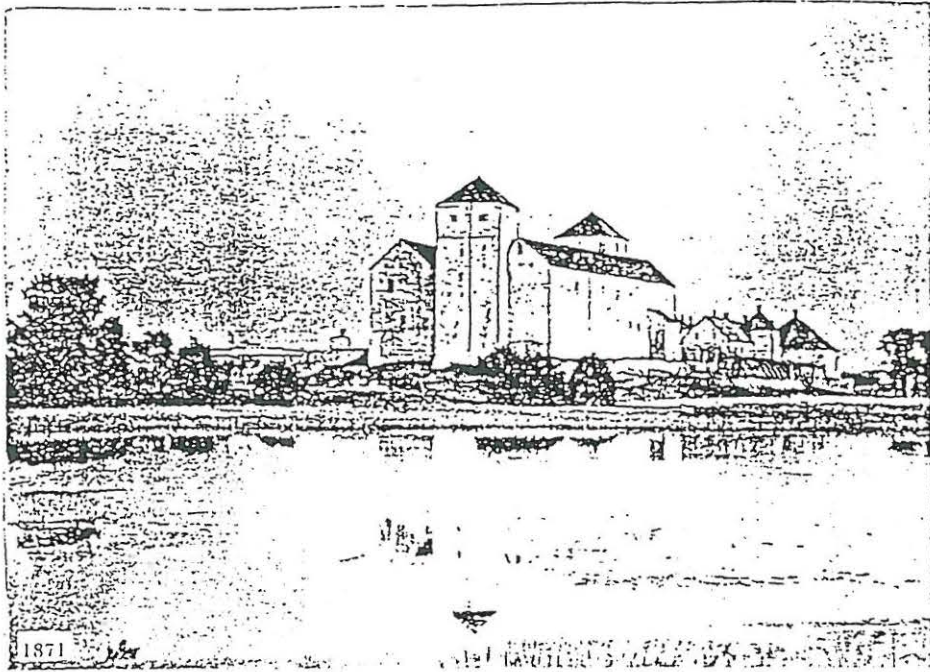


666/602/92

10.7.92



Turun linnansaaren ja sen lähiympäristön maatuminen ja maaperän historia

Turun linna -projekti

Glückert, G., Hatakka, L., Paatonen, E., Rantala, P. ja Vuorio, K.

Maaperägeologian osasto

Turun yliopisto

Turku 1992

Sisällys

1.	Johdanto	1
2.	Tutkimusaineisto	3
	a. Kartat	3
	b. Kairaukset	5
	c. Koekuopat	5
3.	Tutkimusalueen geologia	6
	a. Topografia	6
	b. Kallioperä ja tektoniikka	6
	c. Maaperän synty ja rannansiirtyminen	7
4.	Rannansiirtymiseen vaikuttavat tekijät	12
	a. Maankohoaminen	13
	b. Kulttuuri- ja täyttömaakerros	13
	c. Maaperän eroosio	13
	d. Savikerrostumien kokoonpuristuminen	15
5.	Tulokset	16
	a. Koekuopat:	16
	- Sea Expo	
	- Amiraalisto	
	- Linna	
	b. Rakeisuus-, humus- ja vesipitoisuusmääritykset	20
	c. Siitepölytutkimukset	22
	d. Piileväanalyysit	25
6.	Johtopäätökset	29
7.	Kirjallisuus	32

Liite

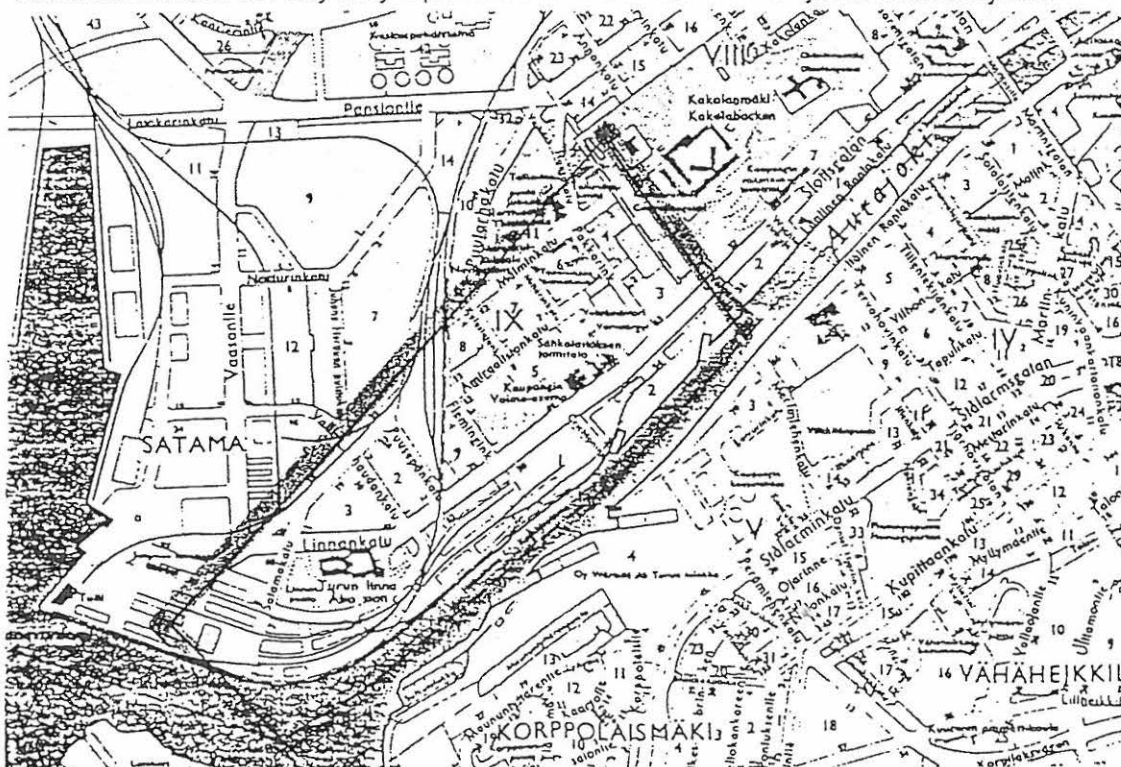
1. Johdanto

Turun linna on alunperin rakennettu saarelle ja linnan on keskiajalla erottanut Kakolanmäestä leveä salmi. Pohjoismaiden keskiaikaiset linnat rakennettiin puolustuksellisista syistä usein saarelle ja on syytä olettaa, että näin on tapahtunut myös Turun linnan kohdalla (Gadolin 1751, Ahrenberg 1901).

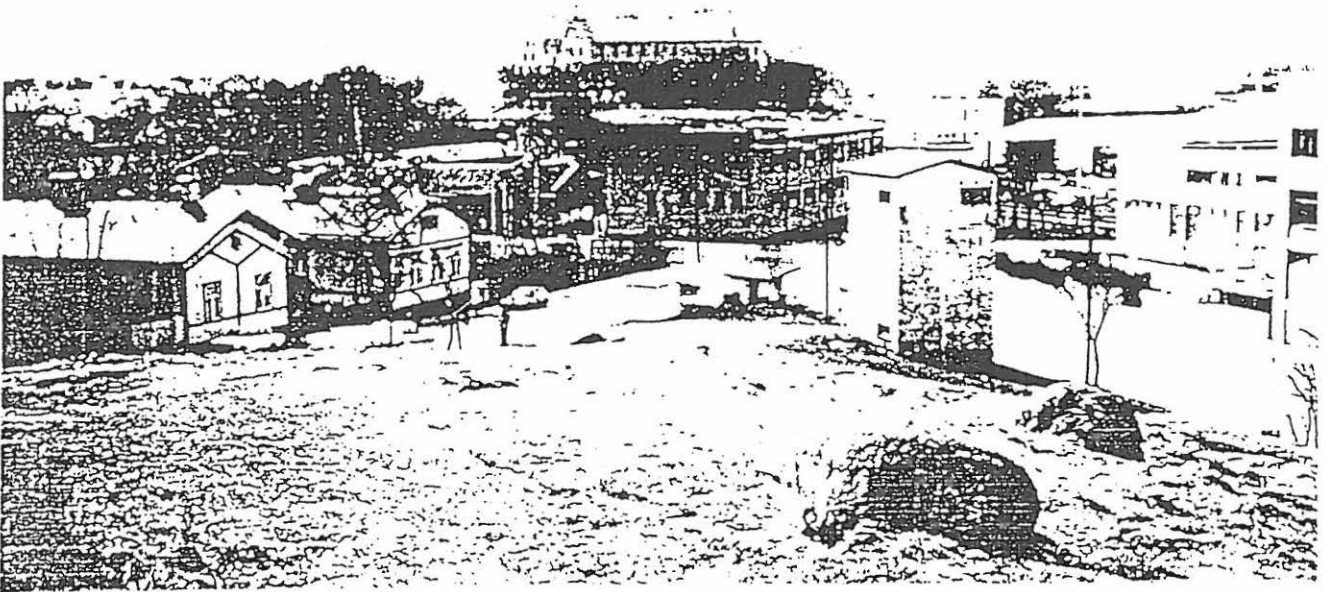
Ensimmäiset kirjallisuustiedot Turun linnasta kertovat, että kaupunki (Åbo) mainittiin piispainkronikassa jo 1198, jolloin venäläiset ryöstivät kaupungin. Turun linna (Åbo slott) esiintyi ensimmäisen kerran historiallisessa dokumentissa 26.3.1308. Marski Torgils Knutsson, joka perusti Wiipurin linnan 1200-luvulla, perusti ilmeisesti myös Turun linnan ensimmäisen osan Aurajokisuun kalliosaarelle 1200 -luvulla syntyneen Turun asutusalueen suojaksi käydessään Suomessa 1280-90 -luvuilla (mm. Ahrenberg 1901, s. 2-4, Gardberg 1959, s. 34-35, 1967, s. 9-12). Kronqvistin (1946) mukaan linna rakennettiin neljässä vaiheessa 1280- ja 1400-luvun lopun välisenä aikana.

Gardbergin (1959, s. 34-35) mukaan noin 500 metrin levyinen salmi erotti linnansaaren Kakolanmäen ranniasta 1200 -luvun lopulla. Linnansaaren ja Kakolanmäen välisen maakannaksen maatumisesta kertovat historialliset tiedot mm, että alue oli vielä 1600- ja 1700 -luvuilla alavana vesijättömaana, jota pitkin oli vaikea kulkea. Linnalle johtavaa huonokuntoista tietä jouduttiin usein korjaamaan maantäytöillä ja pitkospuilla. Ensimmäiset kartat Turun linnan alueelta ovat vuodelta 1638, jolloin linnan mäki ei enää ollut saarena (Gadolin 1751, Ahrenberg 1901, s. 6-7, Gardberg 1967, s. 9-12).

Tässä tutkimuksessa selvitetään, milloin Turun linnan ja Kakolanmäen välinen maakannas on syntynyt ja miten se on maatunut nykyiseen muotoonsa. Tutkimuksessa on käytetty apuna mm. maankohoamis- ja rannansiirtymis-



Kuva 1. Tutkimusalue.



Kuva 2. Tutkimusalue käsittää Turun linnan ja Kakolanmäen välisen asutun maakannaksen.

tietoja. maaperän rakennetta ja maalajien raakoostumusta sekä kulttuuri- ja täytemaakerroksen vaikutusta maatuivan kannaksen maaperägeologiseen kehitykseen. Tutkimus osoittaa, ettei maakannaksen maatumisajankohtaa voida arvioida pelkästään nykyisten maankohoamistietojen perusteella, kuten tähän saakka on tehty. Tutkimus keskittyy aikaan ennen vuotta 1638, josta lähtien alueelta on olemassa karttatietoja (Kuvat 1-3).

Tämä tutkimus on tehty Turun yliopiston maaperägeologian osastolla 1991-92. Suomen Akatemian rahoittama tutkimus kuuluu osana ns. Turun linna -projektiin. Se on Museoviraston, Turun Maakuntamuseon ja Turun yliopiston Kulttuurien tutkimuksen laitoksen yhteishanke, jota johtaa dosentti Knut Drake.

Maaperägeologian osastolta hankkeeseen on osallistunut viisi tutkijaa. G. Glückert on projektin vastuhenkilönä kirjoittanut maaperän kehitystä ja rannansiirtymistä käsittelevät osat. Yo Lassi Hatakka on suorittanut näyttemateriaalin rakeisuus- ym. analyysit, FK Erkki Paatonen on tutkinut maakannaksen rakennusgeologisia ominaisuuksia ja selvittänyt maatumiseen vaikuttavia geologisia tekijöitä, LuK Pasi Rantala on tehnyt näytteistä siitepöly- ja FK Kristiina Vuorio piileväanalyysit tulkintoineen. Maaperägeologiset tutkimukset aloitettiin keväällä 1991 ja niistä koostuva raportti valmistui toukokuussa 1992.

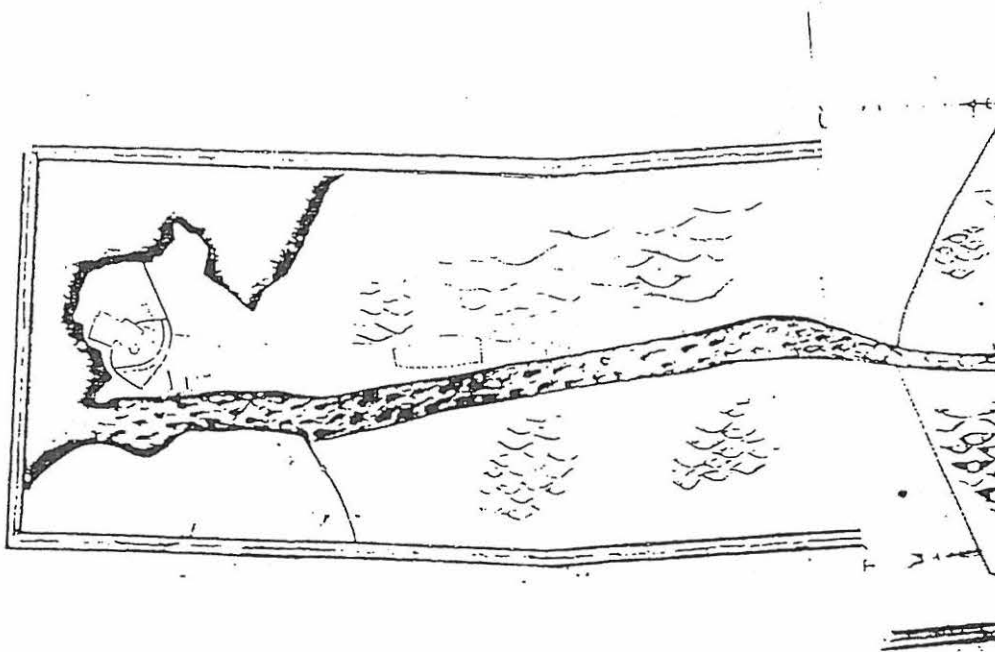
2. Tutkimusaineisto

a. Kartat

Ensimmäiset kartat tutkimusalueelta ovat 1600-luvun alkupuolelta (1638). Turun linnan aluetta esittävässä kuvassa 3-5 esitetyistä kartoista voidaan todeta rantaviivan likimääräinen kehitys 1600-luvun alkupuolelta vuoteen 1793. 1800-luvun alkupuolelta lähtien olemassa oleva kartta-aineisto kuvaa linnan alueen rantaviivan vaihteista kehitystä nykyaikaan asti.

Etelä-Suomesta on maa- ja kallioperäkarttoja jo 1800-luvun loppupuolelta. Mobergin (1887 a ja b) kartta esittää Turun ja sen ympäristön maa- ja kallioperägeologiaa mittakaavassa 1:200 000. Suomen geologinen Turun alueen maaperäkartta 1:100 000 ilmestyi selityksineen 1980-luvulla (Kujansuu ja Niemelä 1984, Niemelä 1987 et al.). Lisäksi Turun alueelta on olemassa erilaisiin käyttötarkoituksiin tehtyjä geologisia, kuten agrogeologinen kartta (Aarnio 1930) ja hiekka- ja soravarojen inventointikartta (Glückert 1969). Mikään edellä mainituista kartoista ei kuvaa Turun linnan lähiympäristön geologiaa tähän tutkimukseen tarvittavalla tarkkuudella.

Turun alueelta on olemassa kaksi kallioperäkarttaa selityksineen. Suomen geologisen yleiskartan lehti B1, Turku, 1:400 000 (Härme 1960) ja Hietasen (1947) julkaisema, huomattavasti yksityiskohtaisempi kartta 1:50 000. Molempien karttojen selityksissä on otettu kantaa myös kartoitetun alueen tektoniikkaan.



Kuva 3. Turun linnan alue vuonna 1638 tai 1639. Turun Maakuntamuseon valokuva.

Tutkimuksen työkarttana on käytetty Turun kaupungin kantakarttaa 1: 2000, joka perustuu Turun kaupungin mittausosaston tekemiin maastomittauksiin. Karttaa täydennetään jatkuvasti uusien mittaustulosten myötä. Kantakartassa korkeustiedot on yleensä esitetty korkeuskäyrinä rakentamattomilla ja piste-kohtaisina korkeustietoina rakennetuilla alueilla. Lisäksi käytettävissä on ollut korkeustietoja alueella olevista kairauspisteistä. Turun linnansaaren ja Kakolanmäen välisen kannaksen maatumisen edistyminen on esitetty kantakartan mukaan piirretyllä karttapohjalla, jossa näkyvät myös mm. tutkitut koekuopat ja Aurajoen rannan maaleikkaus (kuvat 7 ja 8).

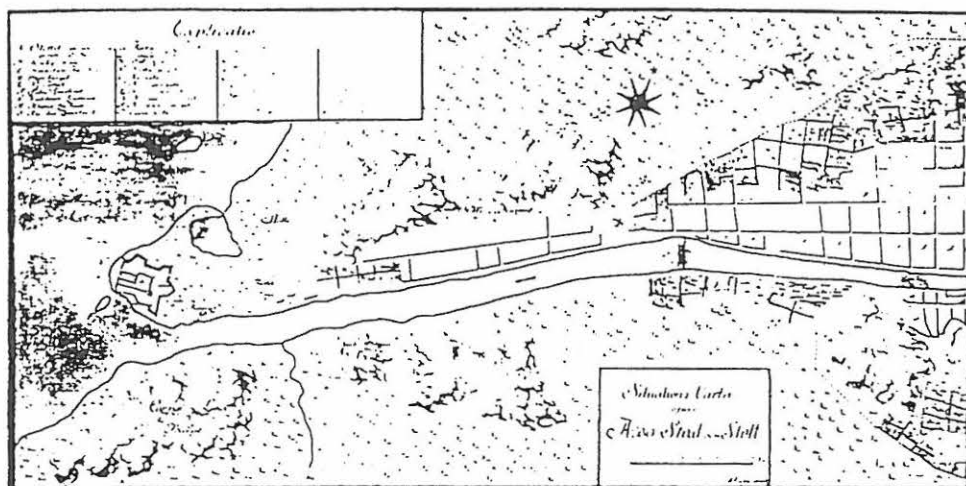
b. Kairaukset

Turun linnan lähiympäristössä on aikojen kuluessa tehty huomattava määrä erilaisia kairauksia lähinnä rakennusten perustamistapatutkimuksia varten. Kairauksia ovat tehneet sekä Turun kaupunki että eri konsulttitoimistot. Kairautietoja ovat tämän tutkimuksen käyttöön luovuttaneet Turun kaupungin mittausosasto sekä insinööritoimistot Sauli Maanpää Ky ja Geomaster Oy. Vanhimmat tutkimuksessa käytetyt kairautiedot ovat 1940-luvulta. Koska kairaukset on tehty pohjatutkimuksia varten, on niiden savikerrostumien paksuudesta antama tieto ollut tämän tutkimuksen kannalta riittävä. Savikerrostumien rakenteesta, ikäsuhteista ja geoteknisistä ominaisuuksista ei käytettävissä olevan kairautiedon perusteella voida tehdä luotettavia johtopäätöksiä.

