



KUTSEHARIDUSE SISULINE ARENDAMINE
2008 - 2013



Euroopa Liit
Euroopa Sotsiaalfond

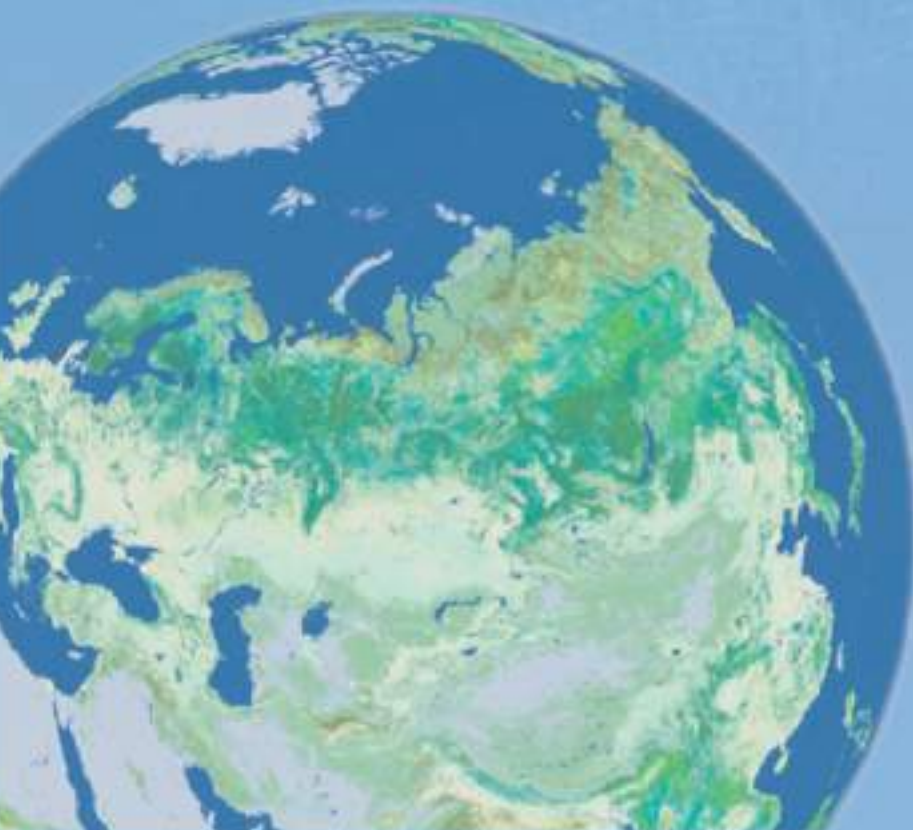


Eesti tuleviku heaks

RANEL SUURNA

EVELI SISAS

GIS JA KARTOGRAAFIA ALUSED



RANEL SUURNA EVELI SISAS

GIS JA KARTOGRAAFIA ALUSED

TALLINN
2010

Käesolev õppematerjal on valminud „Riikliku struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva rakenduskava „Inimressursi arendamine” alusel prioriteetse suuna „Elukestev õpe” meetme „Kutseõppe sisuline kaasajastamine ning kvaliteedi kindlustamine” programmi „Kutsehariduse sisuline arendamine 2008-2013” raames.

Õppematerjali autorid
Ranel Suurna, Eveli Sisas

Retsensent
Ain Jõgi

Keeletoimetaja
Ranel Suurna

Õppematerjali autoriõigus kuulub Riiklikule Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskusele
ISBN 978-9949-9074-3-4

Õppematerjali koostamist toetas Euroopa Liit

Sisukord

EESSÕNA	6
I SISSEJUHATUS.....	7
1. GIS-I TUTVUSTUS: MÕISTE, KOMPONENDID, FUNKTSIOONID	7
1.1. GIS-i ajalugu – peamised etapid arengus	10
1.2. Kronoloogia GIS-i arengust Eestis	11
2. ÜLEVAADE KASUTUSVALDKONDADEST	13
II RUUMIANDMETE VISUALISEERIMINE JA KAARDIVÄLJUNDID	19
3. RUUMIANDMETE ESITAMINE	19
3.1. Reaalsete nähtuste modelleerimine	20
3.2. GIS ja kaardid.....	23
3.3. Paberkaardid vs digitaalkaardid	25
3.4. Kaardi mõõtkava	26
3.5. Üldistamine ehk generaliseerimine.....	27
4. GIS-VÄLJUNDI KOOSTAMINE.....	31
4.1. Kaardi komponendid	33
4.2. Kaartide liigid	34
4.3. Värvide kasutamine kartograafias	35
4.4. Sümboloogia ja selle graafilised karakteristikud	38
4.5. Kaardikirjad ja nende paigutamise põhimõtted.....	44
5. VALIK EESTI KAARDITOODETEST.....	48
5.1. Eesti Põhikaart	48
5.2. Eesti Baaskaart	49
5.3. Kaitseväge kaart.....	49
5.4. Aeronavigatsiooni kaart.....	49
5.5. Merenavigatsiooni kaardid	50
III GEOGRAAFILISE INFORMATSIOONI HALDAMINE.....	52
6. KOORDINAATSÜSTEEMID JA KAARDIPROJEKTSIOONID	52
6.1. Referentspinnad.....	53
6.2. Referentsüsteem	54
6.3. Geograafiliste koordinaatide süsteem	55
6.4. Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem	56
6.5. Kaardiprojektsioonid.....	57
6.6. Eestis kasutatavad koordinaatsüsteemid	60
6.7. Eesti kaardilehtede nomenklatuur	62
7. GIS-I LOOMINE.....	64
7.1. Reaalsusmudel, andmemudel, esitusmudel	64
7.2. Organisatsioon ja kasutajarollid.....	65
8. RUUMIANDMETE HALDAMINE	68
8.1. Raster- ja vektormudel	68
8.2. Geoandmebaas	76

9.	GIS TARKVARAD	79
10.	RUUMIANDMETE FORMAADID JA RUUMIANDMETEENUSED	82
10.1.	<i>Ruumiandmed</i>	82
10.2.	<i>Ruumiandmeteenuused</i>	83
IV	GEOTÖÖTLUS	88
11.	PÄRINGUD: RUUMILISE ASUKOHA JA ATRIBUUTANDMETE ALUSEL	88
12.	RUUMIANALÜÜSID	91
V	RUUMIANDMETE KOGUMINE JA UUENDAMINE	99
13.	ANDMETE KOGUMISE TEHNOLOOGIAD	99
13.1.	<i>GPS-tehnoloogia kasutamine GIS-andmete kogumisel ja uuendamisel</i>	102
14.	ANDMETE KOGUMINE JA KÄTTESAADAVUS	106
15.	RUUMIANDMETE KVALITEET	111
15.1.	<i>Ebamäärasus</i>	112
15.2.	<i>Metaandmed</i>	113
16.	GIS STANDARDID JA RUUMIANDMETE INFRASTRUKTUUR	115
16.1.	<i>Ruumiandmete infrastruktuur</i>	117
LISA 1. Praktilised harjutused		
LISA 2. Nädisandmed (digitaalsel kujul)		

Eessõna

Käesolev õppematerjal on koostatud maamõõtmise eriala riikliku õppekava geoinformaatika ja kartograafia moodulite sisust lähtuvalt, mis sisaldab ka teemaga seotud praktiliste harjutuste vihikut ja sinna juurde kuuluvaid digitaalses andmeformaadis näidisandmeid.

Raamat on ette nähtud eelkõige kutseõppe asutuste aineõpetajatele ja õpilastele ning on kasutatav ka üldhariduskoolide ja ülikoolide GIS-i, geoinformaatika ja kartograafia valdkondi käsitlevates õppeainetes.

Autorid tänavad asjakohaste täienduste, nõuannete, märkuste ning pildi- ja kaardimaterjali näidete eest kõiki isikuid ja instantse, kes olid abiks vastava materjali koostamisel – Raido Valdmaa (AlphaGIS), Aivo Vard (AlphaGIS), Tõnis Laur (AlphaGIS), Diana Makarenko-Piirsalu (Statistikaamet), Andris Sprivul (Eesti Kaitseväge), Raivo Aunap (Tartu Ülikool), Olavi Heinlo (Veeteede Amet) jt.

I Sissejuhatus

1. GIS-i tutvustus: mõiste, komponendid, funktsioonid

Allolevas peatükis antakse ülevaade geograafilise informatsiooni olemusest ja selle tähtsusest. Seletatakse lahti kogu õpikut läbivad peamised definitsioonid. Tuuakse näiteid geograafilise informatsiooni kasutamise kasulikkusest erinevate probleemide lahendamisel. Vastatakse küsimustele: mis on geograafiline infosüsteem (GIS), mis on GIS-i komponendid, mis on GIS-i funktsioonid? Käsitletakse GIS-i ajaloo olulisemaid sündmusi nii maailma kui Eesti kontekstis.

Peaaegu kõik, mis maailmas toimub, paikneb olemuslikult geograafilises ruumis. Kõik tegevused, nähtused omavad asukohta. Inimesed on koondanud oma tegevused suurel määral Maa pinnale ning selle lähedusse. Me reisime Maa erinevates paikades, üle selle – atmosfääri alumistes kihtides – ja sõidame maa-alustes tunnelites. Me kaevame maa sisse vee- ja gaasitorusid ning paigaldame elektriliine, rajame teid ja puurime kaeve, võtame kasutusse uusi maardlaid ja kaevame kraave. Väga tähtis on omada kõigi nende nähtuste ja tegevuste kohta ülevaadet võimalike probleemsete situatsioonide vältimiseks. Uue kaevu rajamisel peab puurija olema eelnevalt teadlik, et samas kohas ei paikne tema tegevuste lähiümbruses gaasitrassi. Teadmine, kus midagi toimub, on kriitiliselt tähtis ka juhul, kui meil on vaja ise vastavasse kohta kohale jõuda.

Asukohainfo on paljudes ühiskonna poolt lahendatavates toimingutes lahutamatuks osaks. Mõned probleemid on nii rutiinsed, et me oma igapäevaelus ei pane neid tähelegi – nt mis teed pidi kooli/tööle/kauplusesse minna? Teised seevastu aga on sedavõrd keerulised, et vajavad põhjalikke teadmisi, täpseid andmeid ja spetsiifilisi analüüse – nt kui tuleb leida põhjused, miks teatud taimeliik senisest elupaigast hääbus.

