

SISÄLLYSLUETTELO

TIIVISTELMÄ.....	3
SAMMANDRAG	4
SUMMARY	5
ESIPUHE.....	6
SANASTO	7
1 TÖÖLÖNLAHDEN PILAANTUMISEN JA TUTKIMISEN HISTORIA	9
1.1 TÖÖLÖNLAHDEN KUORMITUS	9
1.2 TÖÖLÖNLAHDEN TUTKIMUSHISTORIA	11
2 TÖÖLÖNLAHDEN KUNNOSTUSHANKE ALOITTEISTA PÄÄTÖKSIIN.....	12
2.1 KAUPUNGINVALTUUSTON ALOITE LAHDEN KUNNOSTAMISESTA UIMAKELPOISEKSI.....	12
2.2 KOKO TÖÖLÖNLAHDEN ALUETTA RUVETAAN KEHITTÄMÄÄN JA LAHDEN KUNNOSTAMINEN TULEE JÄLLEEN AJANKOHTAISEKSI.....	13
2.3 MAKEAVESIVAIHTOEHTO TULEE ESILLE	14
2.4 YMPÄRISTÖKESKUS TUTKII TÖÖLÖNLAHDEN SEDIMENTIN LAATUA JA ARVIOI KUORMITUSTA.....	15
2.5 TÖÖLÖNLAHTI PÄÄTETÄÄN KUNNOSTAA VESIJOHTOVEDELLÄ MAKEAN VEDEN ALTAAKSI	16
2.6 MERIVEDEN KIERRÄTYS TULEE UUELLEEN VARTEENOTETTAVIMMAKSI VAIHTOEHDOKSI.....	17
2.7 TÖÖLÖNLAHTI PÄÄTETÄÄN KUNNOSTAA MERIVEDELLÄ	18
3 TÖÖLÖNLAHDEN NYKYTILA	20
3.1 AINEISTO JA MENETELMÄT	20
3.2 TÖÖLÖNLAHDEN VEDEN KEMIALLINEN, FYSIKAALINEN JA HYGIEENINEN LAATU	23
3.3 TÖÖLÖNLAHDEN BIOLOGINEN TILA.....	27
3.4 YHTEENVETO TÖÖLÖNLAHDEN VEDEN LAADUSTA ENNEN KUNNOSTAMISTA	33
4 JOHTOPÄÄTÖKSIÄ.....	35

Liite 1. Taulukot Töölönlahden vedenlaatutiedoista vuosina 2000–2003

Tiivistelmä

Raskaasti jätevesillä kuormitetun Töölönlahden veden laatu muodostui Helsingille ongelmaksi yli sata vuotta sitten. Kaupunki tarkasteli useita vaihtoehtoja Töölönlahden veden laadun parantamiseksi ja päätyi rakennuttamaan kaksi pientä jätevedenpuhdistamoa 1910-luvulla. Huomattavaa vaikutusta toimenpiteillä oli vasta 1940-luvulla, jolloin suurin osa jätevesikuormituksesta oli poistettu. Kuormituksen pienentämisen jatkamisesta huolimatta Töölönlahden tilan paraneminen on ollut hidasta pohjasedimenttiin varastoituneiden ravinteiden aiheuttaman ns. sisäisen kuormituksen ja veden hitaan vaihtumisen takia.

Vuonna 1977 kaupunginvaltuustolle tehtiin aloite Töölönlahden kunnostamisesta uimakelpoiseksi virkistysalueeksi. Tätä selvitettyä lupaavimmaksi menetelmäksi osoittautui vedenvaihdon tehostaminen johtamalla parempilaatuista lisävetä Seurasaarenselältä. Kymmenen vuotta myöhemmin Töölönlahden alueen maankäyttöä ryhdyttiin suunnittelemaan. Samalla lahden kunnostaminen tuli jälleen ajankohtaiseksi. Meriveden johtamisen lisäksi tarkasteltiin vesijohtoveden käyttämistä ja lahden patoamista makean veden altaaksi.

Kaupunginhallitus päätti vuonna 1996 kunnostaa Töölönlahden vesijohtovedellä. Lahden patoaminen osoittautui kuitenkin kalliiksi ja vaikeaksi toteuttaa. Kun Töölönlahden mereinen luonne haluttiin lopulta säilyttää, kaupunginhallitus muutti päätöstään ja päätti vuonna 2001 käyttää kunnostamisen perustana meriveden johtamista Seurasaarenselältä. Kunnostustoimet aloitetaan merivesilinjan valmistuttua vuonna 2005.

Töölönlahden limnologinen tila ennen lisäveden juoksutusta tutkittiin vuosina 2000–2003. Töölönlahden vesi oli läpi vuoden sameaa, mikä johtui Vantaanjoen tuomasta savisamennuksesta ja veden suuren ravinnepitoisuuden takia ke-sällä kertyvästä planktonlevämassasta. Vesipatsaan happitilanne pysyi kohtalaiseena veden hyvän sekoittumisen ansiosta, mutta pohjalle vajoavan kuolleen leväaineksen suuri määrä aiheutti hapen vajoasta pohjan läheisyydessä.

Kasviplankton- ja pohjaeläinlajisto kuvastivat Töölönlahden rehevää tilaa. Kesällä kasviplanktonissa esiintyivät runsaimpana pienet siimalliset levät ja ravinnepitoisessa vedessä viihtyivät silmälevät. Rihmamaisia sinileviä ei juurikaan esiintynyt. Pohjaeläimistö koostui reheville pohjille tyypillisistä heikkoa happitilannetta sietävistä surviaissääsken toukista ja harvasukasmadoista. Veden sameudesta takia pohja oli lähes kasviton kelluslehtisten ja putkilokasvien osalta.

Kunnostustoimenpiteiden seurauksena Töölönlahti muuttuu enemmän luonnontilaista muistuttavaksi merenlahdeksi, jolloin veden rehevyys pienenee, planktonmassa vähenee ja sen aiheuttama samennus ja happiongelmat pienenevät. Tämä selvitys Töölönlahden veden laadusta ennen kunnostamisen aloittamista tekee helpoksi toimenpiteiden vaikutusten myöhemmän arvioimisen.

Sammandrag

Vattenkvaliteten i den av avloppsvatten hårt belastade Tölövikens blev ett problem för Helsingfors redan för över hundra år sedan. Staden granskade flera olika alternativ för att förbättra vattenkvaliteten och beslöt att låta bygga två små vattenreningsverk på 1910-talet. Åtgärderna hade avsevärd effekt först på 1940-talet då största delen av avloppsvattenbelastningen hade avslutats. Trots att belastningen har fortsatt att minska har Tölövikens tillstånd förbättrats långsamt på grund av den s.k. inre belastningen som förorsakas av i sedimentet lagrade näringsämnen samt vattnets långsamma utbyte.

År 1977 gjordes en motion till stadsfullmäktige om att iståndsätta Tölövikens till ett simdugligt rekreatjonsområde. Det visade sig att den mest lovande metoden var att effektivisera vattenutbytet genom att leda in vatten av bättre kvalitet från Fölisöfjärden. Tio år senare började man planera markanvändningen på Tölövikens område. I samma veva blev iståndsättningen av viken åter aktuell. Förutom att leda in havsvatten i viken granskade man alternativen att använda vattenledningsvatten samt att dämna upp viken till en sötvattensdamm.

Stadsstyrelsen beslöt år 1996 att iståndsätta Tölövikens med hjälp av vattenledningsvatten. Att dämna upp viken visade sig dock dyrt och svårt att förverkliga. Då man till slut önskade bevara Tölövikens havsvikskaraktär ändrade stadsstyrelsen sitt beslut och beslöt år 2001 att använda inledandet av havsvatten från Fölisöfjärden som bas för iståndsättningen. Iståndsättningen påbörjas då havsvattenlinjen blir färdig år 2005.

Tölövikens limnologiska tillstånd före inledningen av tilläggsvatten undersöktes under åren 2000-2003. Tölövikens vatten var grumligt året runt vilket berodde på lergrumlet som tillförs av Vanda å samt på planktonalgmassan som om somrarna bildas som en följd av de höga näringsämneshalterna. Vattenpelarens syretillstånd hölls någorlunda gott tack vare vattnets goda omblandning, men den till botten nedsjunkande döda algmassans stora mängd orsakade syrebrist i bottenskiktet.

Växtplankton- och bottendjurarterna speglade Tölövikens frodiga tillstånd. På sommaren var de allmännaste algerna små flagellater och ögonalger som trivs i frodiga vatten. Trådlika blågröna alger påträffades inte märkbart. Den bentiska faunan bestod av för frodiga bottenar och klen syretillstånd typiska fjädermygglarver och fåborstmaskar. På grund av vattnets grumlighet var botten så gott som växtfri med avseende på flytbladiga- och kärlväxter.

Som en följd av iståndsättningen förändras Tölövikens så att den påminner mer om en havsvik i naturligt tillstånd, dvs. vattnets frodighet avtar, planktonmassan minskar och grumligheten och syreproblemen som orsakats av denna minskar. Denna granskning av Tölövikens vattenkvalitet före iståndsättningens påbörjan gör det enkelt att senare granska åtgärdernas effekter.

Summary

The state of the by wastewater heavily loaded Töölönlahti Bay became a problem for Helsinki more than a hundred years ago. The city considered several alternatives for ameliorating the water quality of Töölönlahti Bay and decided on building two small waste water treatment plants in the 1910s. The measures had significant effects only in the 1940s, when most of the wastewater load had been removed. Despite the continuing decrease in the loading, the state of Töölönlahti Bay has improved slowly due to the so-called internal loading caused by nutrients stored in the bottom sediments and by the slow renewal of the water.

In 1977 a motion was made to the City Council to make Töölönlahti Bay a recreation area where it would be possible to swim. When this was investigated the most promising method turned out to be making the water renewal more effective by pumping in water of better quality from Seurasaarenselkä. Ten years later the planning of the land area around Töölönlahti Bay began. At the same time the restoration of the bay became current once more. Apart from pumping in sea water the use of tap water and damming the bay to produce a freshwater reservoir were considered.

In 1996 the City Governing Council decided to restore Töölönlahti Bay with the aid of tap water. The damming of the bay turned out to be expensive and difficult, however. As it finally was decided to preserve the marine character of Töölönlahti Bay the City Governing Council changed its decision in 2001 and decided to use the pumping of sea water from Seurasaarenselkä as the basis of the restoration. The restoration measures will begin in 2005 when the sea water line is finished.

The limnological state of Töölönlahti Bay prior to the pumping in of sea water was examined in 2000-2003. The water of Töölönlahti Bay was turbid throughout the year due both to the turbid water brought by Vantaanjoki River and to the plankton biomass which built up in summer due to the high nutrient concentrations. The oxygen state of most of the water stayed quite good due to the good mixing of the water, but the dead algal biomass which sedimented to the bottom caused oxygen deficiencies near the bottom.

The species composition of the phytoplankton and benthic fauna reflected the eutrophic state of Töölönlahti Bay. In the summer the most common phytoplankton were small flagellates and euglenophytes which thrive in nutrient-rich water. Filamentous blue-green algae were almost absent. The benthic fauna consisted of chironomid larvae and oligochaetes which survive low oxygen conditions and are typical of eutrophic bottoms. Due to the turbidity of the water the bottom was almost devoid of helophytes and higher plants.

The restoration measures will change Töölönlahti Bay towards a marine bay in a more natural state, as the trophic state of the water decreases and the plankton biomass and the turbidity and oxygen problems caused by it decrease. This investigation into the water quality of Töölönlahti Bay prior to the start of the restoration makes it easy to evaluate the effects of the restoration measures later.

Esipuhe

Töölönlahti sijaitsee keskellä Helsinkiä ja muodostaa yhdessä Keskuspuiston kanssa lähes katkeamattoman viheralueen kaupungin ulkopuolelta sen keskustaan. Töölönlahti on rehevöitynyt ja sen veden laatu on välttävä, mikä heikentää alueen virkistyskäyttöä. Hyvinvoiva Töölönlahti ympäröivine puistoineen toimisi Helsingin luonnonläheisyyttä ja merellisyyttä vahvistavana ulkoilualueena.

Helsingin kaupunginhallitus on vuonna 2001 päättänyt parantaa Töölönlahden tilaa johtamalla merivettä Seurasaarenselältä. Meriveden juoksutus aloitetaan vuonna 2005.

Töölönlahden kunnostamisesta tehtiin aloite kaupunginvaltuustolle 1977. Tämän jälkeen kunnostus on pysynyt esillä uusien aloitteiden ja eri hallintokuntien teettämien selvitysten muodossa. Viatek Oy suunnitteli kaupunkisuunnitteluvirastolle ja rakennusvirastolle meriveden kierrättämisen toteuttamisen. Suunnittelukeskus Oy esitti Helsingin kaupungin vesi- ja viemärlaitoksen teettämässä selvityksessä lahden kunnostamista verkostovedellä, josta Maa ja Vesi Oy teki konsulttitöinä kaupungille yleissuunnitelmia. Helsingin ympäristökeskus on tutkinut sedimentin kunnostamista ja toiminut asiantuntijana veden laatuun liittyvissä kysymyksissä.

Kunnostussuunnitelmia on tehty samaa vauhtia hitaasti edenneen alueen maankäytön suunnittelun kanssa. 1970-luvun puolivälin jälkeen Helsingin lahtialueiden veden laatu on parantunut selvästi, kun puhdistamoja on lakkautettu, puhdistusmenetelmiä on tehostettu ja lopulta puhdistetut jätevedet on siirretty johdamaan tunnelia pitkin ulkosaaristoon vuodesta 1987 alkaen. Seurasaarenselällä veden laatu parani merkittävästi jo 1979, kun Rajasaaren puhdistamo suljettiin. Sumppumaisen Töölönlahden tilassa on tapahtunut vain lievää paranemista ja lahti on yhä kunnostuksen tarpeessa.

Tarkastelen tässä työssä Töölönlahden pilaantumisen vaiheita, kunnostushankeen etenemistä lähinnä tehtyjen selvitysten avulla sekä arvioin Töölönlahden nykyistä veden laatua vuosien 2000–2003 seurantatulosten perusteella.