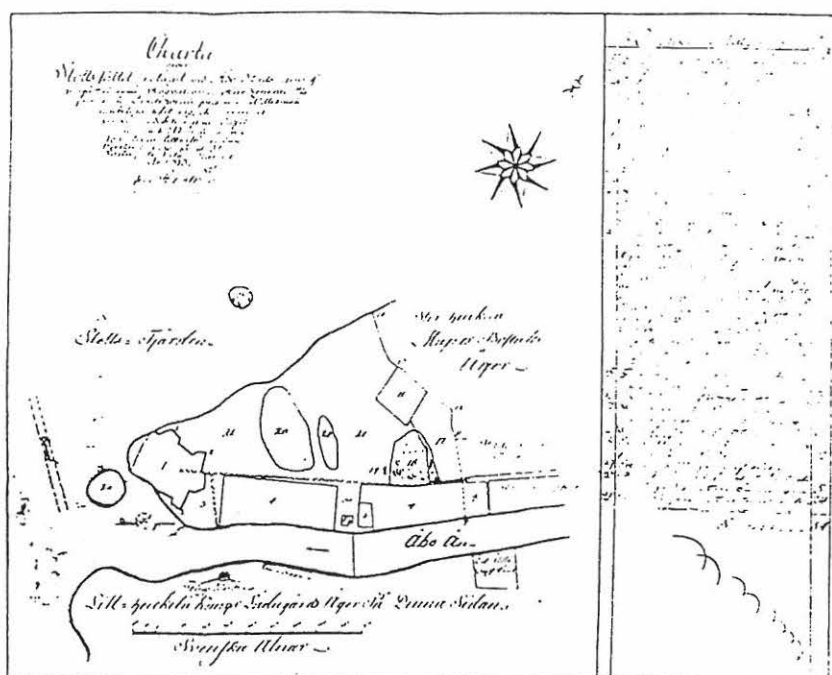
Kulttuuri- ja täyttömaakerroksen paksuuden arvioiminen käytettävissä olevan kairautiedon perusteella on epävarmaa, koska kairauksia suoritettaessa asiaan ei ole kiinnitetty erityistä huomiota. Kulttuuri- ja täyttömaakerroksen paksuuteen liittyvän kairausaineiston tarkkuuden toteamiseksi tehtiin tutkimusalueella kesän 1991 aikana 25 tärykairausta näytteenottokärjellä. Näiden tarkistuskairausten perusteella voidaan todeta vanhojen kairautietojen tarkkuuden vaihtelevan 0-0,5 metriä. Primaarin saven ja täyttömaakerroksen välissä paikoitellen esiintyvä hiekkaisesta savesta muodostunut rantakerrostuma on useissa kairauksissa virheellisesti tulkittu täyttömaaksi, jolloin se on arvioitu liian paksuksi. Lisäksi muutoksia on syntynyt lisätäyttöjen ansiosta vanhojen kairausten ja tämän tutkimuksen välisenä aikana. Yleisesti voidaan todeta, että täyttömaakerroksen paksuudesta käytettävissä olevat tiedot ovat tähän tutkimukseen kuitenkin riittävän tarkat.

c. Koekuopat

Maaperän pintaosan kerrosjärjestyksen tutkimiseksi maakannakselle kaivettiin kaksi koekuoppaa ja tutkittiin yksi maaleikkaus Aurajoen rannassa. Linnan koekuoppa kaivettiin Linnan-, Vallihaudan- ja Satamakadun rajoittamassa korttelissa sijaitsevien makasiinien taakse noin 150 m linnasta pohjoiseen. Tästä koekuopasta käytetään nimeä "Linna". Toinen koekuoppa kaivettiin Amiraaliston-, Kalastajankadun ja rautatien rajoittamassa korttelissa olevalle puistoalueelle (Amiraalisto) (Kuvat 7-8 ja 11-13). Lisäksi tutkittiin



Kuva 4. Turun linnan alue vuonna 1750. Turun Maakuntamuseon valokuva.



Kuva 5. Turun linnan alue vuonna 1793. Turun Maakuntamuseon valokuva.

Aurajoen rannassa Kalkkisetaman laiturityömaan yhteydessä syntynyttä leikkausta (Sea Expo). Koekuoppien ja leikkausten tarkempi kuvaus sekä rakeisuus-, siitepöly- ja piileväanalyysien tulokset on luvussa 5.

3. Tutkimusalueen geologia

a. Topografia

Turun kaupungin alueen topografiaa luonnehtivat korkeat jyrkkärinteiset kalliomäet sekä alavat, merestä maatuneet savikot. Aluetta halkovien yhtenäisten laaksojonojen muoto ja suunta kuvastavat kallioperän muotojen rikkonaisuutta. Alueen korkeussuhteet ovat tyypilliset maamme etelärannikolle, jossa relatiiviset korkeuserot ovat 20-50 m:n luokkaa. Mikäli tarkastellaan kallioperän korkeussuhteita myös irtomaapeitteen ja merenpinnan tason alta, ovat korkeusvaihtelut esim. Aurajokilaaksossa kaupungin keskustan ja linnan alueella lähes 100 metriä (Niemelä et al. 1987).

Turun linna on alkujaan rakennettu pienelle kalliosaarelle, jonka korkein kohta on nykyään noin 8,5 m mpy. Jyrkkärinteiset kallioiset Korppoolais- ja Kakolanmäki kohoavat yli 40 m Aurajoen vedenpinnan yläpuolelle. Kakolanmäen kalliot sijaitsevat linnasta noin 800 metrin päässä. Niiden välinen alava kulttuuri- ja täyttömaakerroksen peittämä maakannas on rakennettua savikkoa, joka nykyään sijaitsee pääosin vain noin 2 m mpy (Kuva 2).

b. Kallioperä ja tektoniikka

Turun linnan ja sen lähiympäristön kallioperä on Kakolan graniittia, joka on saanut nimensä linnan läheisyydessä sijaitsevan Kakolanmäen mukaan (Hietanen 1947). Kakolan graniitti on yleisnimi graniitin, pegmatiitin ja kintzigiitin muodostamalle kivilajille, jota esiintyy myös Turun ympäristössä. Suomisen (1991) mukaan Kakolan graniitin ikä on 1832 ± 11 Ma. Linnan sisäpihalla ja muurien juurella olevat kalliopaljastumat ovat karkearakeista graniittia ja graniittiutunutta kintzigiittia.

Suomen kallioperä koostuu mosaiikkimaisesti eri kokoisista peruskallion lohkoista, joita erottavat toisistaan murros- ja ruhjevyöhykkeet. Turun alueen kallioperä on melko voimakkaasti tektonisoitunutta ja murros- ja ruhjevyöhykkeitä esiintyy alueella runsaasti. Tutkimusalueen välittömässä läheisyydessä on Härmen (1960) mukaan kolme merkittävää murrosvyöhykettä. Aurajoen uomassa kulkeva murros on vain sadan metrin päässä linnasta koillis-lounais-suuntaisena. Ruissalon ja Hirvensalon saarien ja mantereen välissä kaakkois - luoteis - suuntaisena kulkeva murros ohittaa linnan muutamien kymmenien metrien päästä. Tämä murros risteää Aurajoen murroksen kanssa noin sadan metrin päässä linnasta.

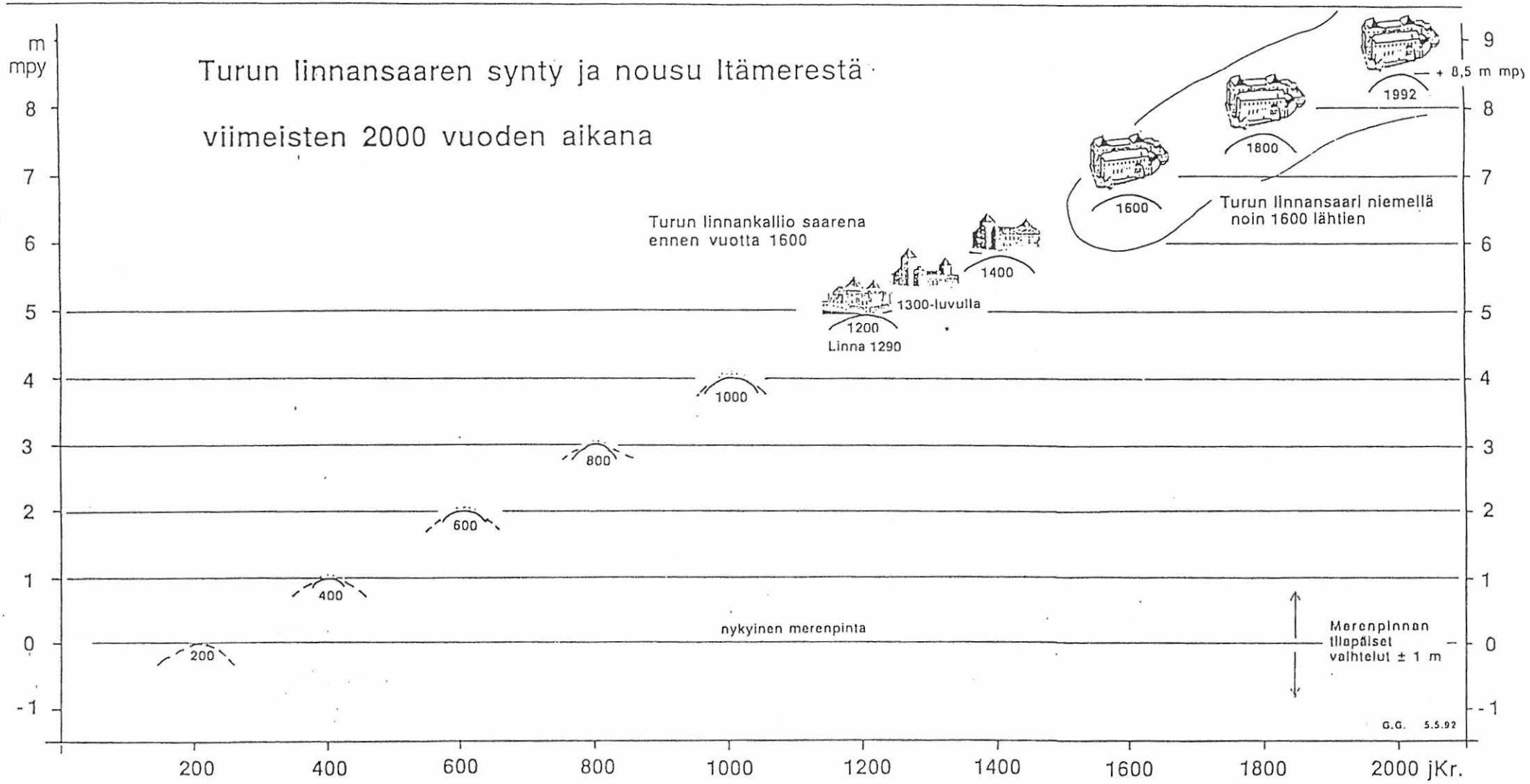
Kolmas murros kulkee linnan luoteispuolella muutamien satojen metrien päässä ja on lähes Aurajoen murroksen suuntainen. Linna sijaitsee yksittäisellä pienellä kallioperän lohkokalla em. murrosvyöhykkeiden risteämäkohdassa (kuva 9.) (Härme 1960, 1966, Niini 1967, 1987, Gardemeister ja Koskiahde 1984).

c. Maaperän synty ja rannansiirtyminen

Suomen maaperä on geologisesti varsin nuorta ja syntynyt pääosin jääkaudella ja sen jälkeen. Turun alue vapautui sulavan mannerjäätikön alta noin 9900 vuotta sitten. Jäänreunan edessä lainehti tuolloin muinainen Itämeri, sen ns. Yoldiavaihe. Vedenpinta oli tuolloin näennäisesti noin 130 m nykyistä merenpintaa korkeammalla. Jäätikössä olleesta moreeniaineksesta kerrostui Yoldiameren pohjalle hienorakeisia sedimenttejä, savia ja silttejä. Nämä vanhimmat savet ovat yleensä varsin hienojakoisia, kerrallisia tai homogeenisiä aitosavia (Sauramo 1923, 1958, Aurola 1938; Gardemeister 1975, Glückert 1976, 1977, Niemelä et al. 1987).

Itämereen kerrostui savia koko jääkauden jälkeisenä lähes 10000 vuoden pituisena aikana. Paksuimmat savikerrostumat Turun alueella ovat syntyneet syviin kallioperän murrokseen, kuten esim. Aurajoen ruhjeeseen, jossa on savea paikoin jopa yli 50 m. Tyypillinen savisarja Turun alueella on muodostunut Yoldia-, Ancyclus- ja Litorinasavikerrostumista siten, että Yoldiasaven päällä on nuorempaa Ancylussavea, jota peittää nuorin murtoveteen sedimentoitunut Litorinasavien kerros. Aurajoen suulle kerrostuu jatkuvasti uutta savea, mutta joen virtaus aiheuttaa muutoksia sedimentaatiossa. Nykyisin Turun alueen maisemaa luonnehtivat kallioiset mäet ja niiden välissä olevat alavat savikot, jotka ovat vanhaa merenpohjaa (Niemelä et al. 1987) Tällainen merestä hiljattain maatumut merenpohjasavikko muodostaa myös nykyisen Turun linnan ja Kakolanmäen välisen matalan maakannaksen, johon nyt esitettävä maaperägeologinen tutkimus kohdistuu (Kuvat 1- 2).

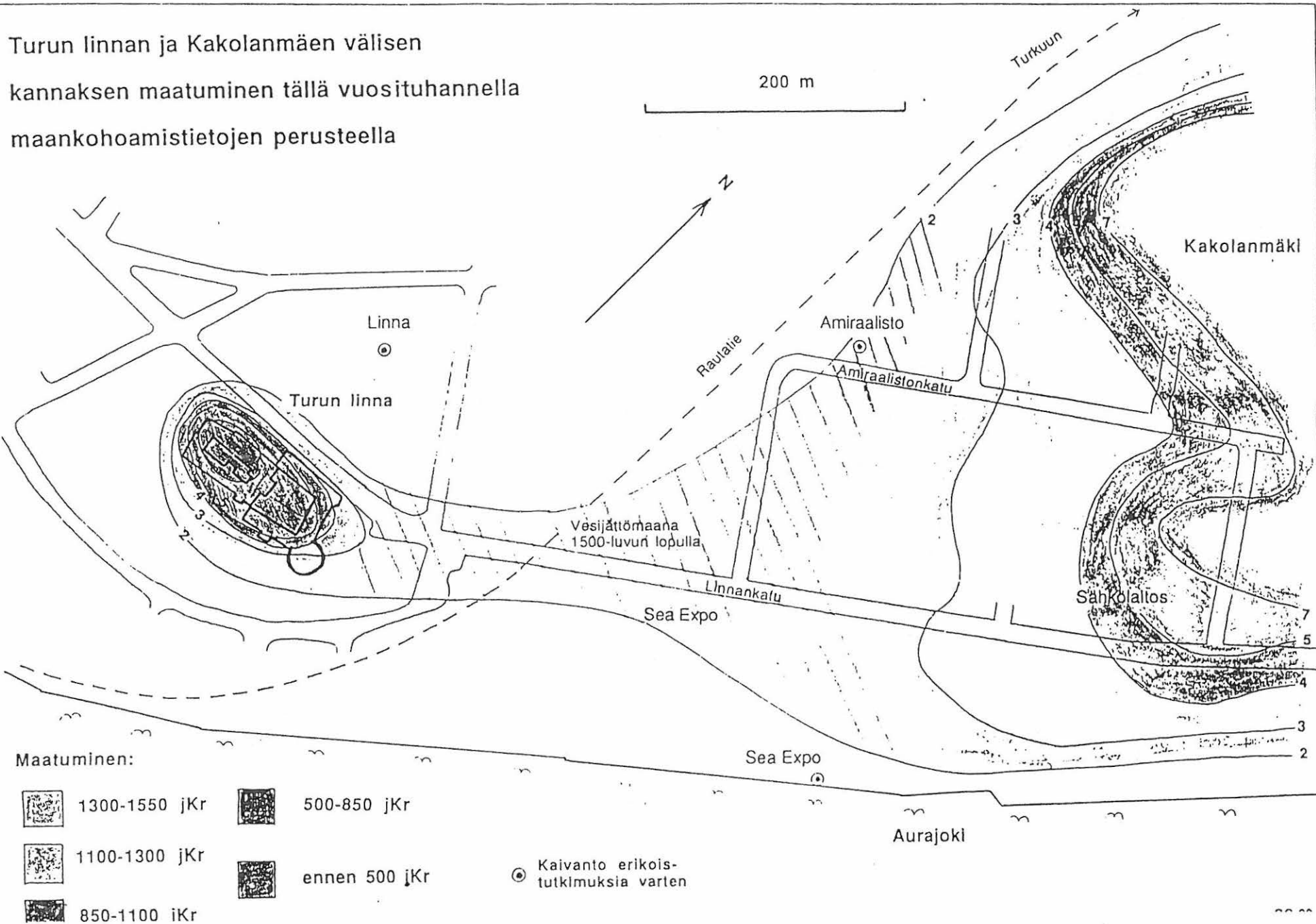
Maankohoamisen myötä Turun alue nousi vähitellen Itämerestä ja muuttui nykyiseksi saaristoksi. Noin 7000 vuotta sitten alkaneen Litorinamerivaiheen ylin rantaviiva sijaitsee Turussa nykyisin noin 50 m:n korkeudella ja Kristuksen syntymän aikainen noin 9-10 m mpy (Glückert 1976, 1977, Ristaniemi ja Glückert 1988). Rannansiirtymisen kulkua ja maatumisen määrää on Suomessa perinteisesti arvioitu paitsi vanhojen karttojen ja maatumishavaintojen, myös resanttisten maankohoamistietojen avulla. Maankohoaminen oli heti jääkauden jälkeen varsin nopeaa, mutta nykyisin se on hidastunut ja on noin 0.40 m / 100v (Renqvist 1948, Kääriäinen 1953, 1963, 1966, Vermeer et al. 1988) (Kuva 6).



Kuva 6.

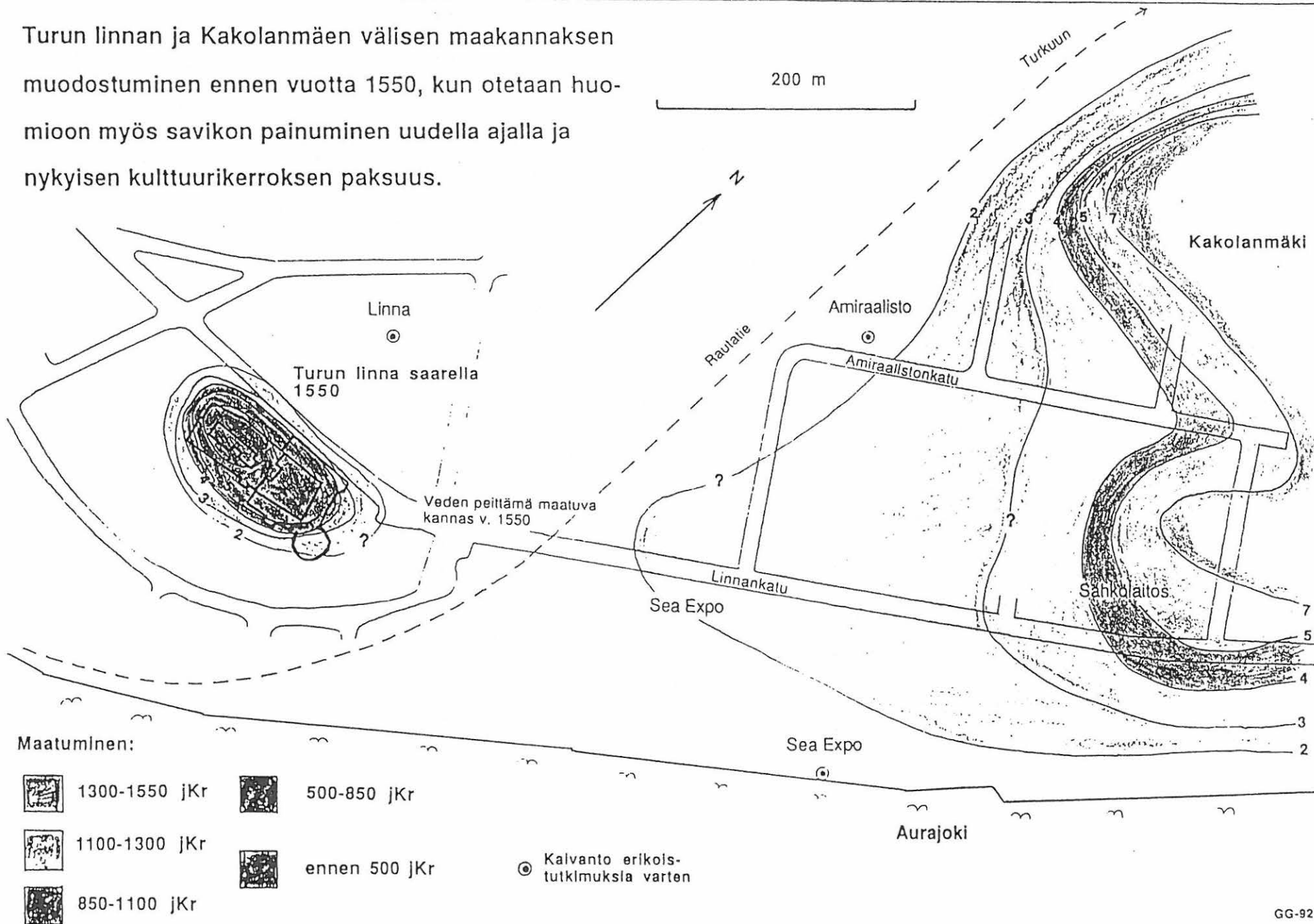
Turun linnan ja Kakolanmäen välisen kannaksen maatuminen tällä vuosituhannella maankohoamistietojen perusteella

