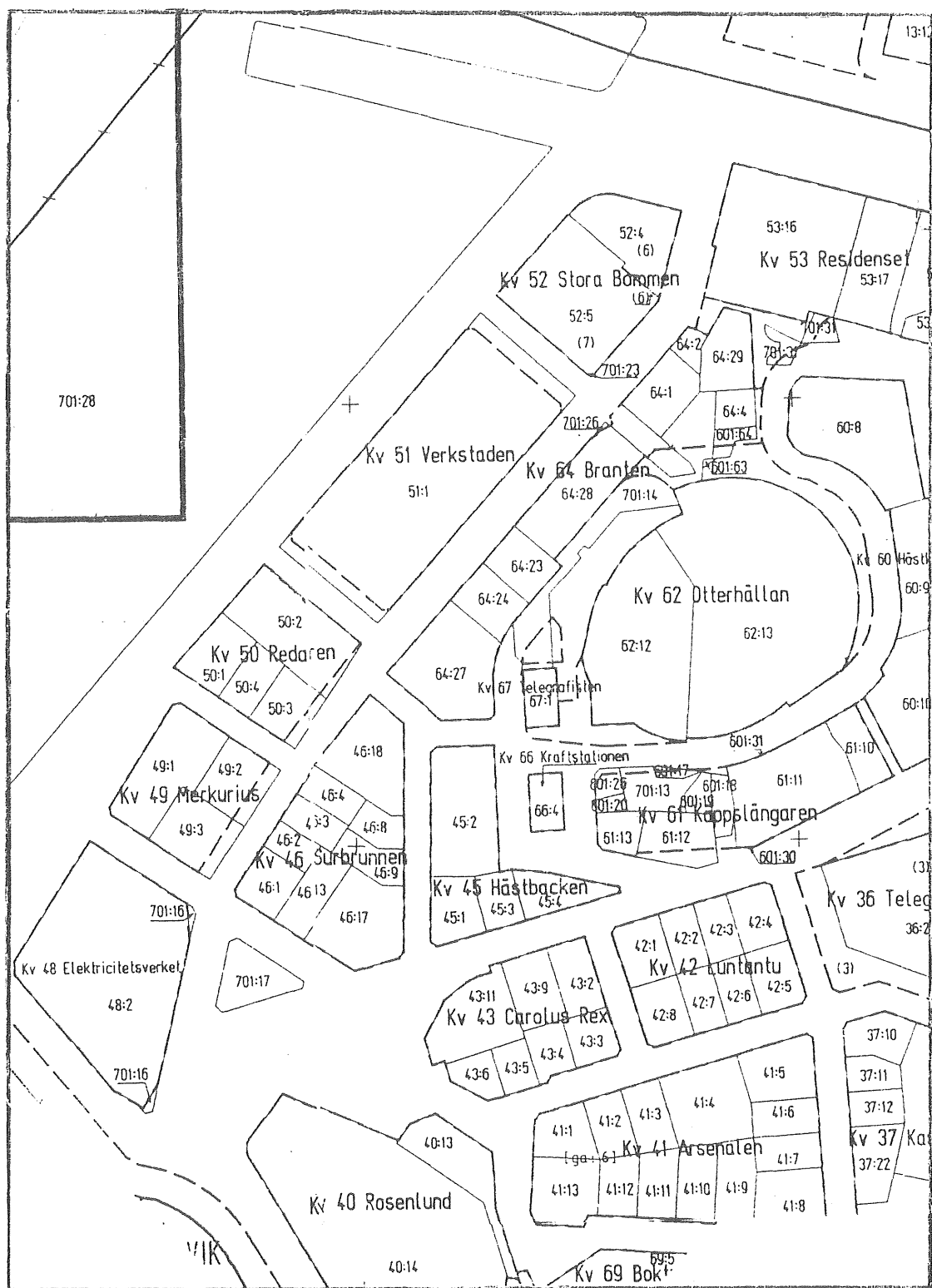
Sida 1 Skala 1:3000



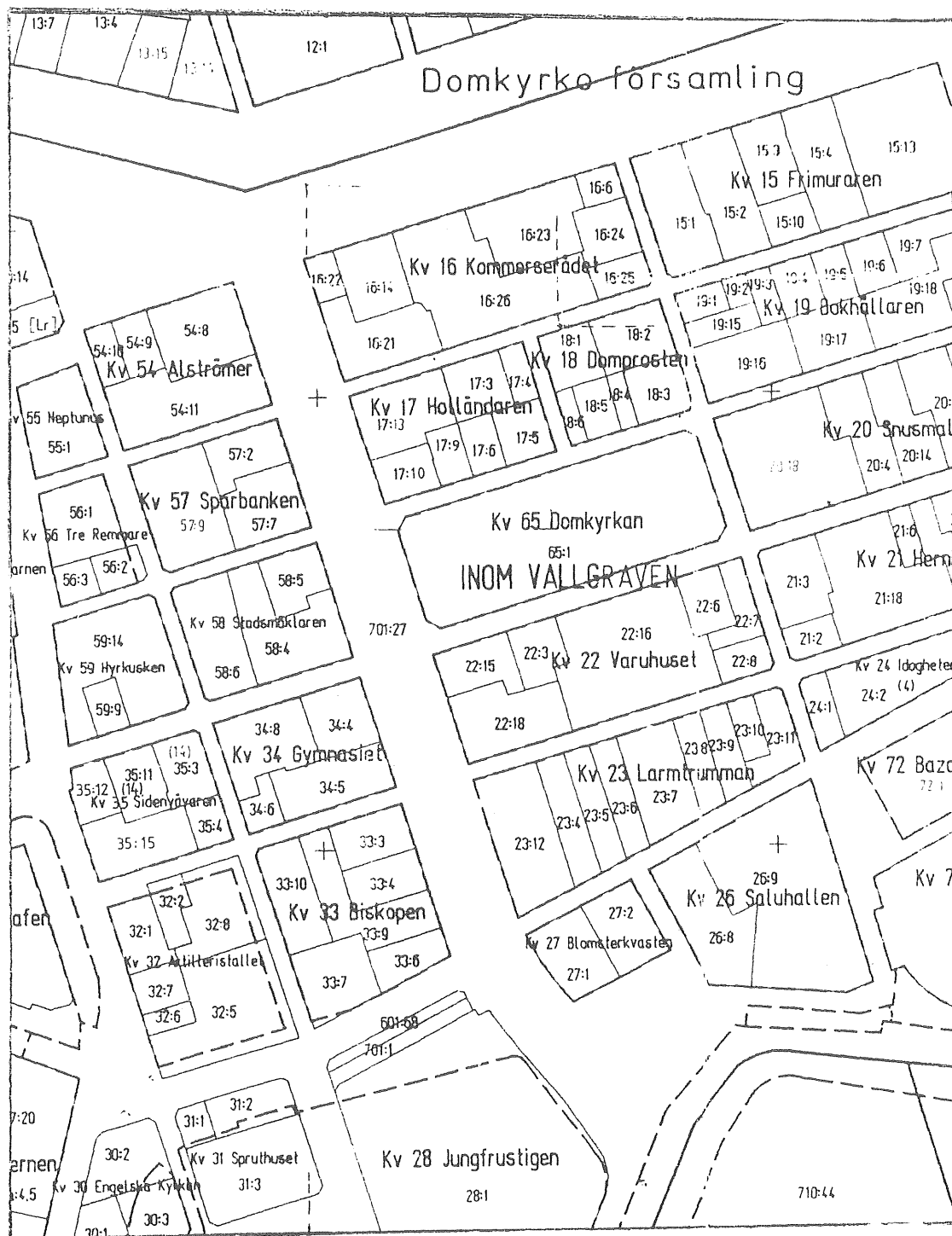
Sida 2 Skala 1:3000



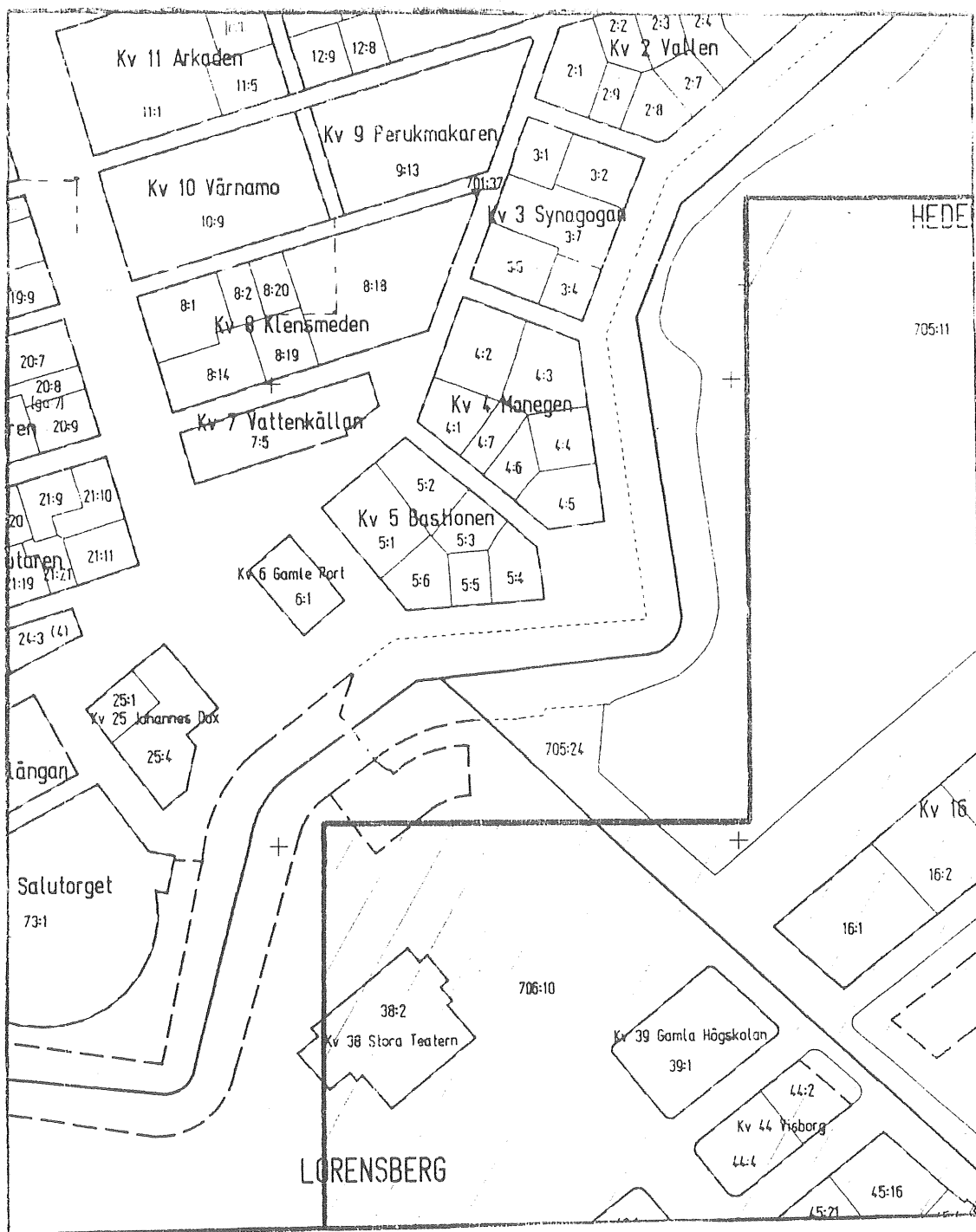
Sida 3 Skala 1:3000



Sida 4 Skala 1:3000



Sida 5 Skala 1:3000



Sida 6 Skala 1:3000

Bilaga C: FASTIGHETSDATA

Här ges en genomgång av nivåer hos bland annat källargolv i några fastigheter i Göteborgs innerstad. Vilka fastigheter som valts kan ses i bilaga B. Denna bilagas nivådata är hämtade från en nivåinventering hos stadsbyggnadskontorets arkiv. Vilka källare som kommer i fara vid en höjning av havet finns i bilaga D. Uppgifterna i denna bilaga ligger som grund för bilaga D.

Valet har skett i samråd med Lars Gunnar Hellgren på stadsbyggnadskontoret.

FASTIGHETSDATA

De valda fastigheterna ligger i två områden, Nordstaden och Inom Vallgraven. Se karta i bilaga B.

Här nedan följer en genomgång över hur de är byggda för att klara nuvarande förhållanden. (Gvy=+10,01)

OMRÅDE: INOM VALLGRAVEN

Kvarter 49: Mercurius

49:1 Golvnivå +10,4 till +11,2

Kvarter 50: Redaren

Golvnivå +10,4

Kvarter 52 : Stora Bommen

52:4 Källargolv +9,25 till +10,85
Membranisolerat till +10,72
Vattentät konstruktion

52:5 Dräneringsanslutning +9,95
Lägsta pålavskärning +6,70
Vattentät betong till +12,00
Golvränna till pumpgrop

Kvarter 54: Alströmer

54:18 Källargolv +13,6
Rustbädd +13,0
Vattennivå +12,9 till +13,6

Kvarter 55: Neptunus

55:1 Vattennivå +15,23 till +15,32

Kvarter 56: Tre Remmare

56:2 Vattennivå +14,6 till +14,8

Kvarter 57: Sparbanken

57:2 Rustbädd +11,7 till +13,12
Vattennivå +11,7 till +13,6

57:9 Källargolv +13,6
Rustbädd +13,3
Vattennivå +13,2

Kvarter 58: Stadsmäklaren

58:6 Rustbädd +13,03 till +13,85
Vattennivå +12,73 till +13,85

Kvarter 59: Hyrkusken

59:4 Rustbädd +14,24
Vattennivå +13,74 till +13,86
Vattennivå i gata mellan kvarter 58 & 59: +8,7 till +12,8

Kvarter 35: Sidenvävaren

35:15 Rustbädd +14,22 till +14,58
Vattennivå +14,3 till +14,97

Kvarter 33: Biskopen

33:10 Vattennivå +13,1 till +14,2
Vattennivå i gata +6,6 till +13,2

Kvarter 32: Artelleristallet

32:1 Vattennivå +11,5 till +14,1
32:5 Vattennivå +14,4 till +16,2

Kvarter 31: Spruthuset

Hela Rustbädd ca +13
31:3 Vattennivå +13,0 till +13,4

Kvarter 30: Engelska kyrkan

30:1 Rustbädd +13,6 till + 13,9
Vattennivå +12,9 till +13,5 (16,3)
30:2 Vattennivå +6,2 till +9,3

Kvarter 27: Blomsterkvasten

27:1 Vattennivå +11,3 till +12,0

Kvarter 26: Saluhallen

26:8 Rustbädd +11,1 till +13,1
Vattennivå +11,0 till +12,6
Vattennivå mellan 26 Och Vallgrav +11,1 till +11,3
26:9 Rustbädd +10,8 till +11,8
Vattennivå + 10,5 till + 11,3 (13,1)

Kvarter 25: Johannes Dax

25:1 Källargolv +12,5
Vattennivå +11,5
25:4 Källargolv +12,0 till +12,2
Vattennivå +11,0 till +11,6
Vattennivå i gata mellan kv. 25 & Vallgrav: +11,1 till +11,5

Kvarter 24: Idogheten