Geograafia – õpetus Maa pinnast, mis hõlmab erinevate füüsiliste, bioloogiliste, majanduslike ja kultuuriliste nähtuste kirjeldust ja jaotust Maal ning nende omavahelist koostoimimist.

Näited ülesannetest ja probleemidest, mille lahendamisel on oluline osa geograafilisel informatsioonil.

- ◆ Oled reisijana võõras linnas ning on vaja leida sobivaim öömaja ja seejärel optimaalseim teekond selleni.
- ◆ Juhtus autoõnnetus ja tee, mida tahtsid kasutada, on suletud. Kuidas sõita ümber?
- ◆ Linnas on vajadus uue lasteaia järele. Kuhu täpselt peaks selle ehitama?
- ◆ Elad vooluveekogu kaldal, mis kipub kevadise suurvee ajal üle ujutama. Kui mitu meetrit saab veetase tõusta, et see ei ohustaks Sinu või naabri vara ja majapidamist?
- ◆ Kuidas jõuda kõige kiiremini ühest linna servast teise?
- ◆ Soovid tagastada tekkinud klaastarat või keskkonnale ohtlikke jäätmeid. Kus asub Sinu elukohale lähim pakendikonteiner ja/või jäätmejaam?
- ◆ Veekoguga piirnevale krundile ehitiste rajamisel on tihti vaja arvestada erinevaid kitsendusi, mille mõjupiirkonnad on GIS-i kaudu võimalik kergesti tuvastada ja visualiseerida.
- ◆ Muldade agrokeemiliste omaduste määramise (nt mulla happesus, väetistarve jms) analüüsid, et hinnata põllumajandusliku väetamise vajaduse geograafilist ulatust.
- ◆ Vulkaanilise tuha leviku ja kiiruse modelleerimine ohutu lennuliikluse planeerimiseks.

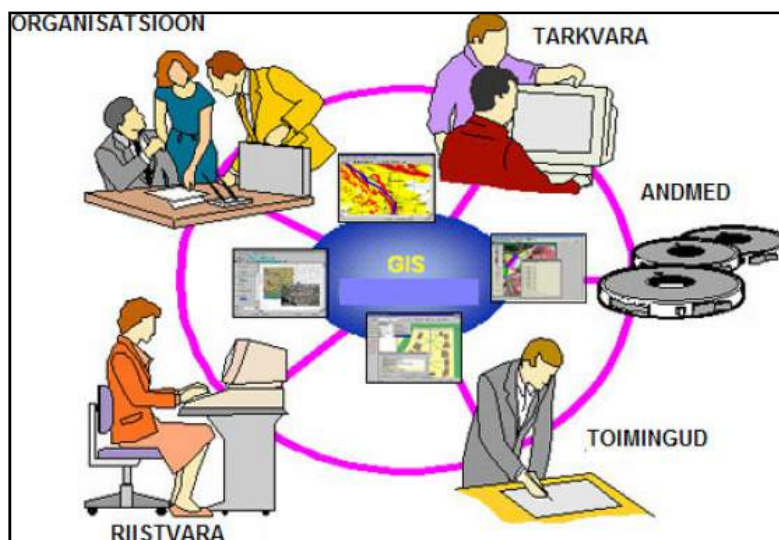
1960. aastate algusest alates on tehnoloogia tasapisi, kuid jõuliselt muutnud viisi, kuidas inimesed näevad oma ümbruskonda. Selleks uueks tehnoloogiaks on GIS – geograafiline infosüsteem. Nõnda nagu on ka paljude teiste tehnoloogiate puhul, ei tunneta enamusi inimesi GIS-i mõju otseselt. Seda hoolimata faktist, et alates 1990. aastatest on geoinfosüsteemide rakendamine tohutult kasvanud. GIS-tehnoloogiat kasutab

igapäevase töökeskkonna osana rohkem kui miljon inimest, mis omakorda mõjutab miljonite inimeste igapäevast elu.

Geograafiline infosüsteem (GIS) on omavahel seotud kogum tarkvarast ja andmetest, mida kasutatakse geograafilise info vaatamiseks ja haldamiseks, ruumiliste seoste analüüsimiseks ning ruumiliste protsesside modelleerimiseks.

GIS annab raamistiku ruumiandmete ja nendega seotud informatsiooni kogumiseks ja haldamiseks sellisel, et seda saab visualiseerida ja analüüsida.

Geograafiline infosüsteem on oma olemuselt keeruline kogum. Vaatamata oma komplekssele sisaldab see üksteisest hästi eristatavaid komponente. Tänapäeval on kõige aluseks võrgustik. GIS sõltub väga palju Internetist ja muudest võrgustikest (intranet jms). Lisaks Interneti algsele eesmärgile ühendada arvutid ühtseks võrguks, on see täna ka üks olulisemaid infovahetuse viise.



Joonis 1. GIS ja selle komponendid

Esimeseks GIS-i komponendiks on riistvara. Traditsiooniliselt asus personaalarvuti spetsialisti töölaua. Täna on aga kasutajail palju rohkem liikumisvabadust, kuna GIS-i funktsioone saab kasutada erinevates mobiilsetes seadmetes: sülearvutites, pihuarvutites ja mobiiltelefonides. Riistvara mõjutab andmete töötlemise kiirust, kasutamise lihtsust ja võimalikke väljundite tüüpe.

Teiseks GIS-i komponendiks on arvuti(te)sse paigaldatav tarkvara. Selleks võib olla lihtne veebibrauser, mille korral kogu töö tehakse teenuseid kasutades serverite poolt, kuid tõenäolisemalt on selleks teatud GIS-tarkvarapakett. Tarkvaratootjate (nt Esri, Intergraph, Autodesk, Pitney Bowes Business Insight vms) poolt pakutavad tooted on erineva keerukusastmega ja andmetöötlusvõimega.

GIS-i kolmas komponent on andmebaas. Andmed on aluseks nii kaartide koostamisel kui ka kõikvõimalike erineva sisu ja suunitlusega ülesannete lahendamisel.

GIS-i neljandaks komponendiks on toimingud. Lahendatud peavad olema erinevad haldusküsimused, et säilitada kõrge kvaliteet, vastata organisatsiooni nõuetele jne. Analüüside tegemiseks on vajalikud selgesti kirjeldatud ja järjekindlad meetodid.

Viimane, kuid kõige olulisem GIS-i komponent on inimressurs. Inimesed peavad defineerima toimingud ja GIS-i ülesanded. Kui inimesed saavad tihti parandada teiste GIS-i komponentide puudujääke, ei saa ka kõige võimekamad GIS-tarkvarad ja riistvarad kompenseerida organisatsiooni ebakompetentsust. GIS-i kasutajatel on vajalikud erineva tasemega oskused sõltuvalt sellest, mis on nende roll. Kõik peavad aga ruumiandmetega töötamisel omama elementaarseid baasteadmisi nagu andmeallikad, määtkava, täpsus ning tarkvaratoodete funktsionaalsus.

Iga GIS peab olema suuteline teostama teatud fundamentaalseid toiminguid, et leida lahendusi reaalse maailma probleemidele.

GIS funktsioonid võib jagada neljaks:

- ◆ andmete kaardistamine ja visualiseerimine;
- ◆ geograafilise informatsiooni haldamine;
- ◆ andmete kogumine ja uuendamine;
- ◆ geograafilised analüüsid.

Andmete kaardistamine ja visualiseerimine sisaldab reaalse maailma nähtustest mudeli loomist, kasutades selleks geograafilist informatsiooni sisaldavaid andmeid. Geograafilise informatsiooni haldamine on vajalik, et lahendada reaalses maailmas eksisteerivaid ja tekkivaid probleeme. Kui objektid ja nähtused reaalses maailmas muutuvad, peab toimuma ka andmete uuendamine ja kogumine. Erinevate geograafiliste andmete ühendamine tervikuks aitab lahendada mitmesuguseid probleeme.

Geograafilised andmed – informatsioon, mis kirjeldab nähtuste asukohti ja atribuute, sisaldades ruumikujusid ja esitusi.

Seega on geograafilisel informatsioonil kaks olulist komponenti – ruumiline ja temaatiline – ning GIS peab olema suuteline neid mõlemaid haldama.

GIS-i abil ja geograafia kaudu saab informatsiooni inimestele paremini kättesaadavaks teha, pakkuda paremat haridust, päästa inimelusid, säästlikumalt majandada, hallata loodusressursse ja planeerida nende efektiivsemat kasutamist, tösta teenuste kvaliteeti ning teenida suuremat kasumit, langetada kaalutletumaid otsuseid ja palju muud. GIS-i üks olulisemaid ülesandeid on andmete integreerimine, kus kaardistatud sündmuse ja/või nähtuse geografiline asukoht on siduv komponent, mille külge saab liita täiendava abiinfo. Paljudes



Joonis 2. GIS elutsükkel (Esri)

organisatsioonides on GIS saanud võtme komponendiks kriitiliste infrastruktuuride arendamisel ning seda tehnoloogiat hinnatakse kui võimalust edendada partnerlust ja koostööd nii riiklikul kui ka kohalikul tasandil. Olemuslikult on siin tegemist pideva protsessiga. Kuna situatsioon ja vajadused aja jooksul muutuvad, ei saa sellest tulenevalt ka ükski GIS kunagi lõplikult valmis.

1.1. GIS-i ajalugu – peamised etapid arengus

Enne arvutite kasutuselevõtmist ja seega tänapäeva mõistes GIS-i olid ruumilised analüüsid limiteeritud mitmel viisil: visuaalne hinnang, umbkaudsus ülekatetel, ebatäpsus (mõõtkava erinevus, andmeallikad, ülekatte hulk).

Mõned ajaloolised näited ülekatte kasutamisest:

- ◆ Ameerika revolutsiooni ajal kasutatud Yorktown lahingu kaardid sisaldasid vägede liikumist näitavaid ülekatteid;
- ◆ 19. sajandi keskel kujutati liri Raudtee Atlases samale aluskaardile lisatuna rahvastiku, transpordivoogude, geoloogia ja topograafia teemakihte;
- ◆ 1854. aastal kasutas dr. John Snow kaarti, et leida koolera haigestumise puhangute allikaks olnud saastunud kaev – varane näide geograafilisest analüüsist.