Sanasto

***a*-klorofyllipitoisuus**

levien sisältämän lehtivihreän määrä

Veden *a*-klorofyllipitoisuudella arvioidaan planktonlevien määrää.

bioindikaattori

ympäristön tilan ilmaisija; eliölaji, joka eri tavoin ilmaisee mahdollisimman yksiselitteisesti ympäristön tilaa (Biologian sanakirja)

biologinen jäteveden puhdistus

biologinen käsittely, jossa mikrobit kuten erilaiset bakteerit hajottavat vedessä olevaa happea kuluttavaa orgaanista ainesta (Boing-sanakirja)

biomanipulaatio

vesistön kunnostusmenetelmä, jossa veden sisäistä kuormitusta ja myrkkymääriä vähennetään harventamalla kalakantaa, erityisesti särkiä (Biologian sanakirja)

biomassa

elävän aineksen kokonaismäärä (Biologian sanakirja)

epäorgaaninen

elottoman luonnon aineita tai reaktioita tarkoittava (Biologian sanakirja)

fluoresenssi

ilmiö, jossa aineen valottaminen tietyn pituisilla valoaalloilla saa sen lähettämään pitempialtoista valoa (Biologian sanakirja)

Fluoresenssin voimakkuus osoittaa kyseisen aineen määrän.

fosfaatti

leville käyttökelpoinen epäorgaaninen fosfori

fysikaalinen laatu

veden fysikaaliset ominaisuudet, kuten lämpötila, suolaisuus, sameus ja näkösyvyys

Vaikuttaa veden kerrostuneisuuteen ja valaistusolosuhteisiin.

hygieeninen laatu

veden ulosteperäinen saastuminen

Veden riskiä terveydelle tarkkaillaan havainnoimalla lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien tiheyttä.

kasviplankton

ks. plankton

kemiallinen jäteveden puhdistus

kemiallinen käsittely, jossa veteen lisätään kemikaaleja, joilla liuennut fosfori pystytään sitomaan hiukkasiksi ja poistamaan vedestä laskeutusaltaassa (Boing-sanakirja)

kemiallinen laatu

vedessä olevien aineiden ja yhdisteiden pitoisuudet

Seuraamalla ravinnepitoisuutta saadaan tietoa veden rehevyydestä. Myrkylliset aineet ovat riski vesistön käytölle ja vesiluonnolle.

kokonaisfosfori

veden sisältämä orgaaninen ja epäorgaaninen fosfori

Kokonaisfosforin määrällä saadaan tietoa alueen fosforikuormituksesta.

kokonaistyyppi

veden sisältämä orgaaninen ja epäorgaaninen tyyppi

Kokonaistypen määrällä saadaan tietoa alueen typpikuormituksesta.

liukoinen typpi

typen epäorgaaniset muodot: ammonium, nitraatti ja nitriitti.

Leville käyttökelpoisia typen muotoja ovat nitraatti- ja ammonium. Kohonneet nitriitti- ja ammoniumpitoisuudet ilmaisevat veden saastumista.

limnologia

biologinen tutkimusala, joka selvittää makean veden fysikaalisia, kemiallisia ja biologisia ominaisuuksia (Biologian sanakirja)

näkösyvyys

valon veteen tunkeutuminen

Näkösyvyyttä mitataan valkoisella, pyöreällä ns. valkolevyllä eli keksijänsä mukaan nimetyllä secchilevyllä, jonka halkaisija on 20–25 cm. (biologian sanakirja)

orgaaninen

eliössä esiintyvä tai niistä peräisin oleva (Biologian sanakirja)

pH

veden happamuus

Neutraalin veden pH on 7, happaman alle 7 ja emäksisen yli 7.

plankton

yleensä mikroskooppisen pieniä meri- tai makean veden kasveja ja eläimiä (Biologian sanakirja)

sameus

veden läpinäkyvyys

sedimentti

pohjaan laskeutuneista hiukkasista muodostunut aines (Boing-sanakirja)

sisäinen kuormitus

pohjaan varastoituneiden ravinteiden liukeneminen takaisin veteen

suolaisuus

vedessä olevien suolojen määrä

Makean veden suolapitoisuus on 0 ‰, valtamerien 35 ‰ ja Suomenlahden noin 5 ‰.

1 Töölönlahden pilaantumisen ja tutkimisen historia

1.1 Töölönlahden kuormitus

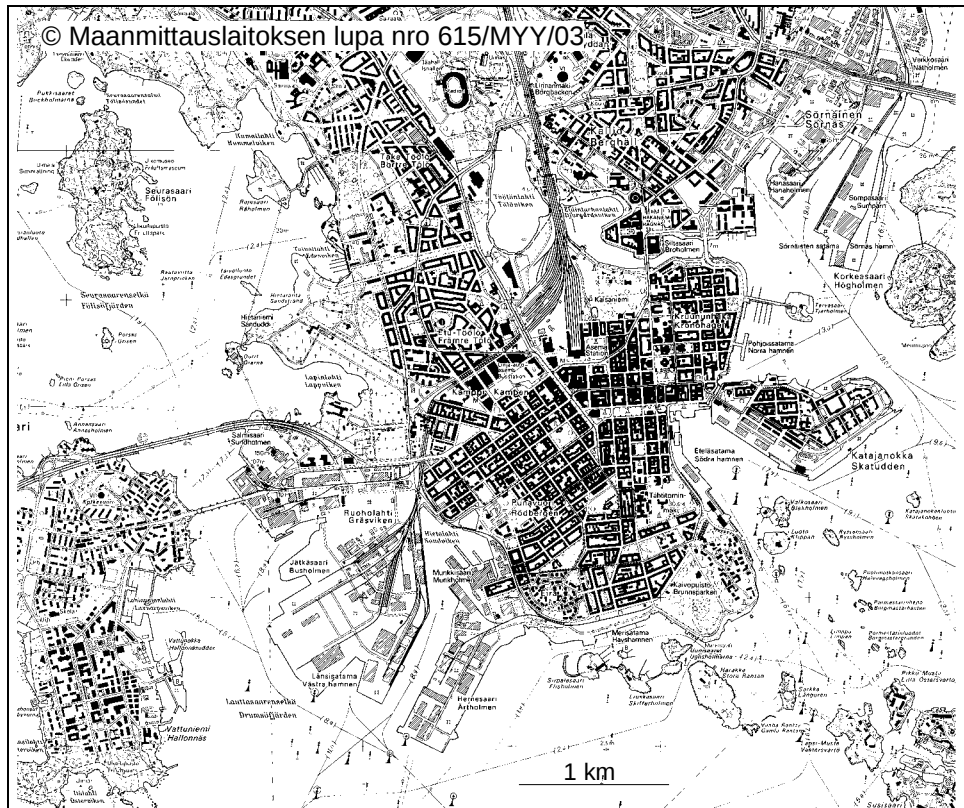
Helsinki oli 1800-luvun alussa parin tuhannen asukkaan kaupunki, jonka tiiviisti rakennetusta alueesta vain Kluuvinlahden ranta-asutus kuului Töölönlahden valuma-alueeseen (Tikkanen ym. 1996). Töölönlahden rannoille oli raivattu runsaasti peltoja ja niittyjä, mutta suurin osa lahden valuma-alueesta muodostui metsästä ja joutomaasta. Helsinki muistutti vielä maalaismaista kylää, jossa pidettiin kotieläimiä ja lähitienoita käytettiin kaatopaikkoina (Laakkonen & Laurila 2001). Jätteitä heitettiin myös Kluuvinlahteen kaupungin viranomaisten kielloista huolimatta. Veden ollessa matalalla mätänevät jätteet paljastuivat ja niiden aiheuttamaa hajua pidettiin terveystorjuna. Ongelman ratkaisuksi valittiin Kluuvinlahden täyttäminen, mikä saatiin päätökseen 1850-luvulla. Nykyisen kaltaisen muotonsa Töölönlahti sai 1860-luvun alussa, kun sen itäpuolelle rakennettiin ratapenger, missä oli vain kapea yhteys Töölönlahden ja Eläintarhanlahden välillä. Ratapenkereen rakentaminen vähensi huomattavasti Töölönlahden vedenvaihtoa ja teki siitä alttiin pilaantumiselle.

Töölönlahdella oli 1800-luvulla laaja valuma-alue, minkä takia huomattava osa Helsingin jätevesistä kuormitti lahtea (Laakkonen 2001). Asutuksen jätevesien lisäksi Töölönlahden rannalle vuonna 1823 rakennettu sokeritehdas johti jäte- ja lauhdevetensä suoraan lahteen. Samoin teki kaupungin kaasulaitos runsaille typpi- ja rikki- ja rikkipitoisille jätevesille vuosina 1860–1910. Töölönlahteen päätyi myös vuosisadan lopussa rakennetun Diakonissalaitoksen jätevedet. Jätevesikuormituksen seurauksena Töölönlahden vesi oli 1900-luvun alussa ummehtuneen hajuisista, rikkivedyn katkuista ja ajoittain sakean leväpuuron vihreäksi värjäämää.

Helsingiläiset alkoivat 1900-luvun alussa painokkaasti vaatia pilaantuneen Töölönlahden kunnostamista (Laakkonen 2001). Töölönlahden ympäristöpoliittisista päätöksistä vastannut Helsingin kaupunginvaltuusto tarkasteli kunnostamisen vaihtoehtoina kanavan rakentamista Seurasaarenselälle, lahden syventämistä, lahden täyttämistä, jätevesien johtamista merialueelle ja jätevesien puhdistamista. Töölönlahden tilan paraneminen tapahtuisi joko veden vaihdon tehostumisen tai kuormituksen pienemisen seurauksena. Kaupunginvaltuusto päätyi vuonna 1909 monta vuotta kestäneen pohtimisen jälkeen pienentämään kuormitusta jätevesiä puhdistamalla.

Alppilan jätevedenpuhdistamo aloitti toimintansa vuonna 1910 ja Savilan puhdistamo vuonna 1915 (Laakkonen 2001). Alppila ja Savila olivat biologisia puhdistamoja, joissa hyödynnettiin luonnon omia puhdistusprosesseja. Reilun kymmenentuhannen ihmisen jätevesille rakennetut puhdistamot olivat pian ylikuormitettuja, minkä seurauksena puhdistusteho jäi heikoksi. Puhdistettu jätevesi ei sentään ollut enää mätänevässä tilassa, mutta kuormituksen kasvaessa

yhä suurempi osa jätevesistä jouduttiin ohjaamaan Töölönlahteen puhdistamattomana. Töölönlahdella oli 1910-luvun alussa kalakuolemia, eivätkä puhdistamot pystyneet oleellisesti muuttamaan lahden erittäin huonoa tilaa.



Karttakuva Helsingin keskustasta ja sitä ympäröivistä Töölönlahdesta, Eläintarhanlahdesta ja Seurasaarenselästä

Parantaakseen rantavesiensä kauttaaltaan heikkoa tilaa Helsinki valitsi 1920-luvulla ympäristöpoliittisen linjan, jossa kaupungin kaikki jätevedet puhdistettiin ja merialueen tilaa seurattaisiin säännöllisesti (Laakkonen 2001). 1930-luvun lopussa Töölönlahtea eniten kuormittaneet viemärit oli poistettu käytöstä ja jätevedet ohjattiin suurimmaksi osaksi puhdistamoille (Laakkonen & Laurila 2001). Kaasulaitos oli jo aiemmin siirretty Sörnäisiin osittain vesiensuojelluista syistä. Savilan puhdistamo oli muutettu pumppaamoksi, jonka kautta suurin osa alueen jätevesistä, mukaan lukien sokeritehtaan jätevedet, ohjattiin Raja-saaren puhdistamon kautta Seurasaarenselälle. Töölönlahteen päätyi yhä jätevesiä parista pienestä viemäristä, viemäriverkoston ylivuodoista ja Alppilan puhdistamolta sen sulkemiseen vuoteen 1959 asti. Toimenpiteiden vaikutuksesta Töölönlahden vesi ei enää poikkeuksia lukuun ottamatta löyhkännyt ja suurista kalakuolemista päästiin eroon. Töölönlahden leväkasvusto oli kuitenkin yhä erittäin rehevää.

Alppilan puhdistamon lakkauttamisen jälkeen Töölönlahtea jäivät kuormittamaan viemäriverkon ylivuotovedet, valuma-alueen hulevedet ja rantahuviloiden jätevedet. 1990-luvun alussa viemäriverkkoa parannettiin ja huvilat liitettiin siihen, minkä jälkeen Töölönlahden ulkoinen kuormitus oli enää pientä. Lahden tilan paraneminen on kuitenkin ollut hidasta, mikä johtuu pohjasedimentistä liukenevien ravinteiden suuresta määrästä ja veden heikosta vaihtuvuudesta.

1.2 Töölönlahden tutkimushistoria

Töölönlahden tilaa tarkasteltiin ensimmäisen kerran tieteellisin menetelmin Helsingin kaupungin terveystutkimusten laboratorion toimesta 1900-luvun alussa (Laakkonen 2001). Tutkimus oli osa Helsingin uimavesien hygieenisen tilan selvitystä. Vuonna 1908 laboratorio teki kemisti Gustaf Konrad Bergmanin johdolla koko kesän kestäneen tutkimuksen, jossa ensimmäistä kertaa pyrittiin perusteellisesti selvittämään Helsingin merialueen likaantumista. Tutkimuksessa Töölönlahdelta otettiin useita fysikaalis-kemiallisia ja planktonnäytteitä. Samana vuonna myös Helsingin yliopiston eläintieteen vt. professori Kaarlo Mainio Levander teki Töölönlahdella planktonitutkimuksen. Töölönlahden vihreän värin aiheuttajaksi määritettiin *Oscillatoria agardhii* ja *Anabaena spiroides* -sinilevät. Sekä Bergman että Levander toivat tutkimusten tulokset myös yleiseen tietoon kaupunkilaisille suunnatuilla kirjoituksilla.

Seuraavan kerran Töölönlahden tilaa selvitettiin vuosina 1915–1921 osana Helsingin kaupungin johtamaa tutkimusohjelmaa (Laakkonen 2001). Ohjelman avulla selvitettiin Helsinkiä ympäröivän meriveden pilaantumista ja suojelelmahdollisuuksia sekä luokiteltiin sen likaantumisen taso merialueittain. Maisteri Ilmari Välikangas perehtyi tutkimuksessa planktoniin. Hän muodosti vuonna 1926 julkaistussa väitöskirjassaan bioindikaattorilajien avulla merialueen tilaa kuvaavan luokitusjärjestelmän. Töölönlahti kuului pahinta saastuneisuutta ilmaisevaan luokkaan.