Vattennivå i

gata mellan kvarter 24 & 72: Vänster +13,8 Höger +13,0 till +14,1

Kvarter 23: Larmtrumman

23:7 Rustbädd +13,4

Vattennivå +13,2

23:9 Rustbädd +13,4

Vattennivå +13,4

23:12 Källargolv +12,5 till +12,6

Rustbädd 11,3 till +12,3

Vattennivå +11,1 till +12,3

Vattennivå i gata mellan kvarter 23 & 24: +13,4 till +14

23, 26 & 27: +13,0 till +14,5

Kvarter 22: Varuhuset

22:16 Vattennivå +13,6 till +14,6

Kvarter 21: Hernhutaren

21:3 Vattennivå +12,9 till +13,2

21:9 Vattennivå+ 11,7 till +12,8

21:11 Vattennivå +11,1 till +11,5

21:18 Vattennivå +12,9 till +13,12

Kvarter 20: Snusmalaren

20:6 Vattennivå +11,7 till +12,0

20:18 Rustbädd +11,4 till 12,0

Vattennivå +11,8 till 12,0

Kvarter 19: Bokhållaren

19:5 Rustbädd +11,13

Vattennivå +10,09

Kvarter 18: Domprosten

18:1 Källargolv +12,5 till +13,0

Rustbädd +11,7 till +12,5

Vattennivå +12,1 till +12,8

Kvarter 17: Holländaren

17:3 Rustbädd +12,3

Pålavskärning +12,1

17:6 Källargolv +12,7

17:9 Källargolv +12,4

17:10 Vattennivå +12,4

Vattennivå, gata mellan kvarter 17 & 18: +12,7 till +13,2

Kvarter 16 : Kommerserådet

16:21 Rustbädd +10,9 till +11,4
Pålavskärning +11,3
Vattennivå +11,0 till +11,5
16:25 Vattennivå +11,0
16:26 Källargolv +10,6
Pumpgrop
Dränering enligt ritning

Kvarter 15 : Frimuraren

15:1 Källargolv +10,8 till +11,2
Rustbädd +10,4 till +10,9
Vattennivå +10,4 till +11,0
15:13 (Bank)
Vattentät konstruktion
Källarnivå +8,35
Dubbelt källargolv med dränerande lager
Pumpgropar
Dränering enligt ritning

Kvarter 11 : Arkaden

11:1	(Nya Arkaden)	För alla tre galler:
	Källargolv +8,5	Vattentät konstruktion
11:2	(Bank)	Dubbelt källargolv med dränerande
	Källargolv +9,16	lager Pumpgropar
11:5	(Waidele)	Dränering enligt ritning
	Källargolv +9,40	

Kvarter 12 : Härbärgen

12:10 (Bland annat skoaffär och systembolag)
Grundnivå +6,0 till +7,5
Källargolv +8,1
Vattennivå i gata mellan kvarter 12 & 1: +10,8
Vattennivå i gata mellan kvarter 12 & 9: +11,0
Vattentät konstruktion
Pumpgropar
Dränering: Södra Hamngatan Regn +10,950
Spill +10,650
Drottninggatan Regn +11,0
Spill +10,7

Kvarter 1 : Slusskvarnen

- 1:6 Rustbädd +11,28 till +11,32
1:13 (Sheraton)
Källarnivåer +8,25 till +8,75
Pålavskärning ca +5
(Vattennivåer +11,27 till +11,8)
Pumpgropar
Översvämning om stopp i avloppsledning
Vattentät konstruktion
Dubbelt källargolv för eventuell avrinning
Dränering enligt ritning
Vattnet pumpas upp till dräneringsnivån
1:14 Rustbädd +10,7
1:15 Rustbädd +11,0

Kvarter 2: Vallen

- 2:1 Vattennivå +11,4 till +11,8
2:2 Rustbädd +11,3 till +11,4
Vattennivå +11,0 till +11,4
2:10 Vattennivå +10,8 till +11,2

Kvarter 3: Synagoga

- 3:1 Rustbädd +11,9 till + 12,2
Vattennivå +11,8 till +11,9
3:5 Källargolv +12,6 till +12,7
Rustbädd +12,7
Vattennivå +11,5 till +11,7
3:7 Rustbädd +12,4
Vattennivå +11,6 till +12,3