GIS-i ajaloos nimetatakse perioodi 1957-1980 innovatsiooni ajastuks. 1957. aastast on teada Rootsi meteoroloogide ja Briti bioloogide poolt koostatud esimesed arvutikaardid. Ajavahemik 1980-2000 oli kommertsialiseerimise ajastu ning sellest edasi kuni tänaseni kestab ekspluateerimisajastu.

Alljärgnevalt on välja toodud olulisemad GIS-i arengut mõjutanud sündmused.

- ◆ Esimeseks üleriigiliseks GIS-iks loetakse 1963. aastal alustatud Kanada geoinfosüsteemi CGIS (*Canada Geographic Information System*) loomist Roger Tomlinsoni ja tema kolleegide poolt Kanada Maakorralduskeskuses (*Canada Land Inventory*).
- ◆ 1963. aastal kutsuti USA-s kokku mittetulunduslik ja GIS-teadlikkust edendav organisatsioon URISA (*Urban and Regional Information Systems Association*), mis muutus oluliseks märksõnaks kohalike infosüsteemide edasisel arendamisel.
- ◆ 1964. aastal asutati Howard Fisheri eestvedamisel Harvardi ülikooli Arvutigraafika ja Ruumianalüüside labor (*Harvard Laboratory for Computer Graphics and Spatial Analysis*), mis arendas mitmeid tarkvarasid ning kust kasvasid välja mitmed GIS-valdkonna autoriteedid.
- ◆ 1966. aastal töötati välja SYMAP (*Synagraphic Mapping System*) ehk esimene raster-GIS.
- ◆ 1967. aastal arendas USA Statistikaamet (*US Bureau of the Census*) 1970. aasta rahvaloenduse läbiviimiseks DIME (*Dual Independent Map Encoding*): andmestruktuuri ja tänavate/aadresside andmebaasi.
- ◆ 1960. aastate teisel poolel hakkasid kartograafid ja kaardiagentuurid huvi tundma, kuidas arvuteid oma huvides ära kasutada. 1968. aastal alustas Suurbritannia Eksperimentaalkartograafia Üksus (*ECU – The UK Experimental Cartography Unit*) kõrgkvaliteedilise arvutikaardistamisega, mille tulemusel avaldati 1973. aastal koos Inglismaa Geoloogiakeskusega maailma esimene arvutikaart regulaarse seeriana.
- ◆ Esimesed automatiseeritud kartograafia arengud ilmsid 1960. aastatel ja 1970. aastate lõpuks olid enamuse suuremaid kartograafiaagentuure teatud ulatuses arvutitele üle läinud.
- ◆ 1969. aastal asutati kaks olulise tähtsusega GIS-ettevõtet – Esri (Jack ja Laura Dangermond) ja Intergraph Corporation (Jim Meadlock koos nelja mõttekaaslasega).
- ◆ 1969. aastal ilmus maastikuarhitekt Ian McHarg'i eepohhilise tähtsuse omandanud raamat „*Design With Nature*”, kus esmakordselt kirjeldati paljude GIS-analüüsi meetodite toimimise põhimõtteid.
- ◆ 1969. aastal moodustati David P. Bickmore juhtimisel Londoni Kuningliku Kunstikolledži (*The Royal College of Art*) juurde eksperimentaalkartograafia üksus, mis oli teetähiseks ka edasisele Euroopa arvutipõhise kartograafia arengule.
- ◆ 1972. aastal lennutati orbiidile esimese tsiviilkasutuse kaugseiresatelliidina Landsat 1 (algse nimega ERTS-1).

- ◆ 1970. aastatel toimusid mitmed erialased konverentsid; tarkvara GIMMS võeti kasutusele 300 paigas ülemaailmselt.
- ◆ 1974. aastal Virginias toimunud AutoCarto 1 konverents oli esimene spetsiaalselt GIS-le keskendunud konverents.
- ◆ 1977. aastal töötati USGS poolt välja Digital Line Graph (DLG) formaat.
- ◆ 1978. aastal asutati Lawrie Jordan`i ja Bruce Rado`i poolt ERDAS.
- ◆ 1978. aastal saadeti orbiidile esimesed neli NAVSTAR satelliiti, mis märkisid olulist teetähist GPS-tehnoloogia arengus.
- ◆ 1979. aastal arendati Harvardi Ülikoolis välja ODYSSEY GIS ehk esimene vektor-GIS.
- ◆ 1980. aastate alguses hakkas GIS muutuma järjest populaarsemaks tänu arvutite hinna langusele. Esimeste kasutajate seas olid metsamajandusettevõtted ja loodusressursside agentuurid. Samuti kasvas järjest enam GPS-tehnoloogia osatähtsus igapäevasel navigeerimisel, maamõõtmisel ja kaardistamisel.
- ◆ 1980. aastal Dana Tomlin`i poolt välja töötatud raster-GIS tarkvara MAP (*Map Analysis Package*) leidis ülemaailmset kasutust juba tuhandetes arvutites.
- ◆ 1981. aastal jõudis Esri kaubamärgi all turule *ARC/INFO* – esimene suuremas ulatuses kommertseesmärkidel levitatav GIS tarkvara, mis oli kohaldatud miniarvutitel töötamiseks ja millest sai geoinfotööstuse uus standard.
- ◆ 1985. aastal esitleti USA Armees *US Army Construction Engineering Research Laboratories* poolt esmakordselt avatud lähtekoodiga GRASS GIS-tarkvara.
- ◆ 1986. aastal asutati ettevõtte MapInfo, kus arendati esimene töökoha GIS (*desktop GIS*), millega määrati uus standard GIS-toodetele.
- ◆ 1988. aastal kirjeldati TIGER (*Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing*) USA Statistikaameti poolt, mis on edasiarendus DIME-st.
- ◆ 1992. aastal anti välja 1,7 Gb mahuga DWG (*Digital Chart of the World*) *US Defense Mapping Agency* (hilisem NGA) poolt. See oli esimene 1:1 000 000 mõõtkavas globaalse ulatusega andmebaas.
- ◆ 1994. aastal alustati USA eestvõttel ruumiandmete infrastruktuuri ja standardimise teemadega. Loodi NSDI (*US National Spatial Data Infrastructure*), FGDC (*Federal Geographic Data Committee*) ja *OpenGIS* konsortsium.
- ◆ 1995. aastal sai Suurbritannia *Ordnance Survey* valmis algse andmebaasi loomisega. See oli esimene kogu riiki kattev kaardistus. Kokku koosnes see 230 000 suuremõõtkavalisest (1:1250, 1:2500, 1:10 000) kaardilehest.
- ◆ 1996. aastal tutvustati esimesi internetipõhiseid GIS-tooteid. Mitmed ettevõtted (Autodesk, Esri, Intergraph, MapInfo) andsid samaaegselt välja uue generatsiooni internetipõhiseid tooteid.
- ◆ 1996. aastal alustas tööd esimene internetipõhine kaarditeenus MapQuest.
- ◆ 1999. aastal toimus esmakordselt ülemaailmne „GIS-päev“ üle 1,2 miljoni osalejaga, kes kõik jagasid huvi GIS-i vastu.
- ◆ 1999. aastal algas satelliitsensorite uus ajastu – orbiidile saadeti IKONOS.
- ◆ 2000. aastaks oli maailmas hinnanguliselt üle 1 miljoni professionaalse GIS-kasutaja ja üle 5 miljoni geoinfo tavakasutaja.

1.2. Kronoloogia GIS-i arengust Eestis

- ◆ 1972. aastal esines Tartu Riikliku Ülikooli Bioloogia-geograafiateaduskonna dekaan dots. A. Raik ENSV teaduse ja tehnika nõukogus ettepanekuga alustada vabariikliku geograafilise informatsioonisüsteemi väljatöötamist Tartu Riikliku Ülikooli juures.

- ◆ 1980. aastal ilmus esimene arvutil koostatud temaatiliste kaartide kogu ("Agrokliima atlas", koostatud EMI Saku Agrometlaboris).
- ◆ 1983. aastal toimus geoinformaatika konverents Käärikul, kus osalesid geograafid üle kogu Nõukogude Liidu ja mis osutus esimeseks sellealaseks üleliiduliseks teadusfoorumiks.
- ◆ 1986. aastal moodustati geoinformaatika töörühm Tartu Riikliku Ülikooli Rakendusmatemaatika labori juurde.
- ◆ 1989. aastal soetati ESRI PC ARC/INFO Riikliku Looduskaitse ja Metsamajanduse Komitee Looduskasutuse Teadusliku Informatsiooni Keskusele (hilisem Keskkonnateabe Keskus).
- ◆ 1990. aastal loodi Tartu Ülikooli geoinformaatika labor ja AS Regio.
- ◆ 1991. aastal alustas tegevust kartograafia- ja maamöödufirma AS E.O.Map.
- ◆ 1993. aastal loeti Tartu Ülikooli Geograafia Instituudis eraldi õppeainena "Geoinformaatika alused".
- ◆ 1993. aastal toimus rahvusvaheline konverents *GIS-Baltic Sea States*.
- ◆ 1993. aastal alustas tegevust RE Eesti Kaardikeskus. Alustati Eesti Baaskaardi 1:50 000 GIS-andmebaasiga, mis valmis 1996. aastal.
- ◆ 1994. aastal valmis Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskuses (hilisem Keskkonnateabe Keskus) 1:500 000 kaart, mis oli esimene kogu Eesti territooriumi hõlmav avalik digitaalkaart.
- ◆ 1994. aastal alustati digitaalse hüdrograafilise andmebaasi loomisega Veeteede Ametis.
- ◆ 1994. aastal läks AS Regio täielikult üle digitaaltehnoogiale.
- ◆ 1995. aastal alustas Statistikaamet 2000. aasta rahva ja eluruumide loenduse ettevalmistamiseks digitaalsete vektorkaartide koostamist.
- ◆ 1996. aastal alustati Eesti Põhikaardi 1:10 000 digitaalse tootmisega.
- ◆ 1997. aastal hakkas Eestis tööle esimene avalik kaardiserver.
- ◆ 1997. aastaks valmisid esimesed NATO standarditele vastavad Kaitseväge 1:50 000 mõõtkavas topograafilised kaardilehed.
- ◆ 1998. aastal valmis CORINE Land Cover andmebaas Eesti kohta.
- ◆ 1999. aastal alustati Maa-ametis Maaregistri GIS-tarkvara loomist.
- ◆ 1999. aastal toimus Eestis muu maailma eeskuju järgides esimest korda "GIS- ja geograafiapäev" (Tartu Ülikooli organiseerimisel ja Avatud Eesti Fondi toetusel). Alates 2005. aastast on see muutunud iga-aastaseks suurimaks laiemale auditooriumile suunatud populaarteaduslikuks GIS-valdkonna teabepäevaks.
- ◆ 2001. aastal valmis Eesti maainfosüsteem ja muutus avaliku teenusena kättesaadavaks Internetis.
- ◆ 2003. aastal koostati Statistikaametis esimesed digitaalsed ruutkaardi tooted: 1000x1000 m ja 500x500 m; georefereeriti 2000. aasta rahva- ja eluruumide loendustulemused.
- ◆ 2004. aastal alustas tegevust AlphaGIS OÜ ja toimusid esimesed „Esri päevad“, mis hiljem on kujunenud suurimaks GIS-spetsialistidele suunatud konverentsiks Eestis.
- ◆ 2006. aastal jõustus Maa-ameti ETAK-i (Eesti topograafiline andmekogu) põhimäärus.
- ◆ 2008. aastal alustas Maa-amet avatud WMS (*Web Map Service*) standardil põhineva tasuta kaarditeenuse pakkumist.
- ◆ 2009. aastal ilmus Maa-ametis esimene ETAK andmetel põhinev Eesti Põhikaart andmebaasi väljavõttena.
- ◆ 2010. aastal koostati Statistikaameti poolt Eesti geostatistika ruumiandmebaas eGEOStat.
- ◆ 2010. aastal asutati Eesti Geoinformaatika Selts (ESTGIS).