Helsingin kaupungin rakennustoimiston pyynnöstä eläintieteen professori Ilmari Välikangas tutki 1930-luvulla Töölönlahden planktonia sekä yhdessä limnologian ylimääräisen professorin Heikki Järnefeltin ja FK Erkki Halmeen kanssa sen pohjaa (Laakkonen ja Laurila 2001). Pohjaliejututkimuksessa selvitettiin, missä määrin pelkästään pohjasta liukenevat ravinteet riittävät ylläpitämään suurta levätuotantoa (Välikangas ja Järnefelt 1936). Analyyseissä pohjaliete havaittiin hyvin ravinnepitoiseksi ja sellaisenaan erinomaiseksi peltomullaksi. Kaupungin toimeksiantoon sisältyi myös Töölönlahden kunnostusmahdollisuuden selvittäminen. Välikangas ja Järnefelt asettivat kunnostamisen edellytykseksi lahden patoamisen ja kaiken likaveden pääsyn estämisen. Lahden tilan parantamiseksi he ehdottivat ”näлкиinnyttämismenetelmää”. Siinä pohjasta liukeneva ravinnemäärä saataisiin pienennettyä huuhtomalla Töölönlahtea puhdaalla lisävedellä, joka kuljettaisi pois levämassaa ja siihen sitoutuneet ravinteet. Pohjasta liuenneiden ravinteiden poistuessa Töölönlahdelta sedimentin pinta

muuttuisi ajan myötä vähäravinteiseksi. Tehokkaimmin toivottuun tulokseen arvioitiin päästävän johtamalla vesijohtovettä vesisuihkuina Töölönlahteen.

Vuodesta 1947 aina 1960-luvulle Helsingin merialueen tutkimusta teki käytännössä yksin rakennusviraston kemisti Harry Cajander (Laakkonen ja Laurila 2001). Cajanderin mielestä Töölönlahden yleinen tila oli runsaasta leväkasvusta huolimatta parantunut huomattavasti verrattuna vuosisadan alun tilanteeseen.

Helsingin merialueen säännöllinen seuranta aloitettiin vuonna 1967. Töölönlahden veden fysikaalisen, kemiallisen ja hygieenisen laadun selvittämiseksi otettiin vesinäytteitä lahden koillisrannalla sijainneelta havaintopaikalta. Vuodesta 1990 seurantaan on käytetty kahta keskellä lahtea sijaitsevaa havaintopaikkaa. Samalla ryhdyttiin mittaamaan levien määrästä kertovaa veden α -klorofyllipitoisuutta ja tutkittiin kasviplanktonin koostumusta yksittäisistä näytteistä. Pohjan laatua tutkittiin ensimmäistä kertaa tarkemmin vuonna 1990 (Varmo 1991). Töölönlahden tila arvioitiin 1970-luvulla veden yleistä käyttökelpoisuutta ajatellen heikoksi, mistä se parantui välttäväksi 1990-luvun alussa (Pesonen ym. 1995). Paraneminen johtui Töölönlahden alueella tehtyjen viemäriverkon parannustoimenpiteistä sekä Vantaanjoen ja läheisen merialueen veden laadun myönteisestä kehityksestä.

2 Töölönlahden kunnostushanke aloitteista päätöksiin

2.1 Kaupunginvaltuuston aloite lahden kunnostamisesta uimakelpoiseksi

Vuonna 1977 joukko yksityishenkilöitä ja järjestöjä teki vetoimuksen Töölönlahden, Eläintarhanlahden ja Kaisaniemenlahden saattamiseksi uimakelpoiseksi virkistysalueeksi. Samana vuonna kaupunginvaltuuston enemmistö allekirjoitti asiasta tehdyn valtuustoaloitteen. Kaupunkisuunnittelulautakunta antoi aloitteesta lausunnon, jossa kehoitettiin mahdollisimman pian tutkimaan kyseisten merenlahtien veden kunnostamista alueen maankäytön suunnittelua varten.

Seuraavana vuonna Helsingin kaupungin rakennusviraston (HKR) katurakennusosaston vesilaboratorion selvityksessä (HKR 1978a) lahtien vesi todettiin laadultaan huonoksi ja uimakäyttöön sopimattomaksi hygieenisten ja esteettisten ongelmien takia. Veden laadun parantamiseen vaikutti olevan hyvät edellytykset erityisesti Töölönlahden osalta, kunhan viemäriverkon ylivuotovesien ja huviloiden jätevesien aiheuttama kuormitus ensin poistettaisiin. Selvityksessä tarkasteltiin kunnostusvaihtoehtoina luonnollista vedenvaihtoa sekä vedenvaihdon parantamista johtamalla lisävetä Vantaanjoesta tai Seurasaaarenselältä perustuen arvioihin eri vesialueiden tilan kehityksestä. Vain meriveden johtamisella Seurasaaarenselältä vaikutti olevan edellytyksiä parantaa Töölönlahden veden laatua. Selvityksessä ehdotettiin harkittavaksi myös pohjasta liukenevan ravinnemäärän pienentämistä saostuskemikaaleilla ja huonolaatuisen meriveden

alueelle pääsyn estämistä esim. patorakentein. Meriveden pumpppaamisessa Seurasaarenselältä esitettiin hyödynnettävän jo olemassa olevaa Rajasaaren ja Savilan välistä viemäritunnelia, mitä pitkin merivettä johdettaisiin uimakautena 0,5–1,0 m³/s Töölönlahden pohjoispäähän (HKR 1978b).

Vuonna 1983 kaupungin asettama työryhmä selvitti Helsingin rantojen ja merenlahtien tilaa ja niiden käyttöön liittyviä suunnitelmia (Työryhmän raportti 1983). Työryhmä piti tärkeänä Töölönlahden alueen veden laadun parantamista ja rantojen kunnostamista. Kunnostustoimenpiteiksi ehdotettiin huviloiden liittämistä viemäriverkkoon ja valuma-alueelta tulevien hule- ja ylivuotovesien vähentämistä.

2.2 Koko Töölönlahden aluetta ruvetaan kehittämään ja lahden kunnostaminen tulee jälleen ajankohtaiseksi

Kamppi–Töölönlahti-alueen yleiskaavoituksesta järjestetyn arkkitehtikilpailun yhteydessä kaupunkisuunnitteluvirasto (KSV) teetti Töölönlahden vesiteknisen selvityksen vuonna 1987 (Viatak 1987). Selvityksessä kartoitettiin vaihtoehtoja parantaa Töölönlahden veden laatua sekä verrattiin niiden toteuttamista arkkitehtikilpailussa menestyneiden ehdotusten kanssa. Kunnostamisen vaihtoehtoina olivat meriveden johtaminen ulkosaaristosta, meriveden johtaminen lähellä olevista merenlahdista yhdistettynä Töölönlahden veden kierrättämiseen kemiallisen puhdistamon kautta ja pohjan ruoppaaminen. Töölönlahden veden laatu arvioitiin olevan mahdollista parantaa menetelmän vallinnasta riippuen erittäin hyväksi, mutta veden laadulle asetettujen vaatimusten kasvaessa kustannukset samalla moninkertaistuvat.

Kamppi–Töölönlahti-alueen osayleiskaavatyön yhteydessä tehtiin vuonna 1989 tarkempi 'Töölönlahden vedenlaadun parantamisvaihtoehtojen tekninen selvitys' (Viatak Oy 1989). Selvityksessä tarkasteltiin meriveden kierrätystä neljää eri reittivaihtoehtoa pitkin Seurasaarenselän puolelta Töölönlahdelle ja paikallista veden kierrättämistä kemiallisessa puhdistamossa. Töölönlahden kunnostamisen tavoitteeksi valittiin veden laatu, joka mahdollistaisi vaativan virkistyskäytön, kuten uimisen. Seurasaarenselän veden laatu oli huomattavasti parantunut Rajasaaren jätevedenpuhdistamon sulkemisen (1978) jälkeen ja kuului veden laatuluokkaan¹ 'tyydyttävä'. Meriveden johtamista Rajasaaresta Rajasaari–Savila-viemäritunneliin rakennettavaa putkea ja ylivuotoputkia pitkin Töölönlahden pohjoispäähän pidettiin parhaana ratkaisuna. Töölönlahden vedenvaihtoa suositeltiin vielä parannettavan johtamalla osa lisävedestä putkea pitkin lahden

¹Vesien yleinen käyttökelpoisuusluokitus kuvaa vesiemme keskimääräistä vedenlaatua sekä soveltuvuutta vedenhankintaan, kalavesiksi ja virkistyskäyttöön. Laatuluokka määräytyy vesistön luontaisen vedenlaadun ja ihmisen toiminnan vaikutuksien mukaan. Vesistöt luokitellaan viiteen luokkaan: erinomainen, hyvä, tyydyttävä, välttävä ja huono. (Suomen ympäristökeskus 1999)

eteläpäähän. Biomanipulaation soveltuvuutta Töölönlahden kunnostamiseen ehdotettiin selvitettäväksi.

Viatek Oy:n selvityksessä huomioitiin myös kaupunginvaltuustolle vuonna 1989 tehty aloite Töölönlahden ja Seurasaarenselän yhdistävän kanavan rakentamisesta Hesperian katujen väliin. Töölönlahden ja Taivallahden välisen vesiliikenneväylän rakentaminen osoittautui hyvin kalliiksi, eikä sitä selvitetty kustannusarviota enempää.

Viatek Oy:n selvitysten pohjalta kaupunkisuunnittelulautakunta teki vuonna 1989 kaupunginhallitukselle esityksen Töölönlahden veden laadun parantamisesta johtamalla merivettä Seurasaarenselältä Rajasaari–Savila-viemäritunnelia pitkin. Kallista ja hankalasti toteutettavaa pohjasedimentin ruoppausta ei pidetty tarpeellisena.

Terveyslautakunnan valvontajaosto sekä ympäristönsuojelulautakunta tukivat ehdotusta lausunnoissaan. Ympäristönsuojelulautakunta esitti vielä selvitettäväksi, 'voidaanko pohjalietteen veden laatua huonontavaa vaikutusta vähentää peittämällä pohjaliete hiekkakerroksella'.

Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos teetti Töölönlahden kuormitus selvityksen vuonna 1992 (Suunnittelukeskus Oy 1992a). Töölönlahtea tilan parane-
misen kannalta merkittäväksi todettu käsittelemättömien jätevesien aiheuttama kuormitus oli saatu oleellisesti pienemmäksi viemärointiä parantamalla. Sekaviemärien ylivuodoista johtuva kuormitus todettiin mahdolliseksi poistaa kokonaan, jolloin jäljelle jäävä laskeuman ja hulevesien tuoma ulkoinen kuormitus (35 kg fosforia vuodessa) olisi enää hyvin pientä verrattuna hapettomasta pohjasedimentistä liukenevien ravinteiden aiheuttamaan sisäiseen kuormitukseen (840 kg fosforia vuodessa). Arvio sisäisestä kuormituksesta perustui pitkälti muilla Helsingin sisälähdillä tehtyyn tutkimukseen (Rekolainen 1982).

2.3 Makeavesivaihtoehto tulee esille

Kuormitus selvityksessä (Suunnittelukeskus Oy 1992a) esitettiin uutena kunnostamisen vaihtoehtona vesijohtoveden käyttöä ja Töölönlahden patoamista makean veden altaaksi. Vesijohtoveden käytön väheneminen oli synnyttänyt joka tapauksessa tarpeen huuhdella vesijohtoverkostoa. Menetelmien vertailussa vesijohtoveden hyödyntäminen todettiin helposti toteutettavaksi sekä rakennuskustannukset mukaan lukien vuotuisilta kokonaiskustannuksiltaan selvästi meriveden kierrättämistä edullisemmaksi. Verkostoveden käytön etuna oli myös tasaisesti erittäin hyvälaatuinen lisävesi ja sen katsottiin tarjoavan paremmat edellytykset Töölönlahden ympäristön kehittämiseksi, kuten näytävillä suihkulahteille.

Kuormitusselvityksen yhteydessä tehtyjen sedimenttitutkimusten perusteella ruoppaaminen ei vaikuttanut kovin lupaavalta kunnostusmenetelmältä (Suunnittelukeskus Oy 1992b). Töölönlahdella oli vaikea löytää ruoppausvyvyys, jonka alapuolella sedimentin laatu olisi kunnostamisen kannalta selvästi parempi. Ruoppausta pidettiin myös kalliina ja ruopatun massan jatkokäsittelyn kannalta ongelmallisena toteuttaa. Töölönlahdelle ei ahtaan vesiyhteyden takia saataisi proomua, joten ruoppauslautan kaivinkoneen irrottama vesipitoinen liete pitäisi pumpata Eläintarhanlahden puolella odottaviin proomuihin, sitä varten rakennettuun altaaseen tai jätevedenpuhdistamolle. Lietteestä täytyisi poistaa liika vesi ja veden sisältä liete ja ravinteet täytyisi saostaa ennen kuljetusta loppusijoituspaikalle.

Yleisten töiden lautakunta esitti kaupunginhallitukselle 15.10.1992 Suunnittelukeskus Oy:n selvityksen pohjalta Töölönlahden kunnostamisen jatkosuunnittelun perustaksi verkostoveden käyttöä.

2.4 Ympäristökeskus tutkii Töölönlahden sedimentin laatua ja arvioi kuormitusta

Vuonna 1994 Helsingin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelmaan (Helsingin kaupungin ympäristökeskus 1994) otettiin mukaan tavoite Töölönlahden kunnostamisesta vaativaan virkistyskäyttöön sopivaksi. Kesällä 1994 ympäristökeskus tutki sedimentin laatua sekä arvioi sisäisen kuormituksen suuruutta sedimentaatiomittauksilla Töölönlahdella ja ravinteiden uuttumiskokeella laboratorio-oloissa (Kansanen ym. 1995). Sedimentti osoittautui lähes metrin syvyyteen asti ihmistoiminnan pilaamaksi. Sisäinen kuormituksen arviota tarkennettiin 1000–2000 kg:aan fosforia vuodessa. Sisäisen kuormituksen pienentämistä pidettiin lahden tilan parantamisen kannalta oleellisena.

Seuraavana kesänä Töölönlahdella tehtiin allaskokeita erilaisilla sedimentin käsittelymenetelmillä yhdistettynä laimennusveden käyttöön (Kansanen ja Norha 1996). Parhaaksi menetelmäksi osoittautui ferrisulfaatti sekoitettuna noin 10–20 cm syvyydelle sedimenttiin. Pohjan käsittelyn avulla todettiin voitavan vähentää sisäistä kuormitusta ainakin tilapäisesti.

Ympäristökeskuksen tutkimuksen liitteenä oli DI Pekkarisen lausunto Töölönlahden lisävesivaihtoehdoista, jossa meriveden virtaaman $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ arvioitiin laimentavan Töölönlahden fosforipitoisuutta riittävästi. Vaihtoehtojen vertailussa meriveden etuna pidettiin lahden säilymistä luonnollisena sameavetisenä merenlahtena. Vesijohtoveden käyttöön katsottiin liittyvän riski Töölönlahden veden liiallisesta kirkastumisesta, minkä seurauksena vesikasvit voisivat runsastua jopa siinä määrin, että ne täyttäisivät lahden kokonaan.