Kvarter 4: Manegen

- 4:2 Rustbädd +12,7 till +12,8
Vattennivå +12,5 till +12,7

Kvarter 5: Bastionen

- 5:3 Rustbädd +11,96 till +12,45
Vattennivå +12,5 till +12,7
5:4 Rustbädd +11,50 till +11,90
Vattennivå +11,12 till +11,50
5:5 Rustbädd +11,4

Kvarter 6: Gamle Port

- 6:1 Vattennivå +10,7 till +11,0

Kvarter 8: Klensmeden

- 8:1 Vattennivå +11,4

OMRÅDE: NORDSTADEN

Kvarter 702 (namnlöst)

702:37 Vattennivå +10,5 till +11,2

Kvarter 8 : Köpmannen

8:24 (Östra Nordstan) Underkant platta +6,10
Källargolv +7,30 Överkant platta +7,00
(6,87-7,3) Färdigt golv +7,30
Vattentät konstruktion med fogband, som lägst +10,60
Pålavskärning +4,7 till +6,35
Nivårör
Reglerad nivå utanför
Pumpar för nivåhållning
Bjälklag i vattentät betong
8:25 (Hotell Europa)
Sanitetsanslutning +6,24 , +6,30 , +6,50 och +7,60
Pålavskärning +5,7 till +7,05
Källargolv +6,5 till +7,6
Bjälklagstjocklek 0,4 m
Vattentät betong
Pumpgropar

Kvarter 16: Högvakten

16:3 Rustbädd +10,20
Vattennivå +10,65 till +10,83
16:4 Rustbädd +10,2
Vattennivå +10,38 till +10,87

Kvarter 17: Borgaren

17:1 Vattennivå +9,2 till +11,0
17:5 Vattennivå +11,1

Kvarter 24: Polismästaren

24:3 Vattennivå +10,9
24:9 Rustbädd +11,0
Vattennivå +11,1 till +11,7
24.10 Källargolv +11,0
Rustbädd +10,0
Vattennivå +10,6 till +11,6(12,4)
24:11 Btg +10,2 till +10,3
Vattennivå +10,7
24:12 Källargolv +10,8
Rustbädd +10,1

Kvarter 25: Göta kanal

25:10 Betongyta +12,4
Vattennivå +11,1 till +11,9
25:12 Vattennivå +11,7

Kvarter 33: Lilla Bommen

33:4 Rustbädd +10,9
Vattennivå +11,0

Kvarter 12: Ostindiska kompaniet

12:1 (Museet)
Lägsta golvnivå strax under gatuplanet
Gamla dräneringsrör 0,3 m under markytan, med lutning
ner
mot hamnkanalen

Kvarter 13: Gamla Tullen

13:7 Källaren 1,1m under gatuplanet
13:12 (Broströmia)
Källargolv +11,50 (Bottenvåning +12,4)
Rustbädd

Kvarter 20: Franska Tomten

20:5 Källarvåning + 10,3
Pumpgropar

Kvarter 21: Kruthuset

21:1 Vattennivå +10,5 till +11,2

Kvarter 36: Packhuset

36:2 Bottenvåning +11,1 till +11,4
Ingen källare finns

Bilaga D: KÄLLARSTUDIE

För att se vilka konsekvenser en havshöjning skulle ha för de källarvåningar som finns i det valda området följer här en studie över vilka källare som kan tänkas drabbas, och i så fall av vad.

Genomgång av konsekvenser och åtgärder för kvarter som berörs av höjd grundvattennivå:

Här sker en genomgång kvarter för kvarter, vilka konsekvenser och åtgärder som kan bli aktuella vid en framtida höjning av medelvattenståndet i havet. Eventuella marköversvämningar förutsätts vara åtgärdade med hjälp av invallningar och dylikt. Studien omfattar höjningar i havet på upp till 1,0 meter. Kartor och bilder som förklarar bland annat kvarterens nummer och läge finns i bilagorna B och C.

Om medelvattennivån höjs med mindre än 0,5 meter utöver nuvarande nivå, sker inga större förändringar mot den situation som är idag.

Om medelvattennivån höjs med 0,5 meter berörs följande kvarter:

I NORDSTADEN

Kv 20 Franska Tomten
Kv 24 Polismästaren
Kv 8 Köpmannen

INOM VALLGRAVEN

Kv 1 Slusskvarnen
Kv 12 Härbärgat
Kv 50 Redaren
Kv 49 Mercurius
Kv 11 Arkaden
Kv 15 Frimuraren
Kv 16 Kommerserådet

Om medelvattennivån höjs med upp till 1,0 meter berörs även dessa kvarter:

I NORDSTADEN

Kv 13 Gamla Tullen
Kv 16 Högvakten

INOM VALLGRAVEN

Kv 52 Stora Bommen
Kv 26 Saluhallen

Nu börjar genomgången kvarter för kvarter.

Jag delar upp kvarteren i den äldre och den nyare typen då hus av samma typ uppträder på liknande sätt.

Kvarter av äldre typen:

Kvarter i Nordstaden:

Kvarter 20 Franska Tomten:

Fastigheterna är av den äldre typen. Källargolvets nivå ligger på +10,3 meter. Pumpgropar finns redan idag.

Om medelnivån i havet, det vill säga grundvattennivån höjs med mer än 0,3 meter, det vill säga om vattnet når upp till källargolvets nivå kommer pumpning att krävas för jämnas. Man bör därför se till att dessas kapacitet räcker till för detta. Kanske kan man täta källaren upp till aktuell grundvattennivå för att minska belastningen på pumparna.

Kvarter 13 Gamla Tullen:

Fastigheterna är av den äldre typen. Den fastighet som berörs har beteckningen 13:7 och har en källargolvnivå som ligger på +10,7 meter. Detta innebär att fastigheten berörs om havet höjs med 0,7 meter eller mer.

Bästa sättet att lösa problemet med inläckande grundvatten är att täta källarvåningen upp till aktuell nivå. Eventuellt får tätningen kompletteras med pumpning.

Kvarter 24 Polismästaren:

Kvarter av gamla typen med källargolvnivåer mellan +10,8 och +11,0 meter. Kan beröras om grundvattenytan höjs med 0,8 meter eller mer.

Åtgärder mot eventuellt inläckande vatten blir pumpning.

Kvarter 16 Högvakten:

Kvarter av gamla typen med källargolvnivån +11,0 meter. Kan beröras om vattennivån höjs med 1,0 meter.

Här bör det räcka bra med en pump för att hålla vattnet borta.

Kvarter inom vallgraven.

Kvarter 15 Frimuraren:

Fastigheten 15:1 är av gamla typen och har ett källargolv vars nivå är mellan +10,8 och +11,2 meter. Delar av detta kan därför beröras om grundvattennivån höjs med 0,8 meter eller mera.

Här bör det räcka med en pump för att hålla grundvattennivån i schack.

Kvarter 16 Kommeraserådet:

Kvarteret är av gamla typen och den fastighet som berörs, 16:26, har källargolvnivån +10,6 meter. Detta innebär att golvet översvämmas om vattennivån höjs med 0,6 meter eller mer. Här bör källaren tätas till aktuell vattennivå. Dessutom bör pumpar sättas in.

Kvarter 26 Saluhallen:

Kvarteret är av gamla typen. Fastigheten 26:9 kan beröras om vattnet höjs mer 1,0 meter. Här bör pumpning räcka som åtgärd.

Kvarter 50 Redaren:

Kvarter av gamla typen med källargolvsnivån +10,4 meter. Följdaktligen berörs kvarteret om vattenhöjningen blir mer än 0,4 meter. Här bör källaren tätas till aktuell vattennivå, och tätningen kompletteras med pumpning.

Kvarter 49 Mercurius:

Kvarter av gamla typen med ett källargolv som har nivåer mellan +10,4 och +11,2 meter. Här berörs delar av källaren vid vattenståndshöjning med +0,4 meter eller mera. Täta källaren till aktuell nivå, och sätt in pumpar.

De kvarter av äldre typ som tätas, bör kontrolleras för upptryckning av golvet och uppflytning av själva huset.

Kvarter av nya typen:**Kvarter i Nordstaden:****Kvarter 8 Köpmannen:**

Fastighet 8:24 är av den nya typen, med vattentät konstruktion och pumpar som tar hand om inläckande vatten. Den har även pumpar som håller ordning på grundvattennivån och eventuellt inläckande vatten.

I en framtid med vattenståndshöjning får pumparnas kapacitet ses över. Kanske måste också källaren göras vattentät till en högre nivå.

För fastighet 8:25 som är av samma typ gäller exakt samma sak.

Kvarter inom vallgraven.

Kvarter 1 Slusskvarnen:

Fastighet 1:13 är av nya typen och det berörs vid alla höjningar. Man får se till att höjden på den vattentäta konstruktionen räcker till samt att pumparnas kapacitet är tillräcklig. Dessutom bör husets säkerhet mot uppflytning och upptryckning av källargolvet undersökas, eftersom grundvattennivån ej är reglerad. Fastigheten verkar vara utom fara för detta. (se sidan 85 och 86)

Kvarter 12 Härbärgen:

För detta kvarter gäller samma sak som för kvarter 11. Dock ligger kvarteret på gränsen då det gäller uppflyt och upptryck. (se sidan 86 och 87)

Kvarter 11 Arkaden:

Alla tre fastigheterna är av den nya typen med vattentät konstruktion och pumpar.

Också för detta kvarter gäller att den vattentäta konstruktionen skall ha tillräckligt hög nivå, och att pumparnas kapacitet skall vara tillräcklig.