2. Ülevaade kasutusvaldkondadest

Peatükk annab vastuse küsimustele: Kuidas mõjutab GIS meie igapäevaelu, millised on GIS-kasutusvaldkonnad, kuidas on GIS-i abil võimalik uurida ja lahendada ülesandeid erinevates valdkondades?

Iga päev puutuvad kõik inimesed mingil moel GIS-iga kokku. Vaatame lähemalt ühe päeva algust.

On hommik. Tõused üles, paned lambi põlema ja lülitad raadio sisse.

Raadio ja valgustid töötavad tänu elektrisüsteemile. Elektriteenust pakkuv ettevõtte kasutab GIS-i keerulise infrastruktuuri haldamiseks – tuhanded kilomeetrid ülekande- ja jaotusliine, kümned tuhanded elektrikapid jmt – et teenindada oma suurt hulka tarbijaid.

Paned kohvikannu tulele.

Vesi kohvi jaoks tuleb veevõrgust, mis koosneb sadadest kilomeetritest veetorudest. Sama on gaasitorude võrgustiku puhul. Mõlema teenuse pakkuja kasutab GIS-i klienditeeninduseks, hädaolukordade likvideerimiseks, vee/gaasi jaotuseks, infrastruktuuri haldamiseks, kaardistamiseks, vee/gaasi kasutuse prognoosimiseks ja erinevateks analüüsideks.

Tood postkastist värsket ajalehte.

Paber on tehtud puitmaterjalist. Puidutööstusettevõtte kasutavad GIS-i metsa haldamiseks. GIS abil on võimalik lihtsasti teostada analüüse arvestades kruntide piire, taimestikku, mullatüüpi, teedevõrku, veekogusid jne parimate otsuste vastuvõtmiseks. GIS-i kasutavad ka ajalehetoimetused ja logistikaettevõtte kõige otstarbekamate kojukandemarsruutide loomiseks. Samuti on GIS abil võimalik lihtsasti leida piirkonnad, kuhu erinevaid reklaamikampaaniaid suunata.

Sõidad kooli/tööle.

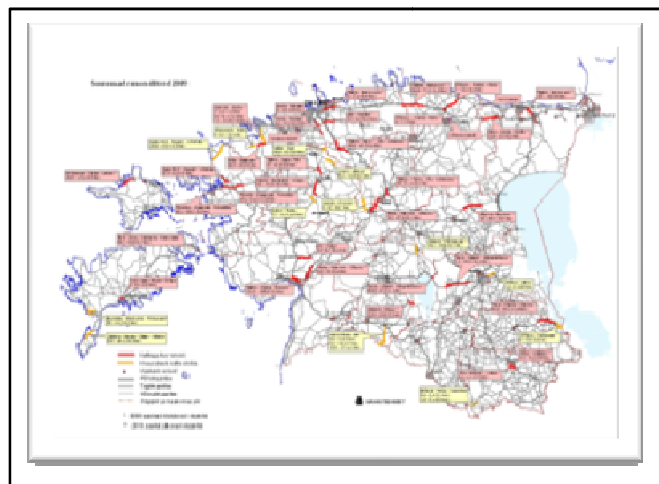
GIS-i kasutatakse teedevõrgu haldamiseks: planeerimiseks, inventariseerimiseks, teetööde optimaalseks korraldamiseks jne. Rohkem kui 80% informatsioonist, mida kasutatakse teede ja raudteede jaoks, omab ruumilist komponenti. GIS-i saab kasutada nt avariipaiga mõju analüüsiks ümbritsevatele keskkonnale.

Vastad telefonile.

GIS tehnoloogia aitab telekomii ettevõtetel paremini hallata ja analüüsida informatsiooni, prognoosida tulevikustsenaariumeid, parandada mobiilsidevõrkude katvust ja toetada klienditeenindust.



Joonis 3. Veevõrgu sündmuste jälgimine (AS Tartu Veevärk)



Joonis 4. Eesti maantee remonditööd (Maanteeamet)

Toodud näited on vaid mõned geoinfosüsteemide rakendustest. GIS-i kasutatakse paljude meie igapäevaste tööde ja elukorralduste parendamiseks. Näitena esitatud hommikuste tegevuste alusel saab välja tuua mõningad GIS-i võtmepunktid.

GIS

- ◆ mõjutab meid kõiki iga päev;
- ◆ aitab paremini lahendada nii lühi- kui pikaajalisi ülesandeid;
- ◆ omab suurt praktilist tähtsust;
- ◆ on rakendatav paljude sotsiaal-majanduslike ja keskkonnaprobleemide lahendamisel;
- ◆ toetab toiminguid nagu kaardistamine, mõõtmine, haldamine, järelvalve ning modelleerimine;
- ◆ loob mõõdetava majandusliku kasu.

Teatud valdkondade puhul (nt geodeesia, topograafia ja kartograafia) peaks ruumandmete kasutamine olema kõigile enesestmõistetav. Geograafilise informatsiooni kasutamine, analüüsimine ja esitamine on aga väga olulisel kohal ka ettevõtluses (pangandus, kindlustus, meedia, kinnisvara, kaubandus), kaitsejõududes, haridus- ja teadusasutustes (teadustegevus,



Joonis 5. Päästeameti komandopunktide kaugustsoonid (Häirekeskus)

raamatukogud ja muuseumid, üldharidus, kõrgharidus), insenerierialadel (ehitus, maamõõtmine), riigiasutustes (valitsusasutused, kohalikud omavalitsused, valimised ja avalik arvamus, linna- ja regionaalplaneering), avalikus julgeolekus (kriisihaldus, päästeteenistused, politsei ja korraldus), tervishoius (haiglad ja tervishoiusüsteem, rahva tervishoid), keskkonna ja loodusressursside majandamisel (keskkonnakorraldus, põllumajandus, metsandus, merendus ja rannikualad, kaevandused, naftamaardlad), transpordis (transpordivõrgustik, logistika) ning tehnovõrkudes ja kommunikatsiooni valdkonnas (elekter, gaas, vesi/kanalisatsioon, telekommunikatsioon, asukohapõhised teenused).

Järgnevates peatükkides käsitletakse mõningaid rakendusalasid lähemalt. Siin aga tutvustame mõne lausega valikut kasutusalaadest.

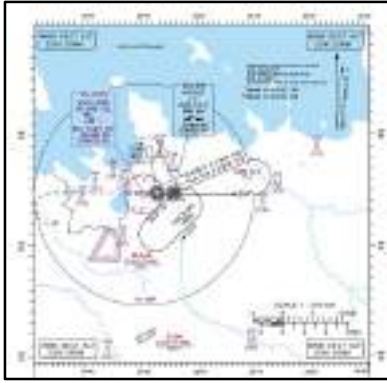
Maamõõtmine, topograafia ja kartograafia

GIS lihtsustab andmete haldamist, kasutamist, jagamist, analüüsimist ja esitamist, vähendades selleks kuluvat aega, raha ja muid mõõdetavaid ressursse.

Logistikas kasutatakse geoinfosüsteeme nt sõiduplaanide koostamisel. Vastavalt püstitatud probleemile leitakse analüüside tulemusel parim teekond, ajakava ja kasutatavate sõidukite hulk, muutes olemasolevaid vahendeid arvestades töö efektiivsemaks. GIS võimaldab jälgida ka sõiduki hetkeasukohta ning laoseisu.



Joonis 6. Eesti Põhikaart (Maa-amet)

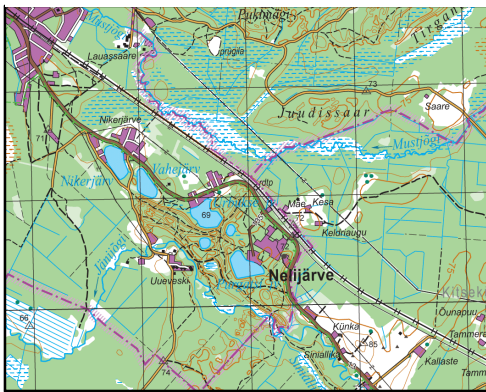


Joonis 7. Lennukaart (Lennuliiklusteeninduse AS)

Lennundus ei saa samuti geograafilise teabe kogumisest ega haldamisest üle ega ümber. Riigi territooriumi õhuruumi hõlmavate lennukaartide koostamine/kujundamine, lennutakistuste andmebaasi haldamine ning aeronavigatsiooniliste ekspertiiside koostamine on vaid üksikud märksõnad, kus GIS-töövahendeid kasutatakse.