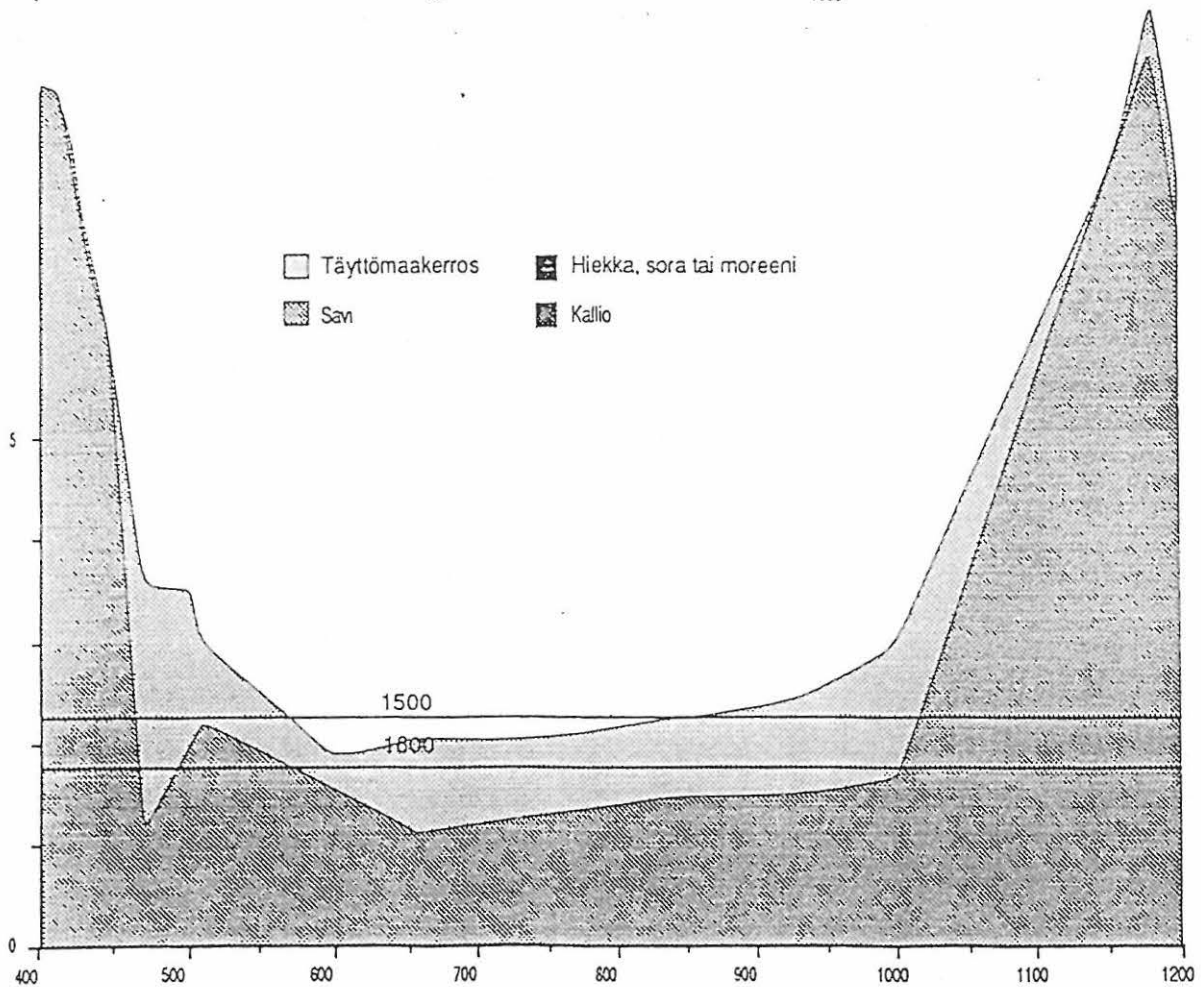
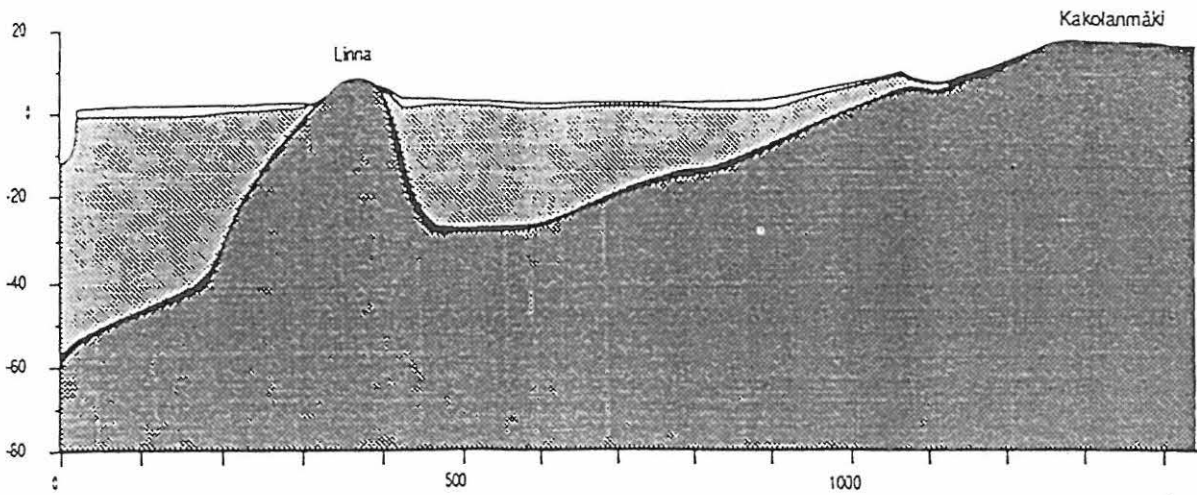
200 m



Turun linnan ja Kakolanmäen välisen maakannaksen muodostuminen ennen vuotta 1550, kun otetaan huomioon myös savikon painuminen uudella ajalla ja nykyisen kulttuurikerroksen paksuus.

Kuva 8.





Kuva 9. Ylemmässä kuvassa on esitetty maaperän rakenne Turun linnan ja Kakolanmäen välillä linjalla, joka kulkee Linnankadun suuntaisena noin 20 metriä kadun luoteispuolella. Leikkaus perustuu kairaustietoihin. Alemmassa kuvassa, joka on suurennos ylemmästä kuvasta väliltä 400-1200 metriä, on esitetty merenpinnan keskimääräinen asema 1500- ja 1600-lukujen alussa. Savikerrostumien painumaa ei ole huomioitu.

Maankohoaminen ja sen aiheuttamat muutokset Itämeren rannikoilla ovat olleet tutkimusten mielenkiinnon kohteena jo 1600-luvulta alkaen. Ensimmäinen tunnettu kirjallinen maininta rannansiirtymisestä on Turun piispan Eerik Sorolaisen postillassa vuodelta 1621. Piispa Sorolaisen mukaan veden väheneminen, kuten rannansiirtyminen tuolloin selitettiin, oli merkki tuomio-päivän lähestymisestä. Monet nimekkäät luonnontutkijat, kuten Anders Celsius, Carl Linné ja Charles Lyell, ottivat 1700- ja 1800-luvuilla kantaa kysymykseen veden vähenemisestä ja maankohoamisesta (Edelman 1991).

Nykyisen maankohoamisajatuksen esitti ensimmäisenä suomalainen E. O. Runeberg vuonna 1765. Hänen mukaansa maankuori Pohjanlahden rannikolla kohosi merenpinnan kustannuksella ruotsalaisen Celsiuksen (1743) vanhasta teoriasta poiketen (esim. Kääriäinen 1953, s. 3-10). Jakob Gadolin arvioi jo vuonna 1751 maankohoamisen määräksi Turussa kaksi jalkaa 150 vuodessa, eli noin 0,4 m/100v. Tuolloin linnan alustana olevan kalliomäen laki sijaitti 24 jalkaa ja 2 tuumaa mpy (= 7,35 m mpy) (Gadolin 1751, Ahrenberg 1901, s.5-6). Nykyisin linnan kallion laen korkeus noin 8,5 m mpy.

Turun kaupungin alueella maatuivat viimeisten 2000 vuoden aikana nykyisin noin 6-8 metrin korkeustason alapuolella sijaitsevat maa-alueet. Näistä mainittakoon mm. kauppatori ympäristöineen, Aurajoen varsi sekä Turun linnan ympäristö. Itse linnan alla olevan kallionyppylän laki nousi merenpinnan yläpuolelle noin Kristuksen syntymän tienoilla (Kuva 6). Linnan ja Kakolanmäen välinen alava maakannas maatui viimeisten 500 vuoden aikana. Maatuminen oli tutkimusalueella kuitenkin hidasta ja alue oli pitkään huonokulkuisena vesijättömaana. Maatuminen näkyy mereen kerrostuneen savikon pintaosan kuivumisena. Sen muodostaa ns. rantakerrostuma, jossa havaitaan meren vaikutuksen vähitellen väistyvän. Kannaksen lopullista maatumisen ajankohdan määrittämistä vaikeuttavat joen tulvimisen ohella myös tilapäiset merenpinnan nousut Aurajokisuulla - jopa yli 1 metrin, kuten viimeksi tapahtui 1980 -luvulla (Merentutkimuslaitos 1989).

4. Rannansiirtymiseen vaikuttavat tekijät

Tärkeimmät rannansiirtymiseen vaikuttavat tekijät ovat maankohoamisen nopeus ja tutkittavan alueen topografia. Jyrkkärinteisillä alueilla maankohoamisen aiheuttama rantaviivan horisontaalinen siirtyminen on varsin hidasta verrattuna loivapiirteisiin alueisiin, joilla vedenpinnan vähäinenkin aleneminen vapauttaa laajoja alueita meren alta. Turun linnan lähiympäristön topografia ei ole keskiajalla ollut nykyisen kaltainen. Muutoksia topografiaan ovat vuosisatojen kuluessa aiheuttaneet ihmisen toiminta eli kulttuuri- ja täyttömaakerroksen muodostuminen, kaivuutyöt sekä jokitoiminnan ja merenkäynnin aiheuttama maaperän eroosio sekä savikerrostumien painuminen.

a. Maankohoaminen

Skandinaviassa tapahtuva maankohoaminen on pääasiassa glasioisostaattista maankohoamista. Maankohoaminen tapahtuu kallioperän mosaiikkimaisen rakenteen ansiosta peruskallion lohkoja erottavia heikkoushyöhykeitä myöten (Härme 1963, 1966, Niini 1967, 1987).

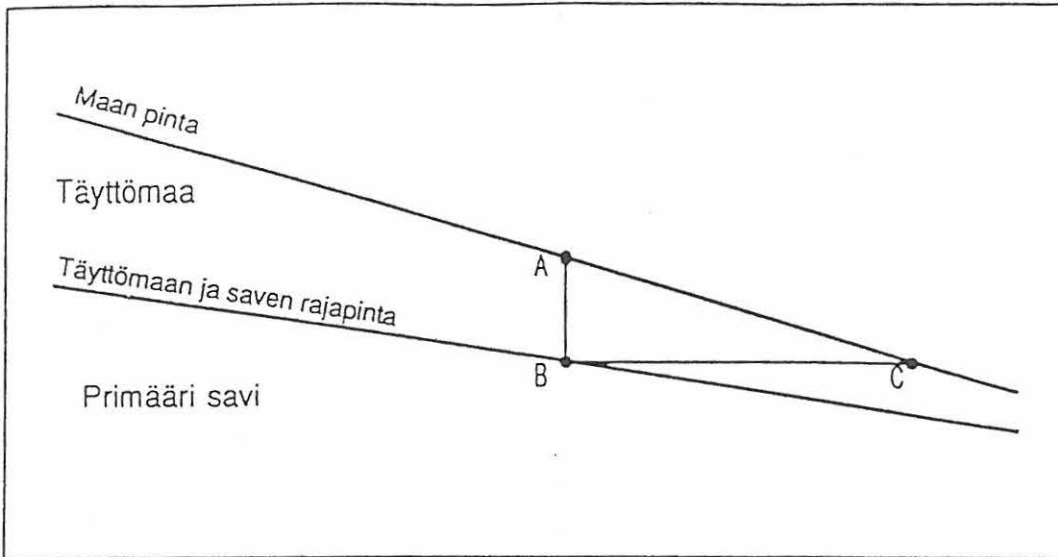
Maankohoamisen nopeutta on Suomessa tutkittu tarkkavaaituksien ja merenpinnan korkeushavaintojen avulla jo noin sadan vuoden ajan. Tutkijoiden arviot maankohoamisen nopeudesta Turun seudulla vaihtelevat välillä 2,5 - 5,1 mm/v (Kääriäinen 1953). Viimeisimpien tutkimusten mukaan (Vermeer et al. 1988) maankohoaminen Ruissalossa sijaitsevalla mareografiasemalla on ollut $4,14 \pm 0,4$ mm/v. Maankohoamisen nopeus ei ole pysynyt vakiona vuosisatojen kuluessa, vaan maankohoaminen hidastuu vähitellen. Kääriäisen (1953) mukaan maankohoaminen hidastuu Suomessa 1,3 % nykyisestä arvostaan sadassa vuodessa. Edellä esitetyn perusteella voidaan arvioida, että Linnan muurien juurella olevat kallionpaljastumat ovat linnan rakentamisen alkuvaiheessa 1200-luvun lopulla olleet merenpintaan nähden noin 3 metriä alempana kuin nykyään (Kuva 6).

b. Kulttuuri- ja täyttömaakerros

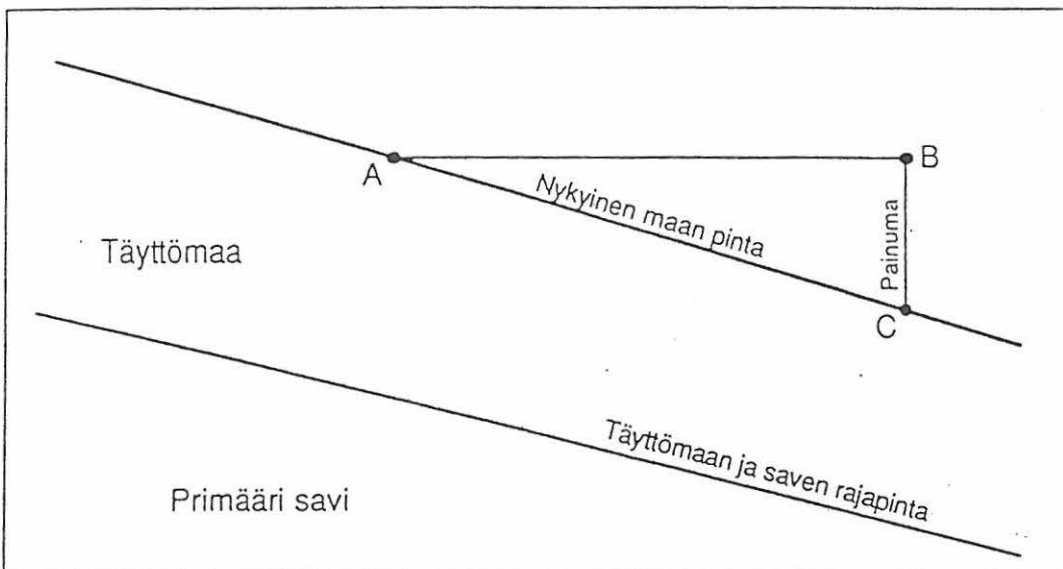
Turun linnan lähiympäristö on ollut ihmisen toiminnan vaikutuspiirissä useiden satojen vuosien ajan. Vuosisatojen aikana on linnan lähiympäristöön kerrostunut täyttömaa- ja kulttuurikerros, joka linnan itäpuolella on jopa kolme metriä paksu. Tämä ihmisen toiminnan aiheuttama kerros on syntynyt lähinnä kuivalle maalle. Laajamittaista veteentäyttöä on oletettavasti tehty vasta 1800-luvun puolivälistä alkaen. Tätä tutkimusta tehtäessä on oletettu, että rantaviiva on 1600-luvun alkupuolelle asti ollut luonnon prosessien muovaama ja että ihmisen vaikutus rantaviivan sijaintiin on ollut vähäinen. Jotta voitaisiin arvioida rantaviivan sijaintia aikana, jolloin kulttuuri- ja täyttömaakerrosta ei vielä ollut, on tunnettava luonnollisen maanpinnan topografia (Kuva 9).

c. Maaperän eroosio

Pintavaluntana vesistöihin kulkeutuva sadevesi irrottaa maaperästä partikkeleita ja kuljettaa ne mukanaan vesistöihin. Pintavalunnan aiheuttama eroosio on voimakkainta alueilla, joiden topografia on jyrkkä, ja joilla ei ole kasvillisuutta, tai kasvillisuus on vähäistä voimakkaan kulutuksen takia (Hallsworth 1987). Tutkimusalueen topografia on pääosin loivapiirteistä ja maaperän pintaosa on savea, joka ei ole erityisen eroosioherkkä maalaji. Tutkimusalueella on maatumisen jälkeinen kasvillisuus estänyt maakannaksen eroosiota. Myöhemmin aluetta on käytetty ajoittain laitumena ja viljelysmaana, jolloin eroosio on ollut hieman voimakkaampaa. Kulttuurikerroksen syntyminen lopetti luonnollisen maanpinnan erodoitumisen maakannaksella. Eroosio ei ole ollut merkittävä topografiaa muokannut tekijä maatumisen jälkeen, koska alue on ollut varsin tasaista. Aallokon ja virtaavan veden eroosio ennen kannaksen maatumista on vaikuttanut maatumisen nopeuteen.



Kuva 10 a. Täyttömaakerroksen merkitys rannansiirtymistä arvioitaessa. Piste C on täyttömaakerroksen pinnalla. Koska täyttömaakerrosta ei ole ollut rantaviivan olessa pisteen C korkeudella, on rantaviiva todellisuudessa ollut primääriin savikerrostuman pinnalla, pisteessä B. Esitettäessä rantaviivan sijaintia kartalla, on pisteen C korkeutta vastaava rantaviiva piirrettävä pisteen C sijasta pisteeseen A. Pisteiden A ja B välinen etäisyys on sama kuin täyttömaakerroksen keskimääräinen paksuus alueella kartan korkeusmetreinä mitattuna.



Kuva 10 b. Painuman merkitys rannansiirtymistä arvioitaessa. Primääriin savikerrostuman päälle syntynyt täyttömaakerros aiheuttaa savikerrostuman painumista. Painuman suuruus riippuu savikerrostuman paksuudesta ja geoteknisistä ominaisuuksista sekä täyttömaakerroksen paksuudesta ja tilavuuspainosta. Pisteen A korjattu korkeus ja sijainti karttaprojektiossa on pisteessä C. Pisteiden A ja C välinen etäisyys on on sama kuin painuman keskimääräinen suuruus alueella kartan korkeusmetreinä mitattuna.

d. Savikerrostumien kokoonpuristuminen

Rannikkoalueen nuoret savikerrostumat ovat herkkiä kuormituksen aiheuttamalle painumiselle. Ulkoisen kuormituksen lisäys, kuten maapenger tai rakennus, aiheuttaa savikerrostumissa kokoonpuristumista. Kuormituksen vaikutuksesta vesi poistuu hyvin hitaasti saven huokosista ja savipartikkelit liikkuvat toistensa suhteen siten, että savimassan huokoisuus ja kokonais-tilavuus pienenevät. Maanpinnalla kokoonpuristuminen havaitaan saven pinnan ja rakenteiden painumisena. Ulkoisen kuormituksen vaikutuksesta syntyvän painuman suuruus riippuu saven geoteknisistä ominaisuuksista, savikon paksuudesta ja kuormituksen suuruudesta. Jos edellä mainitut parametrit tunnetaan, voidaan painuman suuruus laskea (Helenelund 1951, 1981, Tammirinne 1975, Saarelainen ja Tammirinne 1978). Alkuperäisen maanpinnan topografia muuttuu painumisen vaikutuksesta. Painumisen merkitys rannansiirtymistä arvioitaessa on esitetty kuvassa 10 b.