Uppflytning och upptryck bör kontrolleras. Det visar sig att marginalerna är små för fastigheten 11:1. Dock klarar sig 11:2 bra. (se sidan 87 och 88)

Kvarter 15 Frimuraren:

Fastigheten 15:13 är av den nya typen med vattentätt och pumpar. Se här till att kapaciteten är tillräcklig hos pumpar och tätning. Uppflytning och upptryck bör kontrolleras. Fastigheten har troligen god marginal mot detta. (se sidan 88)

Kvarter 52 Stora Bommen:

Fastigheten 52:4 är av nya typen och är vattentät till nivån 10,72 meter. Alltså måste tätnivån höjas om medelvattennivån höjs med mer än 0,7 meter. Pumparnas kapacitet får kontrolleras.

Också fastigheten 52:5 är av nya typen. Här räcker tätningshöjden till. Dock får pumparnas kapacitet kontrolleras.

UNDERSÖKNING AV RISKEN FÖR UPPTRYCKNING AV GOLVET OCH UPPFLYTNING AV HUSET HOS EN VALD FASTIGHET AV NYA TYPEN

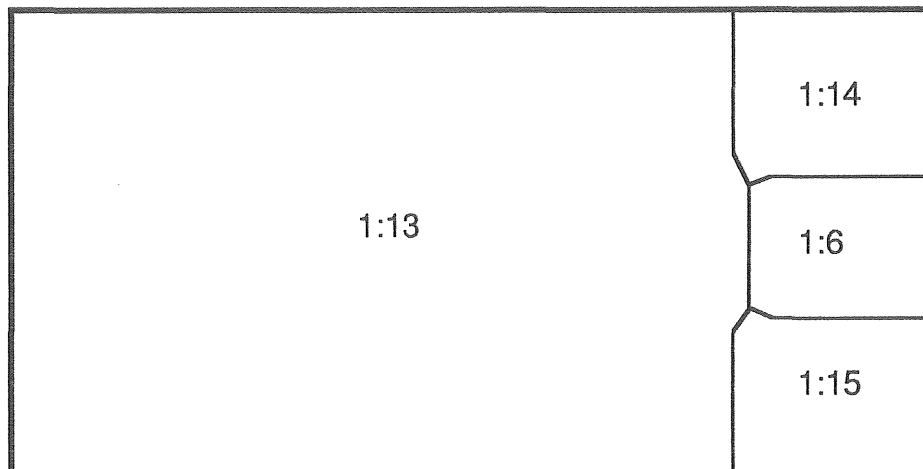
På grund av att de kvarter som är av den nya typen har en konstruktion som är vattentät kan de flyta upp om grundvattennivån blir för hög. Dessutom ökar risken för att deras golv trycks upp av det ökade grundtrycket. En undersökning av riskerna för detta görs därför här.

De kvarter som är intressanta att titta på är fyra av de som ligger inom Vallgraven, nämligen

1	(SLUSSKVARNEN)	1:13	(SHERATON)
12	(HÄRBÄRGET)	12:10	(BL.A.SYSTEMBOLAG)
11	(ARKADEN)	11:1,2,5	(ARKADEN)
15	(FRIMURAREN)	15:13	(HANDELSBANK)

Fastigheterna är tämligen likartade ur risksynpunkt.
Alla bör därför undersökas.

1:13 SHERATON



Skala 1:1000

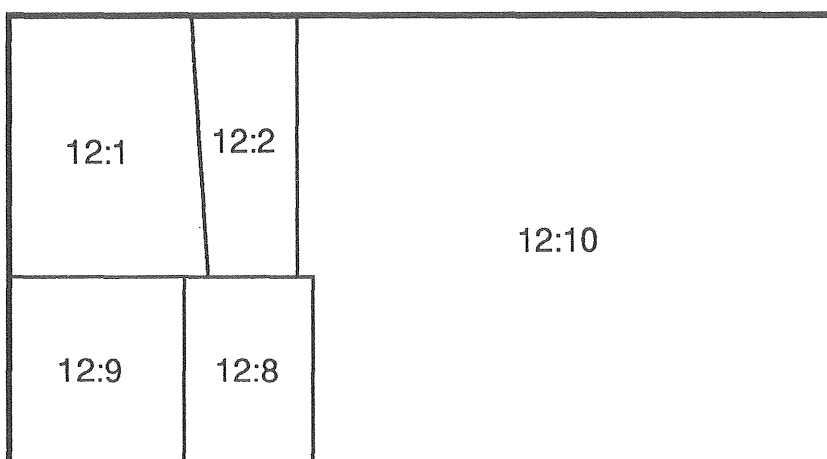
Fastighetens storlek är ungefär 60 x 90 meter.
Källargolvets nivå ligger på +8,77 meter.
Pålavskärningsnivån är ungefär +5,0 meter.

På Sheraton har bottenplattan beräknats för tre lastfall.

1. All last på pelarna.
2. Lasten fördelad mellan pålar och grundtryck mot plattan. Gvy + 9,5m.
3. Lasten fördelad mellan pålar och grundtryck mot plattan. Gvy + 11,0m.

Beräkningarna visar att momenten förändras marginellt mellan de två fallen med olika grundvattennivå utom i några punkter där momentet byter tecken, det vill säga tryck byts mot drag i överkanten av bjälklaget och vice versa. Däremot förekommer stora skillnader i moment mellan fallet med all last på pålarna och de två andra fallen. En ytterligare höjning av grundvattennivån torde därför kunna rymmas inom konstruktionens säkerhetsmarginaler. Grundvattennivåerna i beräkningen ligger 75 cm under, respektive över den som normal betraktade nivån + 10,25 m. Dränledningarnas anslutning till kommunens ledning ligger på + 11,0 m.

12:10 HÄRBÄRGET



Skala 1:1000

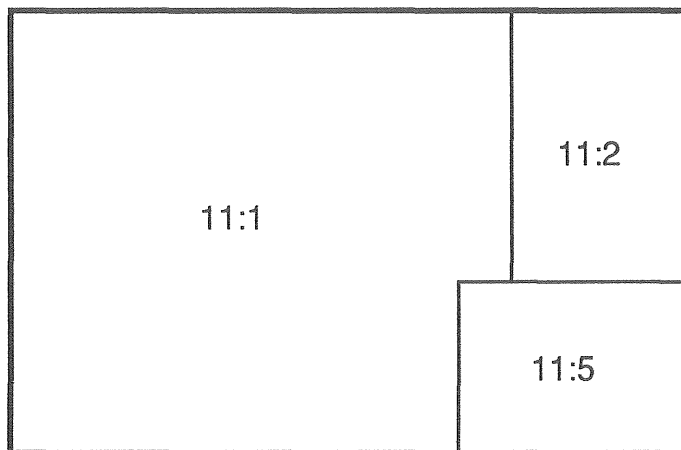
Byggnadens pålning är dimensionerad för en högsta grundvattennivå på + 11,0 meter och en lägsta nivå under bottenplattan på +7,5 meter (exceptionell last). Byggnadens totala vikt ovan plintarna är 14650 ton inklusive nyttig last. Byggnadsytan är 4160 kvadratmeter och med 3,5 meter vattenpelare upptryck (35kPa) motsvarande 14560 ton totalt upptryck. Byggnaden har alltså ingen lastmarginal för ytterligare höjd grundvattennivå.

Normal grundvattennivå är + 10,25 meter. Byggnaden är dimensionerad så att den klarar en höjning på 1 meter av normala grundvattennivån, men ej extrema tillfällen.

Byggnadslasten på grunden är emellertid ojämnt fördelad. Under gårdsytorna där det bara finns två våningar är lasten endast 25 till 30 % av lasten under byggnaden i övrigt, där antalet våningar är sex.

Total last: 14655 ton
Yta: $73 \times 57 = 4161 \text{ m}^2$
Last per pelare: 311 ton

11 ARKADEN



Skala 1:1000

11:1 Arkaden

Källargolvnivå + 8,5 meter
Totalvikt 5811 ton
Yta $57 \times 60 = 3420 \text{ m}^2$
Vattentryck $10,20 - 8,0 = 1,8 \text{ mvp.}$
Dimensionerande vattenyta +10,20m
Underkant platta +8,0m

Byggnaden är dimensionerad för + 10,20 meter. byggnaden verkar ha små marginaler mot uppflytning.

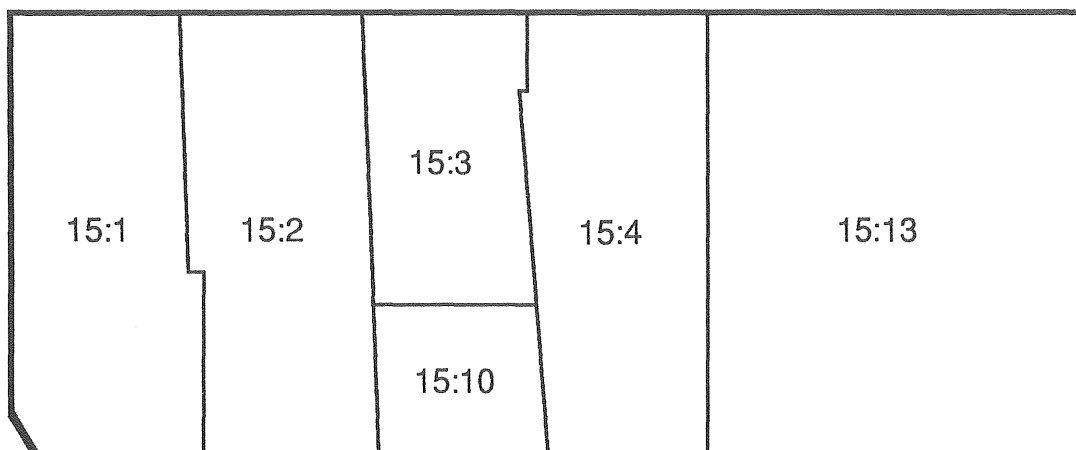
Dräneringens anslutning till kommunens ledning ligger på ca +11 meter.