Tutkimusten perusteella päädyttiin suosittelemaan meriveden johtamista Seuraasaarenselältä ja pohjan kemikalointia. Ruoppausta pidettiin tarpeellisena lah-

den melko nopean madaltumisen takia, mutta vasta kymmenien vuosien tähtäimellä. Ruoppauksen ei katsottu soveltuvan hyvin Töölönlahden kunnostamiseen, sillä syvällekin ruopatusta pohjasta liukenee vielä liikaa fosforia ja lahden syvyyden kasvattamisen voisi johtaa pohjan happiongelmiin pahentumiseen. Myös erilaiset pohjan eristämisen menetelmät sopivat huonosti Töölönlahdella käytettäviksi pohjan mataluuden, pehmeiden ja biologisen aktiivisuuden takia.

Töölönlahden alueen viemäriverkkoa kunnostettiin 1990-luvun alussa. Tämän jälkeen Töölönlahden ulkopuolelta tuleva kuormitus on muodostunut pääasiassa suorasta laskeumasta ja hulevedestä, jota purkautuu lahteen kolmesta sadevesiviemäristä. Ympäristökeskus selvitti tämän veden laatua (Nurmi 2001). Sadevesiviemäreiden valuma-alueet ovat pieniä etupäässä asfaltoituja katu- ja parkkialueita. Töölönlahteen tulleen huleveden kiintoaineen, orgaanisen aineen ja ravinteiden pitoisuudet olivat pieniä. Myös metallipitoisuudet olivat pieniä poikkeuksena lumensulamisvesien lyijypitoisuudet ja Finlandiatalon alueen kuparipitoisuus, mikä johtui Finlandiatalon kuparikatosta ja -putkista. Huleveden sisältämät haitta-aineet olivat pääsääntöisesti peräisin liikenteestä.

2.5 Töölönlahti päätetään kunnostaa vesijohtovedellä makean veden al- taaksi

Ympäristökeskuksen suositusten mukaisesti ympäristölautakunta esitti 13.5.1996 kaupunginhallitukselle Töölönlahden kunnostamista johtamalla merivettä Seurasaarenselältä ja käsittelemällä pohja hapen kulutusta vähentävillä kemikaaleilla.

Kaupunginhallitus päätti 16.9.1996 kuitenkin

määritellä Töölönlahden kunnostuksen tavoitteeksi vähintään tyydyttävä veden laatu, joka mahdollistaa ainakin periaatteessa uimakäytön. Kunnostuksen perustana on **verkostoveden** käyttäminen. Laimennusveden parantavaa vaikutusta tehostetaan pohjan käsittelyllä hapen kulutusta vähentävillä kemikaaleilla. Laajamittaiseen ruoppaukseen ei ryhdytä tässä vaiheessa paikallista rannan kunnostusta lukuun ottamatta.

Samalla kaupunginhallitus kehotti ympäristökeskusta, kaupunkisuunnitteluvirastoa ja vesilaitosta käynnistämään lisäveden juoksuttamisen hankesuunnittelun, jossa suunnitellaan myös pohjan kemikaloinnin ja pidemmällä tähtäimellä ruoppauksen tekotapa sekä lietteen jatkokäsittely. Tavoitteeksi asetettiin kunnostettu Töölönlahti Helsingin juhlavuoteen 2000 mennessä.

HKR:n puisto-osasto teetti yleissuunnitelman vesijohtoveden johtamisesta Töölönlahteen (Maa ja Vesi Oy 1997). Suunnitelmassa pidettiin kesäaikaan tehtävää vesijohtoveden johtamista ympärivuotuisia parempana vaihtoehtona.

Sen pääteltiin riittävän vedenlaatutavoitteen saavuttamiseen ja Töölönlahden ajateltiin säilyttävän luonnolliset merenlahden piirteensä, kun vedenvaihto tapahtuisi suurimman osan vuotta merialueelta. Keväällä lisävetä johdettaisiin suuremmalla teholla lahden veden vaihtamiseksi, minkä jälkeen riittäisi pienempi ylläpitovirtaama 20–50 l/s. Lisäveden johtamisen ajaksi Töölönlahden vedenpintaa nostettaisiin padon avulla niin, että merkittävää määrää huonolaatuista merivettä ei pääsisi virtaamaan lahteen. Tarkastelluissa patovaihtoehtoissa veneliikenne olisi estynyt Töölönlahden ja Eläintarhanlahden välillä.

Vuonna 1997 järjestettiin Töölönlahden puistoalueiden maisema-arkkitehtikilpailu. Voittanut ehdotus 'The Secret Gardens' sisälsi Töölönlahden eteläpäähän rakennettavan laajan altaan ja siihen liittyviä vesiaihteita, joista Maa ja Vesi Oy (1998) teki KSV:lle vesiteknisen yleissuunnitelman. Suunnitelmassa altaaseen ja siihen laskeviin vesiaihteisiin johdettaisiin riittävästi verkostovettä pitämään niiden ulkonäkö hyvänä. Mahdollisen kesäisen vesiliikenteen todettiin edellyttävän kaksinkertaisen sulkupadon rakentamista Töölönlahden ja Eläintarhanlahden välille. Koska Töölönlahden ratapenkereen vedenjohtavuuden vaikutusta padotun Töölönlahden vedenpinnan korkeuteen ei oltu aiemmissa selvityksissä huomioitu, ehdotettiin jatkosuunnittelua tästä asiasta.

2.6 Meriveden kierrätys tulee uudelleen vartenotettavimmaksi vaihtoehdoksi

Helsingin vesi oli tehnyt suunnitelmia Rajasaari–Savila-jätevesiputken korvaavan putken rakentamisesta. Tällöin vanha putki vapautuisi meriveden kierrättämiseen, mikä laskisi huomattavasti merivesivaihtoehdon kustannuksia. HKR päättikin uudestaan selvittää aiemmin esitetyn meriveden kierrätyksen teknistä taloudellista toteutettavuutta (Viatek Oy 1999). Tarkastelluista vaihtoehtoista selvästi edullisimmaksi osoittautui meriveden kierrättäminen potkuripumpulla. Koska johdetun meriveden laatu vaikuttaa Töölönlahden veden laatuun, ehdotettiin vaihtoehtoisten ottoapaikkojen veden laadun selvittämistä. Samalla ehdotettiin mahdollisten riskitekijöiden arvioimista ennen vedenottoaikan valintaa.

Vuonna 2000 HKR teetti hankesuunnitelman ”Töölönlahden kunnostaminen johtamalla merivettä Seurasaarenselältä” (SCC Viatek Oy 2000). Suunnitelman lähtökohtana oli olemassa olevan Rajasaari–Savila-viemäritunnelin hyödyntäminen. Merivesi otettaisiin Taivallahdesta läheltä viemäritunnelin alkupäätä ja sitä johdettaisiin Töölönlahteen toukokuusta lokakuuhun 0,5 m³/s. Töölönlahden luoteisrannalla sijaitsevan purkupaikan kohdalle laitettaisiin eroosiolta suojaava lujitekangas. Hankesuunnitelmassa esitettiin meriveden johtamisen tekninen suunnitelma piirustuksineen, hankkeen toteutusohjelma ja kustannusarvio. Lisäksi arvioitiin ympäristövaikutuksia, hankkeeseen liittyviä riskejä ja riskeihin varautumista.

Hankesuunnitelmassa Töölönlahden veden laatutavoitteeksi esitettiin Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen määrittämä tavoitetaso (Pesonen ym. 2000). Tavoitteena oli veden laadun sijoittuminen kunnostustoimien seurauksena Suomen ympäristökeskuksen yleisen käyttökelpoisuusluokituksen luokan tyydyttävä ylärajalle (Suomen ympäristökeskus 1999). Töölönlahti muistuttaisi lievästi rehevöitynyttä merenlahtea, jossa kaupunkilaisten olisi miellyttävä mm. veneillä ja onkia. Töölönlahden uimakelpoisuutta ei enää asetettu tavoitteeksi.

Töölönlahden veden laadun tavoitteet (Pesonen ym. 2000):

- Veden näkösyvyys ei avovesikautena saa olla alle 1 m.
- Suurta hapen ylikyllästystä tai hapenvajausta ei saa esiintyä.
- Fosforipitoisuus ei saa ylittää kolmen vuoden keskiarvona arvoa 50 µg fosforia/l. Avovesikaudella fosforipitoisuus ei saa ylittää ao. arvoa hetkellisestikään.
- Hygieenisen laadun tulee periaatteessa täyttää uimavedelle asetettua laatuvaatimukset. Lintujen aiheuttaman likaantumisen vuoksi tämä kriteeri ei aina täyty.
- Alueella voi esiintyä levähaittoja poikkeuksellisesti, ei kuitenkaan merkittäviä eikä pitkäaikaisia.

Maa ja Vesi Oy teki vuonna 2000 aikaisemmat yleissuunnitelmat korvaavan Töölönlahden eteläpään altaan ja vesiaiheiden vesiteknisen yleissuunnitelman. Töölönlahdelle oli tehty asemakaavaehdotus, jonka lähtökohtana oli verkostoveden sijaan meriveden käyttäminen vedenlaadun parantamiseen. Suunnitelmassa altaan vedenpinta ehdotetaan asetettavaksi noin puoli metriä keskimääräisen merivedenpinnan yläpuolella olevalle tasolla, jolloin Töölönlahden ja makean veden altaan välissä olisi poikkeuksellisen korkeaa merivettä lukuun ottamatta erottava kynnys. Kesällä altaisiin johdettaisiin vesijohtovettä 30 l/s. Tämä vastaisi Töölönlahden kunnostamiseen makeavesivaihtoehdossa suunniteltua vesimäärää. Talvella altaissa voitaisiin kierrättää Töölönlahden vettä kustannusten pienentämiseksi.

2.7 Töölönlahti päätetään kunnostaa merivedellä

Aiempaa päätöstä Töölönlahden kunnostamisesta vesijohtovedellä arvioitiin uudelleen useasta syystä (Ahonen 2001). Muun muassa tarve huuhdella vesijohtoverkostoa oli poistunut veden suodattimien parannuttua. Vesijohtoveden käyttöön liittynyt Töölönlahden patoaminen oli osoittautunut vaativaksi ja kalliiksi toteuttaa ratapenkereen maaperän hyvän vedenläpäisykyvyn takia. Mittava juomaveden käyttö Töölönlahden kunnostamiseen ja lahden muuttaminen makean veden altaaksi olivat myös vastoin ekologisia ja kestävä kehityksen tavoitteita, joihin Helsinki oli sitoutunut.

Yleisten töiden lautakunnan esityksestä kaupunginhallitus päätti vuonna 2001 muuttaa aikaisemmin tekemäänsä päätöstä (1996) siten, että Töölönlahden kunnostuksen

tavoitteena on vähintään tyydyttävä veden laatu, joka ainakin periaatteessa mahdollistaa uimisen lahdessa, joskin hygieenisiä ja levähaittoja voidaan lyhytaikaisesti sallia joissakin lahden osissa.

perustana on laimennusveden johtaminen Seurasaarenselältä Töölönlahteen jäteveden johtamiskäytöstä vapautuvaa Rajasaari–Savila-tunnelia pitkin (ns. merivesivaihtoehto) sekä samanaikaisesti toteutettava Töölönlahden sedimentin kemikaalikäsittely rehevöittävien aineiden sitomiseksi pohjasedimenttiin. Laajamittaiseen ruoppaukseen ei ryhdytä tässä vaiheessa paikallista rannan kunnostusta lukuun ottamatta.

Kaupunginhallitus hyväksyi Töölönlahden hankesuunnitelman ja määritteli tavoitteeksi sen toteuttamisen vuonna 2005. Lisäksi kaupunginhallitus katsoi tarpeelliseksi, että ympäristökeskus selvittää vuoden 2001 aikana sedimentin kemikaloinnin suoritustapaa ja vaikutusta sekä tutkii ruoppauksen toteuttamisen edellytykset.

Ympäristökeskus selvitti veden laatua Taivallahdella ja Humallahdella lähellä Rajasaari–Savila-tunnelin päätä sekä arvioi laimennusveden vaikutusta Töölönlahden veden laatuun (Kajaste 2002). Selvityksen perusteella päädyttiin suosittelemaan Taivallahtea laimennusveden ottopaikaksi. Taivallahden vesi ei kaikilta osin täyttänyt Töölönlahdelle asetettuja tavoitteita, joten tavoitetason saavuttamiseksi laimennusveden fosforipitoisuutta saatetaan joutua pienentämään puhdistustoimenpitein. VTT:n tekemän arvion mukaan meriveden pumpaamisella on veden vaihtuvuutta lisäävä vaikutus ottopaikan läheisyydessä, mikä vaikuttaa veden laatua hieman parantavasti Taivallahdella (SCC Viatek Oy 2000).

HKR haki syksyllä 2003 Länsi-Suomen ympäristölupavirastolta vesilain mukaista lupaa meriveden ottamiseen Seurasaarenselän Taivallahdesta ja purkamiseen Töölönlahteen sekä meriveden ottorakenteiden, siirtojärjestelmän ja purkujärjestelyn rakentamiseen. Hankkeen rakennustyöt on mahdollista aloittaa syksyllä 2004. Rajasaari–Savila-viemäritunnelin korvaava tunneli valmistuu Helsingin veden alustavan arvion mukaan keväällä 2005, minkä jälkeen tunnelissa voidaan aloittaa 3–5 kuukautta kestävät merivesilinjan rakennustyöt. Meriveden johtaminen Töölönlahteen on siten mahdollista aloittaa vuoden 2005 aikana. Helsingin kaupungin ympäristökeskus päätti tarkkailla lisäveden johtamisen vaikutusta Töölönlahden veden laatuun ennen päätöstä sedimentin kemialliseen käsittelyyn ryhtymisestä.

3 Töölönlahden nykytila

3.1 Aineisto ja menetelmät

3.1.1 Tutkimusalue

Töölönlahti on rehevöitynyt sisälahti keskellä Helsinkiä. Lahti on lähes tasapohjainen ja hyvin matala, syvimmillään vain hiukan yli kaksi metriä. Sen pinta-ala on noin 20 hehtaaria ja vesitilavuus on noin 380 000 m³. Töölönlahden valuma-alueen pinta-ala on 4,5 km², mutta viemäröinnin seurauksena lahteen valuu sadevesiä vain 39 hehtaarin alueelta.