Kinnisvaraagentuurid sõltuvad paljuski elektroonilisest kaardistamisest: alates kaardipõhisest kontaktide haldamisest kuni keeruliste investeerimisanalüüsideni. GIS-i kasutatakse

piirkondade analüüsimiseks, trendide leidmiseks ja prognoosimiseks jmt.



Joonis 8. Kaitseväe kaart 1:50 000 (Kaitsejõud)

Kaitsejõud kasutavad geoinfosüsteeme luurel, maastikuanalüüsil, õppuste planeerimisel ja teeninduspunktide haldamisel. Geograafilised analüüsid on kriitilise tähtsusega sõjalistel operatsioonidel, taktikalisel planeerimisel, logistilise toetuse koordineerimisel ja infrastruktuuri haldamisel.

Kaubandusettevõtted omavad rohkelt ruumilist informatsiooni müügi, klientide, laoseisude, demograafiliste profiilide ja kaupluste/ladude paiknemise kohta. Seetõttu saavad ka ettevõtete juhid, turunduse spetsialistid, finantsanalüütikud ning planeerijad GIS-i abil efektiivsemalt organiseerida, analüüsida ja esitada oma ettevõtlusandmeid.

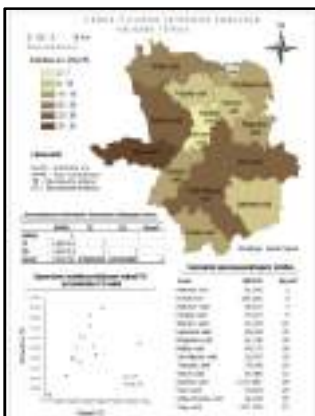


Joonis 9. Vabade põllumajandusmaade planeerimine (Kõue Vallavalitsus)

GIS-i kasutamine **kohalikus omavalitsuses** aitab saada paremat ülevaadet hallatavatest varadest, kruntidest, ehitistest, planeeringutest, korraldada päästeteenistust, planeerida teede ja tänavatega seotud hooldustöid, hallata tehnovõrke, planeerida lasteaedade ja koolide ehitamist ning levitada avalikku informatsiooni. Need on ainult mõned võimalused, mida GIS pakub omavalitsustele.

Teadustegevuses on GIS ideaalne vahend reaalse maailma modelleerimiseks, nähtuste uurimiseks ja klassifitseerimiseks ning muutuste prognoosimiseks. GIS aitab näha seoseid ja avastada uusi meetodeid meid ümbritseva maailma esitamiseks.

GIS abil saab luua **muuseumi** eksponaatide kohta interaktiivseid kaarte, mis aitavad külastajatel avastada inimesi, kohti ja sündmusi. GIS on väärtuslik teaduslik töövahend muuseumiteadlastele abistamiseks tõsta inimeste arusaamist antropoloogiast zooloogiani.

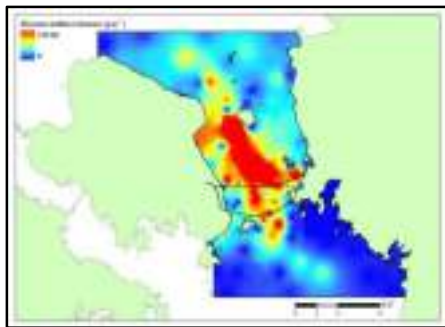


Joonis 10. Taimkatte analüüs (Gerda Spuul)

Keskkond ja sellega seotud valdkonnad (keskkonnakorraldus, ökoloogia, keskkonna- ja looduskaitse korraldus jt) rakendavad GIS-i nii andmete kaardistamisel kui ka ruumianalüüside teostamisel (nt õhukvaliteedi ja looduskahjude hindamine, liigi leiukohtade ning võõrliikide leviku ja tõrje kaardistamine, pinnase ja põhjavee reostuse uuringud, erosiooni modelleerimine jne).

GIS on oluline vahend erinevate loomaliikide kaitse planeerimisel, võimaldades uurida loomapopulatsioone erinevates mastaapides, elupaiku, levikukoridoride, migratsiooni ja rändega seotud mustreid ja modelleerida nt inimasustuse poolt tekitatavat mõju.

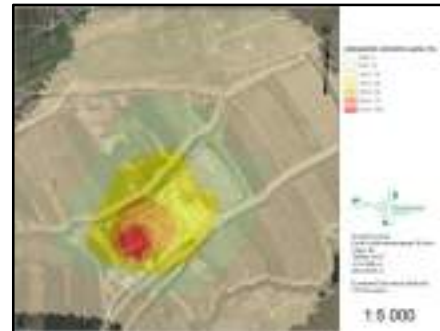
Samuti GIS on asendamatu nii maismaa kui meretaimestiku kaardistamisel kui selle inventeerimisel ning aitab paremini aru saada ohustatud ja hävimisohus liikide elupaikadest nii teaduslikel kui halduslikel eesmärkidel.



Joonis 13. Balti lamekarbi biomassi modelleerimine (TÜ Eesti Mereinstituut)

Metsanduse ettevõtted rakendavad enda igapäevase töö lihtsamiseks ja efektiivsemaks korraldamiseks järjest rohkem mobiilse GIS-i lahendusi. Lisaks metsas navigeerimisele võimaldab GPS ja GIS-i integreerimine välitöödel GPS-ga kogutud ajakohase teabe operatiivselt siduda ka GIS-andmebaasiga. Kaarditarkvara kasutatakse näiteks metsaga seotud (hooldus)tööde ja majandamisrežiimi planeerimisel ning takseerandmete haldamisel.

Geoloogias on GIS abivahendiks maapõue ehituse ja sellega seotud nähtuste (nt pinnakate, hüdrogeoloogia, põhjavee kaitstus, pinnavormid, maavarad, aluspõhja reljeef, pinnakatte paksus jt), nende iseloomu ja sellega seotud protsesside (nt aeromagnetilised ja gravitatsioonijõu anomaaliad jt) kaardistamisel ja modelleerimisel.



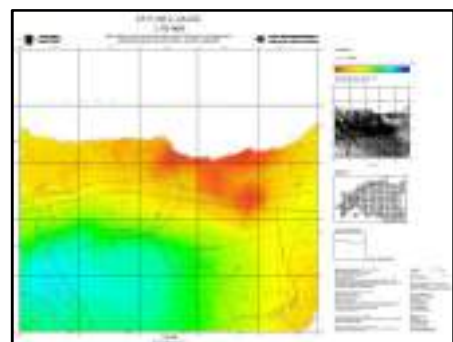
Joonis 11. Lõhnaainete leviku analüüs (Keskkonnauuringute Keskus)



Joonis 12. Kakuliste pesitsusterritooriumid (Keskkonnateabe Keskus)



Joonis 14. Kinnistute raiemahud (AS Fest-Forest)



Joonis 15. Geoloogiline baaskaart (Maa-amet)

Mäenduses on digitaalne kaardistamine abiks kaevanduste modelleerimisel, uurimisel, ja potentsiaalsete vajumisalade kaardistamisel ja seisundi hindamisel, aga ka maaparandusel ja maastiku taastamisel



Joonis 16. Karjääri modelleerimine (TTÜ Mäeinstituut)

Tehnovõrgud ja nendega seotud ettevõtted on üha aktiivsemad GIS-i tarbijad. Tänapäevastele standarditele vastav võrguandmete terviklik ja integreeritud GIS-põhine haldamine ning nende kättesaadavus avardab ja lihtsustab lisaks tehnovõrgu ettevõtte enda struktuurile (nt võrguosakond, klienditeenindus, juhtkond, arendusosakond jt) ka nende koostööpartnerite (nt kohalikud omavalitsused) igapäevast töökorraldust.



Joonis 17. Vee-ettevõtte kaardirakendus (OÜ Järve Biopuhastus)

Integratsioon teiste IT-süsteemidega (nt kliendihaldus- ja finantstarkvarad) ja valmidus siduda andmestikku mitmesuguste spetsiifiliste võrguarvutusmodelite tarkvara(de)ga annab sõltumata võrguettevõtte spetsiifikast (vesi, küte, side, elekter, gaas) rikkalikud võimalused saada GIS-i kaudu märksa paindlikumalt ja efektiivsemalt koordineerida nii võrkude planeerimisega/ehitamisega seotud töid kui ka nende hoolduse ja haldamisega seotud tegevusi. GIS-i tähtsus tehnovõrgu ettevõtte infrastruktuuris suureneb koos teiste tehnoloogiate arengutega (nt



tarbimisest sõltuvalt automaatne elektrihinna arvutamine, võrgukoormuse paindlikum jaotus, vabaturu põhimõttele vastavalt saab klient tarbida mitmete sama valdkonna ettevõtete teenuseid jne).

Joonis 18. Gaasivõrgu andmete haldamine (AS Eesti Gaas)

Ülesanded

1. Mõtle ja kirjelda, millised Sinu viimase nädala jooksul tehtud igapäevased tegevused on seotud GIS-ga?
2. Maamõõtmine ja GIS. Millisel kujul on need valdkonnad omavahel põimunud? Kuidas kasutavad maamõõtjad ja geodeedid GIS-töövahendeid?

Täiendav lugemine ja kirjandus

1. Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., Rhind, D.W. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2005. 2nd edition.
2. GIS.com veebileht <http://www.gis.com/content/who-uses-gis>
3. Esri 1998, <http://www.esri.com/about-esri/gis-touches/gistouches-article.html>
4. Eesti geograafia CD. Geograafia õpik 9. klassile.
<http://www.geo.ut.ee/kooligeo/EGCD/opik/juts/juts.html>
5. Koolituste materjalid:
 - a. ArcGIS Desktop I: Getting Started with GIS (Esri)
 - b. ArcGIS Desktop II: Tools and Functionality (Esri)
 - c. Cartography with ArcGIS (Esri)

II Ruumiandmete visualiseerimine ja kaardiväljundid

3. Ruumiandmete esitamine

Antud osas tutvustatakse ruumiandmete esitamisega seotud aspekte, kaartide kasutamisest GIS-i teenistuses, paber- ja digitaalkaartide erinevustest ning mõõtkava ja generaliseerimise vajalikkusest.