Tutkimusalueen savikerrostumia kuormittaa maankohoamisesta ja täyttömaa- ja kulttuurikerroksesta aiheutuva pengerkuorma, sekä lisäksi alueen rakennuksista johtuvat paikalliset kuormitukset. Kulttuuri- ja täyttömaakerros on syntynyt pitkän ajanjakson kuluessa, mutta painumalaskelmissa sitä on käsitelty yhtenä kuormitusta aiheuttavana kerroksena, eikä kerrostumisaikaa ole huomioitu. Rakennuksista aiheutuvat kuormitukset ovat alueellisesti vähäpätöisiä, ja ne on jätetty huomioimatta painumalaskelmissa.

Painumien arviointi on tässä tutkimuksessa pyritty pitämään mahdollisimman yksinkertaisena. Savikerrostumien on oletettu painuneen kulttuuri- ja täyttömaakerroksesta aiheutuvan pengerkuorman takia. Painumalaskelmien tuloksia voidaan lukuisien merkittävien virhetekijöiden vuoksi pitää lähinnä suuntaa antavina ja ainoastaan suuruusluokaltaan oikeina. Laskennassa on käytetty aikaisemmin julkaistuja geoteknisiä laboratoriotuloksia, kairausarkistoista saatuja tietoja maaperän rakenteesta ja sekanttimodulimenetelmäksi kutsuttua laskentamenetelmää (Helenelund 1951, 1981, Gardemeister 1973, 1975, Vahanne 1985). Kuvissa 7-8 on otettu huomioon savikerrostuman painumisen ja kuivakuoren paksuuden aiheuttama korjaus arvioitaessa maakannaksen maatumista viimeisten 500 vuoden aikana.

5. Tulokset

a. Koekuopat

Sea Expo

Aurajoen rannassa Sea Expo-näyttelyhallin kohdalla tutkittiin laiturityömaan yhteydessä syntynyt 2,5-1,5 metriä korkean ja noin 25 metriä pitkän avoleikkauksen maaperän rakenne. Maanpinnan korkeus vaihtelee leikkauksen alueella 1-2 metriin mpy. Leikkauksesta otettiin näytteet laboratorioanalyysjä varten kahdesta profiilista (A ja B). Sea Expon leikkaus edustaa Turun linnan Aurajoen puoleisen alueen maaperän rakennetta ja sille ovat tyypillisiä joen virtauksen ja vedenkorkeuden vaihtelujen aiheuttamat muutokset sedimentaatiossa ja eroosiossa (kuvat 11 ja 12).

Amiraalisto

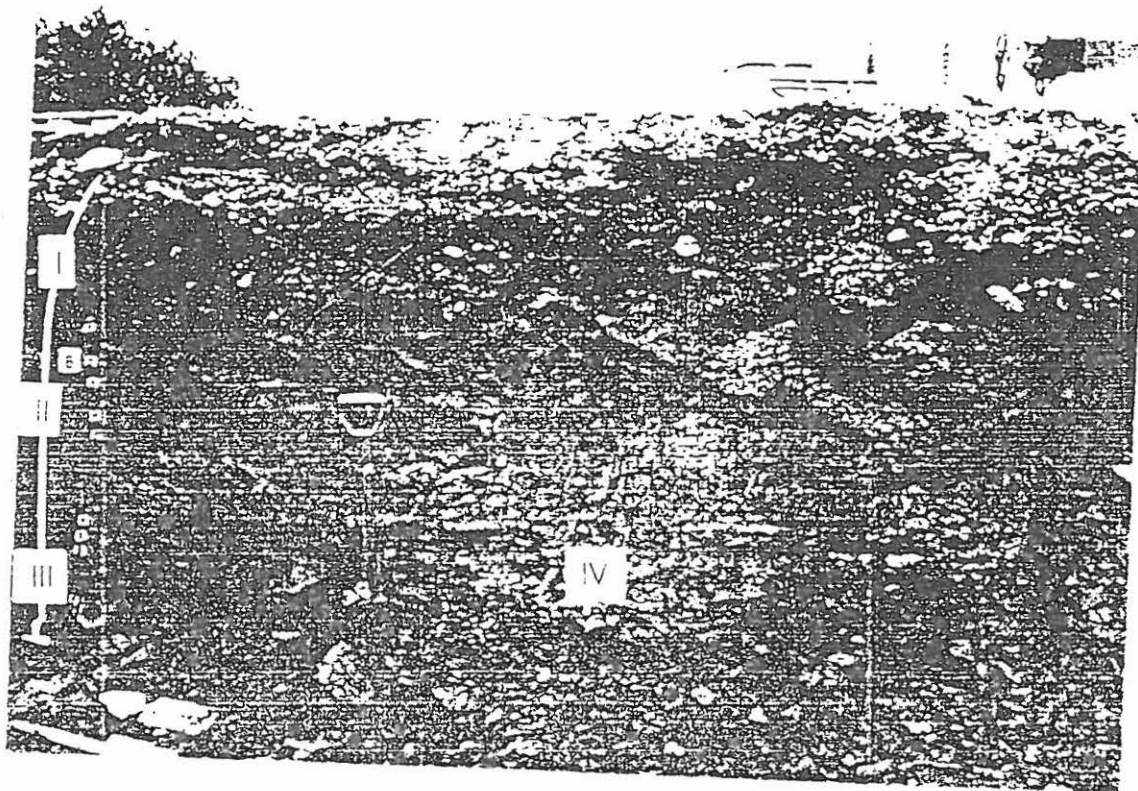
Kaivinkoneella kaivetusta noin 2,5 metriä syvästä koekuopasta otettiin maanäytteet 10 cm:n välein 0,4-2,2 metrin syvyydeltä. Alueen keskimääräinen korkeus on 2,2 metriä mpy. Maanpinnasta (2,2 m mpy) noin yhden metrin syvyyteen asti maa-aines on kulttuurikerroksen alla ruskehtavaa, tiivistä kuivakuorisavea. Syvemmällä aines muuttuu tummanharmaaksi, massiiviseksi saveksi. Noin 1,4 metrin syvyydessä on ohut vaalea silttinen ja hiekkainen kerros, jonka alla on vanhempaa Itämeren savea. Ylimmät 50 cm ovat ihmisen toiminnan vaikutuksesta sekoitunutta täytemaata (kuva 13).

Linna

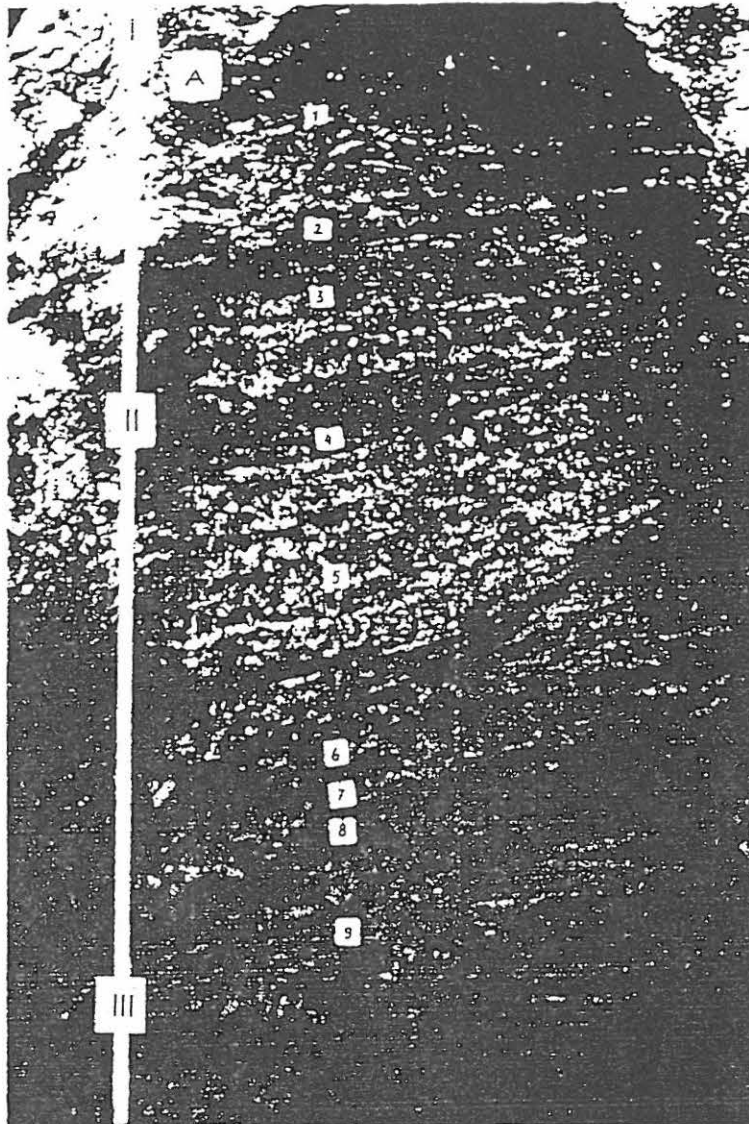
Noin 150 m linnasta pohjoiseen kaivetusta 2,7 m syvästä koekuopan seinämästä otettiin maanäytteet 2,0-2,3 m:n syvyydeltä 10 cm:n välein. Koekuopan (maanpinta 2,3 m mpy) pohjalta otettiin 0,4 m pitkä näyte mäntäkairalla, jolloin maa-aineksesta voitiin tehdä havaintoja 3,1 metrin syvyyteen asti. Näytteistä ei tehty laboratorioanalyysjä, koska visuaalisten havaintojen perusteella voitiin todeta aineksessa olevan jälkiä ihmisen toiminnasta vielä 2,7 metrin syvyydessä (kuvat 7-8).

Primaarinen maa-aines oli massiivista tumman harmaata liejusavea. Kulttuuri- ja täyttömaakerroksen alla, 0,7 ja 1,0 metrin syvyydellä oli sora- ja hiekkakerros. Alemman sora- ja hiekkakerroksen yläpuolella oli jäänteitä puurakenteesta. 1,2 metrin syvyydellä oli ohut sorainen ja kivinen kerros, jonka päällä oli palaneesta puusta muodostunut kerros. Noin 1,2 - 2,7 metrin syvyydellä oli hiekka- ja soralinssejä ja kiviä liejusavessa merkinä ihmisen toiminnasta.

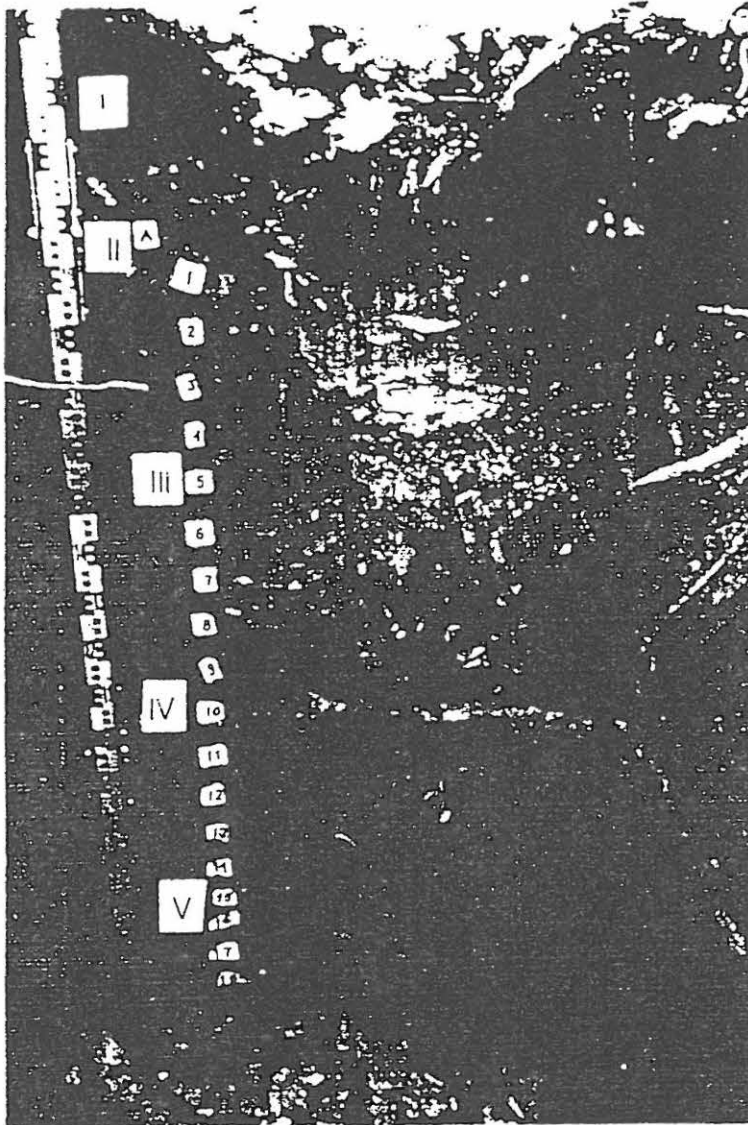
Linnan koekuopan alue on ollut rantavyöhykkeessä 1800-luvun alussa ja maatonut ja täytetty kokonaan 1800-luvun lopulla. Koekuopassa havaitut hiekka- ja soralinssit ovat painuneet pehmeään ja vesipitoiseen liejusaveen



Kuva 1: Sea Expon leikkaus Aurajoen rantatörmässä toukokuussa 1991. Profiili B. Kulttuurikerroksen (I) alla jokisedimenteitä (II) aiina olevan primaarin Litorinasaven päällä (III). Lajon oikealla puolella viemäriputken päällä täyttömaata.



Kuva 12. Sea Expo. profiili A. Kulttuurikerroksen (!) alla jokisedimenttejä (II) ja Litorinasavi (III). Kuva 1991.



Kuva 13. Amiraaliston koekuoppa syksyllä 1991. Kulttuurikerroksen (I) alla kuivakuorisavi (II) sekä massivinen Litorinasavi (III). Ohuen silttikerroksen (IV) alla Ancylussavi (V).

alueen täyttötöiden yhteydessä 1800-luvun lopulla. Linnan koekuopan alkuperäinen liejusavi edustaa linnan pohjoispuolisen alueen maaperätyyppiä. Se on kerrostunut melko rauhallisissa olosuhteissa eikä merenkäynti ole merkittävästi vaikuttanut alueen sedimentaatioon.

b. Rakeisuus-, humus- ja vesipitoisuusmääritykset

Savien luokitteluominaisuuksia tutkittiin kahdesta koekuopasta Sea Expon alueelta ja Amiraalistonkadulta (Kuva 14.). Kyseisten kohteiden piilevä- ja siitepölydiagrammit ovat toisaalla tässä julkaisussa.

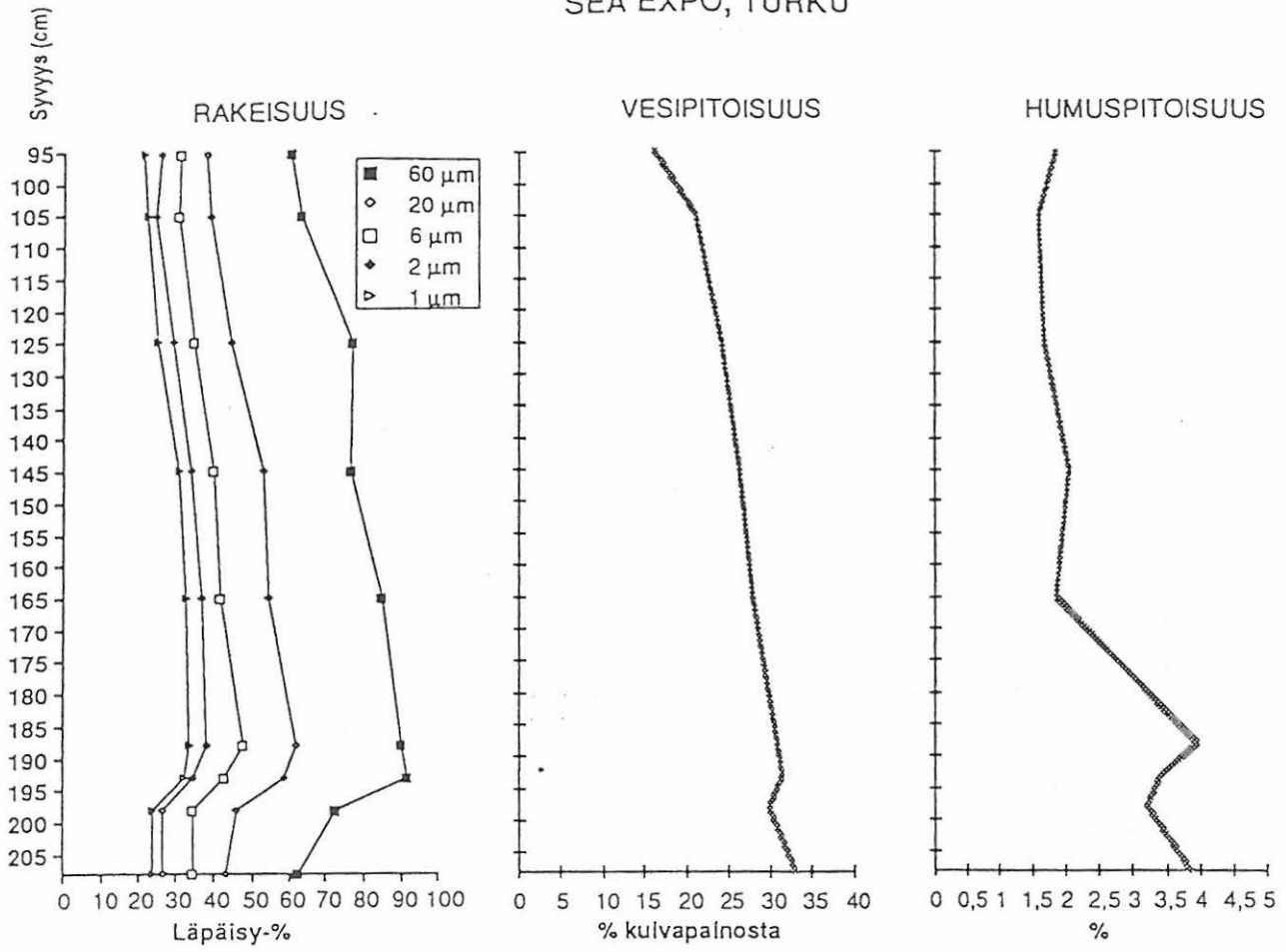
Rakeisuusmääritykset tehtiin automaattipipettimenetelmällä (Elonen, 1971), jossa tutkittava maa-aines sekoitetaan savipartikkeleita hajoittavaan natriumpyrosfaattiliuokseen. Seoksesta pipetoidaan tietyin aikaväleihin näytteitä, joiden kiintoaineksen punnitaan. Tuloksista saadaan laskettua eri raekokojen suhteelliset osuudet kyseisessä maa-aineksessa. Vesipitoisuudet mitattiin punnitsemalla näytteet, kuivattamalla ne uunissa 105°C:ssa ja punnitsemalla uudelleen. Punnitustuloksista laskettiin vesipitoisuus.

Humuspitoisuuden määrittämiseen käytettiin kolorimetrinen menetelmää, jossa maanäytteen orgaaninen aine hapetetaan kaliumdikromaatilla väkevässä rikkihapossa. Samalla tavalla käsitellään vertailunäytesarja, jonka humuspitoisuus tiedetään. Koska syntyneiden liuosten väri riippuu niiden humuspitoisuudesta, saadaan maanäytteen humus selville vertailemalla tutkittavien maanäytteen ja vertailunäytteen liuosten värejä kolorimetrillä.