11:2 SE - Bank (Byggd år 1966)

		Dimensionerande vattentryck	
Totalvikt	8070 ton	exceptionell	Vanlig
Yta 34x23=	782 m ²	max +11,85m	+11,10m
Uptryck kraft	2784 ton	min uk btg	+9,5m

Fastigheten har god marginal vad gäller uppflytning på grund av höjd grundvattennivå. Även bottenplattan har god marginal. Huset är dock gammalt och tiden tär på marginalerna. Man kan i framtiden få kontrollera grundplattans kvalitet på utsatta ställen.

15:13 FRIMURAREN (Handelsbank)



Skala 1:1000

Höjd vid dimensionerande vattentryck +11,65m. Underkant betong ligger på +7,75m. Uptryckande last blir 10893ton. Byggnadens yta är 57x49 = 2793 m². Vikten var svår att få fram. På grund av den dimensionerande höjden hos grundvattenytan bör källaren klara en vattenhöjning av en meter.

Anslutningen till kommunens ledning ligger på +10,5 meter.

Bilaga E: DAGVATTENLEDNINGAR

De separerade dagvattensystemen studeras i denna bilaga. Här visas var de ligger och vilka nivåer de har. En kort genomgång ges över konsekvenserna av en havshöjning.

DAGVATTENLEDNINGAR

Denna bilaga behandlar hur de separata dagvattensystemen i Göteborgs innerstad berörs av havsnivån idag, och i en eventuell framtid med en förhöjd medelvattennivå i havet.

På sidorna 99 till 110 går systemen igenom med angivna nivåer (i skala 1:2000). Nivåerna hos ledningarna jämförs med havets nivå nu, och om havsytan höjs. Också marknivån ovanför respektive system anges.

Farligt blir det på de platser markytan understiger nedströmsnivån i dagvattensystemet.

Översvämning kan också ske om rörsystemet går fullt, det vill säga "berörs", och trycknivån då överstiger markens nivå, se figur 10.

I de fall fara uppstår, diskuteras förslag till lösningar av problemet.

En sammanfattning av risken för översvämning ges sist i bilagan på sidan 111.

TECKENFÖRKLARING TILL DAGVATTENKARTAN

— — — — —	Dagvattenledning
○	Punkt med nivåangivelse
×	Anslutning till annan ledningstyp
== == == :	Begränsningslinje för avrinningsområde
HL	Högvattenlucka

NIVÅJÄMFÖRELSE

Aktuella nivåer i havet att jämföra med

	MW	MHW	HHW
IDAG	10,01	11,00	11,45
Om +0,1m	10,11	11,10	11,55
Om +0,5m	10,50	11,50	11,95
Om +1,0m	11,01	12,00	12,45

MW = Medelvattenstånd

MHW = Medelhögvatten

HHW = Högsta högvatten

En översikt där systemens läge kan ses finns på sidorna 50 och 51.

SYSTEM 1&2:

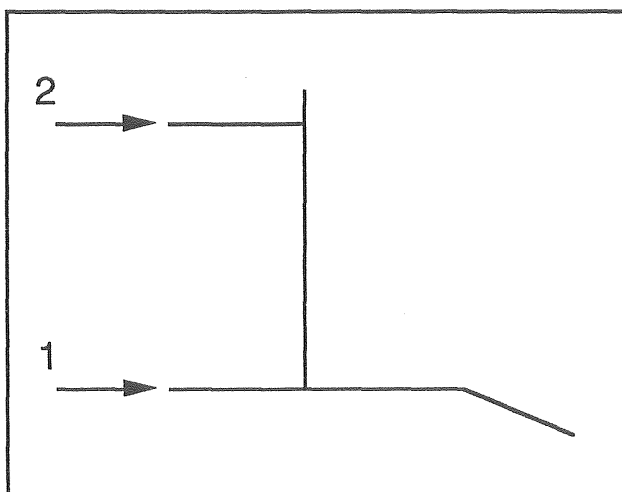
Tyvärr fanns inga nivåuppgifter för just detta system. Dock ligger markytan relativt lågt här. Den ligger på mellan +11,4 och +11,6 meter. Det är därför rimligt att anta att systemet redan idag berörs av havets nivå.

Vattnet kan tränga upp på marken i följande fall:

Vid medelhögvatten kommer detta att ske om havets medelnivå stiger med mer än 0,4 meter.

Vid högsta högvatten sker detta redan idag.

En lösning för att undvika översvämningar är att pumpa vattnet vid högvatten. Man kan också höja marknivån och grundförstärka.



SYSTEM 3&4:

Själva rörsystemet berörs delvis redan idag, även vid normalvattenstånd, eftersom det mynnar under havsnivån.

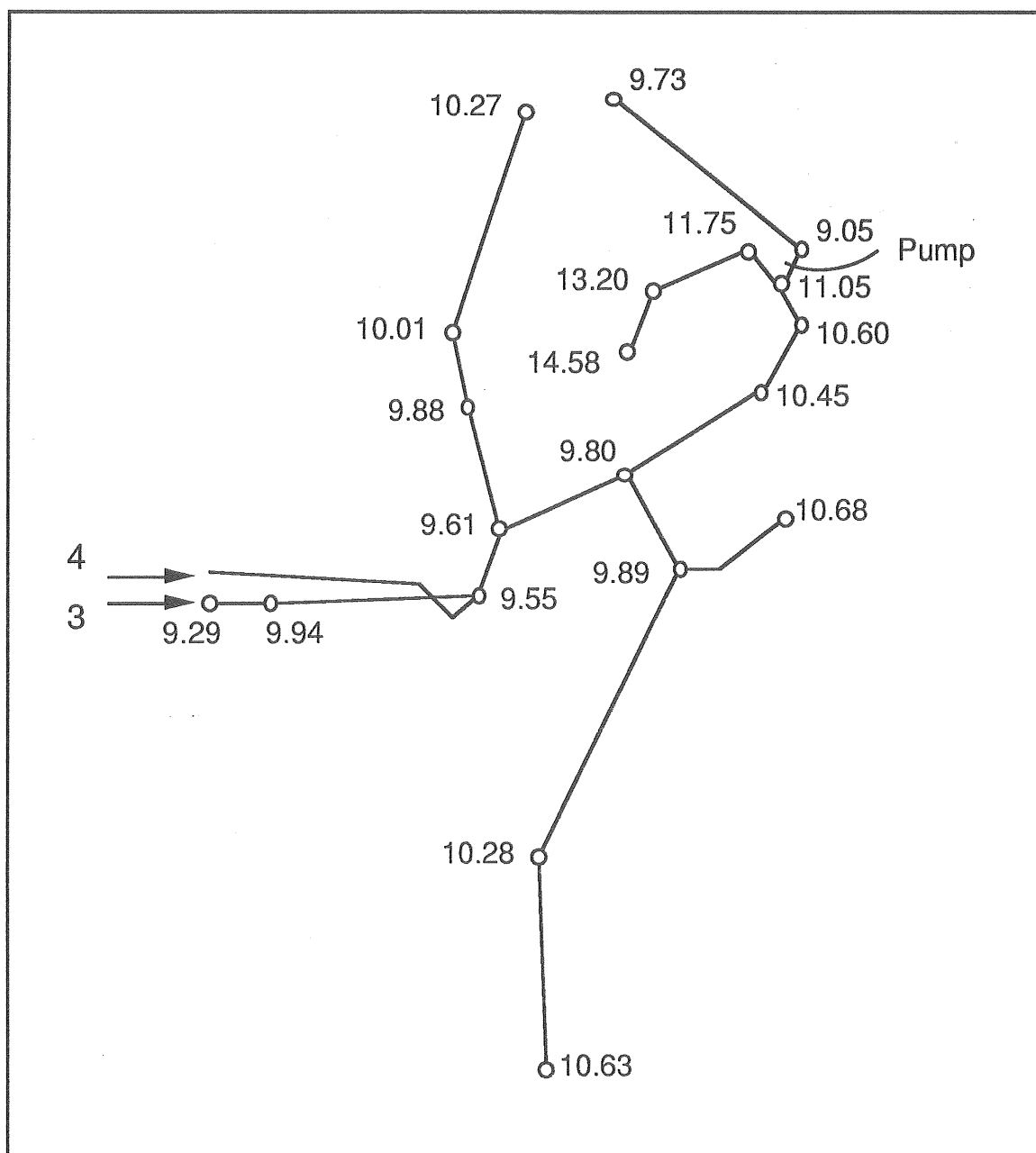
Stora delar av markytan ligger mellan +11,3 och +12,5 meter, och små delar ligger ännu högre. Delar av denna kan därför svämmas över.

Detta kommer att ske vid medelhögvatten om havsnivån stiger med mera än 0,3 meter.

Mindre delar översvämmas vid högsta högvatten redan idag. Desto större delar kommer att beröras om havsnivån höjs.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.

För detta system, som ligger nära system 1&2, och som har delvis samma förutsättningar gäller samma åtgärder.