Geograafiline maailm on lõpmatult keeruline. Suurema osa oma teadmistest saame me mitte ise kõiki reaalseid nähtusi uurides vaid erinevatel meetoditel saadud kirjelduste kaudu.

Reaalse maailma kohta erinevate otsuste langetamisel kasutatakse lihtsustatud mudeleid ja kaarte nii ülevaate saamise eesmärgil kui mitmesuguste stsenaariumite uurimiseks. Kasutatavad mudelid või kaardid peavad aga vastama teatud nõuetele, et neil tehtud analüüsid oleksid aja- ja asjakohased.

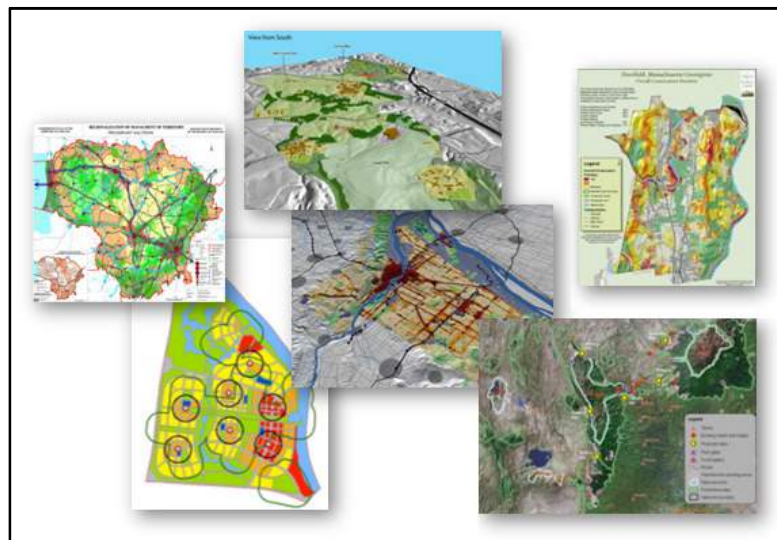
Antud teemadeblokkis tutvustatakse geograafilise informatsiooni esitamise põhimõtteid ja viise. Erinevaid esitusviise kasutatakse erinevatel eesmärkidel, kuid nad kõik võimaldavad meil uurida ja arutleda meie enda otsesest kogemusalaast väljapool olevate kohtade ja aegade üle. See on aluseks nii teaduslikule uurimistöele, planeerimisele kui ka paljude igapäevaste probleemide lahendamisele.

Esitusviis (*representation*) – andmete illustreerimise meetod, mis võimaldab andmeid vaadata ja neist aru saada. Kartograafias kasutatakse esitusviise geograafiliste nähtuste kirjeldamiseks. Esitusviise kasutatakse informatsiooni esitamiseks viisil, mis on vaadatav, hallatav ja edastatav.

GIS kasutab geograafilise informatsiooni visualiseerimiseks kaarte.

Kaart – mingi ala ulatuses olevate nähtuste ruumiliste seoste graafiline esitus.

Kartograafia – teadus, kunst ja tehnoloogia kaartide tundmisest, koostamisest ja kasutamisest.



Joonis 19. Näiteid kaartidest (Esri)

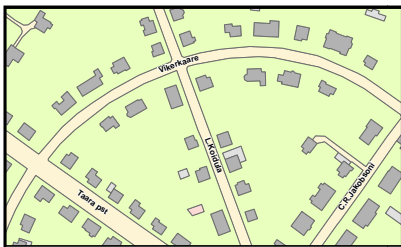
Iga GIS sisaldab intelligentseid, interaktiivseid kaarte ja teisi andmevaateid (sh ka mitmemõõtmelised kujutised), mis esitavad erinevaid nähtusi ja nendevahelisi seoseid Maa pinnal. Erinevaid kaardivaateid võib

käsitleda kui „aknaid geograafilisse andmebaasi“, mis toetavad päringuid, analüüse ja geograafilise informatsiooni toimetamist. Kaarte saab samuti kasutada uue informatsiooni tuletamiseks, kasutades erinevaid geograafilisi modelleerimisi.

3.1. Reaalsete nähtuste modelleerimine

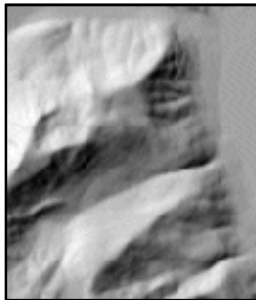
Selleks et mõista reaalsete nähtuste esitamisi viisidest, tuleb aru saada nende olemusest. Olemuslikult saame nähtused jagada kahte gruppi – diskreetsete piiridega nähtused ja pidevad väljad.

Diskreetsete piiridega nähtused on eristatavad ja kujutatavad konkreetselt piiritletud geograafiliste aladena (nt ehitised, veekogud, maakasutuskölvikud jne). Punktina kirjeldatavad nähtused on olemuslikult alati diskreetsed.



Joonis 20. Ehitised, teed ja õuealad kui diskreetsed nähtused

Pideva väljana kuvatavad nähtused on seotud pideva skaalaga, mis erinevalt diskreetse sisuga nähtustest ei ole nii selgepiirilisel määratlevad (nt õhutemperatuur, sademete hulk, õhusaaste jne). Samuti kuuluvad vastavasse kategooriasse mitmesugused nähtuste või sündmuste modelleerimisel saadud tulemid ehk statistilised pinnad (nt nõlvavarjutused jne).



Joonis 21. Pideva skaala alusel esitatud nõlvavarjutus

Nähtused on eristatavad kui:

- 1) visuaalselt nähtavad (nt liiklusmärgid);
- 2) visuaalselt mitted nähtavad ehk mõttelised (nt riigipiirid). Siia alla kuuluvad ka statistilised pinnad, mis on saadud interpoleerimise või mõne muu modelleerimise kaudu.

Esitatavad nähtused võivad olla looduslikud (jõesed ja taimkate), tehnilised (teed, torustikud, kaevud, hooned) ja mõttelised (poliitilised piirid, maaomandi piirid). Kuigi on olemas palju erinevaid objektitüüpe, esitatakse geograafilisi nähtusi kõige tavalisemalt punktide, joonte ja polügoonidena – geomeetriliste primitiividena.

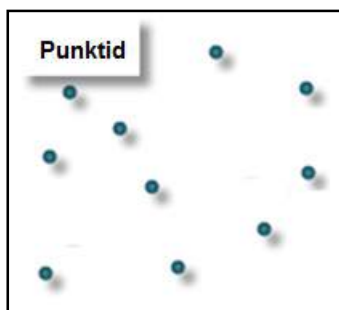
Reaalsete nähtuste esitamine sõltub ka asjaolust, millise detailsusega on vaja nähtusi kirjeldada. Sellele vastavalt saab valida ka asjakohase geomeetriatüübi (nt kas esitada hoone punktina või alana).

Geograafilise informatsiooni GIS-põhine haldamine ja esitamine põhineb kolmel peamisel esitusviisil:

- ♦ objektid (punktide, joonte ja polügoonide kogumid);
- ♦ rastrid;
- ♦ atribuudid.

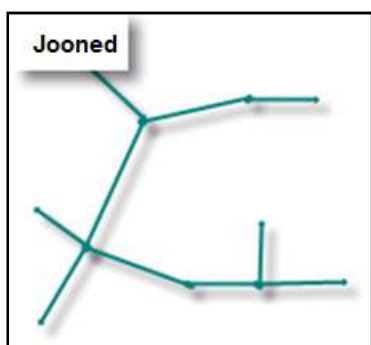
Diskreetsed ehk piiritletud nähtused esitatakse punkt-, joon- või polügoonobjektidena. Pidevaid välju esitatakse rasterpindadena. Atribuudid on täiendav objektide kirjeldav informatsioon.

Punkti objektitüüpi kasutatakse selliste nähtuste esitamiseks, mis on liiga väikesed kas joon- või polügoonobjektina kujutamiseks. Punktiga esitatakse diskreetseid asukohti nagu näiteks kaevu asukoht, telefonipostid, aadressi asukoht, GPS-koordinaadid või mäetipud.



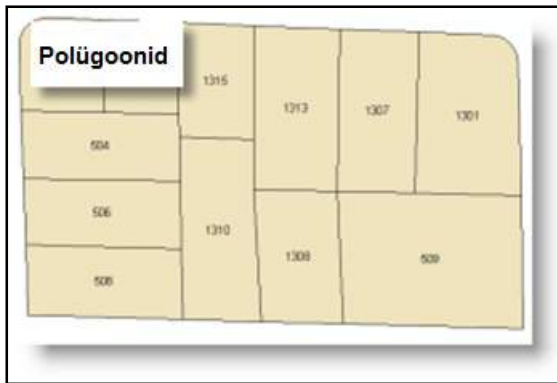
Joonis 22. Nähtuste esitamine punktina (Esri)

Joone objektitüüpi kasutatakse selliste geograafiliste objektide esitamiseks, mis on liialt kitsad polügoonidena kujutamiseks nagu näiteks tänavate telgjooned ja vooluveekogud. Jooni kasutatakse ka ainult pikkust omavate nähtuste esitamiseks nagu samakõrgusjooned, elektriliinid, halduspiirid jms.



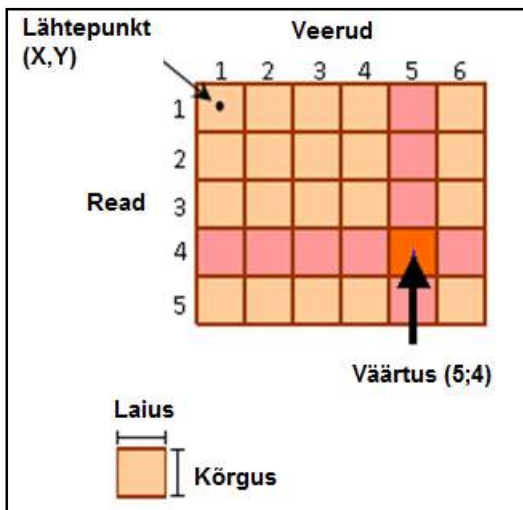
Joonis 23. Nähtuste esitamine joontena (Esri)

Polügooni objektitüübiga esitatakse suletud alasid, kus kaardistatava nähtuse olemus on diskreetne ja mis on kujutatavad konkreetselt piiritletud geograafilise alana nagu näiteks riigid, maakonnad, maaüksused, muldade tsoonid ja maakasutuse kõlvikud.