Töölönlahden vesi vaihtuu rautatien ali kulkevan tunnelin kautta. Tunnelin leveys on kuusi metriä ja matka Eläintarhanlahdelta Töölönlahdelle 66 metriä. Eläintarhanlahti on Siltasaaren salmien välityksellä yhteydessä Kruunuvuorenselälle ja sieltä edelleen avomerelle. Vesi vaihtuu pääasiassa meriveden pinnan korkeuden vaihtelun seurauksena. Vaihteluväli on pitkällä aikavälillä 2 metriä, mutta pääsääntöisesti vesi kuitenkin virtaa rehevissä lahdissa edestakaisin vaihtaen suuntaa useita kertoja päivässä. Töölönlahden valuma-alueelta tulevan makean veden määrä on niin vähäinen, että vesi ei lahdessa kerrostu suolapitoisuuden mukaan ja lahden mataluus estää lämpötilakerrostuneisuuden muodostumisen.

3.1.2 Näytteenotto

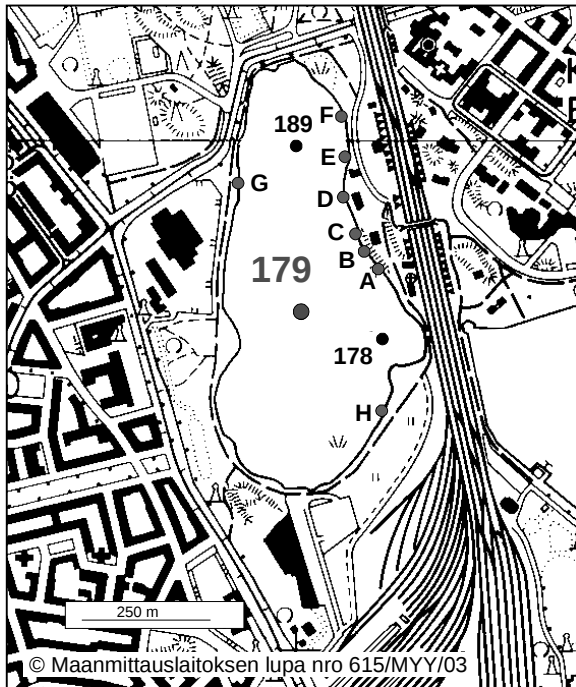
Aineisto kerättiin vuosina 2000–2003 (Liite 1). Töölönlahden veden laatua seurattiin avovesikautena kahden viikon välein vuosina 2000 ja 2001 ja viikoittain vuosina 2002 ja 2003. Jään alta otettiin näytteitä lopputalvella vuosina 2001–2003.

Töölönlahdella oli kolme havaintopaikkaa (kuva 1). Vesi- ja planktonnäytteet otettiin havaintopaikalta 179 (KKJ2: 2 552 010 – 6 674 664). Pohjaeläinnäytteitä otettiin havaintopaikan 179 lisäksi havaintopaikoilta 178 (KKJ2: 2 552 170 – 6 674 610) ja 189 (KKJ2: 2 552 000 – 6 674 990).

Vesi- ja planktonnäytteet otettiin Ruttner-näytteenottimella. Näytteet kemiallisia ja fysikaalisia määrytyksiä varten otettiin yhden metrin syvyydeltä. Jään alta näytteitä otettiin poikkeuksellisesti pinnasta ja kahdesta metristä 8.2.2002 ja 6.3.2003. Kasviplanktonin runsauden (*a*-klorofyllipitoisuus) ja lajiston määrittämiseksi näytteet otettiin pintavedestä. Kasviplanktonlajistoa seurattiin vuosina 2000–2002. Eläinplanktonnäytteet otettiin 0–1,5 metrin kokoomanäytteenä ja konsentroitiin 50 µm haavikankaan läpi. Eläinplanktonnäytteitä otettiin kahden viikon välein vuonna 2002.

Pohjaeläinnäytteet otettiin lokakuussa 2002 Ekman–Birge-pohjanoutimella (pinta-ala 286 cm²). Näytteet seulottiin kahden teräsverkkoseulan läpi (1,0 ja 0,5 mm).

Kasvillisuusnäytteet haettiin kahdeksalta paikalta 24.7.2002 (kuva 1). Näytteet kerättiin rannasta varsiharalla.



Kuva 1. Töölönlahden vesi- ja planktonhavaintopaikka 179, pohjaeläinhavaintopaikat 178, 179 ja 189 sekä kasvillisuusnäytteiden ottopaikat A–H peruskartalla.



Kuva 2. Jatkuvatoiminen näytteenotin, sondi, nostettuna suojalaatikostaan Töölönlahden havaintopaikalla 179.

3.1.2.1 Sondi, jatkuvatoiminen näytteenotto

Vuonna 2003 Töölönlahden havaintopaikalle 179 ankkuroitiin jatkuvatoiminen näytteenotin, sondi (YSI 6600) (kuva 2). Laitteen muistiin tallentui 15 minuutin välein noin puolen metrin syvyydeltä tiedot veden lämpötilasta, suolaisuudesta, pH:sta ja levien määräksi muunnettavissa olevasta fluoresenssista.

Sondin antama fluoresenssilukema muutettiin levien määräksi Töölönlahdelta kesän aikana haetun 18 vesinäytteen α -klorofyllipitoisuuden ja näytteenottohetkeä edeltäneen fluoresenssin välille lasketun regressiosuoran avulla ($y = 7,54x - 3,37$, $r^2=0,89$).

Viikoittain tehdystä huollosta huolimatta sondiin kiinnittyneet levät aiheuttivat häiriöitä fluoresenssissa. Jos *a*-klorofyllin määrä kasvoi yli 50 µg/l verrattuna edelliseen havaintoon, niin havainto poistettiin. Tällä perusteella hylättiin alle 3 % havainnoista.

3.1.3 Määritykset

Sameus-, klorofylli-*a*-, kasviplankton-, eläinplankton- ja pohjaeläinanalyysit tehtiin Helsingin ympäristökeskuksen ympäristönsuojelu- ja tutkimusyksikössä. Muut analyysit tehtiin Helsingin ympäristökeskuksen ympäristölaboratoriossa. Mittatekniikan keskus on todennut ympäristölaboratorion pätevyyden (akkreditointitodistus Nro T58/A/96). Taulukossa 1 on akkreditoitujen laboratoriomenetelmien perässä merkki*.

Taulukko 1. Veden laadun tarkkailussa käytetyt määritykset ja määrittämismenetelmät

Analyysi	Määritys tai määrittämismenetelmä
Näkösyvyys	Valkolevynä Ruttner-noutimen kansi
Lämpötila	Ruttner-noutimen lämpömittari, YSI 6600-D
Suolaisuus*	Johtokykymittaus, YSI 6600-D
Sameus	SFS-EN ISO 7027
pH*	SFS 3021, YSI 6565
Hapen pitoisuus*	SFS 3040
Hapen kyllästys%	
NH ₄ -tyypin pitoisuus*	SFS-EN 11732
NO ₂ -tyypin pitoisuus*	SFS-EN ISO 13395
NO ₃ -tyypin pitoisuus*	SFS 3029
Typen kokonaispitoisuus*	Automaattinen analyysointilaitteisto
PO ₄ -tyypin pitoisuus*	SFS 3025
Fosforin kokonaispitoisuus*	SFS 3026 (sovellettu)
Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien tiheys*	SFS 4088
Fluoresenssi	YSI 6025
Klorofylli- <i>a</i>	SFS 5772
Kasviplankton	Mikroskopointi käänteismikroskoopilla semikvantitatiivisesti tai kvantitatiivisesti.
Eläinplanktonlajisto	Mikroskopointi käänteismikroskoopilla kvantitatiivisesti.
Pohjaeläimet	Mikroskopointi stereomikroskoopilla kvantitatiivisesti. Surviaissäiden toukkien ja harvasukasmatojen lajimääritys käänteismikroskoopilla preparaateista.

3.2 Töölönlahden veden kemiallinen, fysikaalinen ja hygieeninen laatu

3.2.1 Lämpötila

Töölönlahden vesi oli lämpimintä heinä-elokuussa, yli 20 astetta (kuva 3a). Vuoden 2003 keskikesän hellejakson aikana mitattiin veden lämpötilaksi yli 28 astetta (kuva 3b). Tästä huippulämpötilasta Töölönlahden vesi viileni hyvin nopeasi ilmojen viilennettyä. Samaan aikaan Helsingin rannikolla tapahtuneen kylmän ja suolaisen veden kumpuamisen vaikutus Töölönlahden veden lämpötilaan oli pieni.

3.2.2 Suolaisuus

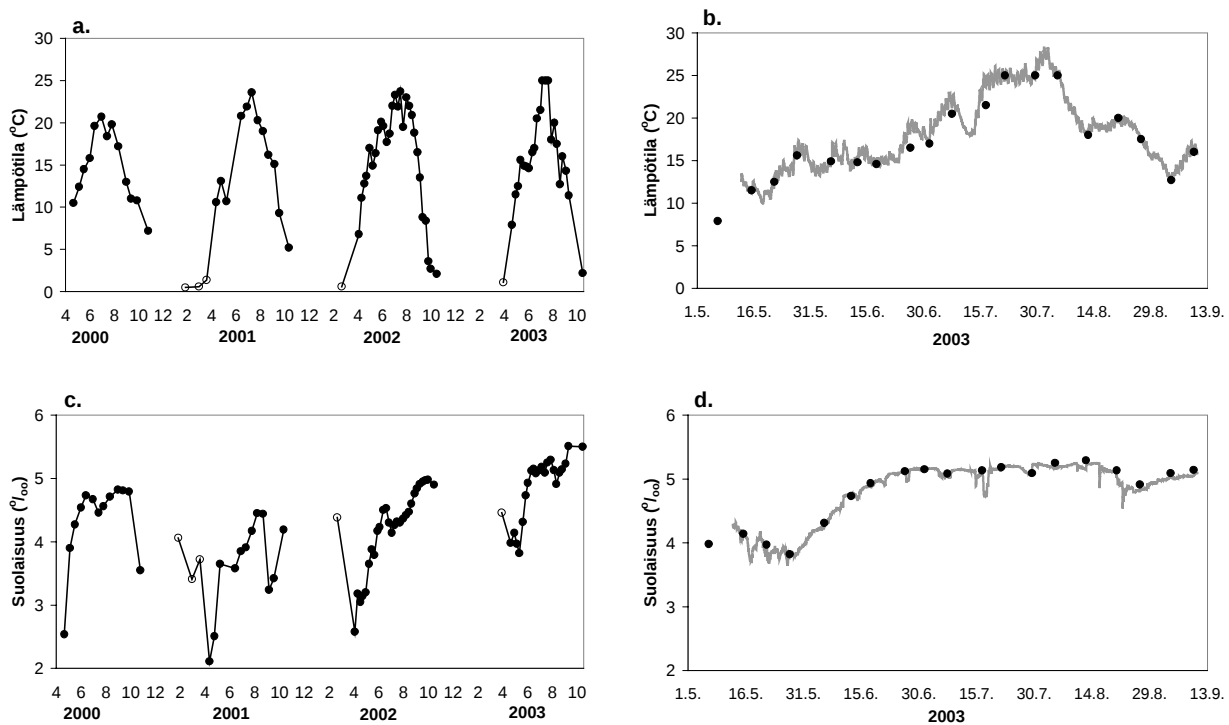
Töölönlahden vesi on vähäsuolaista murtovettä. Suolapitoisuus oli sulamisvesien ja Vantaanjoen vaikutuksesta alimmillaan keväällä, jolloin mitattiin alle 3 ‰:n suolapitoisuuksia (kuva 3c). Kesän aikana suolapitoisuus nousi selvästi yli 4 ‰:n. Syksyllä sateet ja Vantaanjoen tuoma makea vesi pienensivät uudelleen suolapitoisuutta. Jatkuvatoimisen näytteenottimen tulosten perusteella suolaisuus vaihtelee myös lyhytkestoisesti sateiden ja valuma-vesien takia (kuva 3d). Vähäsateisina syksyinä, kuten vuosina 2000, 2002 ja 2003 (Ilmatieteen laitos 2003) suolapitoisuus pysyi suurena syksylläkin.

3.2.3 pH

Töölönlahden veden pH oli murtovedelle tyypillisesti lievästi emäksinen noin 8,0 (mediaani). Veden pH vaihteli välillä 7,0–9,2 (kuva 4a). Veden pH:ssa oli eniten vaihtelua keväällä, jolloin vuosittain mitattiin suurimmat ja pienimmät arvot. Veden pH oli lähellä neutraalia loppupalvesta jään alla, kun veteen oli talven aikana kertynyt paljon hiilidioksidia. Emäksisintä vesi oli kevätkukinnan aikaan. Veden pH vaihteli eliötoiminnan seurauksena myös lyhyellä aikavälillä (kuva 4b).

3.2.4 Näkösyvyys ja sameus

Töölönlahden vesi oli läpi vuoden hyvin sameaa (kuva 4c). Näkösyvyys oli keskimäärin vain 0,6 metriä (touko-lokakuu). Näkösyvyys ylitti yhden metrin vain jään alla ja myöhään syksyllä vuonna 2003. Sameus oli avovesikaudella keskimäärin 15 sameusyksikköä (FTU). Talvella sameus laski alle viiden yksikön. Jäiden lähdön jälkeen Vantaanjoen tuoma savisamennus ja kasviplanktonin runsastuminen samensivat Töölönlahden veden nopeasti. Kesällä vettä samensi pääasiassa kasviplanktonin suuri määrä. Töölönlahden veden sameus on pysynyt saman suuruisena 1970-luvun puolivälistä.