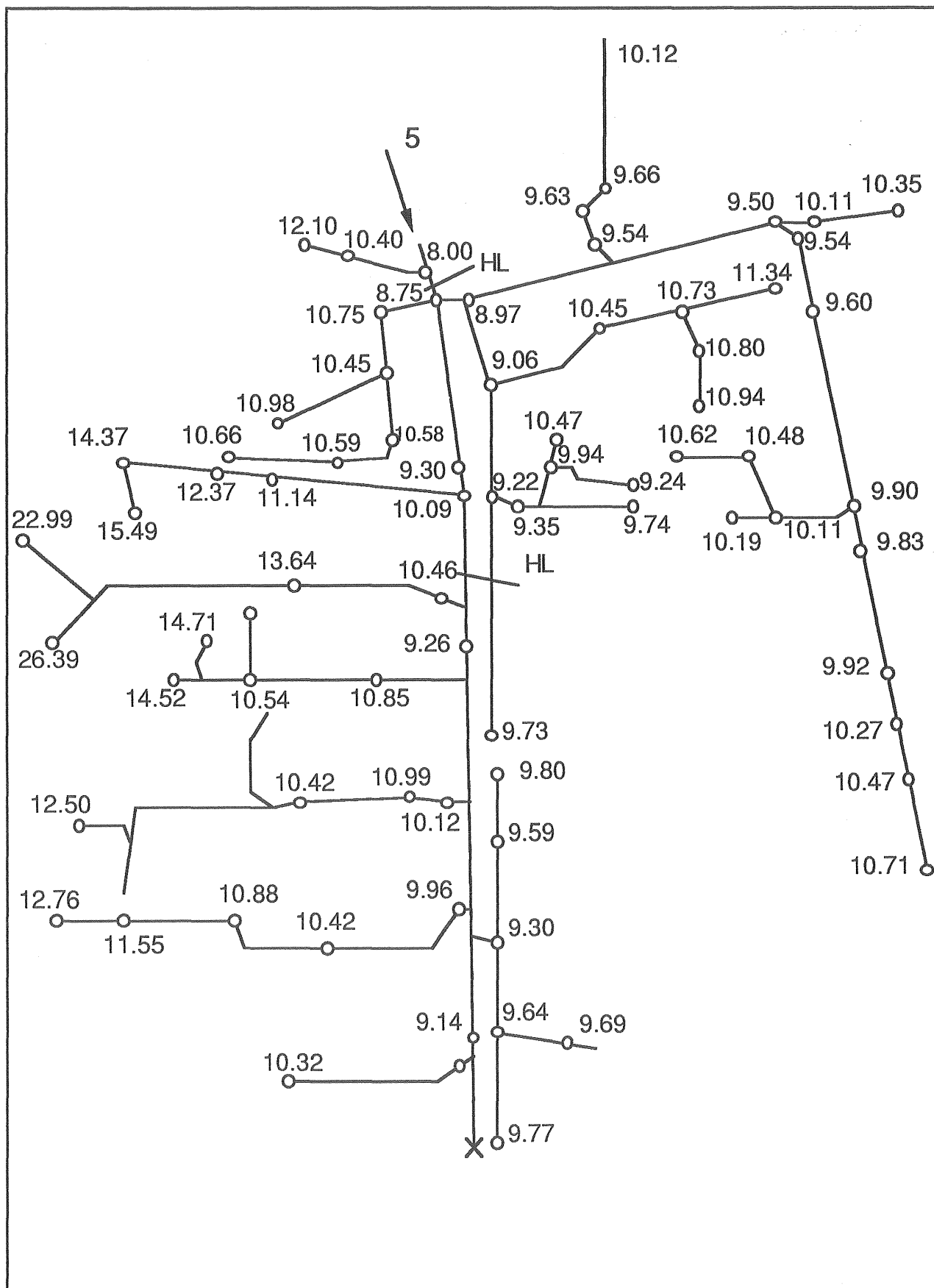
SYSTEM 5:

Markytan vid system 5 har plushöjden +12,0 meter eller mer. En dämning av rörsystemet skulle därför ge översvämningar vid medelhögvatten om havsnivån steg med mer än en meter, och vid högsta högvatten om havsnivån steg med 0,5 meter.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.

Den korta varaktigheten hos ett sådant högsta högvatten gör att de högvattenluckor som finns redan idag borde räcka till.

(System 5 har p.g.a sin storlek fått skalan 1:3000).

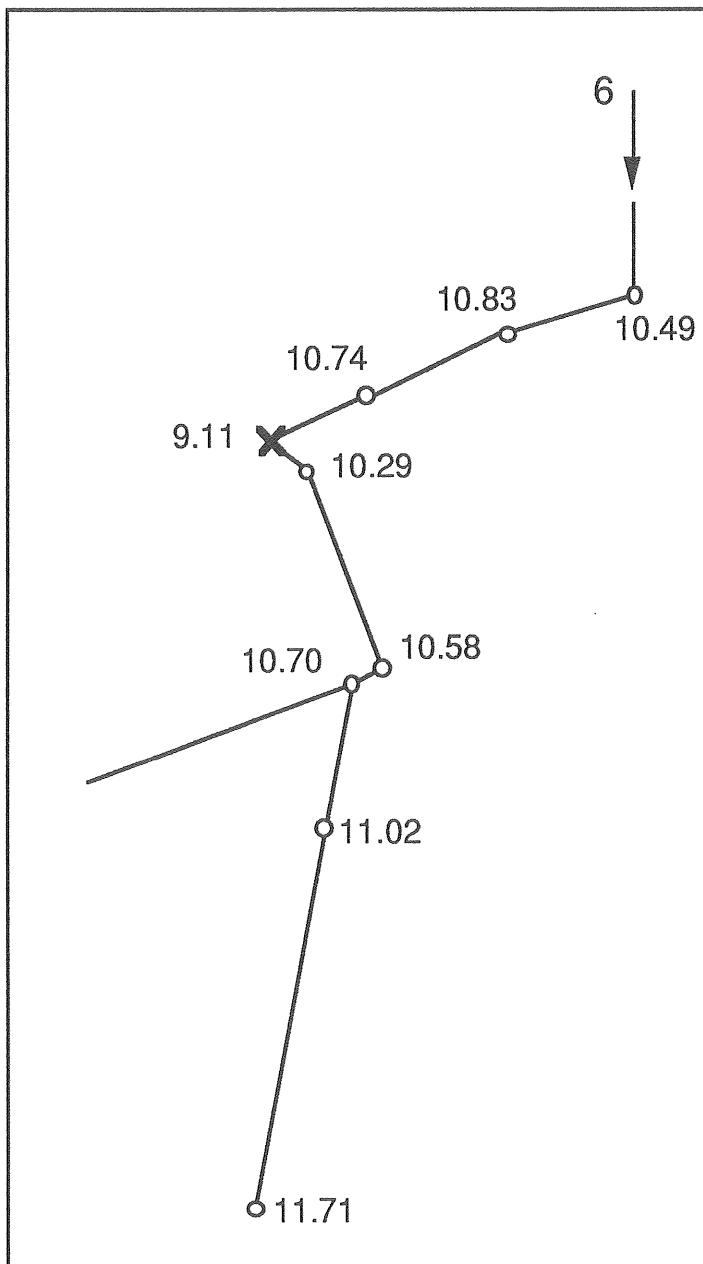


SYSTEM 6:

Detta rörsystem berörs kraftigt redan idag, men då endast vid högvatten. Om havet höjs 0,5 meter i medel berörs hela systemet vid högsta högvatten. En höjning med 0,1m gör att nästan hela systemet berörs redan vid medelvattenstånd.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.

Dock ligger marken relativt högt här, +12,4 eller mer. På grund av detta fås endast översvämningar om havets nivå stiger med mer än 0,9 meter och då endast vid högsta högvatten.

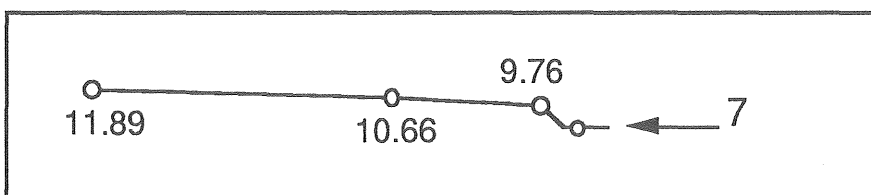


SYSTEM 7:

Berörs idag redan vid medelvattenstånd. Om havets medelvatten-nivå höjs med 0,5 meter berörs hela systemet vid högsta högvatten. Markytan ligger på +12,2 meter eller mer:

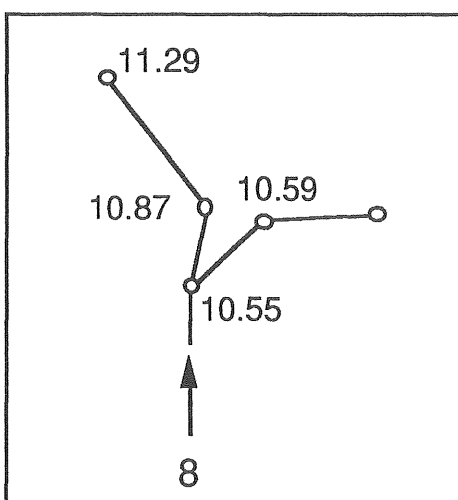
Alltså finns risk för översvämningar endast vid högsta högvatten om havets medelnivå höjs med mer än 0,8 meter.

Högvattenluckor rekommenderas.



SYSTEM 8:

Hela rörsystemet berörs i och för sig vid högvatten redan idag. Det föreligger dock ingen risk för översvämningar med mindre att havets medelnivå höjs mer än en meter. Detta eftersom marknivån är +12,5 meter eller mer.

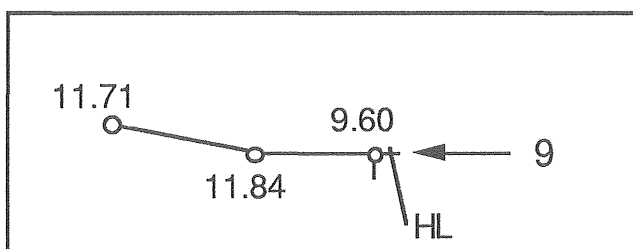


SYSTEM 9:

Rörsystemet berörs redan idag vid medel vattenstånd. Om havets medelnivå höjs med 0,5 meter berörs hela systemet vid högvatten. Marken har nivån +12,5 meter eller mer.