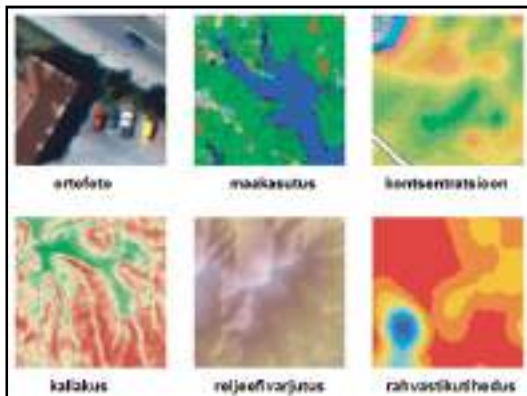
Joonis 24. Nähtuste esitamine polügoonidena (Esri)

Pidevad väljad esitatakse rasterpindadena. Iga raster koosneb korrapärase suurusega pikslitest, mis on organiseeritud ridade ja veergude maatriksina. Alloleval joonisel on näidatud rasterandmete haldamise põhimõtet Esri ArcGIS tarkvaratoodete kontekstis.



Joonis 25. Rasterandmete haldamine (Esri)

Rasterpindadena võivad GIS-is olla esitatud andmed väga erinevatest lähteallikatest. Alljärgnevalt on välja toodud mõned rasterandmete näited:



Joonis 26. Näiteid rasterandmete kasutamisest (Esri)

Atribuudid on objekte kirjeldav informatsioon. Kaartidel antakse kirjeldavat informatsiooni edasi selgelt eristuvate ja loetavate leppemärkide, värvitoonide ja kaardikirjade abil.

Näiteks on:

- ♦ teed esitatud klassi alusel (erinevad joonsümbolid nii kiirteede, põhimaanteed, kõrvalmaanteed, tänavate, katteta teede kui radade jaoks);
- ♦ voolu- ja seisuveekogud esitatakse hea tava kohaselt sinise värviga;
- ♦ linnatänavatel esitatud kohanimed ja aadressid kaardikirjadena;
- ♦ spetsiaalsete punkt- ja joonsümbolitega tähistatud objektid nagu rööbasteed, lennujaamad, koolid, haiglad jne.

GIS-i abil hallatakse nähtuste kirjeldavaid atribuute tabelites. Atribuut on objekti (kaardistatud nähtuse) omadusi ja sisu kirjeldav tunnus (nt pindala, tunnuse kood jne). Atribuutide tabelid pakuvad lihtsat ja universaalset andmemudelit atribuutidega seotud informatsiooni haldamiseks. GIS kasutab atribuutide haldamisel relatsioonilise andmebaasi põhimõtet, kus iga objekti kirjeldav identifikaator on seotud atribuutidega andmebaasis. Tänu oma lihtsusele ja paindlikkusele toetavad nad laia rakenduste valikut. Peamised atribuutide tabeli põhimõtted:

- ♦ kirjeldav andmestik on organiseeritud tabelitesse;
- ♦ tabelid sisaldavad ridu – iga rida esindab ühte objekti kaardil (vt joonis 27);
- ♦ kõik read tabelis omavad samu veerge – iga veerg esindab ühte atribuutitüüpi (nt täisarvulised tunnused, tekstilised tunnused jne);
- ♦ relatsiooniliste andmebaaside (*RDBMS*) kirjeldamiseks, andmete lisamiseks, modifitseerimiseks ja kustutamiseks on rakendatav SQL (*Structured Query Language*) ehk kasutajale mõeldud päringukeel.



Joonis 27. Atribuutide tabeli seos kaardikihi objektidega

3.2. GIS ja kaardid

Kaardid on olulised ja efektiivsed geograafilise informatsiooni edastamise vahendid, mille kaudu esitatakse objektide asukohti ja nendevahelisi ruumilisi seoseid.

Kaardil kui olulisel GIS-i komponendil on keskne osa nii GIS-töövahendite kasutamisel kui geograafilise informatsiooni loogiliste kogumike talletamisel/esitamisel vastavate kaardikihtidena. Tänapäevases infoühiskonnas on sõltumata eluvaldkonnast järjest olulisem teabe kättesaadavus ja selle töötlemise kiirus

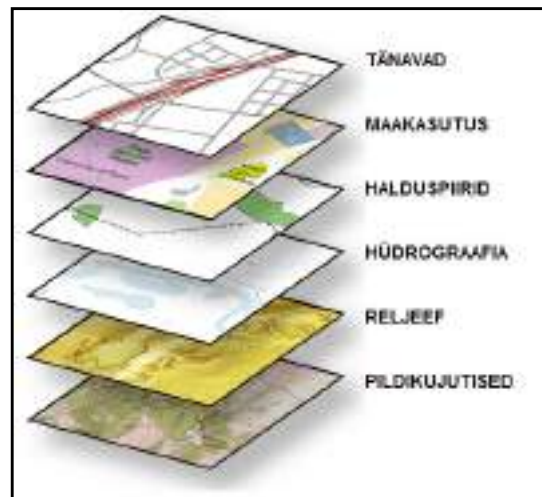
ning seetõttu on ka arvutikaartide operatiivsus, interaktiivsus ja nendel teostatavad ülesanded järjest universaalsemad ning suuremat kasutajaskonda hõlmavad. Digitaalsete kaartidena edastatakse GIS-is sisalduv vajalikul moel nii õppinud spetsialistidele kuni ettevõtete juhtideni välja. Mõlemal juhul toimub „koostöö” arvuti ja inimese vahel, kus teostatakse erineva keerukusastmega toiminguid. Ettevõtte GIS-spetsialisti tööülesanded varieeruvad üsna laias ulatuses, kuid kaardiga seotud üldiste toimingute juures võiksime nimetada allolevaid tegevusi:

- ◆ kaardikihtide ja GIS-andmebaasidega töötamine – info sisestamine, haldamine ja ajakohasena hoidmine;
- ◆ päringute koostamine ja ruumianalüüside teostamine;
- ◆ kaardimaterjali levitamine ning jagamine seda vajavatele isikutele ja instantsidele.

Iga GIS-rakendus nõuab ruumianndmete esitamise osas selget defineerimist, mida ja kuidas esitada. On olemas suur hulk erinevaid võimalikke meetodeid, millest ükski pole lõplikult universaalne ja täiuslik kõigi rakenduste jaoks.

GIS kasutab kihipõhist geograafilise informatsiooni mudelit meid ümbritseva maailma iseloomustamiseks ja kirjeldamiseks. Geograafiline informatsioon kujutatakse loogiliste kihtide või teemade kogumina (vt joonis 28). Ühe võimalusena võib GIS sisaldada alljärgnevaid andmekihte:

- ◆ tänavad (tänavate telgjooned);
- ◆ maakasutus (nt taimkate, hoonestusalad, äripiirkonnad jne);
- ◆ halduspiirid (asustusüksused jne);
- ◆ veekogud (järved, tiigid jne);
- ◆ katastriüksused;
- ◆ kõrgusmudel;
- ◆ ortofoto.



Joonis 28. GIS andmekihid (Esri)

Kaardikiht – temaatiline kogum nähtustest, mis omavad ühesugust geomeetriatüüpi.

Kaardikihtidena esitatakse geograafilist informatsiooni sarnaste teemade (nt transport, veekogud) ja ühtse geomeetriatüübi alusel. Igal kaardikihil kasutatakse olulise informatsiooni eristamiseks leppemärke, värve ja tekste, mis sisuliselt on kirjeldatavad igale üksikule kihis asuvale objektile. Kaardikihid lihtsustavad oluliselt geograafilise informatsioonist kirjeldamist, selle sisulist tõlgendamist ja mõistmist:

- ◆ Mittepidevad nähtused (punktide, joonte ja polügoonide kogumid)
- ◆ Kaardil kujutatud leppemärgid, värvid ja kaardikirjad, mis aitavad kaardil olevaid objekte kirjeldada
- ◆ Kõikjal ühtlase katvusega ortofotod või satelliitkujutised täiendavate abikihtidena kaardil näidatud piirkonna paremaks mõistmiseks.
- ◆ Pidevad (statistilised) pinnad nagu kõrgusmudel on esitatavad erinevatel viisidel (samakõrgusjooned, kõrguspunktid, reljееfina jne).

3.3. Paberkaardid vs digitaalkaardid

Traditsioonilistel paberkaartidel (ka analoogkaart, tardkaart) ja GIS-põhistel digitaalkaartidel (ka arvutikaart) on mõningad põhimõttelised erinevused.