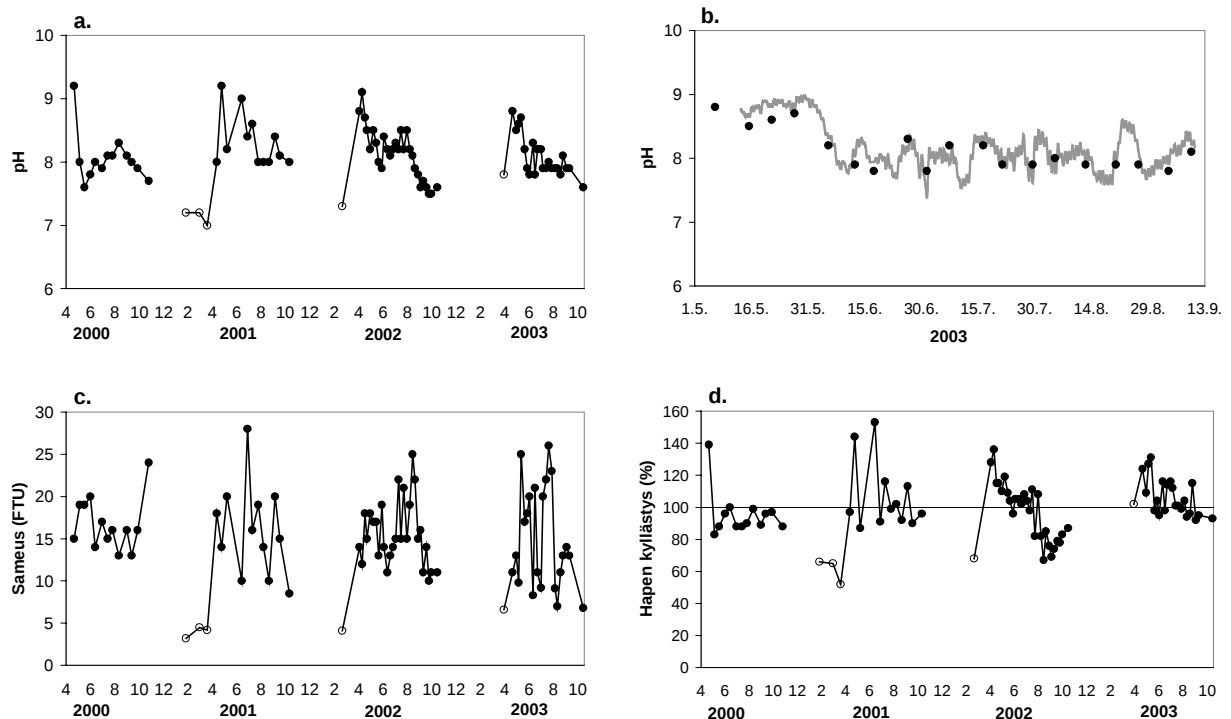
Kuva 3. Töölönlahden vesinäytteiden lämpötilan (a) ja suolaisuuden (c) vaihtelu vuosina 2000–2003 sekä vesinäytteiden ja sondin lämpötilan (b) ja suolaisuuden (d) vaihtelu vuonna 2003. Valkoisella pallolla (○) merkityt vesinäytteet on otettu jään alta ja mustat (●) avovesikaudella. Sondin mittaukset liukuvana tuntikeskiarvona on merkitty harmaalla viivalla kuvissa b ja d.

3.2.5 Hapen kyllästys

Töölönlahden veden hyvän sekoittumisen takia sen happitilanne pysyi avovesikautena kohtalaisena (kuva 4d). Veden sekoittumisen estävän jääpeitteen alle syntyi loppupalvesta selvää hapen vajausta, mutta varsinaista pohjan läheistä happikatoa ei ollut havaittavissa (liite 1). Kevätkukinnan aikaan vesi oli jo selvästi ylikyllästynyt hapella levien yhteyttämisen vaikutuksesta. Syksyllä vesipatsaassa oli hapen vajausta, mikä johtui mikrobitoiminnasta ja levätuotannon hidastumisesta.

3.2.6 Ravinteet

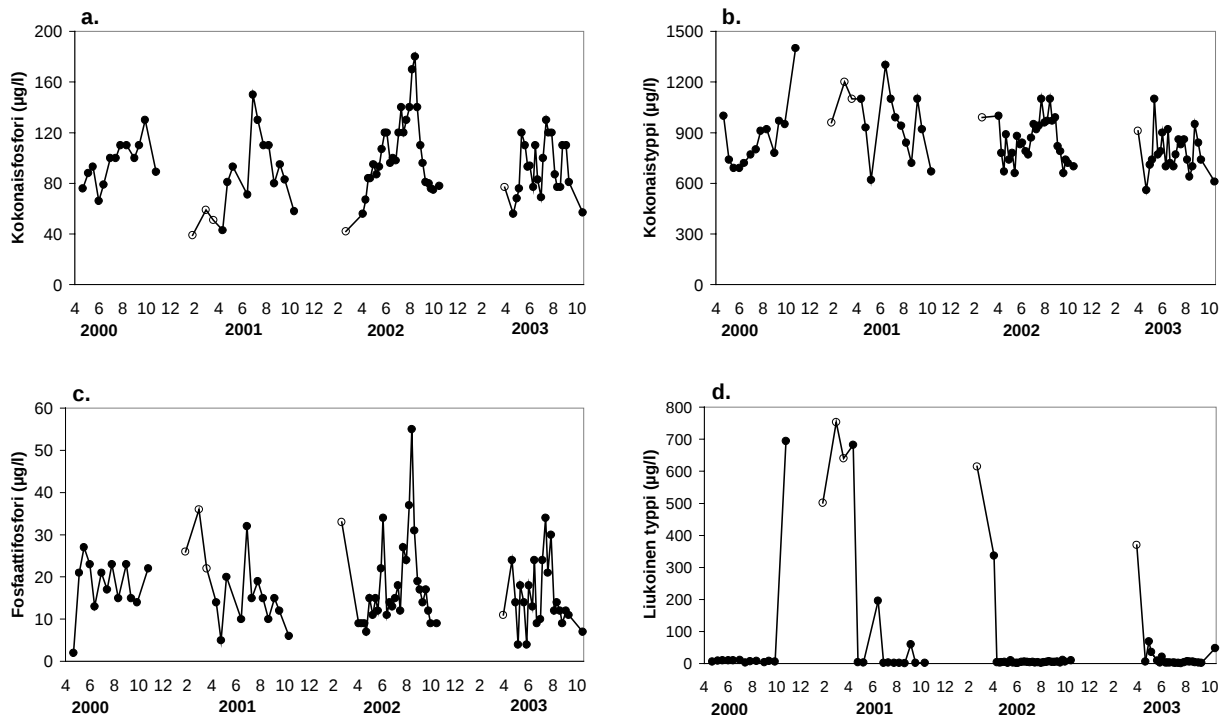
Kokonaisfosforipitoisuus oli Töölönlahdella suuri, vuosikeskiarvo 91 µg/l. Fosforipitoisuudessa oli havaittavissa vuodenaikasta riippuvaa vaihtelua (kuva 5a). Keväällä ja myöhään syksyllä pitoisuudet olivat matalampia kuin kesällä. Jään alta mitattiin alle 50 µg/l fosforipitoisuuksia, mutta avovesikautena alitettiin 50 µg/l pitoisuus vain keväällä 2001. Kesällä fosforipitoisuus oli usein reilusti yli 100 µg/l. Keskimääräinen kokonaisfosforipitoisuus oli saman suuruinen kuin 1990-luvun alussa.



Kuva 4. Töölönlahden vesinäytteiden pH:n (a) vaihtelu vuosina 2000–2003 sekä vesinäytteiden ja sondin pH:n (b) vaihtelu vuonna 2003. Töölönlahden vesinäytteiden sameuden (c) ja hapen kylläistyksen (d) vaihtelu vuosina 2000–2003. Valkoisella pallolla (○) merkityt vesinäytteet on otettu jään alta ja mustat (●) avovesikaudella. Sondin mittaukset liukuvana 12 tunnin keskiarvona on merkitty harmaalla viivalla kuvassa b.

Kokonaistyyppipitoisuus oli keskimäärin 890 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuuden vaihtelu oli suurta (560–1400 µg/l) (kuva 5b). Töölönlahden kokonaistyyppipitoisuus pieneni jonkin verran 1980-luvun lopulla seurauksena jätevesien johtamisesta ulkosaaristoon. Kokonaistyyppipitoisuus oli nyt samaa tasoa kuin 1990-luvun puolivälissä.

Fosfaattifosforin, leville käyttökelpoisen fosforin, pitoisuus oli Töölönlahdella valtaosan vuotta suuri (kuva 5c). Keväällä levät sitoivat soluihin talven aikana veteen kertyneen fosfaatin, minkä seurauksena veden fosfaattipitoisuus pieneni nopeasti. Levien runsaudesta huolimatta vedessä oli kesällä ajoittain hyvin paljon fosfaattia. Pitoisuutta voi kesällä nostaa vähähappisesta pohjasta veteen liukeneva fosfaatti.

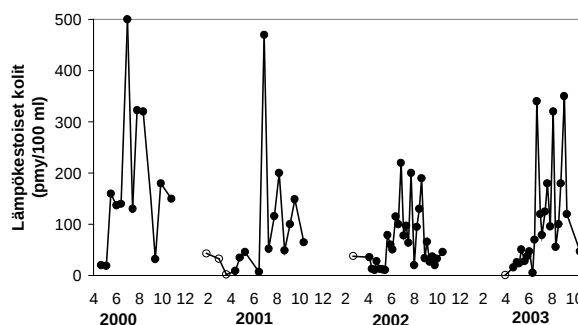


Kuva 5. Töölönlahden vesinäytteiden kokonaisfosforin (a), kokonaistypen (b), fosfaatin (c) ja liukoisen typen (d) pitoisuuden vaihtelu vuosina 2000–2003. Valkoisella pallolla (○) merkityt vesinäytteet on otettu jään alta ja mustat (●) avovesikaudella.

Liuenneen typen (ammonium, nitraatti, nitriitti) pitoisuudessa oli selvä vuodenaikaisvaihtelu (kuva 5d). Keväällä ennen levien runsastumista ja myöhään syksyllä levätuotannon loputtua pitoisuudet olivat suuria. Kesällä levät hyödynsivät tehokkaasti vedessä olevan liuenneen typen, minkä takia ammoniumpitoisuudet sekä nitraatti- ja nitriittipitoisuudet olivat pääsääntöisesti pieniä (0–8 $\mu\text{g/l}$). Kesällä 2001 nitraattipitoisuus oli kahdesti suuri, mikä samaan aikaan havaittujen suurten levämäärien perusteella oli vaikuttanut levien kasvuun kiihdyttävästi.

Liuenneen typen ja fosfaatin pitoisuuksien vertailun perusteella oli levien kasvu selvästi tyypirajoitteista. Kasviplanktonissa on typpeä ja fosforia keskimäärin painosuhteessa 7/1 (N/P). Jos typpeä on vedessä fosforiin verrattuna tätä vähemmän, rajoittaa typpi levien kasvua. Levät pystyvät käyttämään typen ja fosforin liuenneita muotoja: ammoniumia, nitraattia ja fosfaattia. Osa sinileivistä pystyy hyödyntämään myös veteen liuennutta ilmakehän typpeä, jolloin niillä on kasvetu typen ollessa levien kasvua rajoittava tekijä.

Kuva 6. Töölönlahden vesinäytteiden lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien tiheyden vaihtelu vuosina 2000–2003. Valkoisella pallolla (○) merkityt vesinäytteet on otettu jään alta ja mustat (●) avovesikaudella.
pmy = pesäkkeitä muodostava yksikkö



3.2.7 Veden hygieeninen laatu

Lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerien tiheys vaihteli Töölönlahdella 1–500 pmy/100 ml (mediaani 60) (kuva 6). Töölönlahden vesi täytti siten yhtä kertaa lukuun ottamatta uimaveden laatuvaatimuksen, jonka mukaan lämpökestoisten kolimuotoisten bakteerin tiheyden on oltava alle 500 pmy/100 ml (Sosiaali- ja terveysministeriön päätös N:o 41/1999)

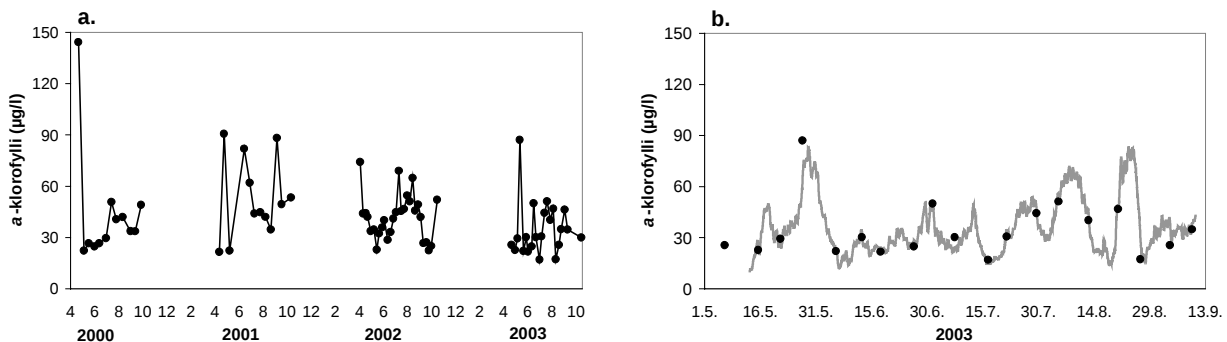
Taulukko 2. Töölönlahden veden laatu avovesikautena (touko-lokakuu) vuosina 2000–2003 kuukausikeskiarvojen keskiarvoina esitettynä

Vuosi	Näkö-syvyys M	Sameus FTU	Ko-konais-typpi µg/l	Liukoi-nen-typpi µg/l	Ko-konais-fosfori µg/l	Fosfaatti µg/l	Lämpökest. kolim. Bakteerit pmy/100ml	<i>a</i> -kloro-fylli µg/l
2000	0,6	16	840	7	100	18	180	42
2001	0,6	15	950	39	94	14	110	58
2002	0,6	16	860	5	110	21	73	42
2003	0,7	14	760	17	87	14	100	34

3.3 Töölönlahden biologinen tila

3.3.1 Kasviplanktonin lajisto ja biomassa sekä *a*-klorofylli

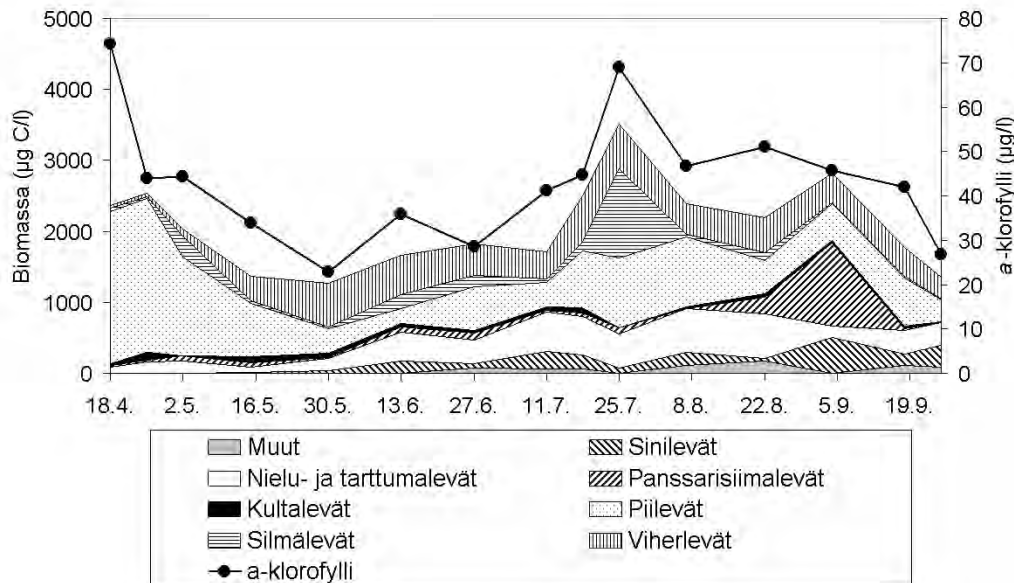
Levien määrästä kertova *a*-klorofyllipitoisuus oli kaikkina vuosina suurimmillaan kevätkukinnan aikaan, jolloin mitattiin 74–144 µg/l pitoisuuksia (kuva 7a). Kesällä levien määrä oli suuri, mutta näytteiden välillä oli paljon vaihtelua. Keskimäärin *a*-klorofyllipitoisuus oli 44 µg/l. Levien määrä oli yhtä suuri kuin 1990-luvun puolivälissä.