Inga översvämningar erhålles dock av marken om inte havets medelnivå höjs mer än en meter.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.

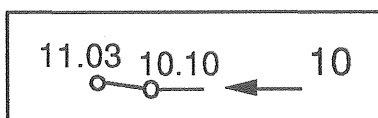


SYSTEM 10:

Hela systemet berörs vid högvatten redan idag.

Marknivån är +12,8 meter eller mer.

Ingen mark översvämmas dock så länge havshöjningen ej överstiger 1,5 meter.

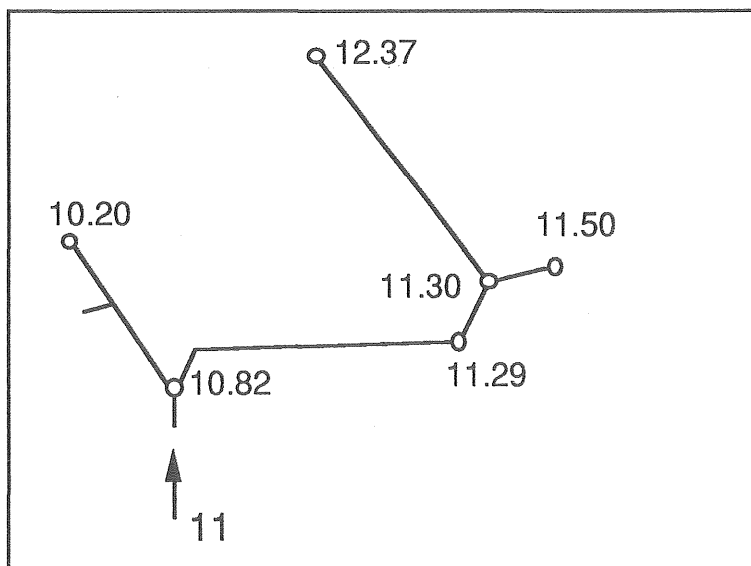


SYSTEM 11:

Detta system berörs vid högvatten redan idag. Hela systemet berörs vid högsta högvatten om havets medelnivå höjs med +1,0m.

Markytans nivå är här 12,9 meter eller mera.

Någon översvämning av marken sker inte så länge havshöjningen inte överstiger 1,5 meter.



SYSTEM 12:

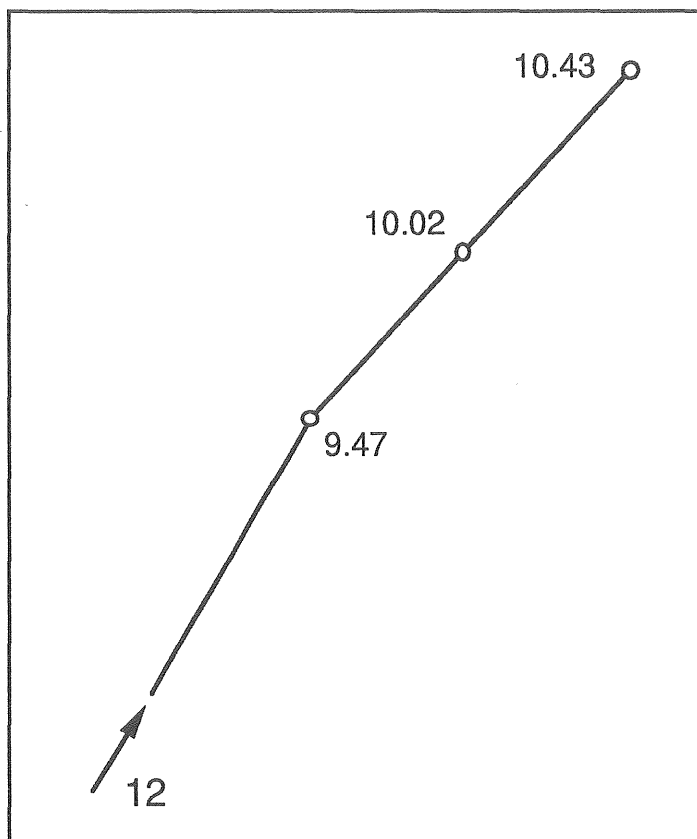
Hela rörsystemet berörs redan idag, vid högvatten. Stora delar också vid medelvattenstånd.

Markytans nivå är +11,9 meter eller mer. En sådan uppdämning av systemet att översvämningar erhålles kan ske om:

Vid medelhögvatten om havet höjs mer än 0,9 meter.

Vid högsta högvatten om havsnivån höjs mer än 0,4 meter.

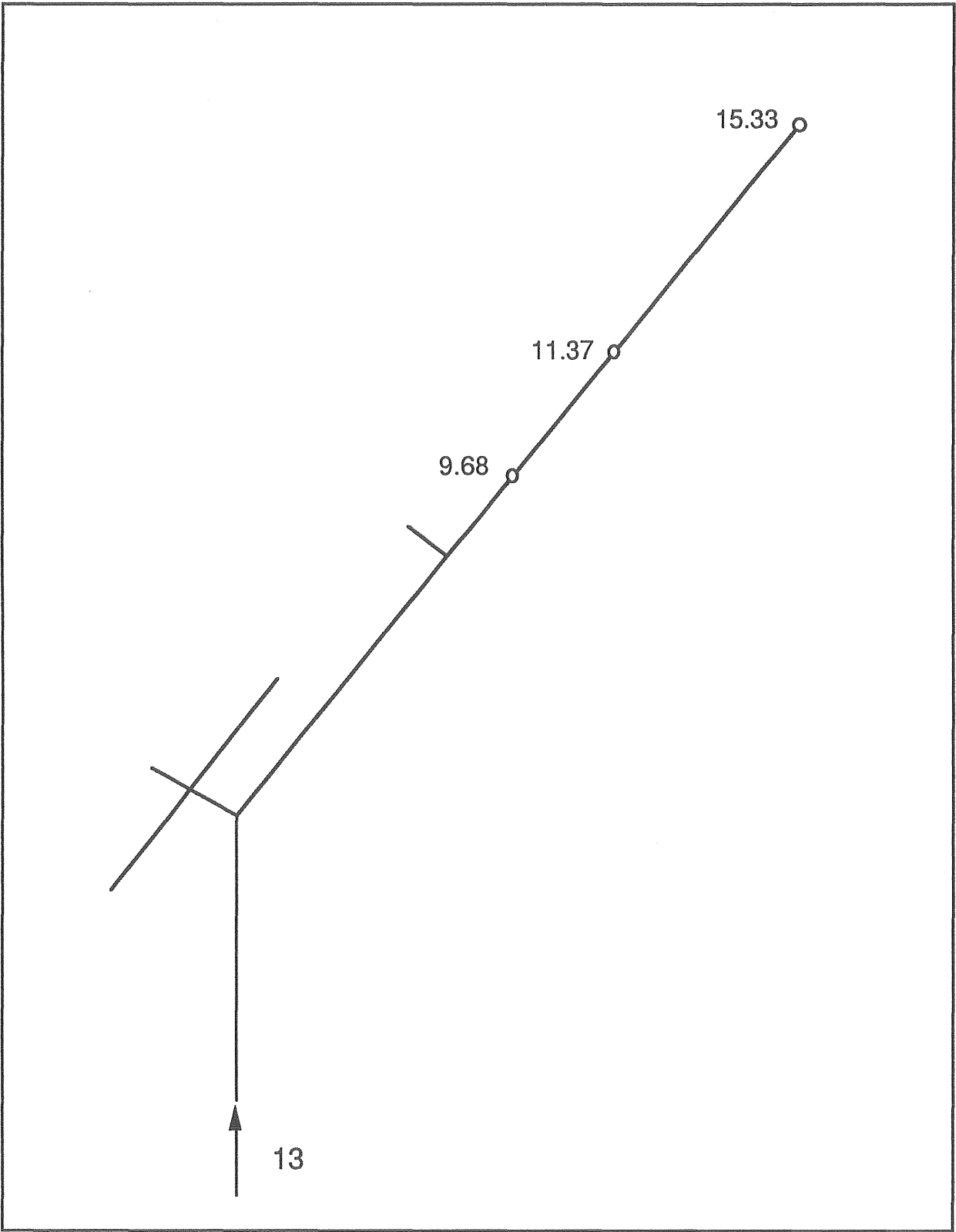
Här kan pumpar eller markhöjning diskuteras.

**SYSTEM 13:**

Rören fylls delvis redan idag , även vid medelvattenstånd.

Markens nivå hos de lägre delarna är cirka +12 meter. Risk för översvämning vid medelhögvatten finns endast om havets nivå höjs med mer än en meter. Vid högsta högvatten riskeras översvämning om havsnivån höjs mer än 0,5 meter.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.