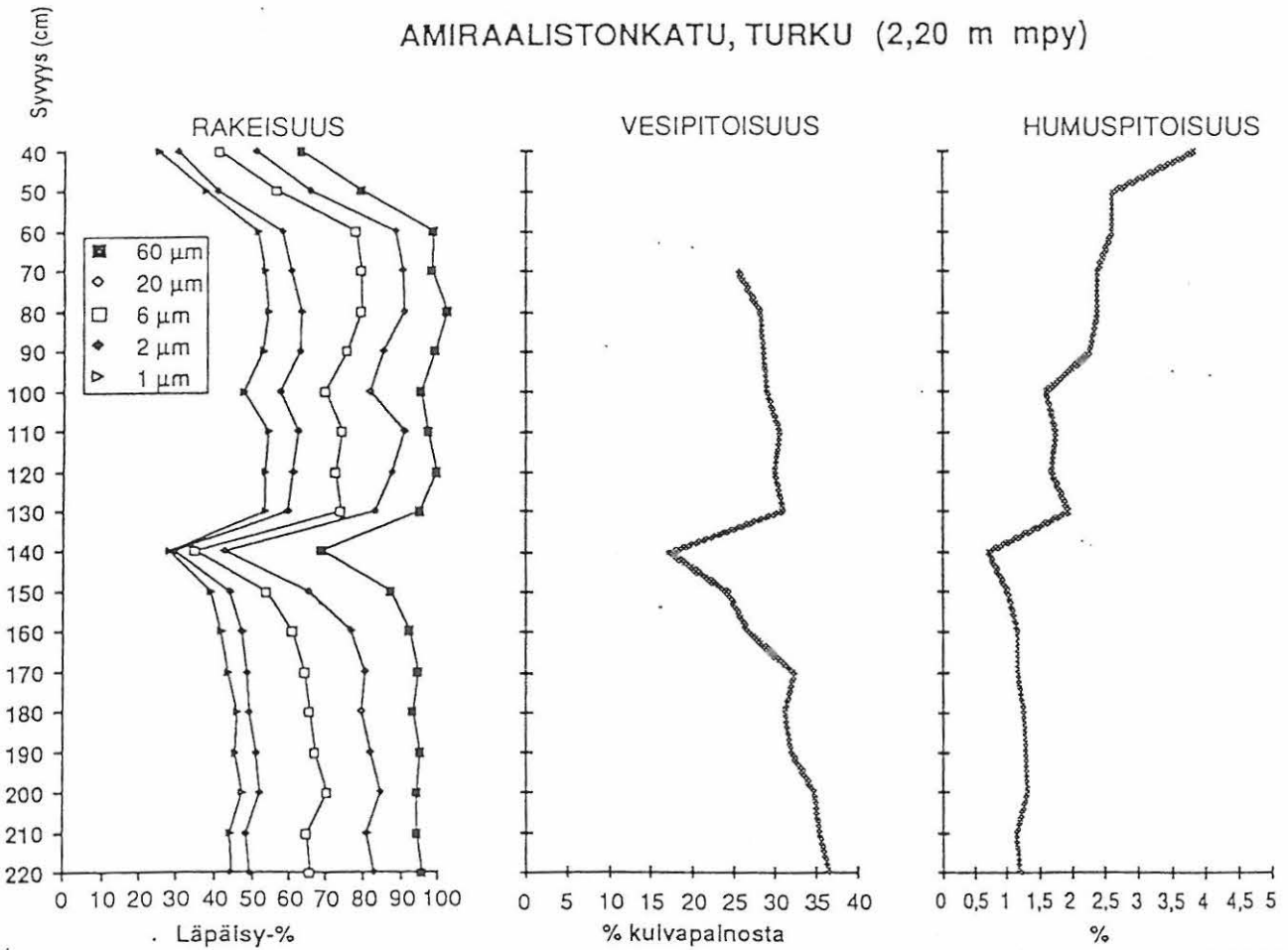
Sea Expon profiilista on erotettavissa >95 cm syvyydeltä kaksi toisistaan eroavaa kerrosta, joiden rajapinta on n.190 cm syvyydellä. Ylempi kerros on rakenteensa perusteella tulvasedimentti. Saveksen, eli alle 2 µm:n aineksen osuus vaihtelee välillä 30-40 % kasvaen syvemmällä. Humuspitoisuus on melko pieni, pysyen 1,5-2 %. Rajapinnan alapuolella alkaa karkeampi, liejuinen siltti, jossa ylemmän kerroksen kaltaisia tulvarakenteita ei ole nähtävissä. Savespitoisuus laskee selvästi alle 30 % kun taas humus nousee n. 4 %:iin. Vesipitoisuus kasvaa tasaisesti alaspäin, eikä vaihtelee erityisesti edes rajapinnassa.

Amiraalistonkadun profiilista löytyy >40 cm syvyydeltä kolme selvästi erilaista maakerrosta, joista keskimmaisessa on vielä yksi epäselvä rajapinta. Ylimpänä välillä 40-50 cm on täyttömaakerros, jonka mineraaliaine on terävsärmäistä ja poikkeaa selvästi alemmista kerroksista. Kerros on alemmalla osaa karkeampaa ja sisältää humusta n. 4%. 60 cm syvyydeltä alkaa hyvin hienorakeinen liejuinen litorinasavi, jonka savespitoisuus on n.60 %. Metrillä syvyydellä on heikko rajapinta, jossa humuspitoisuus laskee n. 2,5 %:lle 2 %: ja rakeisuuskäyrissäkin näkyy hetkellinen lasku. Litorinasavi jatkuu 140 cm syvyydellä olevaan ohueen silttikerrokseen asti, jonka alapuolelta alkaa ancyllussavi. Silttikerros näkyy terävänä piikkinä rakeisuus-, vesi- ja humuspitoisuusdiagrammeissa. Ancyllussavi on hieman litorinasavea karkeampaa ja humuspitoisuudeltaan vain vähän yli 1 %. (kuva 14)

SEA EXPO, TURKU



AMIRAALISTONKATU, TURKU (2,20 m mpy)



Kuva 14.

c. Siitepölytutkimukset

Siitepölyanalyysin tarkoituksena oli selvittää kasvillisuuden kehitystä alueella ja sitä kautta ajoittaa näytesarjaa. Analysoitava sedimentti on savea ja liejusavea, jotka soveltuvat siitepölyanalyysiin liejua ja turvetta huonommin. Osa saven siitepölystä saattaa olla uudelleen kerrostunutta ja tulkinta on hankalaa, koska savea kerrostuu vesien pohjalle kaukana rannasta, joten suuri osa siitepölyistä on kaukolentoa tai veden mukana kaukaa kulkeutuneita, eikä siten edusta välttämättä paikallista kasvillisuutta.

Näytteitä preparoitaessa käytettiin KOH- ja kylmä HF-menetelmiä (Faegri-Iversen 1989). Analysointi suoritettiin Leitz Orthoplan-merkkisellä mikroskoopilla käyttäen 250- ja 400-kertaisia suurennoksia.

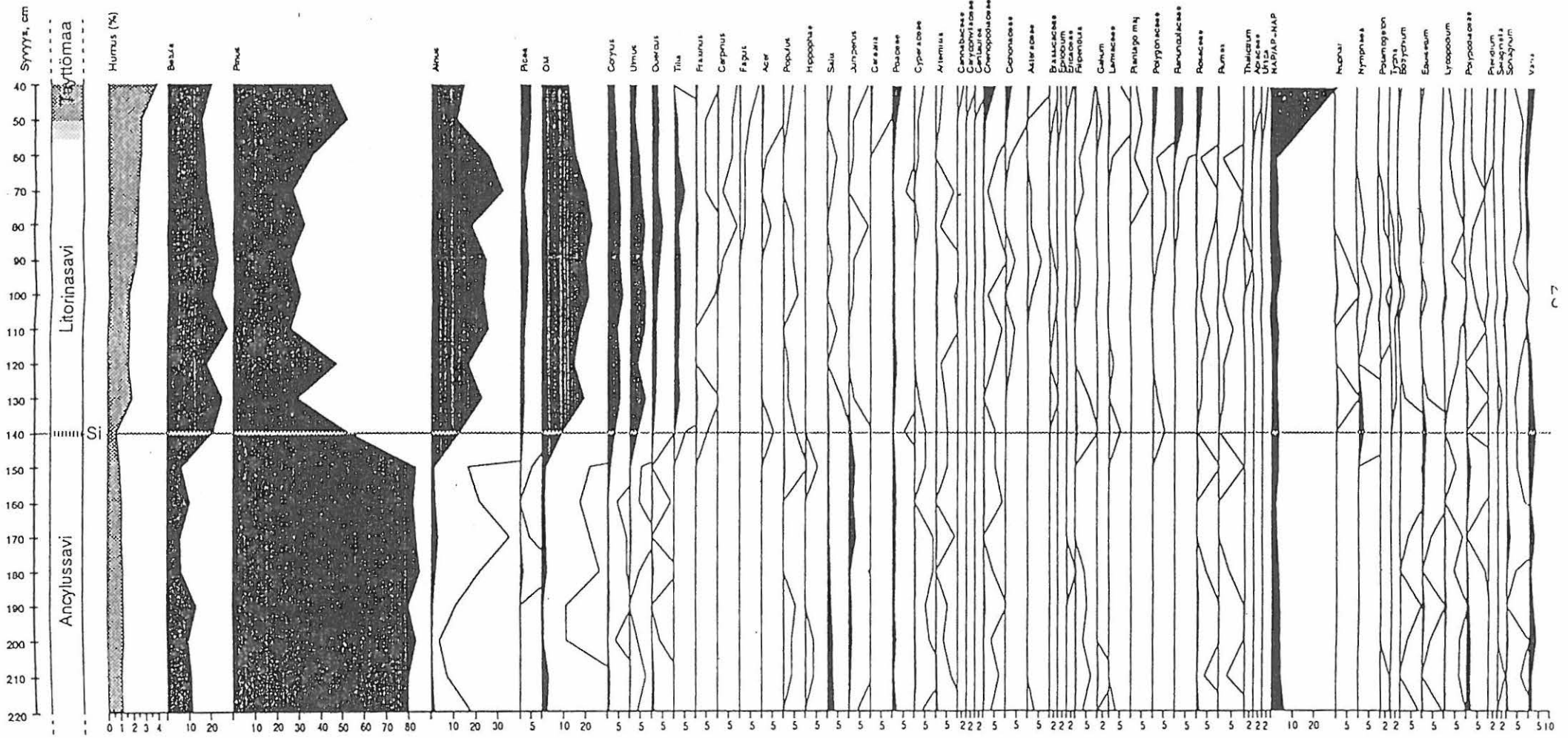
Amiraalistonkadun näytesarja tutkittiin siitepölyanalyysin avulla 10 cm:n välein. Syvyydeltä 220-140 cm määritettiin kultakin syvyydestä 200-300 puiden siitepölyä ja syvyydeltä 130-40 cm 500 puiden siitepölyä sekä näitä vastaavat muiden siitepölyjen ja itiöiden osuudet. Suhteelliset siitepölyarvot diagrammissa (kuva 15) perustuvat puiden osalta puupölysummaan (AP) ja ruohovartisen kasvillisuuden osalta siitepölyjen kokonaissummaan (P). Sedimenttisarjan suhteelliseen ajoittamiseen on käytetty Donnerin (1971) Lounais-Suomea koskevaa yleisdiagrammia.

Sedimentissä 140 cm:n syvyyden alapuolella oleva Ancyclusjärveen kerrostunut savi edustaa mäntyvyöhykettä (boreaalikausi, vyöhyke V), joka Lounais-Suomessa päättyi noin 8000 BP. Männyn (*Pinus*) siitepölyjen osuus puupölysummasta on koko tutkitun boreaalikauden ajan n. 80 %. Paikoitellen esiintyvät kuusen (*Picea*) siitepölyt edustavat uudelleen kerrostunutta pölyä.

Syvyystaso 140 cm edustaa siitepölystön perusteella selvästi koivu-leppä-pähkinäpensas-jalavavyöhykettä (atlanttinen ja subboreaalikausi, vyöhykkeet VI-VIII), joka Lounais-Suomessa ulottui ajanjaksoon 8000-2500 BP. Silttikerroksen (140 cm) yläpuolella oleva savi ja liejusavi ovat piileväanalyysin tulosten mukaan kerrostuneet Litorinamereen, jonka aika Glückertin (1976) mukaan alkoi Lounais-Suomessa noin 7000 BP. Koivu-leppä-pähkinäpensas-jalavavyöhykkeelle (*Betula-Alnus-Corylus-Ulmus*) on tyypillistä, että koivu, mänty ja leppä ovat valtalajeja siitepölystössä ja jalojen lehtipuiden osuus on huomattavan suuri. Parhaimmillaan jalojen lehtipuiden osuutta kuvaava QM-käyrä nousee Amiraalistonkadun sarjassa yli 20 %:iin, kun se samana ajanjaksona osoittaa noin 10 kilometrin päässä sijaitsevan Littoistenjärven pohjasedimentissä 10-15 % osuutta (Glückert et al 1992).

Kuusen leviäminen idästä länteen on tarkkaan ajoitettu tapahtuma Suomen kasvillisuuden kehityksen historiassa. Jo noin viiden (3-6) % osuuden kaikkien puumaisten kasvien pölystä katsotaan olevan todiste kuusen kasvamisesta seudulla tai sen lähiympäristössä (Tolonen 1983). Kuusen saapuminen Lounais-Suomeen on ajoitettu noin 3200-3300 BP (Glückert 1976, Tolonen 1983).

AMIRAALISTONKATU, TURKU (2,20 m mpy) Siitepölyt



Kuva 15.



Analyyssi P. Rantala 1992

Amiraalistonkadun näytesarjassa on kuusen yleistymisen määrittäminen siitepölydiagrammissa vaikeaa. Kuusen osuus puupölystössä on korkeimmillaankin vain viisi % Kuusen tulon alueelle voi arvioida tapahtuneen syvyydellä 90 cm, jossa kuusen osuus ylittää ensimmäisen kerran neljä %. Valkopyökki (*Carpinus*) esiintyy ensimmäisen kerran pölystössä 90 cm:n syvyydellä ja punapyökki (*Fagus*) 80 cm:n syvyydellä. *Carpinus* ja *Fagus* ovat saattaneet kasvaa harvinaisina Lounais-Suomen rannikolla ja Ahvenanmaalla viimeisten 4000 vuoden aikana. Pyökkilajeista yleisemmän *Carpinuksen* siitepölyjen osuus puupölystöstä on Turun alueella 1-3 % noin vuodesta 2000 eKr. (Glückert 1977). Esimerkiksi Littoistenjärven siitepölystössä tavattiin ensimmäiset *Carpinuksen* siitepölyt *Picean* yleistymistä (3300 BP) vastaavalla syvyydellä (Glückert et al. 1992).

Nuorimman alueellisen siitepölyvyöhykkeen, Kuusi-mäntyvyöhykkeen (subatlanttinen kausi, IX vyöhyke) alkamisajankohdan määrittäminen siitepölydiagrammissa on vaikeaa. Kuusi-mäntyvyöhykkeen (*Picea-Pinus*) alarajan ikä on noin 2500 BP. Vyöhykkeen alaraja voitaneen sijoittaa syvyydelle 60-70 cm. Jalojen lehtipuiden (QM) osuus pysyy harvinaisen korkeana tutkitun näytesarjan yläosaan saakka. Mahdollinen syy QM-lajiston runsauteen on näytteenotopaikan sijainti lähellä Ruissalon saarta, jonka viljavimmista alueista huomattavan suuri osa on kohonnut merenpinnan yläpuolelle vasta subatlanttisen kauden aikana. Ruissalossa on jalojen lehtipuiden osuus nykyisinkin poikkeuksellisen suuri, ja se sijaitsee näytteenotopaikkaan nähden vallitsevien tuulien suunnassa lännen ja lounaan välissä.

Maanviljelystä on Lounais-Suomessa harjoitettu yli 3000 vuoden ajan (Vuorela 1990). Mätäjärven tienoon tiedetään olleen peltoviljelyn invaasiokeskuksena ja siellä on jo 500-luvulta lähtien siirrytty tehokkaaseen, paikallaan pysyvään viljelyyn (Salonen & Vuorela 1983). Ensimmäiset varmat merkit ihmistoiminnasta näkyvät Amiraaliston siitepölystössä 50 cm:n syvyydessä, jossa sedimentissäkin näkyy jo selvät merkit ihmistoiminnasta, mm. tiilenkappaleita. Syvyydellä 60 cm ja 70 cm (ja syvemmälläkin) näkyvät satunnaiset savikkakasvien (*Chenopodiaceae*), ratamoiden (*Plantago*), hierakoiden (*Rumex*) yms. esiintymiset lienevät peräisin luontaisesta rantakasvillisuudesta. Varsinkin kun kyseisillä syvyydellä ruohovartisten lajien (NAP) osuus kokonaispölysummasta jää alle viiden %:n.

Syvyydellä 50 cm tavataan ensimmäiset viljakasvien (*Cerealia*) siitepölyt. Tyypillisinä kulttuuri-indikaattoreina pidettyjen kasvien - kuten savikkakasvit (*Chenopodiaceae*), sikurikasvit (*Cichoriaceae*, ent. *Compositae liguliflorae*), tatarkasvit (*Polygonaceae*), hierakat (*Rumex*), ruusukasvit (*Rosaceae*) - siitepölyjä esiintyy jo melko runsaasti. Huomattavaa on *Ranunculaceae*-heimon (leinikkikasvit) siitepölyjen runsas esiintyminen - suuri osa on *Anemone*-tyyppiä (vuokot), mikä edustanee rantapuuston aluskasvillisuutta.

Syvyydellä 40 cm kulttuuri-indikaattoreiden osuudet voimistuvat. Viljakasvien (*Cerealia*) pölyjen osuus kokonaispölystöstä ylittää yhden prosenttiyksikön (osuus ruohovartisesta lajistosta on jo yli 3,5 %). *Chenopodiaceae* ja *Cichoriaceae* (ent. *Compositae liguliflorae*) osuudet ruohovartisesta lajistosta ovat huomattavan suuret - *Chenopodiaceae* osuus

yli 18 % ja *Cichoriaceae* osuus noin 10 %. Samojen kasviheimojen siitepölymäärien voimakasta lisääntymistä tapahtui Turun Mätäjärvässä 1500-1600-luvuilla (Vuorela 1985). *Ranunculaceae*-heimon (leinikkikasvit) osuus siitepölystä on edelleen suuri ja *Poaceae*-pölystön (heinäkasvit) määrä on maksimissaan - 14 % ruohovartisesta lajistosta. Suuri osa *Poaceae*-pölystä koostuu järviruo'osta (*Phragmites australis*), joka nykyisinkin muodostaa tiheitä rantaruovikkoja.

Ruohovartisten lajien (NAP) osuus kokonaispölystä on syvyystasolla 50 cm. noin 18 % ja syvyystasolla 40 cm yli 30 %. Vastaava luku esimerkiksi Mätäjärvässä oli suurimmillaan 85 %, mikä käytännössä viittaa jo lähes puuttomaan maisemaan (Vuorela 1985). Kaksikerran järven sedimentissä vaihteli ruohovartisen lajiston osuus viimeisen 800 vuoden aikana 15 %:n molemmin puolin, minkä voidaan katsoa osoittavan pysyvää ihmistoimintaa alueella (Räsänen ja Salonen 1983).

Amiraalistonkadun sedimentti on savea ja liejusavea, jossa kaukaa kulkeutuneen siitepölystön osuus on suuri. Vallitsevat länsi- ja lounaistuulet ovat puhaltaneet saaristosta, joka vuosituhansien kuluessa on kohonnut merestä. Amiraaliston alue maatu 1500-luvulla, ja esimerkiksi tuhat vuotta sitten näyteenottoa paikkaa lähimmät kuivanmaan alueet sijaitsivat parin sadan metrin päässä Kakolanmäen rinteellä ja puolen kilometrin päässä Korppolaismäellä. Ruohovartisten lajien, jotka edustavat paikallista kasvillisuutta ja joihin kulttuuri-indikaattoritkin kuuluvat, osuus siitepölystä on kasvanut merkittäväksi ilmeisesti vasta tämän vuosituhannen aikana.

d. Piileväanalyysit

Piileväanalyysin tarkoituksena oli selvittää alueella sedimentin synnyn aikana vallinneet olosuhteet. Eri piilevälajien ekologisten vaatimusten - varsinkin niiden suhtautumisen veden suolapitoisuuteen - avulla voidaan saada tietoa Itämeren eri vaiheista ja tarkastella maankohoamista.

Piilevät eivät useinkaan esiinny sedimentissä samoissa suhteissa kuin ne esiintyvät planktonissa. Osa lajeista tuhoutuu säännöllisesti sedimentaation yhteydessä. Hentokuoriset lajit ovat herkempiä tuhoutumaan kuin vahvempi-kuoriset lajit. Tietyissä olosuhteissa voi sedimentissä tapahtua myös piileväkuorien liukenemistä. Jäljellejäävästä lajistosta voidaan kuitenkin yleensä saada selvä kuva kerrostumishetkellä alueella vallinneista olosuhteista (Vuorela ja Eronen 1978).

Uudelleenkerrostuminen on myös virhelähde, joka esiintyy varsinkin savissa. Etenkin jokivesien mukana kulkeutuu joessa ja sen latvavesissä eläviä ja sekundaarisia, joen sedimentistä kuluttamien piilevien kuoria, jotka sedimentoituvat joen suistoalueelle (Vuorela & Eronen 1978).

Piileväpreparaatit on valmistettu dekantointimenetelmällä hapettamalla tuoreen sedimentin orgaaninen aines 10 % vetyperoksidilla. Piilevien lajimääritykset perustuvat teoksiin Mölder & Tynni (1967) ja (1969-1973) ja Tynni (1975-1980), Cleve-Euler (1951-1955), Krammer & Lange-Pertalot

1986, Hustedt (1930), Laskenta suoritettiin Leitz-Orhoplan-mikroskoopilla 1000 x suurennuksella faasikontrastioptiikalla, jotta piilevien tarkempi rakenne saatiin näkyviin. Kustakin preparaattista pyrittiin laskemaan vähintään 300 piilevää. Jos näyte kuitenkin sisälsi erittäin vähän piileviä, tyydyttiin 100 tai 150 yksilöön. Piilevät määritettiin lajilleen, joskus kuitenkin jouduttiin tyytymään sukutasoon tai tarkka taksoni jäi määrittämättä levän pienen koon, syöpymisen, rikkoutumisen tai mineraaliaineksen varjostuksen vuoksi. Kaikenkaikkiaan Amiraaliston sarjasta määritettiin 180 ja Sea Expon sarjasta 270 eri taksonia (liite1).