Kuva 7. Töölönlahden vesinäytteiden *a*-klorofyllipitoisuuden (a) vaihtelu vuosina 2000–2003 sekä vesinäytteiden ja sondin *a*-klorofyllipitoisuuden (b) vaihtelu vuonna 2003. Sondin mittaukset liukuvana 12 tunnin keskiarvona on merkitty harmaalla viivalla kuvassa b.

Keväällä 2002 Töölönlahden kasviplanktonin biomassan ollessa suuri yhteisö koostui suureksi osaksi piilevistä (*Thalassiosira* sp., *Chaetoceros wighamii*, *Diatoma tenuis*) (kuva 8). Lisäksi esiintyi runsaasti pieniä siimallisia leviä. Piilevien kasvun hiipuessä myös levien kokonaisbiomassa laski kesän minimiin. Kevätkukinnan jäljiltä vedessä oli vielä paljon kiekkomaisia piileviä, kun pienet viherlevät (esim. *Monoraphidium* spp., *Choricystis* sp.) ja pienet siimalliset levät (*Chrysochromulina* sp., *Pyramimonas* spp.) alkoivat runsastua. Samalla leväbiomassa kasvoi uudelleen. Veden lämpenemisen myötä runsastuivat pienet sinileväkoloniat (mm. *Chroococcales*, *Merismopedia* spp.) ja yksittäiset pienet levä- ja bakteerisolut. Rihmamaisia sinileviä ei juurikaan tavattu, lukuun ottamatta *Anabaena inaequalis* -sinilevän esiintymistä kohtalaisen runsaana heinäkuun alussa. Kesäkikesällä esiintyi paljon *Chaetoceros tenuis* ja *Nitzschia longissima* -piileviä sekä monenlaisia pieniä siimallisia leviä, pieniä viherleviä (esim. *Scenedesmus* spp.) ja *Prymnesium parvum* -tarttumaleviä. Isokokoisten rehevien vesien *Phacus* sp. -silmälevien runsastuminen heinäkuun lopussa aiheutti kesän suurimman leväbiomassan. Syyskuussa oli vielä lyhytkestoinen tunnistamatta jääneiden panssarisiimalevien massaesiintyminen. Syksyllä esiintyi paljon *Nitzschia longissima* -piileviä. Syyskuun lopulla runsastuivat vielä pienet *Chroococcales*-sinilevät, jotka muodostivat silloin lähes puolet leväsolujen kokonaismäärästä.

Vuosina 2000 ja 2001 kasviplanktonlajiston runsaussuhteissa tapahtunut vaihtelu muistutti hyvin paljon vuotta 2002. Keväällä *Diatoma tenuis* ja *Nitzschia longissima* -piilevät dominoivat yhteisöä. Kesäkuun lopulla 2001 levien suuri määrä johtui pienikokoisten silmälevien (*Eutreptiella* sp.), piileväkiekkojen (*Cyclotella* cf. *meneghiana*), panssarisiimalevien (*Heterocapsa rotundata*) ja viherlevien (*Monoraphidium contortum*, *Scenedesmus* spp. ja *Clamydomonas* sp.) runsastumisesta. Syyskuussa 2001 suuren leväbiomassan sai aikaan *Heterocapsa rotundata* -panssarisiimalevien runsastuminen. Töölönlahdella ei



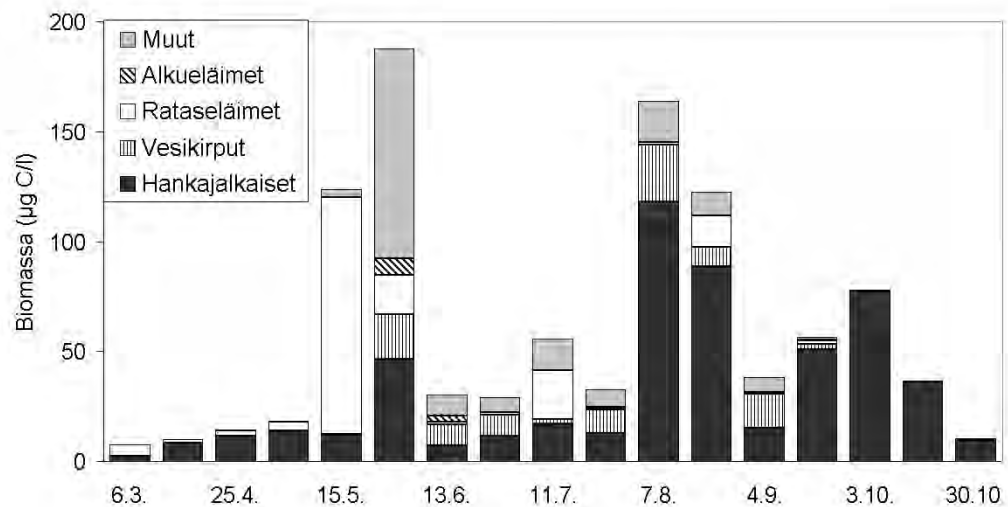
Kuva 8. Töölönlahden kasviplanktonin biomassan ($\mu\text{g C/l}$) ja a -klorofyllipitoisuuden ($\mu\text{g/l}$) vaihtelu pintavedessä avovesikaudella 2002.

esiinny merialueille tyypillistä panssarisiimalevien keväistä ja rihmamaisten sinilevien loppukesäistä runsastumista.

Jatkuvatoimisen näytteenottimen tulosten perusteella levien määrän vaihtelu on vielä suurempaa kuin viikoittaisen näytteenoton perusteella vaikuttaa (kuva 7b). Varsinkin loppukesästä levien määrä vaihteli paljon. Myös kesällä 2001 oli kaksi lyhytkestoista levien määrän maksimia, joista kesäkuinen johtui usean levälajin samanaikaisesta runsastumisesta ja syyskuinen *Heterocapsa rotundata*-panssarisiimalevän runsastumisesta.

Levänäytteille on tyypillistä yhden tai useamman lajin esiintyminen hyvin runsaana, vaikka niitä ei edellisessä tai seuraavassa näytteessä esiintyisi juuri ollenkaan. Levät kykenevät lisääntymään erittäin nopeasti kunhan riittävästi valoa ja ravinteita on tarjolla. Ravinteiden loputtua tai olosuhteiden muututtua muuten kasvulle epäsuotuisiksi levät sinnittelevät vedessä parempia aikoja odotellen tai ne muodostavat lepomuotoja.

Veden a -klorofyllipitoisuuden antama kuva levien määrän vaihtelusta voi olla suurempi kuin leväbiomassassa oikeasti tapahtunut muutos (kuva 8). Nopeasti jakautuvat leväsolut ovat pienikokoisia ja sisältävät paljon klorofylliä verrattuna hitaasti lisääntyviin leviin.



Kuva 9. Töölönlahden eläinplanktonin biomassan ($\mu\text{g C/l}$) vaihtelu avovesi-kaudella 2002.

3.3.2 Eläinplanktonlajisto ja -biomassa

Eläinplanktoniin lasketaan kuuluvaksi vedessä olevat mikroskooppisen pienet eläimet, jotka jaotellaan karkeasti alkueläimiin, rataseläimiin sekä äyriäisiin kuuluviin vesikirppuihin ja hankajalkaisiin. Lisäksi eläinplanktoniin sisällytetään useiden eläinten veden mukana kulkeutuvat toukkavaiheet.

Töölönlahdelta tavattiin vuonna 2002 yhteensä 41 eri eläinplanktonlajia (oikeammin laskentayksikköä). Keskimäärin näytteissä oli 19 lajia. Eläinplanktonin keskimääräinen kokonaisbiomassa oli 83 mg C/m^3 . Töölönlahden lajisto oli hieman köyhempi kuin muilla Helsingin rehevillä lahdilla ja kokonaisbiomassa oli selvästi pienempi kuin Helsingin lahtialueilla keskimäärin havaittu 140 mg C/m^3 (Pellikka ja Viljamaa 1998). Eläinplanktonin määrässä on tyypillisesti suurta vuosien välistä vaihtelua. Töölönlahdella ei esiintynyt runsaasti vesikirppuja, jotka muodostavat usein suuren osan kokonaisbiomassasta. Syynä vesikirppujen vähyteen voivat olla niitä saalistavat kalat.

Talven jäljiltä eläinplanktonia oli vähän ravinnon niukkuuden takia. Keväällä eläinplanktoniyhteisö koostui lähes kokonaan *Eurytemora affinis* -hankajalkaisista ja *Synchaeta*-suvun rataseläimistä (kuva 9). Kasviplanktonin kevätkukinnan parantamassa ravintotilanteessa runsastuivat ensimmäisenä pienet *Keratella quadrata* -rataseläimet ja hieman myöhemmin *Tintinnopsis fimbriata* -alkueläimet, *Filinia longiseta* -rataseläimet, *Daphnia cucullata* -vesikirput sekä *Balanus*-merirokon toukat.

Keskikesällä vesi on lämmintä ja ravintoa on runsaasti tarjolla. Eläinplanktonin kasvu on siten nopeaa ja elinkierrot ovat vastaavasti lyhyitä. Kesällä eläinplanktoniyhteisö koostui pääasiassa *Eurytemora*- ja *Acartia*-hankajalkaisista, *Diaphanosoma*- ja *Daphnia*-vesikirpuista sekä monisukasmatojen toukista. Ajoittain *Filinia longiseta*- ja *Keratella*-suvun rataseläimet runsastuivat huomattavasti. Loppukesällä, jolloin eläinplanktonin kokonaisbiomassa on tavallisesti suurimmillaan, yhteisö koostui valtaosin *Acartia*-hankajalkaisista.

Syksyllä eläinplanktonin määrä vähenee sekä kalojen saalistuksen että vesien viilenemisestä seuraavan lisääntymisen hidastumisen takia. Myöhään syksyllä *Eurytemora*-hankajalkaiset ja *Synchaeta*-rataseläimet muodostivat suurimman osan eläinplanktonista.

3.3.3 Pohjaeläinlajisto ja -biomassa

Töölönlahden pohjaeläinlajisto oli hyvin yksipuolinen (taulukko 3). Matalille ja happiköyhille liejupohjille tyypillisesti lajisto koostui lähes pelkästään harvasukasmadoista (Oligochaeta) ja surviaissääsken toukista (Chironomidae). Surviaissääsken toukat muodostivat yli 90 % pohjaeläinten kokonaisbiomassasta (märkäpaino), joka vaihteli 22–31 g/m². Surviaissääsken toukkia oli myös tiheämmässä kuin harvasukasmatoja lukuun ottamatta Eläntarhanlahdelle vievän tunnelin edustan havaintopaikkaa (178), jossa harvasukasmatoja esiintyi hyvin tiheässä. Keskellä lahtea oli vain surviaissääsken toukkia ja harvasukasmatoja. Tunnelin edustan näytteissä tavattiin niiden lisäksi muutama halkoisjalkaäyriäinen (*Neomysis integer*) ja värysmato (*Planaria*). Lahden pohjoisosassa tavattiin vielä värysmatojen ja halkoisjalkaäyriäisen (*Praunus inermis*) lisäksi yksi monisukasmato (*Marenzelleria viridis*) ja seitsemän vaeltajakotelo (*Potamopyrgus jenkinsi*).

Pohjaeläimistön muodostuminen lähes kokonaan harvasukasmadoista ja surviaissääsken toukista vastaa tilannetta Töölönlahdella 1990-luvun alussa (Varmo 1991) ja yleensä Helsingin rehevillä sisälähdillä (Nurmi 2003). Surviaissääsken toukkien runsauden vuoksi pohjaeläinten kokonaisbiomassa oli Töölönlahdella melko suuri.

Harvasukasmadot ja surviaissääsken toukat määritettiin laskennan ja punnituksen yhteydessä näihin ryhmiin. Osasta yksilöitä tehtiin myöhemmin tarkempi määrittäminen, minkä perusteella harvasukasmatojen ja surviaissääsken toukkien kokonaismäärä jaettiin sukuihin ja lajeihin. Tarkemman määrittämisen yhteydessä löytyivät myös värysmadot, jotka jäivät siksi punnitsematta.

Surviaissääsken toukat määritetään hampaiston perusteella. Hampaistossa esiintyvien epämuodostumien, deformaatioiden, on epäilty johtuvan ympäristömyrkyistä. Surviaissääsken toukilla oli eniten epämuodostumia lahden keski-

osan havaintopaikalla, missä niitä oli useammalla kuin joka kymmenennellä yksilöllä.

Taulukko 3. Töölönlahden havaintopaikkojen 178, 179, ja 189 pohjaeläinten tiheydet, biomassat märkápainoina (biomassa ilman värysmatoja) ja surviaissääsken toukkien hampaissa havaitut epämuodostumat (Chironomus-deformaatiot) vuonna 2002

Laji	178 yks/m ² g/m ²		179 yks/m ² g/m ²		189 yks/m ² g/m ²	
Harvasukasmadot:						
<i>Potamothenix</i> sp.	4064		27		893	
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>	1404		974		526	
Yhteensä	5468	1,78	1001	0,50	1419	0,42
Surviaissääsken toukat:						
<i>Chironomus</i> spp.	67		77		98	5
<i>Chironomus plumosus</i> -ryhmä	1262		1507		1839	86
<i>Cryptochironomus defec-tus</i>			11			
<i>Polypedilum nubercu-losum</i>	11					
<i>Procladius</i> spp.	78		22		33	
<i>Tanytus punctipennis</i>	67				164	
Yhteensä	1485	20,45	1617	30,14	2134	24,95
Chironomus-deformaatiot	47		220		33	
Muut:						
<i>Marenzelleria viridis</i>					11	0,13
<i>Neomysis integer</i>	44	0,07				
<i>Planaria</i> sp.	82				58	
<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>					77	0,47
<i>Praunus inermis</i>					11	0,01
yhteensä	126	0,07			157	0,61
Kaikki yhteensä	7079	22,30	2618	30,64	3710	25,98

3.3.4 Töölönlahden kasvillisuus

Töölönlahden ranta on osin luonnonmukainen ja varsinkin lahden pohjois- ja kaakkoisosissa kasvaa tiheää ruovikkoa. Vain kolmelta näytepaikalta (A, C ja G) kahdeksasta saatiin haraamalla kasveja (kuva 1). Näytteet olivat harvoja. Niissä oli vain pieniä määriä rihmamaisia viherleviä: ahdinpartaa (*Cladophora glomerata*) ja suolilevää (*Enteromorpha intestinalis*). Töölönlahden pohja oli lahden veden sameuden takia käytännössä kasviton kelluslehtisten kasvien ja putkilokasvien osalta.