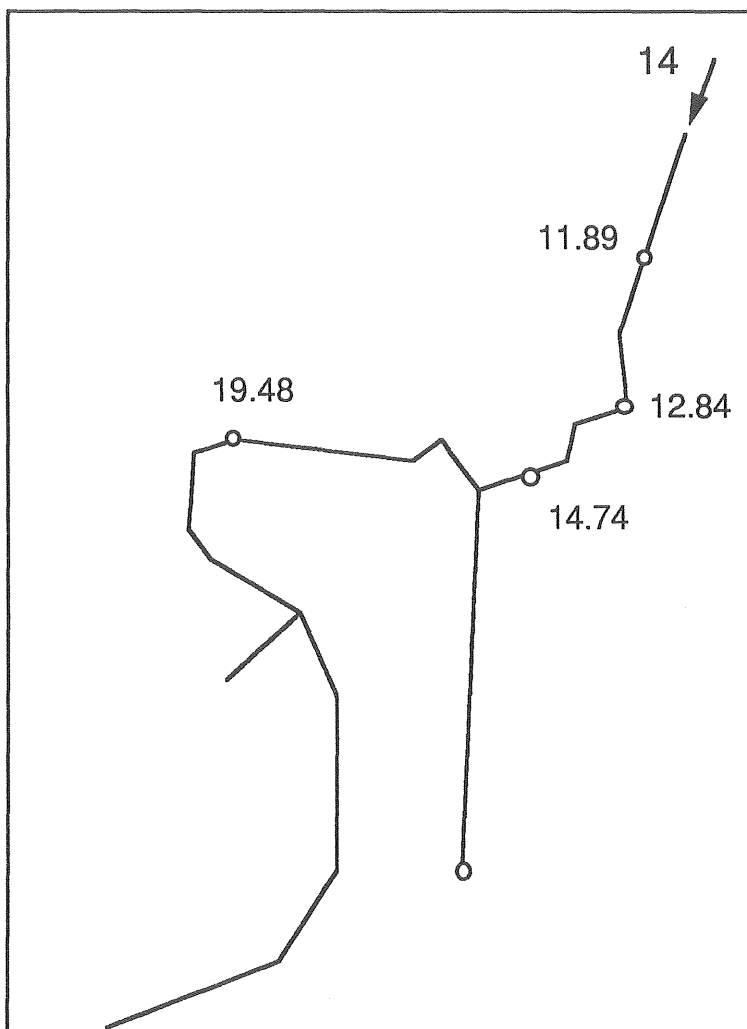


SYSTEM 14:

Berörs ej idag. Berörs något om havsytan höjs med 0,5 meter eller mer.

Markytans nivå ligger på +12,8 meter eller mer.

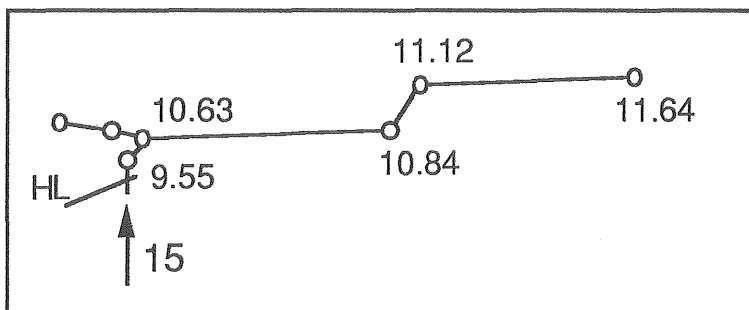
Inga marköversvämningar sker vid havshöjningar lägre än 1,5 meter.

**SYSTEM 15:**

Berörs vid medelvatten idag. Hela berörs vid högsta högvatten om havet höjs med 0,5m.

Markytans nivå ligger på +12,7 meter eller mer.

Inga marköversvämningar sker vid havshöjningar lägre än 1,5 meter.



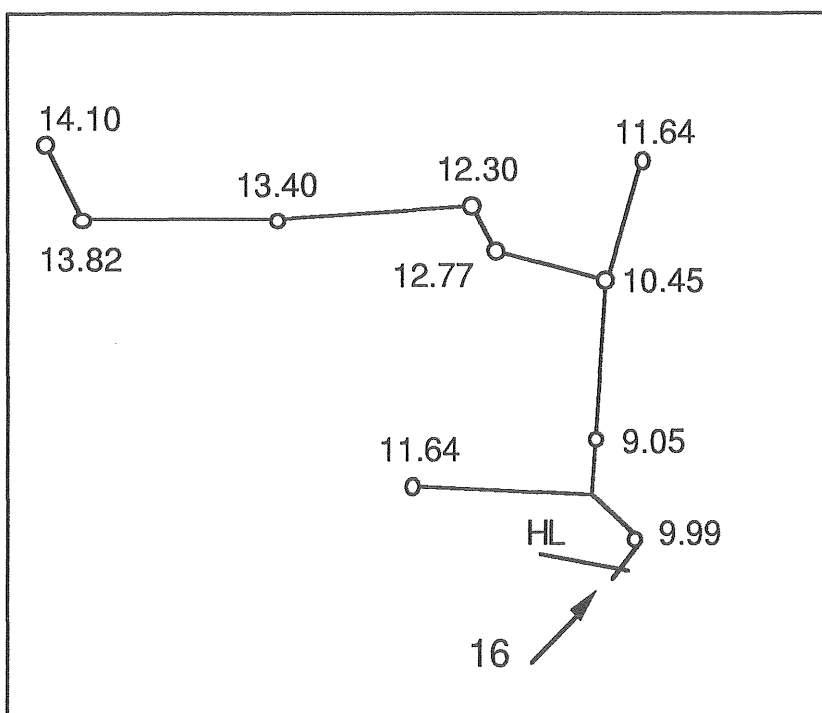
SYSTEM 16:

Berörs något idag, även vid medelvatten. Berörs något mera om havet höjs.

Markytans nivå ligger på +12,4 meter eller mer.

Översvämningar av marken kan endast ske vid högsta högvatten, och då om höjningen är mer än en meter av havsnivån.

På grund av en hög högsta nivå hos rörsystemet kan översvämningar ges i samband med regn även om havsnivån ligger något lägre än markens nivå.



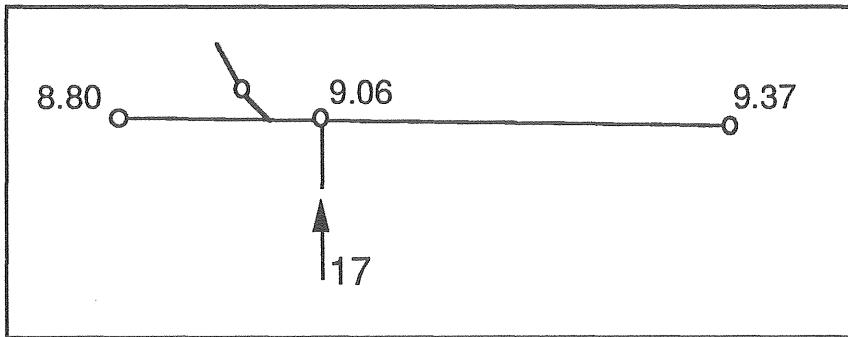
SYSTEM 17:

Rörsystemet berörs fullt ut vid medelvatten redan idag.

Markytans höjd är +12 meter eller mer.

En översvämning kan ske vid högsta högvatten om höjningen av havets medelnivå överstiger 0,5 meter.

Medelhögvatten vid höjningen 1,0 meter ger ingen översvämning.



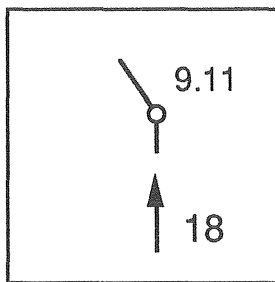
SYSTEM 18:

Rörsystemet berörs fullt ut vid medelvatten redan idag.

Markytans höjd är +12 meter eller mer.

En översvämning kan ske vid högsta högvatten om höjningen av havets medelnivå överstiger 0,5 meter.

Medelhögvatten vid höjningen 1,0 meter ger ingen översvämning.



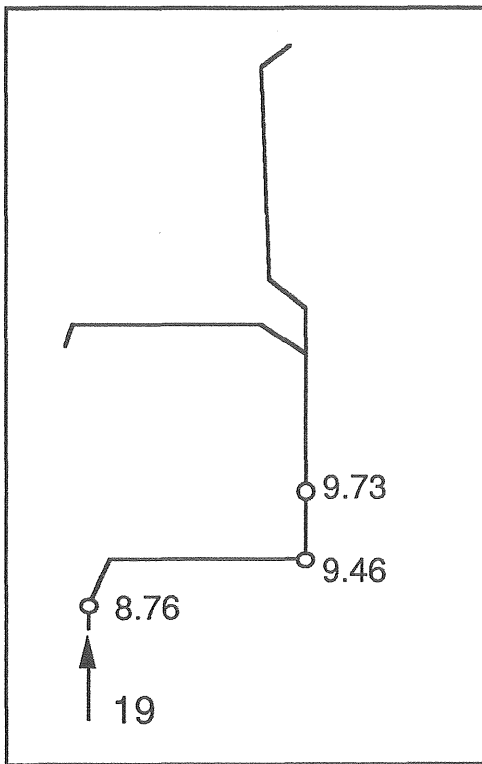
SYSTEM 19:

Rörsystemet berörs redan idag, även vid medelvatten.

Markytans höjd är +12 meter eller mer.

En översvämning kan ske vid högsta högvatten om höjningen av havets medelnivå överstiger 0,5 meter.

Medelhögvatten vid höjningen 1,0 meter ger ingen översvämning.



Tabell : Sammanfattning av översvämningensrisken:

SYSTEM NR	RISK VID MHW OM HÖJNING	RISK VID HHW OM HÖJNING
1,2	+0,4m	Sker redan idag
* 3,4	+0,3m	Sker redan idag
* 5	+1,0m	+0.5m
* 6	Ingen risk	+0,9m
7	Ingen risk	+0,8m
8	Ingen risk	+1,0m
* 9	Ingen risk	+1,0m
10	Ingen risk	Ingen risk
11	Ingen risk	Ingen risk
12	+0,9m	+0,4m
* 13	+1,0m	+0.5m
* 14	Ingen risk	Ingen risk
15	Ingen risk	Ingen risk
* 16	Ingen risk	+1,0m
17	+1,0m	+0.5m
18	+1,0m	+0.5m
19	+1,0m	+0.5m

Ingen risk betecknar att det inte är någon risk om ej höjningen överstiger 1 meter.

* Vid kraftiga regnväder kan översvämningar ske vid något lägre höjning av havsnivån i de system som har stora höjdskillnader.

Tryckt & Bunden
Vasastadens Bokbinderi AB
GÖTEBORG 1992