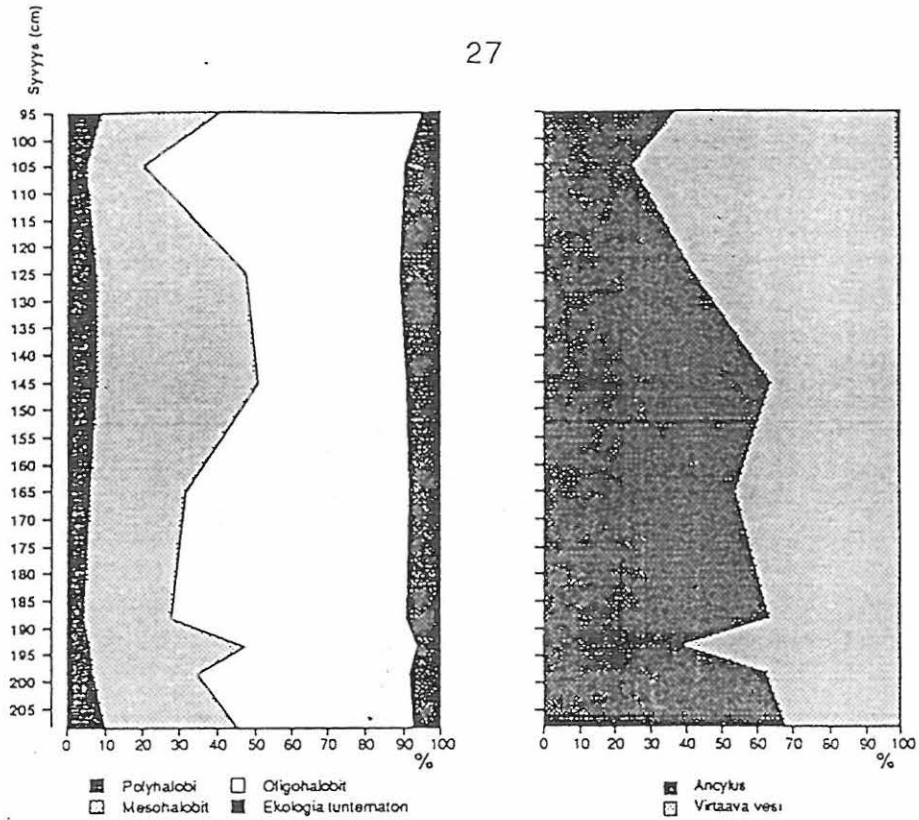
Analyysin tulokset on koottu suhteelliseen diagrammiesitykseen, jossa lajisto on jaoteltu suolapitoisuusekologian mukaisiin ryhmiin: polyhalobit (suolaisen veden muodot), mesohalobit (murtoveden muodot), oligohalobit (murtovettä suosivat tai sietävät makean veden muodot) (Simonsen 1962, Cholnoky 1968, Lowe 1974) sekä muodot, joiden tarkempaa ekologiaa ei tunneta (kuvat 16 ja 17). Amiraaliston sedimenttisarjasta on lisäksi laadittu suhteellinen diagrammiesitys (kuva 18), johon on valittu 41 runsaimpaa esiintyvää ja/tai parhaiten tiettyä olosuhdetta indikoivaa piilevätaksonia. Tiedot lajiston ekologiasta perustuvat teoksiin Simonsen (1962), Mölder & Tynni (1967), Mölder & Tynni (1968-1973), Tynni (1975-1980) ja Lowe (1974).

Sea Expon sarjan piileväsuhteet ilmaisevat sedimentin voimakasta uudelleen kerrostumista eikä Itämeren eri vaiheita voitu erottaa sedimentissä. Lajisto on ilmeisesti tyypillistä joen suistoon kerrostunutta piileväflooraa (liite 1, kuva 16). Kaikilla syvyyksillä esiintyi Ancylysjärvivaihetta indikoivia piileviä: mm. *Amphora ovalis* + var. *holsatica* ja var. *pediculus* sekä *Cyclotella iris*. Sedimenttisarjan kaikilta syvyyksiltä määritettiin niin paikallisia olosuhteita kuvaavia epifyytti- ja benthosmuotoja (*Achnanthes hauckiana*, *Tabellaria fenestrata*), ulapalta puhaltaneiden tuulten vaikutuksesta paikalle kulkeutuneita planktisia muotoja (*Stephanodiscus astraee* + var. *minutula*) ja rheofiilejä tai rheobiontteja virtaavan veden muotoja (*Pinnularia borealis*) (Ignatius & Tynni 1978).

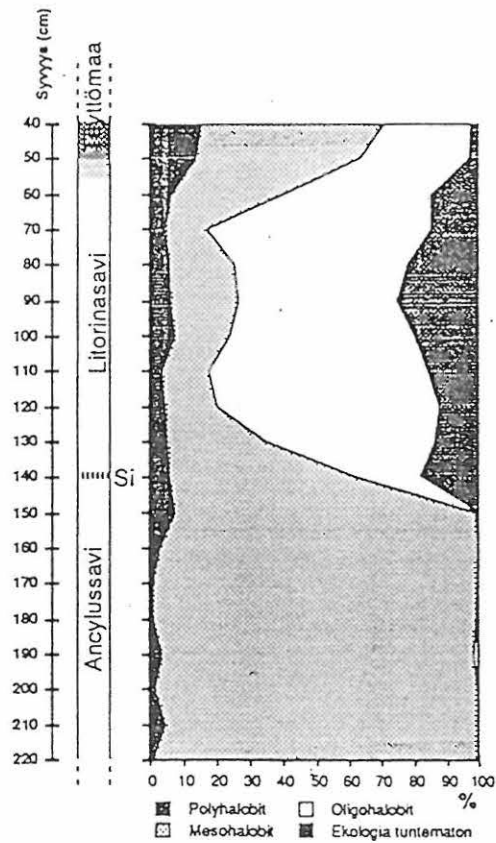
Sea Expon sarjan piilevästö on kaikilla syvyyksillä selvästi runsaslajisempaa kuin Amiraaliston sarjan levästö. Oligohalobit, jokiveden mukana kulkeutuneet makean veden muodot, muodostavat noin puolet lajistosta kun taas mereisten polyhalobien muotojen osuus pysyttelee alle 10 %:ssa. Joen toiminnan voimistuminen näkyy sedimentissä virtaavan veden ja Ancylysjärvivaiheessa esiintyneiden lajien keskinäisessä suhteessa. Sedimenttisarjassa ylöspäin mentäessä virtaavassa vedessä viihtyvien lajien osuus kasvaa samalla kun Ancylysjärvessä esiintyneiden lajien osuus pienenee.

Amiraaliston näytesarjassa on havaittavissa selvä piileväsuhteiden muuttuminen 140 cm:n syvyydellä maan pinnasta (kuvat 17 ja 18). Tällä syvyydellä Ancylyssedimenttiä ja sen päällä olevaa mereistä Litorinasedimenttiä erottaa silttikerros, jossa oli erittäin vähän piileviä.

Silttikerroksen alapuolella olevan sedimentin piilevästö koostuu makean suurjärven (Ancylysjärven) lajeista, kuten *Melosira islandica* ssp. *helvetica*, *M. italica*, *Stephanodiscus astraee* ja *S. a.* var. *minutula* sekä *Cyclotella iris*.

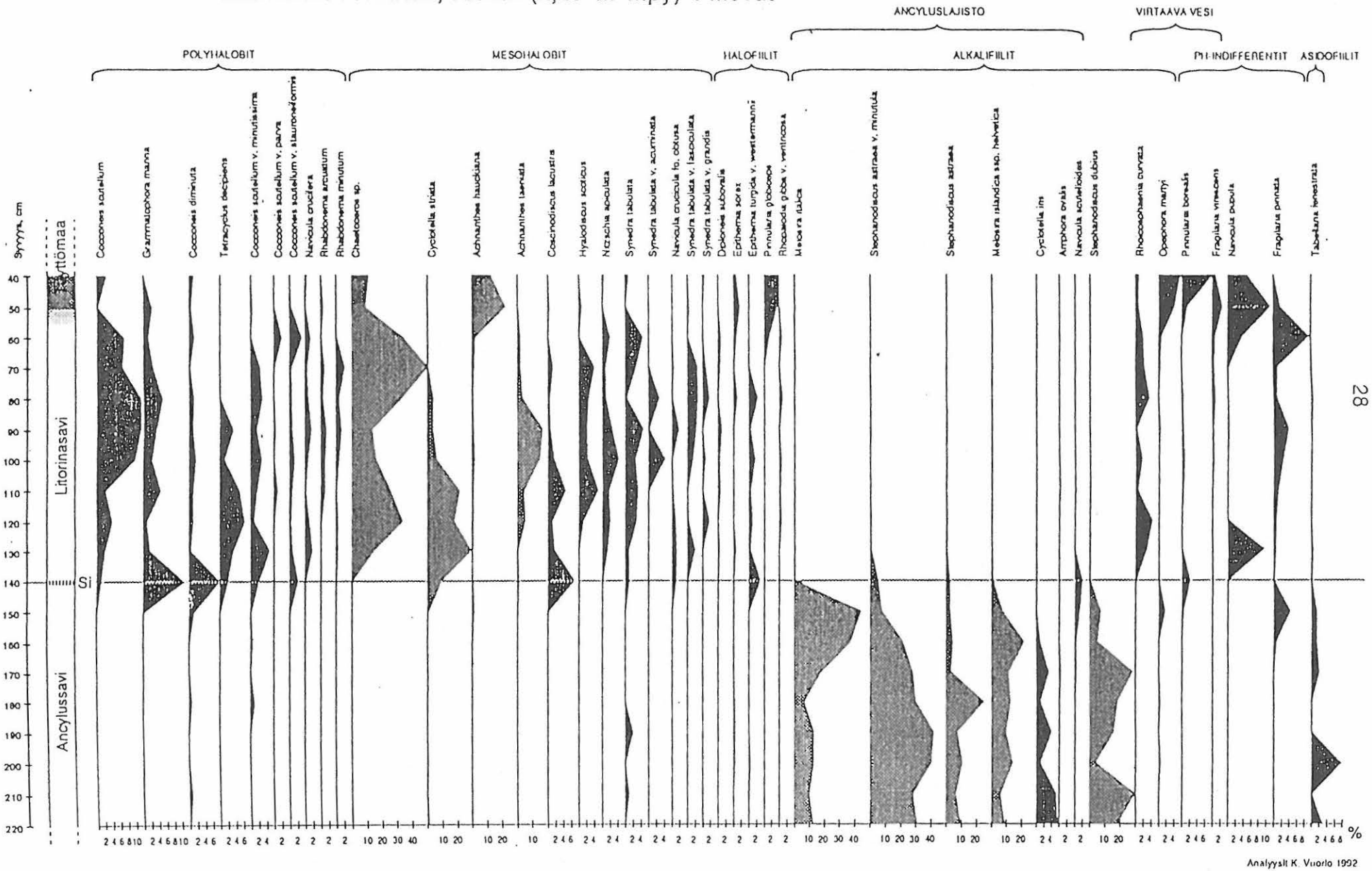


Kuva 16. Piileväanalyysin tuloksia. Suolopitoisuusekologian mukainen ryhmittely ja Ancycluslajiston ja virtaavan veden lajiston välinen suhde Sea Expon aineistosta.



Kuva 17. Piileväanalyysin tuloksia. Suolopitoisuusekologian mukainen ryhmittely Amiraaliston aineistosta.

AMIRAALISTONKATU, TURKU (2,20 m mpy) Piilevät



Kuva 18. Piileväanalyysin tuloksia. Valikoitu suhteellinen esitys Amiraaliston aineistosta.

Yleisiä ovat myös monet planktiset pelagiaalin lajit, kuten *Cyclotella quadriuncta* ja *Stephanodiscus dubius* (Ignatius & Tynni 1978).

Amiraaliston silttikerroksen päällä oleva sedimentti edustaa selvästi mereistä sedimenttiä, jossa vallitseviksi tulevat tunnusomaiset poly- ja mesohalobit Litorinameren muodot. Mesohalobeista yleisimpiä ovat *Chaetoceros sp.*, *Cyclotella striata*, *Hyalodiscus scoticus*, *Nitzschia apiculata* ja *Synedra tabulata* sekä polyhalobeista *Cocconeis scutellum*, *Grammatophora marina* ja *Tetracyclus decipiens*.

Noin 60 cm:n syvyydellä maanpinnasta oli selvästi vähemmän piileviä kuin muissa syvyyksissä. 40 ja 50 cm:n syvyydellä osa sedimentin aineksesta on joen paikalle tuomaa, osa murtoveden sedimenttiä ja osa todennäköisesti muualta paikalle tuotua täytemaata. Poly- ja mesohalobien muotojen osuus vähenee ja tilalle tulee makean veden muotoja. Matalassa murtovedessä rannan tuntumassa viihtyvän *Achnanthes hauckianan* osuuden kasvu sekä sellaisten virtaavassa vedessä viihtyvien lajien kuin *Opephora martyi* ja *Pinnularia borealis* esiintyminen voi viitata siihen, että alue on ollut ainakin ajoittain matalan rantaveden peitossa, jonne joki tulva-aikoina on kuljettanut siinä esiintyneitä piilevälajeja.

Pinnimmaisissa näytteissä esiintyi myös runsaasti rikkoutuneita piileviä, joita ei pystytty määrittämään. Rikkoutuneiden levien osuuden kasvu liittyy todennäköisesti paikalle tuotuun täytemaahan. Piilevät ovat rikkoutuneet mineraaliaineksen hankauksen seurauksena.

6. Johtopäätökset

Turun linnan ja Kakolanmäen välisen maakannaksen synnyn ja kehityksen selvittäminen on ollut mielenkiintoinen ja erikoinen maaperägeologinen tutkimusaihe. Tutkimustulosten tulkintaa ovat vaikeuttaneet maakannaksen synnyn aikaisten eroosio- ja akkumulaatiotapahtumien arviointi ja alueen luonnollista maanpintaa peittävä ihmisen toiminnasta kertova kulttuurikerros. Tutkimus osoittaa, ettei nykyisiä maankohoamistietoja yksin voida käyttää alavan kulttuuri- ja täyttömaakerroksen peittämän savimaakannaksen maatumisen ajankohdan selvittämisessä, kuten kartoista (kuvat 7-8 ja 10) käy ilmi.

Tutkimusalueella maatuivat ensin Kakolanmäen alarinteen lounaisosa sekä Turun linnan alue pienenä kalliosaarena pian Kristuksen syntymän jälkeen. Maaperägeologisten tutkimustulosten perusteella voidaan päätellä linnan ja Kakolanmäen välisen alavan, tasaisen maakannaksen maatumisen varsin hitaasti 1500-luvun kuluessa. Maatumisen hitaus johtuu maatuvan vesijättömaan maanpinnan eroosiosta, johon ovat vaikuttaneet Aurajoen virtaus, merenkäynti ja vedenpinnan tilapäiset nousut ja laskut. Linnansaaren ja Kakolanmäen välinen salmi on jo 1400-luvulla ollut varsin matala, ja sen keskisyvyys on ollut alle yksi metri. Vähitellen paljastuneen vesijättömaan todellisen maatumisen edistymistä ja rantaviivan kulun muutoksia on arvioitu eri menetelmin. Tällöin on otettu nykyisten maankohoamistietojen lisäksi huomioon kannaksen maanpinnan kuluminen, savikerroksen painuminen

sekä myöhemmin syntyneen epätasaisesti jakautuvan täyte- ja kulttuurimaakerroksen osuus. Tulosten mukaan maakannas on kokonaisuudessaan noussut meren välittömästä vaikutuspiiristä vasta 1500- ja 1600-lukujen vaihteessa.

Tutkimusalueen maaperän stratigrafiaa on tutkittu kairaus- ja kaivantotietojen sekä mikrofossiilianalyysien perusteella. Kerrossarjojen piilevä- ja siitepölyanalyysien sekä laboratorioanalyysien tulokset kertovat joen sedimentaatio- ja eroosiotoiminnasta, rantavoimien työstä sekä ihmisen toiminnasta.

Sea Expon maaperän kerrosjärjestys Aurajoen rantatörmän leikkauksessa osoittaa, että kannaksen kaakkoisrannalla joen virtauksen eroosio- ja akkumulaatiotoiminta on ollut voimakasta. Siitä ovat todisteena jokisedimenttikerrostumat, joita myös mereltä päin tulleet veden virtaukset ovat sekoittaneet. Jokisedimenttien ja niiden alapuolella olevien merisedimenttien välinen rajapinta näkyy selvästi humupitoisuus- ja rakeisuusanalyysien tuloksissa. Piileväanalyysissä jokisedimentaation ja eroosion vaikutus näkyy selvästi piilevälajiston ekologian kirjavuutena. Piilevästössä esiintyvät mereiset lajit ovat kulkeutuneet alueelle ulapalta.

Kannaksen luoteisrannalla maaperän syntyyn on vaikuttanut eniten meren toiminta. Amiraaliston koekuopan maaperän kerrosjärjestys osoittaa, ettei meri yksin saa aikaan niin suuria häiriöitä kerrosjärjestyksessä kuin Aurajokirannan sedimenttien synnyssä on tapahtunut. Amiraaliston maaleikkauksessa Litorinasaven erottaa alemmasta Ancylassavesta ohut siiltinen kerros noin 140 cm:n syvyydellä. Piileväanalyysissä Amiraaliston kerrossarjan Ancylyl- ja Litorinasedimentit erottuvat hyvin piilevien suolapitoisuusekologian perusteella ja niitä erottavan hiatuksen kohdalla lajisto muuttuu makean suurjärven lajistosta murtoveden lajistoksi.

Amiraaliston siitepölystössä on runsaasti tuulen ja veden mukana kaukaa kulkeutuneita siitepölyjä, mikä on tyypillistä syvään veteen kerrostuneille sedimenteille kuten savi ja liejusavi. Syvyystason 140 cm alapuolinen Ancylyljärveen kerrostunut savi edustaa mäntyvyöhykettä (boreaalikautta), joka Lounais-Suomessa päättyi noin 8000 BP. Ancylassaven yläpuolella olevat Litorinasedimentit ovat kerrostuneet aikana, jolloin jalojen lehtipuiden määrä oli suuri (atlanttinen kausi). Myöhemmin Litorinameren aikana kuusi saapui Lounais-Suomen metsiin.

Amiraaliston sedimenttisarjassa on päällimmäisenä on ihmisen toiminnan sekoittama noin 50 cm:n paksuinen kulttuuri- ja täytemaakerros. Täyttö on luultavasti aloitettu aikana, jolloin alue oli vielä ainakin ajoittain matalan murtoveden peitossa. Runsas rikkoutuneiden piilevien määrä johtuu todennäköisesti maan muokkauksesta. Syvyyksillä 40 ja 50 cm nousee matalassa murtovedessä viihtyvien lajien osuus selvästi. Jokisuiston siirtyminen ulapalle päin näkyy sedimentissä jokitulvien tuomien virtaavan veden lajien osuuden kasvuna.

Amiraaliston sedimenttisarjan siitepölystössä ensimmäiset merkit ihmisen toiminnasta näkyvät myöskin 50 cm:n syvyydellä. Viljakasvien ja muiden

kulttuuri-indikaattoreiden siitepölyjä esiintyy tällä syvyydellä jo melko runsaasti. Syvyydellä 40 cm kulttuuri-indikaattoreiden määrät kasvavat, ja mm. savikkakasvien (*Chenopodiaceae*) ja sikurikasvien (*Cichoriaceae*, ent. *Compositae liguliflorae*) osuudet ruohovartisesta lajistosta nousevat huomattavan suuriksi. Samanlainen kehitys tapahtui Mätäjärnessä 1500- ja 1600-luvuilla.

Paikallisen kasvillisuuden vaikutus näkyy siitepölystössä vasta 40 ja 50 cm syvyydessä, jotka edustavat matalaan veteen kerrostunutta sedimenttiä. Amiraaliston alue maatui 1500-luvun lopulla ja esimerkiksi 1000 vuotta sitten näytteenottoaikan päällä oli vettä alle kaksi metriä ja lähimmät kuivan maan alueet sijaitsivat parin sadan metrin etäisyydellä. Mikäli ihmistoiminnan ja asutuksen historiaa halutaan selvittää tarkemmin, pitää Amiraaliston sedimenttisarjasta tutkia 40 ja 60 cm:n välinen osa tiheämmin ja tarkemmin mikro- ja makrofossiilianalyysien avulla sekä ajoittaa sopivat horisontit radiohiilimenetelmällä.