3.4 Yhteenveto Töölönlahden veden laadusta ennen kunnostamista

Töölönlahti on aiemman ravinnekuormituksen jäljiltä edelleen voimakkaasti rehevöitynyt ja vedenlaadultaan välttävässä kunnossa. Nykyisellään Töölönlahti soveltuu hyvin vain sellaiseen virkistyskäyttöön, jossa veden laadulle ei aseteta juurikaan vaatimuksia.

Töölönlahden veden laatuun vaikuttavat eniten veden vaihtuminen Eläintarhanlahden kautta Vantaanjoen veden ja Helsingin edustan meriveden kanssa sekä lahden pohjasedimentistä liukenevat ravinteet. Lahden pienen tilavuuden takia myös hulevedet ja vesilintujen jätökset voivat vaikuttaa merkittävästi veden laatuun.

Töölönlahden vesi on läpi vuoden sameaa. Vantaanjoen mukanaan tuoma savisamennus värjää vettä varsinkin keväällä ja syksyllä. Kesällä vettä samentaa pääasiassa lahteen kertyvä planktonlevämassa. Töölönlahden vesi on murtovettä. Veden suolapitoisuus on keskimäärin 4,4 ‰, mutta se vaihtelee Vantaanjoen tulva-ajan vain 2 ‰:sta vähäsateisen kesän yli 5 ‰:een.

Veden happitilanne pysyy kohtalaisena tuulen aiheuttaman sekoittumisen ansiosta. Voimakkaasta levätuotannosta johtuva pohjalle vajoavan kuolleen orgaanisen aineksen suuri määrä aiheuttaa kuitenkin hapen vajausta sedimentin pinnalla ja pohjan läheisessä vedessä. Selvää veden happivajausta esiintyy lopputalvella ja joskus myöhään syksyllä, jolloin luonnonvesien happitilanne on yleensä huonoimmillaan.

Varsinkin pohjasedimentistä liukenevat ravinteet ruokkivat levien kasvua, mutta myös Vantaanjoen vesi ja Eläintarhanlahden suunnalta virtaava merivesi ovat hyvin ravinnepitoisia. Runsastuessa keväällä levät sitovat nopeasti so-luihinsa talven aikana veteen kertyneen liuenneen typen ja suurimman osan fosfaatista. Kasvukaudella ilmeisesti liennut typpi on levien kasvua rajoittava ravinne. Kokonaistypen- ja fosforin pitoisuudet ovat tyyppillisen suuria hyvin rehevälle vedelle.

Runsaimpana Töölönlahden kasviplanktonlajistossa esiintyvät keväisen piilevämaksimin lisäksi pienikokoiset ja usein siimalliset lajit, jotka pystyvät tehokkaasti hyödyntämään runsasta ravinnemäärää ja pysyvät liikuntasiimojensa ja pienen kokonsa ansiosta valaistussa pintakerroksessa. Runsaaravinteisissa vesissä viihtyviä silmäleviä on myös erittäin runsaasti. Lämpimän veden aikaan pienet sinilevät yleistyvät, mutta veteen liuennutta ilmakehän tyypeä hyödyntämään kykeneviä rihmamaisia sinileviä ei Töölönlahdella juurikaan havaittu.

Pohjaeläimistö koostuu lähes pelkästään surviaissääsken toukista ja harvasukasmadoista, jotka ovat tyypillisiä reheville liejupohjille ja sietävät huonoa happitilannetta. Veden sameudesta takia pohja on lähes kasviton kelluslehtisten ja putkilokasvien osalta.

Töölönlahden vesi olisi luonnontilaisena merenlahtena melko sameaa ja tuottavaa. Vesi olisi kesällä nykyistä kirkkaampaa pienemmän levätuotannon takia, jolloin Töölönlahden matalilla pohjilla kasvaisi uposversoisia kasveja, kuten ahdinparta ja hapsivita. Pienemmän levätuotannon takia pohjalle vajoaisi vähemmän orgaanista ainesta, minkä seurauksena pohjan happitilanne olisi nykyistä parempi ja pohjaeläimistö siten hieman monipuolisempi, esimerkiksi liejusimpukoita voisi esiintyä Töölönlahdella.

4 Johtopäätöksiä

- Töölönlahden suurimpana ongelmana voidaan pitää suuresta kasvinravinnepitoisuudesta johtuvaa rehevyyttä ja kasviplanktonin liikakasvua. Kasviplankton värjää kesällä veden samean vihreäksi ja pohjalle vajoavan kuolleen leväaineksen suuri määrä aiheuttaa hapen vajoasta pohjan lähellä ja vesipatsaassa.
- Töölönlahden kasviplankton- ja pohjaeläinlajisto kuvastavat hyvin rehevää tilaa. Kasviplanktonissa esiintyy mm. säännöllisesti ja runsaslukuisesti ravinteikkaassa vedessä viihtyviä silmäleviä. Pohjalla elää lähes pelkästään rehevillä ja vähähappisilla liejupohjilla toimeen tulevia surviaissääsken toukkia ja harvasukasmatoja. Levien aiheuttaman sameuden takia pohja on lähes kasviton.
- Töölönlahti on pysynyt hyvin rehevänä, johtuen lahden veden heikosta vaihtumisesta ja sen pohjasedimentistä liukenevasta suuresta ravinnekuormituksesta, vaikka muilla Helsingin sisälahdilla veden laatu on merkittävästi parantunut 1970-luvun puoliväliin verrattuna. Töölönlahden veden sameus, mikä kesällä johtuu pääasiassa levien runsaudesta, on yhä samaa tasoa kuin 1970-luvulla.
- Vuonna 2005 aloitettavalla veden vaihtumista lisäävällä parempilaatuisen korvausveden johtamisella on hyvät edellytykset vähentää Töölönlahteen kertyvää planktonlevämassaa. Kunnostamisen seurauksena levien aiheuttama sammus ja happiongelmat pienenevät. Veden kirkkauden lisääntyessä Töölönlahti alkaa muistuttaa luonnontilaista merenlahtea, mikä Suomenlahden nykytilanteessa kuitenkin tarkoittaa melko sameaa ja tuottavaa vettä.
- Tämä laaja selvitys Töölönlahden veden laadusta ennen kunnostuksen aloittamista tekee helpoksi myöhemmin arvioida kunnostustoimenpiteiden vaikutusta.

Lähdeluettelo

- Ahonen, J. 2001. Töölönlahden kunnostaminen. Kuntatekniikka 5:2001. s. 9–12
- Boing-sanakirja. (Viitattu 9.12.2003). Saatavissa: <http://jolly.fimr.fi/index.html>
- Helsingin kaupungin rakennusvirasto katurakennusosasto, vesilaboratorio 1978a. Töölönlahden, Eläintarhanlahden ja Kaisaniemenlahden tila ja kunnostusmahdollisuudet. Muistio 2.2.1978. 7 s.
- Helsingin kaupungin rakennusvirasto, katurakennusosasto, vesilaboratorio 1978b. Töölönlahden, Eläintarhanlahden ja Kaisaniemenlahden kunnostaminen uimakelpoiseksi, tarvittavat toimenpiteet. Muistio 23.5.1978. 6 s.
- Helsingin kaupungin ympäristökeskus 1994. Helsingin kaupungin ympäristönsuojelun tavoite- ja toimenpideohjelma vuosille 1994–1998. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 3/94. 58 s. + 2 liitettä
- Ilmatieteen laitos 2003. Syyskuu 2003 ja tilastoja. (Viitattu 7.10.2003). Saatavissa: http://www.fmi.fi/saa/tilastot_63.html#10
- Kajaste, I. 2002. Töölönlahden laimennusveden vaihtoehtojen ottopaikkojen vedenlaadun vertailu. Helsingin ympäristökeskuksen monisteita 8/2002. 28 s. + 6 liitettä
- Kansanen, P. ja T. Norha 1996. Sedimentin kemikaloinnin ja lisäveden johtamisen vaikutus Töölönlahden veden laatuun. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 5/96. 14 s. + 2 liitettä.
- Kansanen, P., Norha, T., Pesonen, L. ja T. Riiheläinen 1995. Töölönlahden sedimentin kunto ja sisäinen kuormitus. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 1/95 22 s.
- Laakkonen, S. 2001. Vesiensuojelun synty, Helsingin ja sen merialueen ympäristöhistoriaa 1878–1928. Gaudeamus kirja. Oy Yliopistokustannus University Press Finland Ltd. Tampere-Paino, Tampere 2001. 309 s.
- Laakkonen, S. ja S., Laurila 2001. Vihreä Keidas? Töölönlahden pilaantumisen ja suojelun yhteiskuntahistoriaa 1700-luvun lopulta vuoteen 2000. Laakkonen, S., S., Laurila, S., Kansanen, P. ja H., Schulman (toim.). Näkökulmia Helsingin ympäristöhistoriaan. Helsingin kaupungin tiedekeskus, Edita. Helsinki 2001. 256–271.
- Maa ja Vesi Oy 1997. Vesijohtoveden johtaminen Töölönlahteen. Yleissuunnitelma, joulukuu 1997. Helsingin kaupunki, rakennusvirasto, puisto-osasto. 6 s. + 2 liitettä
- Maa ja Vesi Oy 1998. Töölönlahden kanavan ja vesiaiheen vesitekninen yleissuunnitelma, joulukuu 1998. Kaupunkisuunnitteluvirasto 27 s. + 10 liitettä
- Maa ja Vesi Oy 2000. Töölönlahden kanavan ja vesiaiheen vesitekninen yleissuunnitelma, joulukuu 2000. Kaupunkisuunnitteluvirasto. 23 s. + 10 liitettä
- Nurmi, P. 2001. Sadevesiviemäreiden veden laatu. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 8/2001. 21 s. + 6 liitettä
- Nurmi, P. 2003. Helsingin ja Espoon merialueen pohjaeläimistö. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuonna 2002. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen monisteita 2/2003. Pellikka, K. (Toim). 53–67.
- Pellikka, K. ja H. Viljamaa 1998. Eläinplankton Helsingin merialueella 1969–1996. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen julkaisuja 12/98. 48 s.

Pesonen, L., Norha, T., Rinne, I., Viitasalo, I. ja H. Viljamaa 1995. Helsingin ja Espoon merialueiden velvoitetarkkailu vuosina 1987–1994. Helsingin kaupungin ympäristökeskuksen moniste 1. 143 s.

Pesonen, L., Norha, T. ja M. Räsänen 2000. Töölönlahden laimennusvesivaihtoehdot: Veden laadun vertailu Seurasaarenselällä, Töölönlahdella ja Eläintarhanlahdella kesällä 2000. 25.9.2000. 14 s.

Rekolainen, S. 1982. Ravinteiden siirtyminen pohjasta veteen Helsingin merialueen sisälahdissa. Helsingin kaupungin rakennusviraston vesilaboratorion tiedonantoja 14:1. 70 s

SCC Viatek Oy 2000. Töölönlahden kunnostaminen johtamalla merivettä Seurasaarenselältä. Hankesuunnitelma. Helsingin kaupungin rakennusviraston viherosaston selvityksiä 2000:9. 41 s. + 5 liitettä

Sosiaali- ja terveysministeriön päätös yleisten uimarantojen veden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveysministeriön päätöksen muuttamisesta. N:o 41:1999.

Suomen ympäristökeskus 1999: Järvien, jokien ja merialueen vedenlaatu - luokitus 1994–1997. (Viitattu 21.10.2003). Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/tila/vesi/laatu/laat9497.htm>

Suunnittelukeskus Oy 1992a. Töölönlahden kuormitus selvitys. Helsingin kaupungin vesi ja viemärilaitos. 35 s. + 5 liitettä

Suunnittelukeskus Oy 1992b. Töölönlahden kuormitus selvitys, erillisliitteet. Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos.

Tikkanen, M., Korhola, A., Seppä., H. ja J. Virkanen 1996. Töölönlahden ympäristöhistoria ja veden laadun muutokset pohjasedimentin kuvastamana. Helsingin kaupungin tietokeskuksen tutkimuksia. 1996:4. 96 s.

Tirri, R., Lehtonen, J., Lemmetyinen, R., Pihakaski, P. ja P. Portin 1993. Biologian sanakirja. Otava. 546 s. + 4 liitettä

Työryhmän raportti 1983. Rantojen kunnostaminen virkistyskäyttöön. Kokonaissuunnitelma toimenpideohjelmiseen Helsingin rantojen käytöstä ja kunnostustarpeesta erityisesti virkistyskäyttöä ajatellen. 78 s. + 4 liitettä

Varmo, R. 1991. Töölönlahden veden ja pohjan tilan selvitys vuodelta 1990. Helsingin kaupungin vesi- ja viemärilaitos. Raportti 30.9.1991. 5 s.

Viatek Oy 1987. Töölönlahden Vesitekninen selvitys. Kamppi. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 22 s. + 3 liitettä

Viatek Oy 1989. Töölönlahden vedenlaadun parantamismahdollisuuksien tekninen selvitys. Kamppi–Töölönlahti osayleiskaavatyö. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. 18 s. + 7 liitettä

Viatek Oy 1999. Meriveden kierrätys Töölönlahteen. Helsingin kaupunki, rakennusvirasto, viherosasto ja kaupunkisuunnitteluvirasto, teknistaloudellinen toimisto. 2.9.1999. 14 s. + 4 liitettä.

Välikangas, I. ja Järnefelt, H. Töölönlahden puhdistamismahdollisuuksista. Tutkimuksia puhtaustilanteesta eräissä Helsingin satama-alueen osissa kesällä 1936. Julkaisematon raportti, Merentutkimuslaitoksen arkisto. 10 s.