7. Kirjallisuus

- Aarnio, B. 1930: Agrogeologia karttoja n:o 6, Turku. Valtion maatumkimuslaitos.
- Aartolahti, T. 1972: On deglaciation in southern and western Finland. *Fennia* 114, 84 s.
- Aartolahti, T. 1975: The morphology and development of the river valleys in Southwestern Finland. *Ann. Acad. Sci. Fennicae, A, III*, 116, 69 s.
- Ahrenberg, Jac. 1901: Ur Åbo slots byggnadshistoria. Anteckningar och paralleller i anledning af frågan om Åbo slots restauration. Helsingfors.
- Alhonen, P. 1967: Palaeolimnological investigations of three inland lakes in south-western Finland. *Acta Botanica Fennica* 76, 56 s.
- Alhonen, P. 1971: The stages of the Baltic Sea as indicated by the diatom stratigraphy. *Acta Bot. Fennica* 92, 18 s.
- Aurola, E. 1938: Die postglaziale Entwicklung des südwestlichen Finnlands. *Bull. Comm. géol. Finlande*, 121, 166 s.
- Celsius, Anders 1743: Anmärkning om vattnets förminskande så i Östersjön som i Vesterhafvet. - Kungliga Svenska Vetensk. Acad. *Handl.*, Stockholm.
- Cholnoky, B. J. 1968: Die Ökologie der Diatomeen in Binnengewässern. *J. Cramer, Pretoria*. 699 s.
- Cleve-Euler, A. 1951-1955. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens handlingar*. 2,1(1951), 1-163, 3,3(1952), 1-153, 4,1(1953), 1-158, 4,5(1953), 1-255, 5,4(1955), 1-232.
- Donner, J. 1964: The Late-Glacial and Post-Glacial emergence of South-Western Finland. *Societas Scient. Fennica, Comment. Physico-Math.* 30,5, 47 s.
- Donner, J. 1971: Towards a stratigraphical division of the Finnish Quaternary. *Soc. Sci. Fennica, Comment. Physico.- Math.* 41, 281-305.
- Donner, J. 1987: Some aspects of the nature of the late Weichselian and Holocene land uplift in Finland. In: Perttunen, M. (toim.): *Fennoscandian land uplift. Geological Survey of Finland, Special Paper 2*, 61 s.
- Donner, J.J. & Gardemeister, R. 1971: Redeposited Eemian clay in Somero, south-western Finland. *Bull. Geol. Soc. Finl.* 43, 73-88.
- Edelman, N. 1949: Some Morphological Details of the Roches Moutonnées in the Arcipelago of SW Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 144, 129-137.
- Elonen, P. 1971: Particle-size analysis of soil. *Suomen maataloustieteellisen seuran julkaisuja* 122. 122 s.
- Eronen, M. 1974: The history of the Litorina Sea and associated Holocene events. *Soc. Scient. Fennica, Comm. Physico-Math.* 44,4, 79-195.
- Eronen, M. 1976: Suomen kvartäär stratigrafian tutkimuksen menetelmistä ja keskeisistä kysymyksistä. Abstract: Problems and methods in the study of Quaternary stratigraphy in Finland. *Terra* 88, 2, 71-81.
- Eronen, M. 1987: Global sea-level changes, crustal movements and Quaternary shorelines in Fennoscandia. In: Perttunen, M. (toim.): *Fennoscandian land uplift. Geological Survey of Finland, Special Paper 2*, 61 s.

- Faegri, K. & Iversen, J. 1989: Textbook of pollen analysis. IV edition, ed. by K. Faegri, P-E. Kaland & K. Krzywinski. John Wiley & Sons, Chichester/ New York, 328 s.
- Gadolin 1751: Åbo slots belägenhet öfver vattubrynet. - Kungl. Svenska Vetenskaps Academiens handlingar, vol. X, Stockholm.
- Gardberg, C.J. 1959: Åbo slott under den äldre Vasatiden. En byggnads-historisk undersökning. - Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirja, 60, 600 s.
- Gardberg, C.J., 1967: Turun linnan vanhin rakennusvaihe ja sen kulttuurihistoriallinen tausta. - Turun kaupungin historiallinen museo. Vuosijulkaisu 30-31, 1966-1967, 151 s.
- Gardemeister, R. 1973: Hienorakeisten maalajien geologisia ja geoteknisiä tutkimustuloksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, tiedonanto 8, 113 s.
- Gardemeister, Reijo 1975: On engineering-geological properties of fine-grained sediments in Finland. - Techn. Res. Centre of Finland, Build. Techn. Commun. Develpt. 9, 91 s.
- Gardemeister, R. & Koskiahde A. 1984: Kaukolämpötunnelin rakentamisen rakennusgeologiset kokemukset. Turun seudun kaukolämpö Oy. IVO R-tutkimukset R-84-1, 76 s.
- Glückert, G. 1969: Hiekka- ja soravarojen inventointi Lounais-Suomen seutukaavaliiton alueella. Raportti, Geologinen tutkimuslaitos, 42 s.
- Glückert, G. 1976: Post-Glacial shore-level displacement of the Baltic in SW Finland. Ann. Acad. Sci. Fennicae A, III, 118, 92 s.
- Glückert, G. 1977: Itämeren rannansiirtymisestä Turussa ja sen lähiympäristössä. Turun yliopiston maaperägeologian osaston julkaisuja 21, 36 s.
- Glückert, G., Illmer, K., Kankainen, T, Rantala, P. ja Räsänen, M. 1992: Littoistenjärven paleolimnologia ja ympäristön kasvillisuuden kehitys: esimerkki järven luonnollisesta dystrofitumisesta Lounais-Suomessa. (käsikirjoitus), 30 s.
- Hallsworth, E.G. 1987: Anatomy, physiology and psychology of erosion. John Wiley & Sons, Toronto, 176 s.
- Heino, A. 1973: Bottom sediments and sedimentation in northern Airisto in south-western Finland. Bull. Geol. Soc. Finl. 45, 131-142.
- Hela, I. 1953: A study of land upheaval at the Finnish coasts. Fennia 76,5, 38s
- Helenelund, K.V. 1951: Om konsolidering och sättning av belastade marklager. Maataloushall. insinöörios. Maa- ja vesiteknill. tutk. 6, 205 s.
- Helenelund, K.V. 1981: Maanrakennusmekaniikka 137. Otapaino, Espoo, 278s
- Hietanen, A. 1947: Archaean geology of the Turku district in southwestern Finland. Bull. Geol. Soc. America 58, 1019-1084.
- Hustedt, F. 1930: Bacillariophyta (Diatomeae). Pascher: Süßwasserflora 10. Jena. 465 s.
- Hyvärinen, H. 1982: Interpretation of stratigraphical evidence of sea-level history - A Litorina site near Helsinki, southern Finland. Ann. Acad. Scient. Fennicae, A, III, 134, 139-149.
- Hyypä, E. 1963: On the Late-Quaternary History of the Baltic Sea. Fennia 89,1, 37-48.
- Hyypä, E. 1966: The late-quaternary land uplift in the Baltic sphere and the relation diagram of the raised and tilted shore levels. Ann. Acad. Scient. Fennicae, A, III, 90, 153-168.

- Härme, M. 1958: Suomen geologinen yleiskartta, 1:400 000. Kivilajikartta, lehti B1-Turku.
- Härme, M. 1960: Suomen geologinen yleiskartta 1:400 000. Kivilajikartan selitys, lehti B1-Turku, 77 s.
- Härme, M. 1961: On the fault lines in Finland. - Bull. Comm. géol. Finlande 196, 437-444.
- Ignatius, H. & Tynni, R. (1978): Itämeren vaiheet ja piilevätutkimus. Turun yliopiston maaperägeologian osaston julkaisuja 36, 26 s.
- Ignatius, H., Korpela, K. & Kujansuu, R. 1980: The deglaciation of Finland after 10 000 B.P. *Boreas* 9, 4, 217-228.
- Kakkuri, J. 1987: Character of the Fennoscandian land uplift in the 20th century. In: Perttunen, M. (toim.): Fennoscandian land uplift. Geological Survey of Finland, Special Paper 2, 61 s.
- Kakkuri, J. and Vermeer, M. 1985: The study of land uplift using the Third Precise Levelling of Finland. Report 85,1, Finn. Geod. Inst., 11 s.
- Korhonen, K-H., Gardemeister, R. & Tammirinne, M. 1974: Geoteknillinen maalajiluokitus. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, tiedonanto 14.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. 1986. *Bacillariophyceae. Süßwasserflora von Mitteleuropa* 1, 876 s.
- Kronqvist, 1946: Turunlinna keskiaikana. Helsinki.
- Kujansuu, R. & Niemelä, J. 1984: Suomen maaperä 1:100 000. Geologian tutkimuskeskus.
- Kääriäinen, E. 1953: On the recent land uplift of Earths crust in Finland. *Fennia* 76,2, 106 s.
- Kääriäinen, E. 1963: Land uplift in Finland computed by the aid of precise levellings. *Fennia* 89, 1, 15-19.
- Kääriäinen, E. 1966: The second levelling of Finland in 1935-1955. Publ. 63, Finn. Geod. Inst., 313 s.
- Kääriäinen, E. 1975: Land Uplift in Finland on the Basis of Sea Level Recordings. Report 75,5 Finn. Geod. Inst., 14 s.
- Latvala, A. 1980: Pehmeikölle rakennetun penkereen painumisesta. *Vesihallitus, tiedotus* 194, 134 s.
- Lempiäinen, T., Niemi, M., Räsänen, M., Salonen, V-P, Terho, A., Vuorela, I. & Vuorisalo, T. 1986: Mätäjärvi-projektin luonnontieteelliset tutkimustulokset kertovat ympäristön muutoksista Turun seudulla. *Luonnon Tutkija* 90, 120-129.
- Lisitzin, E. 1966: Contribution to the Knowledge on Land Uplift along Finnish coast. *Fennia* 89,4, 22 s.
- Lowe, R. 1974: Environmental requirements and pollution tolerance of freshwater diatoms. *Environmental Monitorin Series. Cincinnati, USA*, 334 s.
- Merentutkimuslaitos 1989: Vedenkorkeusarvoja, mareografi: Turku, 1988.
- Moberg, K. 1887a: Beskrifning till kartbladet no 10, 75 s.
- Moberg, K. 1887b: Finlands geologiska undersökning - Suomenmaan geologinen tutkimus, 1:200 000, lehti 10 Åbo.
- Mölder, K. & Tynni, R. 1967: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen I. *Comptes Rendus de la Société géologique de Finlande* XXXIX, 199-217.
- Mölder, K. & Tynni, R. 1968 - 1973: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen II-VII. *Bull. Geol. Soc. Finland* 40, 151-170, 41,235-251, 42, 129-144, 43,203-220, 44,141-149, 45,159-179.

- Niini, H. 1967: A study of rock fracturing in valleys of Precambrian bedrock. *Fennia* 97,6, 60 s.
- Niini, H. 1976: Kallioperän pinnan rakenteesta ja sen geologisesta kehityksestä. Summary: On the structure of the uppermost parts of the bedrock and its geological development. *Geologi* 19 (3-4), 33-37.
- Niini, H. 1987: Bedrock fractures affecting land uplift in Finland. In: Perttunen, M. (toim.): Fennoscandian land uplift. Geological Survey of Finland, Special Paper 2, 61 s.
- Niemelä, J. 1970: Suomen geologinen kartta, 1:100 000. Maaperäkartta, lehti 1043, Turku.
- Niemelä, J. (toim.), Sten, C-G., Taka, M. & Winterhalter, B. 1987: Turun-Salon seudun maaperä. Suomen geologinen kartta 1:100 000, Maaperäkartojen selitykset, lehdet 1043 ja 2021. Geologian tutkimuskeskus, 83 s.
- Perälä, Tauno 1992: Linnan "esikaupunki" tuhoutui. - Suomen Turku. Abo, vår stad. No.1. 1992, 34-35.
- Renqvist, H., 1948: Landhöjningen vid våra kuster.- Skärgårdsboken, utgiven av Nordenskiöld-Samfundet i Finland, 74-94.
- Ristaniemi, O. ja Glückert, G. 1988: Ancyclus- ja Litorinatransgressiot Lounais-Suomessa. - Teoksessa: Tutkimuksia geologian alalta, toim. V. Lappalainen ja H. Papunen. Turun yliopiston julkaisuja, Sarja C, 67, 129-145.
- Räsänen, M. & Salonen, V-P. 1983: Turun Kaksikerranjärven ravinnetila ja sen kehitys. Turun yliopiston maaperägeologian osaston julkaisuja 50, 38 s.
- Salonen, V-P, Räsänen, M. & Terho, A. 1985: Paleolimnology of ancient Leke Mätäjärvi. *ISKOS* 5, 236-246.
- Sauramo, M. 1923: Studies on the Quaternary veve sediments in Southern Finland. *Bull. Comm. géol. Finlande* 60, 164 s.
- Sauramo, M. 1958: Die Geschichte der Ostsee. *Ann. Acad. Scient. Fennicae*, A, III, 51, 522 s.
- Saarelainen, M. & Tammirinne, M. 1978: Painuma- ja kantavuuslaskelmien suoritus. In: Maanvarainen perustaminen heikosti kantavalle maapohjalle - savet, siltit, pehmeiköt- *INSKO* 83-78, 28 s.
- Siiriäinen, A. 1982: Shore displacement and archaeology in Finland. *Ann. Acad. Scient. Fennicae* A, III, 134, 173-184.
- Siiriäinen, A. 1987: On archaeology and land uplift in Finland. In: Perttunen, M. (toim.): Fennoscandian land uplift. Geological Survey of Finland, Special Paper 2, 61 s.
- Simonsen, R. 1962: Untersuchungen zur Systematik und Ökologie der Bodendiatomeen der westlichen Ostsee. *Intern. Rev. Hydrobiol. Syst. Beih.* 1, 144 s.
- Sjöberg, L. 1982: Studies on the Land Uplift and its Impications on the Geoid in Fennoscandia. Rep.14, Univ. of Uppsala, Inst. of Geophysics, Dept. of Geodesy, 26 s.
- Sjöberg, L.E. & Fan, H. 1986: Studies on the secular land uplift and long periodic variations of sea level around the coasts of Sweden. Research reports from the Departement of Geodesy, Trita Geod 1003, Royal Inst. of Technology, Stockholm.
- Suutarinen, O. 1983: Recomputation of Land Uplift Values in Finland. Report 83,1, Finn. Geod. Inst., 16 s.
- Tammirinne, M. 1978: Rakennusten perustaminen maan varaan. Painuman laskeminen. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio. Tiedonanto 21, 86 s.

- Tolonen, K. 1983: Kuusen levinneisyshistoriaa Suomessa. *Sorbifolia* 14, 53-59.
- Tynni, R. 1975-1980: Über Finnlands rezente und subfossile Diatomeen VIII-XI. *Geol. Surv. of Finland, Bull.* 274, 55 s, 284, 37 s. 296, 55 s ja 312, 93 s.
- Vahanne, P. 1985: Turun seudun hienorakeisten maalajien rakennusgeologisista ominaisuuksista. Pro gradu-tutkielma, maaperägeologia, Turun yliopisto. Julkaisematon.
- Vermeer, M., Kakkuri, J., Mälkki, P., Boman, H., Kahma, K.K., and Leppäranta M. 1988: Land uplift and sea level variability spectrum using fully measured monthly means of tide gauge readings. *Finnish Marine Research* N:o 256, 75 s.
- Vuorela, I. 1985: The pollen data of Mätäjärvi Turku, SW Finland. *Iskos* 5: 247-257.
- Vuorela, I. 1990: Pollenanalytiska studier. In: "Finska Skären". *Studier i åboländsk kulturhistoria* utgivna av Konstsamfundet till des 50-årsjubileum 1990 (ed. K. Zilliachus). Föreningen Konstsamfundets publikationsserie VII, 115-132.

LAJISYVYYS cm	95	105	125	145	165	188	193	198	208
<i>Achnanthes botnica</i> Cleve	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	-	1,0
<i>A. calcar</i> Cleve	-	0,3	0,3	0,3	-	-	-	-	-
<i>A. clevei</i> Grunow	0,3	0,6	0,6	0,9	-	-	0,6	0,3	0,3
<i>A. delicatula</i> (Kütz.) Grunow	2,1	1,8	2,1	1,5	-	-	-	0,6	0,3
<i>A. hauckiana</i> Grunow	21,7	5,5	27,6	31,0	14,7	2,9	24,4	14,0	18,6
<i>A. kobei</i> Hustedt	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. lancolata</i> (Bréb.) Grunow	-	2,1	0,3	-	-	-	-	0,3	-
<i>A. l. var. alpsca</i> Cleve	0,6	0,6	-	0,3	-	0,3	0,3	-	0,6
<i>A. l. var. rostrata</i> (Ostrup) Hustedt	-	0,3	-	0,3	0,3	-	-	-	0,3
<i>A. laterostrata</i> Hustedt	-	0,3	0,3	-	-	-	-	0,3	-
<i>A. levanderi</i> Hustedt	1,2	0,9	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>A. lichen</i> Hustedt	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. rhynchocephala</i> A. Cleve	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>A. subsala</i> Petersen	0,3	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>A. taenata</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>A. sp.</i>	-	0,3	-	0,3	-	-	0,3	-	-
<i>Amphora holsatica</i> Hustedt	-	-	0,6	1,2	0,6	1,3	0,6	0,6	0,6
<i>A. ovalis</i> Kützing	0,6	0,6	-	0,9	0,6	1,3	-	-	-
<i>A. o. var. ibyca</i> (Ehr.) Cleve	-	0,6	0,9	-	-	0,6	-	0,6	-
<i>A. o. var. pediculus</i> Kützing	6,0	2,4	3,3	2,7	1,6	1,3	9,8	1,9	2,6
<i>A. perpusilla</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-
<i>Bacillaria basilifer</i> (O.F. Müller) Hendey	-	-	-	0,3	0,3	2,3	0,9	2,9	1,6
<i>Galoneis amphiabeena</i> var. <i>subsalina</i> (Donk.) Cleve	-	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-
<i>C. bacillum</i> (Grunow) Cleve	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>C. bacula</i> var. <i>truncatula</i> Grunow	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>Campylodiscus hibernicus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>Chaetoceros</i> sp.	4,2	1,2	2,1	2,4	1,3	0,6	3,4	1,9	1,3
<i>Cocconeis dimidiata</i> Pantocsek	6,9	1,5	5,5	4,6	2,5	1,6	1,2	3,6	5,4
<i>C. disculus</i> (Schumann) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>C. d. var. minor</i> Fontell	0,3	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>C. pediculus</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	0,3	1,0	0,3
<i>C. placentula</i> Ehrenberg	-	0,3	0,3	0,6	-	-	0,3	0,3	1,0
<i>C. p. var. egyptia</i> (Ehr.) Cleve	1,5	1,5	1,5	-	2,2	0,3	0,3	-	-
<i>C. p. var. intermedia</i> (Her. & Per.) Cleve	-	-	-	-	-	0,3	-	-	0,3
<i>C. p. var. lineata</i> (Ehr.) Cleve	1,8	0,3	1,8	0,9	4,1	-	3,7	0,3	0,6
<i>C. scutellum</i> Ehrenberg	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	1,0	0,3	1,9	2,6
<i>C. s. var. minuscula</i> Grunow	-	-	-	-	-	0,6	2,7	-	-
<i>C. s. var. parva</i> Grunow	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. s. var. stauroneiformis</i> W. Smith	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>Coscinodiscus laevis</i> Grunow	0,3	-	-	0,3	-	0,3	-	-	0,3
<i>C. l. var. septentrionalis</i> Grunow	-	-	-	-	0,6	-	-	-	0,3
<i>Cylotella bodanica</i> Eulienst.	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
<i>C. comta</i> (Ehr.) Kützing	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>C. ins</i> Brun	0,6	0,3	-	-	0,9	0,6	-	1,3	0,6
<i>C. kützingiana</i> Twissles	-	-	0,3	0,3	-	-	-	-	-
<i>C. q. var. planicostata</i> Fricke	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>C. k. var. radiosa</i> Fricke	0,3	1,5	-	-	-	-	0,6	1,0	0,6
<i>C. meneghiniana</i> Kützing	-	1,5	-	0,6	0,3	0,3	-	0,3	0,3
<i>C. ocellata</i> Pantocsek	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>C. quadrimucronata</i> Schröter	-	0,9	-	0,3	1,3	0,6	0,3	-	0,3
<i>C. snata</i> (Kütz.) Grunow	0,9	0,9	-	-	0,9	0,6	-	1,0	0,6
<i>C. sp.</i>	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-	-
<i>Cymbella amonioris</i> (Kütz.) Grunow	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>C. borealis</i> Cleve	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>C. lacustris</i> (Acart) Cleve	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>C. pusilla</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>C. reinhardtii</i> Grunow	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>C. snata</i> Gregory	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>C. s. var. ovata</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3	-
<i>C. turgida</i> Gregory	-	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-
<i>C. verticosa</i> Kützing	-	0,6	-	0,9	1,6	-	-	1,0	0,3
<i>C. sp.</i>	-	-	-	0,3	-	-	-	0,6	0,3
<i>Diploleis boldana</i> Cleve	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Diploleis ddyrni</i> (Ehr.) Cleve	-	-	-	-	0,3	0,6	-	0,3	0,3
<i>D. magnestrata</i> Hustedt	0,6	-	0,3	-	-	-	-	0,3	-
<i>D. smithii</i> (Bréb.) Cleve	0,3	0,9	0,3	-	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
<i>D. s. var. maior</i> (Cleve) Peragallo	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
<i>D. s. var. pusilla</i> (Grunow) Hustedt	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>D. subovata</i> cf. <i>var. dimidiata</i> Cleve-Euler	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Epithemia hyndmannii</i> W. Smith	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
<i>E. intermedia</i> Fricke	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. mülleri</i> Fricke	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>E. sonex</i> Kützing	0,3	0,6	-	0,3	0,3	1,3	1,2	1,0	2,2
<i>E. s. var. gracilis</i> Hustedt	-	-	-	0,3	0,3	0,3	-	-	-
<i>E. turgida</i> (Ehr.) Kützing	-	-	0,6	-	1,3	-	0,3	0,3	0,6
<i>E. l. var. westermanni</i> (Ehr.) Grunow	-	0,6	0,3	-	-	-	0,3	-	2,2
<i>E. zebra</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. z. var. angulatus</i> n. v.	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>E. z. var. porcellus</i> (Kütz.) Grunow	-	0,9	0,6	0,9	0,3	1,6	1,5	0,3	0,3
<i>E. z. var. saxonica</i> (Kütz.) Grunow	-	0,3	-	-	-	-	-	-	1,3
<i>Eunota arcus</i> Ehrenberg	-	-	-	0,6	-	-	0,6	0,3	0,6
<i>E. exigua</i> (Bréb.) Rabenhorst	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. lunata</i> var. <i>subarcuata</i> (Naeig.) Grunow	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>E. pedunculata</i> Rabenhorst	-	0,3	-	0,6	0,3	-	-	-	-
<i>E. p. var. ventralis</i> (Ehr.) Hustedt	-	-	-	-	0,3	1,0	-	-	-
<i>E. praenota</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>E. p. var. inflata</i> Grunow	-	0,6	-	-	-	-	0,3	0,3	-
<i>E. septentrionalis</i> Ostrup	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>E. venens</i> (Kütz.) Müller	-	-	0,3	-	0,3	0,3	-	-	0,6
<i>E. sp.</i>	-	-	-	-	0,6	-	-	0,6	-
<i>Fragilaria brevistrata</i> Grunow	1,8	0,6	1,5	0,9	0,9	-	2,4	0,6	0,3
<i>F. caudata</i> Desm.	-	-	-	-	-	0,3	0,3	-	-
<i>F. c. fo. lanceolata</i> Grunow	0,3	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>F. construens</i> (Ehr.) Grunow	2,1	0,6	0,9	-	0,6	0,3	-	0,6	0,3
<i>F. c. var. binodis</i> (Ehr.) Grunow	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>F. c. var. subsalina</i> Hustedt	0,6	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-
<i>F. c. var. venter</i> (Ehr.) Grunow	2,4	-	0,9	1,5	1,9	0,3	1,2	1,3	1,6

<i>F. intermedia</i> Grunow	0,6	-	-	0,3	0,3	-	0,3	-	-
<i>F. leucocarpa</i> Grunow	-	0,3	1,2	0,9	1,3	-	-	1,3	-
<i>F. leucostauron</i> (Ehr.) Hustedt	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>F. l. var. dubia</i> (Grunow) Mayer	-	-	-	-	-	-	0,3	0,3	-
<i>F. pinnata</i> Ehrenberg	2,4	-	1,8	1,2	0,9	0,3	0,9	1,3	0,3
<i>F. rumbana</i> (Kütz.) Carlson	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>F. vauchense</i> (Kütz.) Petersen	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>F. virens</i> Raftis	0,3	1,5	0,6	0,3	-	-	0,3	0,6	-
<i>F. v. var. elliptica</i> Hustedt	-	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-
<i>F. sp.</i>	0,6	1,2	3,0	2,4	1,3	-	0,3	-	0,3
<i>Frustula monodonta</i> var. <i>amphioxys</i> Grunow	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-	-
<i>F. vulgans</i> (Thwaites) De Toni	-	-	-	-	0,6	-	-	-	0,3
<i>Gomphocybeella ancyli</i> (Cleve) Hustedt	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>Gomphonema angustatum</i> (Kütz.) Rabenhorst	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. s. var. producta</i> Grunow	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>G. augur</i> Ehrenberg	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>G. gracile</i> Ehrenberg	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-
<i>G. intricatum</i> Kützing	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>G. lanceolatum</i> var. <i>inequus</i> (Greg.) Cleve	-	-	-	-	-	1,3	-	0,3	-
<i>G. pannulum</i> (Kütz.) Grunow	0,3	-	-	-	-	1,3	-	-	-
<i>G. subclavatum</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>G. sp.</i>	0,3	0,6	0,3	-	1,3	1,9	0,6	0,6	2,2
<i>Grammatophora manna</i> (Lyngbye) Kützing	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>G. m. var. adnata</i> Grunow	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>G. oceanica</i> (Ehr.) Grunow	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>G. o. var. magilenta</i> (W. Smith) Grunow	0,3	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>Gyrosigma acuminatum</i> (Kütz.) Rabenhorst	-	0,6	0,6	0,9	-	0,6	0,3	1,3	0,3
<i>G. bathicum</i> (Ehr.) Cleve	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>G. distortum</i> var. <i>parkeri</i> (Harrison) Cleve	-	0,3	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>G. scoletense</i> (Sultr. & Wormley) Cleve	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>G. spoerani</i> (W. Smith) Cleve	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehr.) Grunow	1,8	4,6	1,5	1,2	3,4	2,9	0,3	1,6	1,0
<i>Hyalodiscus scoticus</i> (Kütz.) Grunow	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>Licmophora paradoxa</i> (Lyngbye) Agarth	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>Mastoglossia elliptica</i> (Agarth) Cleve	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3	-
<i>M. pumila</i> (Grunow) Cleve	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>M. smithi</i> Thwaites	0,3	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>M. s. var. amphioxys</i> Grunow	-	0,3	0,3	-	-	-	-	0,3	-
<i>M. sp.</i>	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3
<i>Melobesia islandica</i> sp. <i>helvetica</i> Müller	-	0,6	0,9	0,3	0,9	-	0,3	-	0,3
<i>M. italica</i> (Ehr.) Kützing	-	-	-	-	-	0,6	-	0,3	-
<i>M. vanensis</i> Agarth	-	-	-	-	0,3	1,3	-	-	-
<i>Mendonia circulare</i> (Grew) Agarth	-	-	-	-	0,9	0,3	-	-	0,3
<i>M. c. var. constancia</i> (Raftis) van Heurck	0,3	0,3	0,3	0,3	-	0,6	0,9	0,3	0,3
<i>Nannula can. var. angusta</i> Grunow	-	0,3	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>N. cincta</i> var. <i>heuffleni</i> (Grunow) van Heurck	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>N. cocconeiformis</i> Gregory	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>N. compta</i> Hustedt	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. cruciata</i> (W. Smith) Donkin	0,3	1,8	0,6	-	0,3	-	0,3	-	-
<i>N. cruciculoides</i> Brockmann	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3
<i>N. cruciata</i> Grunow	-	0,3	-	0,3	0,6	-	-	-	-
<i>N. cryptosphaera</i> Kützing	-	-	0,3	-	-	-	-	0,6	-
<i>N. c. var. veneta</i> (Kütz.) Grunow	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>N. forcipata</i> Greville	-	-	0,3	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. gregaria</i> Donkin	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. hasta</i> Pantocsek	-	-	-	-	0,3	-	-	0,3	-
<i>N. hungarica</i> Grunow	-	0,3	0,6	0,9	-	0,3	-	1,0	-
<i>N. h. var. captata</i> (Ehr.) Cleve	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. integra</i> (W. Smith) Raftis	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>N. jarnaleitii</i> Hustedt	0,3	0,6	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>N. karlica</i> A. Cleve	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. lanceolata</i> (Agarth) Kützing	-	-	-	-	-	0,6	-	-	0,3
<i>N. lapidosa</i> Krausske	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>N. laterostrata</i> Hustedt	-	-	0,3	-	-	-	-	0,3	-
<i>N. meniscus</i> Schumann	-	-	-	-	-	-	0,3	-	0,6
<i>N. murica</i> Kützing/moncata Bock	5,7	3,7	0,6	-	-	-	0,3	-	-
<i>N. nivalis</i> Ehrenberg	0,3	-	0,9	-	0,3	0,6	0,3	-	-
<i>N. oblonga</i> Kützing	-	0,3	-	-	-	-	-	0,3	0,3
<i>N. oopugnata</i> Hustedt	-	-	-	-	-	0,6	-	0,3	-
<i>N. peanensis</i> A. Cleve-Euler	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>N. peregrina</i> (Ehr.) Kützing	-	2,4	0,6	0,6	1,9	3,9	0,9	0,6	2,2
<i>N. placentalis</i> (Ehr.) Grunow	-	-	0,9	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. pupula</i> Kützing	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. radiosa</i> Kützing	-	0,9	-	0,6	0,3	-	-	-	-
<i>N. rynchoccephala</i> Kützing	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-
<i>N. rostellata</i> Kützing	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-
<i>N. rotunda</i> Hustedt	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. semen</i> Ehrenberg	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>N. tenera</i> Hustedt	-	0,3	1,2	0,9	0,3	0,3	-	-	-
<i>N. tuscula</i> fo. <i>minor</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>N. ventralis</i> Krausske	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. viridula</i> Kützing	-	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3	1,6
<i>N. vulbina</i> Kützing	-	-	-	-	-	0,6	-	-	0,3
<i>N. sp.</i>	2,4	3,0	3,9	2,4	1,6	2,3	2,1	3,6	2,2
<i>Nedum affine</i> fo. <i>heycynica</i> (A. Mayer) Hustedt	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>N. productum</i> (W. Smith) Cleve	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>Nitzschia aciculans</i> (Kütz.) W. Smith	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>N. acuminata</i> (W. Smith) Grunow	-	0,6	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>N. amphibia</i> Grunow	-	-	-	-	0,9	0,3	-	-	-
<i>N. angustata</i> (W. Smith) Grunow	-	-	0,3	0,3	-	-	0,3	-	-
<i>N. aciculata</i> (Gregory) Grunow	-	-	0,6	-	1,6	2,9	2,4	0,6	1,0
<i>N. circumdata</i> (Bailey) Grunow	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-
<i>N. debilis</i> Amott	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-	0,3
<i>N. disparata</i> (Kütz.) Grunow	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. gracilis</i> Hantzsch	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. hantzschiana</i> Rabenhorst	-	0,3	-	0,3	0,3	0,6	-	-	-
<i>N. heufflenana</i> Grunow	-	-	-	0,3	0,3	1,6	0,3	1,9	1,6
<i>N. hungarica</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-

<i>N. ignota</i> Krasske	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. kützingiana</i> Hise sensu Hustedt 1930	-	-	-	-	-	1,0	0,3	-	-	-
<i>N. levidensis</i> (W. Smith) van Heurck	-	-	0,3	-	-	0,6	-	0,3	1,0	-
<i>N. lorentziana</i> var. <i>subtilis</i> Grunow	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>N. olea</i> (Kütz.) W. Smith	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>N. pennata</i> Grunow	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>N. punctata</i> (W. Smith) Grunow	-	0,3	0,3	0,6	0,6	-	-	0,6	0,6	-
<i>N. p. var. curta</i> Grunow	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-
<i>N. romana</i> Grunow	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>N. sigma</i> (Kütz.) W. Smith	-	-	-	-	-	1,0	-	0,6	0,3	-
<i>N. tybionella</i> Hantzsch	-	-	-	-	0,6	1,0	-	-	-	-
<i>N. l. var. victoriae</i> Grunow	-	2,7	0,6	1,2	1,3	3,2	0,6	0,3	0,6	-
<i>N. vexans</i> Grunow	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>N. visurgis</i> Hustedt	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>N. sp.</i>	0,9	0,9	-	0,3	0,3	0,3	1,2	0,3	0,6	-
<i>Ooephora</i> manyi Hirtbeud	0,6	1,5	0,3	-	-	-	1,5	1,0	0,3	-
<i>Pinnularia appendiculata</i> (Agardh) Cleve	0,3	-	-	-	0,9	-	-	-	-	-
<i>P. a. var. budensis</i> Grunow	-	-	-	0,6	0,6	-	-	-	-	0,3
<i>P. bogotensis</i> (Grunow) Cleve	-	-	-	-	0,3	-	-	-	0,3	-
<i>P. borealis</i> Ehrenberg	2,4	6,1	1,5	0,6	0,6	0,3	0,3	1,6	1,0	-
<i>P. brauni</i> var. <i>amphicephala</i> (A. Mayer) Hustedt	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. divergens</i> W. Smith	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. gibba</i> Ehrenberg	-	-	-	0,3	0,3	-	-	0,3	0,6	-
<i>P. globiceps</i> Gregory	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. hamotera</i> (Kütz.) Cleve	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. intermedia</i> Lagerstedt	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. lata</i> to <i>thuringiana</i> (Rabenh.) A. Mayer	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. lundii</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
<i>P. microstauron</i> (Ehr.) Cleve	-	0,9	-	0,3	-	1,6	-	0,6	-	-
<i>P. nodosa</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>P. obscura</i> Krasske	2,1	1,2	0,6	0,3	-	-	-	-	-	-
<i>P. subcaolata</i> Gregory	-	0,3	-	-	-	1,3	-	0,3	-	-
<i>P. s. var. paucostriata</i> Grunow	0,3	-	0,6	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>P. vinda</i> var. <i>fallax</i> Cleve	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>P. v. var. intermedia</i> Cleve	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-
<i>P. v. var. sudetica</i> (Hise 1861) Hustedt 1930	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>P. sp.</i>	-	0,3	0,3	-	0,3	-	-	-	1,0	0,3
<i>Pleurosigma angulatum</i> (Oersted) W. Smith	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>P. elongatum</i> W. Smith	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Rhabdonema minus</i> (Agardh) Kützing	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>Rhacostoma curvata</i> (Kütz.) Grunow	0,9	2,7	0,6	1,2	2,5	0,6	0,9	0,6	0,3	-
<i>Rhopodia gibba</i> (Ehr.) O. Müller	-	-	-	0,6	0,6	-	0,3	0,3	1,6	-
<i>R. g. var. verrucosa</i> (Kütz.) Grunow	-	0,9	0,3	-	-	1,0	0,9	-	3,2	-
<i>R. gibberula</i> (Ehr.) O. Müller	-	-	0,3	0,3	0,9	0,3	0,6	0,6	-	-
<i>R. operculata</i> (Agardh) Håkansson 1979	-	0,3	-	-	-	0,6	0,3	1,3	0,3	-
<i>R. parvifolia</i> var. <i>ingens</i> Fröcke	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3	-
<i>R. sp.</i>	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
<i>Stauronema ancus</i> Ehrenberg	-	0,6	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>S. a. var. lineans</i> (Ehr.) Rabenhorst	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-	-	-
<i>S. knageni</i> (Knag.) Patock	-	-	-	0,3	0,3	-	-	-	-	-
<i>S. obtusa</i> Lagerstedt	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-	0,3	-
<i>S. sp.</i>	-	-	0,6	0,3	0,3	-	-	-	-	-
<i>Slephanodiscus astraea</i> (Ehr.) Grunow	0,6	0,6	0,9	1,2	0,9	1,6	0,9	4,5	1,9	-
<i>S. a. var. minuta</i> (Kütz.) Grunow	4,5	3,4	2,1	3,0	4,7	3,5	0,9	0,3	1,3	-
<i>S. dubius</i> (Fröcke) Hustedt	0,6	0,9	-	0,3	1,3	0,6	0,6	1,3	0,6	-
<i>S. hantzschii</i> Grunow	-	-	0,3	0,3	0,9	0,6	-	0,3	-	-
<i>Sunrella angusta</i> Kützing	-	-	-	-	0,3	0,6	-	-	-	-
<i>S. kneans</i> W. Smith	-	-	-	-	-	0,6	0,3	-	-	-
<i>S. ovata</i> Kützing	-	0,9	-	-	0,6	6,8	0,9	0,6	1,6	-
<i>S. o. var. crumena</i> (Bréb.) Hustedt	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>S. o. var. pinnata</i> (W. Smith) Hustedt	-	-	-	-	-	0,3	-	0,3	-	-
<i>S. patella</i> Kützing	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-
<i>S. robusta</i> Ehrenberg	-	1,5	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-
<i>Synedra amphicephala</i> Kützing	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>S. pulchella</i> (Ralfs) Kützing	-	-	0,6	0,6	-	1,6	0,3	0,3	1,0	-
<i>S. tabuleta</i> (Agardh) Kützing	-	-	-	0,3	0,9	0,3	0,6	0,6	2,2	-
<i>S. l. var. fasciculata</i> (Kütz.) Grunow	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-
<i>S. l. var. grandis</i> Mareschowsky	-	-	0,6	0,3	-	1,0	0,6	0,3	0,6	-
<i>S. tenens</i> W. Smith	-	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-
<i>S. uina</i> (Nitzsch) Grunow	-	-	-	-	0,3	0,6	-	-	-	-
<i>Tabelana fenestrata</i> (Lyngbye) Kützing	0,3	0,3	1,2	0,3	2,2	1,6	0,9	1,3	0,6	-
<i>T. flocculosa</i> (Roth) Kützing	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Tetracyclus lacustris</i> var. <i>capitata</i> Hustedt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,3
<i>Varia</i>	6,0	7,4	9,4	10,0	6,3	7,5	11,0	7,8	6,7	-

Table with columns for species names and numerical data. Species include N. c. var. veneta (Kütz.) Grunow, N. s. s. (Greg.) O. Müller, N. torquata Greville, N. gracilis Ehrenberg, N. musca Kützing, N. neoventricosa (Kütz.) Hustedt, N. peregrina (Ehr.) Kützing, N. dubia Kützing, N. reinhardtii Grunow, N. mynoscaphata Kützing, N. scutirodes W. Smith, N. tenuipunctata Hustedt, N. vuoria Kützing, N. so, Nigricula s. imbricata Grunow, N. angustata (W. Smith) Grunow, N. apiculata (Gregory) Grunow, N. cylindrus (Grun.) Hasle 1972, N. hantzschiana Habebhorst, N. heulemansii Grunow, N. hungarica Grunow, N. ignota Kraske, N. lindensis (W. Smith) van Heurck, N. palea (Kütz.) W. Smith, N. punctata (W. Smith) Grunow, N. sigma (Kütz.) W. Smith, N. tryblionella var. victoriae Grunow, N. so, Opephora m. mary Hénbaud, Annulata acuminata W. Smith, P. a. var. budensis Grunow, P. borealis Ehrenberg, P. gibba var. parva (Ehr.) Grunow, P. gibba var. parva (Ehr.) Grunow, P. gibba var. parva (Ehr.) Grunow, P. microstauron (Ehr.) Cleve, P. obscura Kraske, P. subcapitata Gregory, P. v. v. var. sudetica (Hb. 1861) Hustedt 1930, P. so, Rhodonema arcuatulum (Agardh) Kützing, R. minus Kützing, Rhodospaena curvata (Kütz.) Grunow, Rhododidie gibba (Ehr.) O. Müller, R. g. var. ventricosa (Kütz.) Grunow, R. gibberula (Ehr.) O. Müller, Steuronema anaeoia Ineans (Ehr.) Habebhorst, S. segumen (Ehr.) Kützing, S. so, Steononopsis astraea (Ehr.) Grunow, S. a. var. minutula (Kütz.) Grunow, S. duous (Fricke) Hustedt, S. hantzschii Grunow, Sunerea gracilis (W. Smith) Grunow, S. ovata Kützing, Synedra berolinensis Kützing, S. crystallina (Ag.) Kützing, S. puchneri (Hasle) Kützing, S. tabulata (Ag.) Kützing, S. t. var. acuminata Grunow, S. t. var. fasciculata (Kütz.) Grunow, S. t. var. grandis Mereschkowsky, Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützing, Thalassiosira baltica (Grunow) Ostentat, T. oceanus (Grunow) Joergensen, Vana.