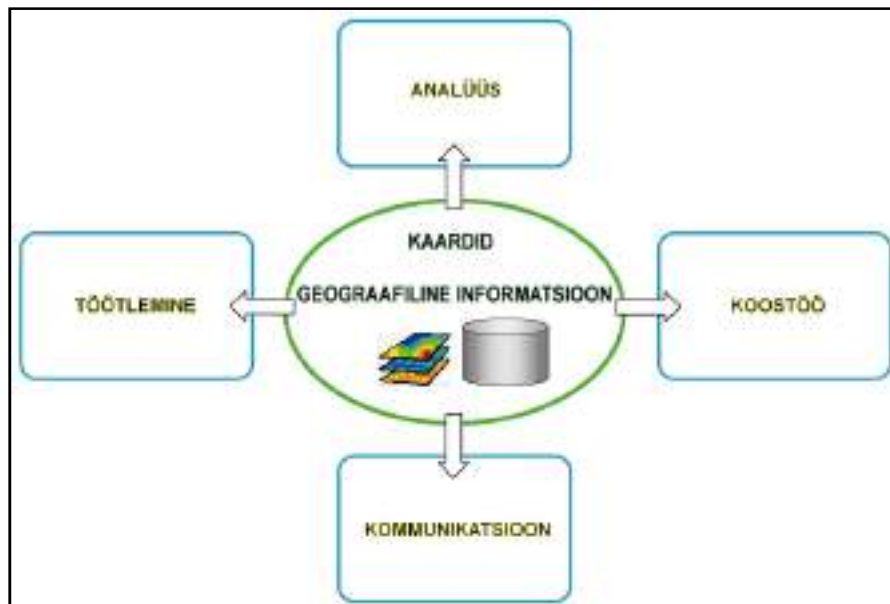
Kui paberkaardil on kogu edastatav informatsioon nähtav, siis digitaalkaardid on dünaamilised ja interaktiivsed. Dünaamilisus väljendub näiteks mõõtkava muutmisel vastavalt vajadusele. Samamoodi on dünaamilised leppemärgid ja kaardikirjad (näiteks vooluveekogude nimed). Kogu informatsioon ei pruugi teatud juhtudel olla vajalik ning see on võimalik nõ välja lülitada. Seega toimib arvutikaart veelgi efektiivsema kommunikatsioonivahendina ning sisaldab tihti rohkem informatsiooni, kui silmaga näha on. Sama sisuga andmetest on võimalik salvestada/trükkida/levitada erinevaid kaardiväljundeid. Samuti on märksa lihtsam määrata soovitud asukohta koordinaatide alusel, mõõta vahemaid ühest punktist teise ning saada dünaamiliselt jälgida pindala ja ümbermõõdu väärtuseid vastavalt objektide kuju muutumisele.

Digitaalsed kaardid on interaktiivsed ja aitavad edastada tohutut hulka informatsiooni. Läbi interaktiivse kaardi saab esitada „mida iganes”, aidates lõppkasutajatel täita oma eesmärgi.

GIS-põhine digitaalkaart on märksa enam kui lihtsalt staatiline kaardipilt. See on nõ interaktiivne aken kogu geograafilise informatsiooni ja seda kirjeldavate andmetega seotud teabe vahetamiseks.

GIS kaardid on:

- ♦ vahendiks GIS-andmete kogumiseks, haldamiseks, edastamiseks ja levitamiseks;
- ♦ geograafilise informatsiooni organiseerimiseks temaatilistesse kihtidesse;
- ♦ uue informatsiooni tuletamiseks ja tulemuste visualiseerimiseks, töötlemiseks, analüüsimiseks, võrdlemiseks ning tõlgendamiseks;
- ♦ geograafilise informatsiooni jagamiseks veebipõhise kasutamise eesmärgil.



Joonis 29. Kaardi roll geoinfosüsteemi vahendina ja väljundina (Esri)

Digitaalkaardi eelised paberkaardi ees:

Tabel 1. Digitaal- ja paberkaardi võrdlus

Digitaalkaart	Paberkaart
Kergesti reprodutseeritav ja toimetatav	Kogu kaart tuleb algusest lõpuni uuesti koostada
Dünaamiliselt muudetav määtkava	Fikseeritud määtkava
Võimalus kihte sisse ja välja lülitada, samuti neid eemaldada ja juurde lisada	Kihtide eraldi vaatamise, lisamise ja eemaldamise võimalus puudub
Kiiresti ja mugavalt edastatav (nt Interneti kaudu)	Aeglane ja tülikas edastamine
Nõuab ainult digitaalset andmete talletamise vahendit (CD/DVD, kõvaketas, mälupulk jms)	Nõuab palju ruumi hoidmiseks (traditsioonilised kaardikogud)
Kaardi kvaliteet püsib muutumatu läbi aastate	Paberkaart laguneb aja jooksul
Kerge läbi viia automaatseid GIS-põhiseid analüüse	Keeruline, ebatäpne ning teatud juhtudel isegi võimatu (nt statistiliste pindade modelleerimine)

Kõigil kaartidel on aga sarnane omadus sisaldada temaatilisi kihte, mis esitavad teatud üldistatusega reaalse maailma nähtusi.

3.4. Kaardi määtkava

Kaardil esitatu on reeglina väiksem, kui reaalses maailmas nähtub. Kaardi määtkava ehk mastaap näitab, kui palju reaalselt objekti vähendatud on ning mitu korda on need väiksemad kui tegelikult looduses. Samuti võimaldab määtkava arvutada punktidevahelisi kaugusi.

Kaardi määtkava – kaardil oleva joonlõigu pikkuse suhe sama joonlõigu pikkusega maapinnal, mis tavaliselt on väljendatud murdosa või suhtena.

Määtkava võib esitada mitmel erineval viisil. Kaardimäätkava 1:10 000 või 1/10 000 tähendab, et ühele ühikule kaardil vastab 10 000 sama ühikut maapinnal, täpsemalt selle horisontaalprojektsioonil. Olgu meil näiteks vaja kaardile kanda parkla-ala, mille määtkmed looduses on 10 × 10 meetrit. Valides vähenduse astmena 10 000, saame ruudu määtkmetega 1 × 1 mm, mis sõnades väljendatuna tähistab ühele millimeetrile kaardil vastavust 10 000 millimeetrile looduses ehk ühele sentimeetrile vastab 100 m.

Määtkavasid saab eristada mitmel moel:

- 1) **arvmäätkava** on määtkava numbriline tähistus, mida näidatakse kaardi ja tegelike pikkuste suhte jagatisena (nt 1:10 000 või $\frac{1}{10000}$);
- 2) **selgitav määtkava** ehk suhtmäätkava on arvmäätkava tekstiline väljendus (nt 1 cm-le kaardil vastab 100 m looduses);
- 3) graafilisel esitusel eristatakse:
 - a) **joonmäätkava** – võrdseteks lõikudeks jaotatud sirgjoon, mille koostamise aluseks on arvmäätkava.
 - b) **põikmäätkava** – analoogne joonmäätkavale, kuid mille rööpjoonte ja kaldsirgete abil on võimalik põhiühikud jaotada ka kümnendikeks ja sajanditeks.

Kaartide mõõtkavad on rühmitatavad ka nende väärtuse suuruse alusel. Kuivõrd maailma riikide territooriumid varieeruvad väga suures geograafilises ulatuses, siis sellest tulenevalt ei ole ka ülemaailmselt kindlat standardit, millisest mõõtkavast alates algab või lõpeb konkreetne rühm. Allolevad rühmad järgivad Eestis aja jooksul välja kujunenud klassifikatsiooni:

- 1) **suuremõõtkavalised kaardid** – kaardid, mille mõõtkava on 1:20 000 ja sellest suurem (nt 1:20 000, 1:15 000 jne);
- 2) **väikesemõõtkavalised kaardid** – kaardid, mille mõõtkava on 1:200 000 ja sellest väiksem (nt 1:300 000, 1:1 500 000 jne);
- 3) **keskmisemõõtkavalised kaardid** – kaardid, mille mõõtkava jääb suure- ja väikesemõõtkavaliste kaartide vahele.

Andmebaasis toodud mõõtkava tähistab andmete täpsust, viidates lähteandmete täpsusklassile. Andmebaasi andmete mõõtkavana märgitud 1:500 tähendab seda, et andmebaasis olevad andmed on saadud sellise mõõtkavaga lähteandmetelt. Kuigi digitaalkaardil saab neid andmeid esitada ka suuremal mõõtkaval ehk näiliselt detailsemalt, siis andmete sisuline täpsus sellest ei muutu.

3.5. Üldistamine ehk generaliseerimine

Kaardid ei dubleeri tegelikkust, vaid pigem esitavad selle hallatavaid, vähendatud versioone. See on sarnane nii digitaalsete kui trükitud kaartide puhul. Veebipõhiste mitmemõõtkavaliste kaartide loomine tekitab vajaduse sujuva andmete esituse järele ühelt mõõtkavalt teisele. Samamoodi on trükitud kaartide puhul – odavam ja vähema ajakuluga on toota ühest samast andmebaasist mitmes erinevas mõõtkavas kaarte. Et esitada sama sisuga andmeid erinevates mõõtkavades tuleb enamus andmeid esmalt generaliseerida.

Generaliseerimine – objektide üldistamine, vähendamine ja lihtsustamine mõõtkava või resolutsiooni muutmisel.

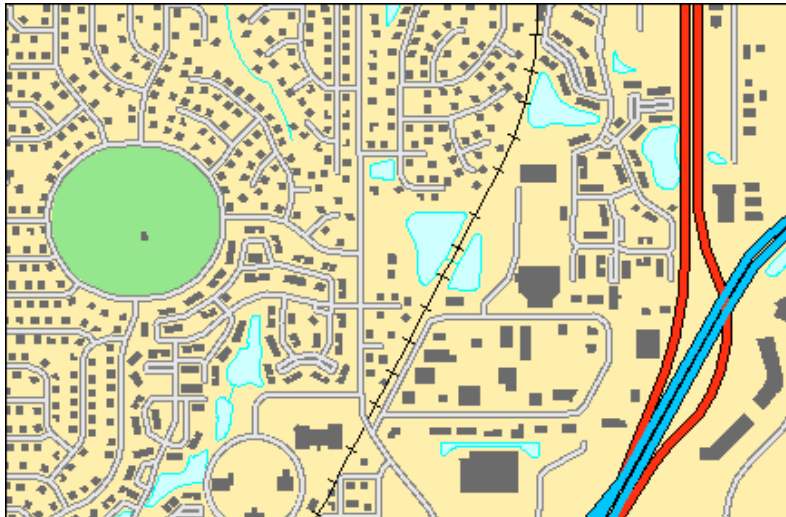
Generaliseerimist mõjutavad mitmesugused tegurid:

- 1) kasutusotstarve;
- 2) mõõtkava;
- 3) andmete sisu.

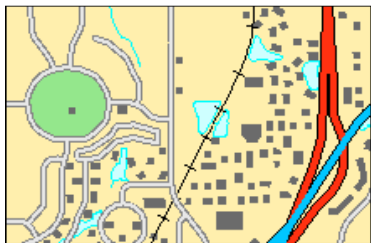
Andmed ruumiandmebaasis on hangitud erinevatel viisidel: orto- ja aerofotodelt, olemasolevatelt kaartidelt, pinnamudelilt jne. Ruumiandmete geomeetria ja asukoht on nende lähteandmete ulatuse ja täpsusega. Kui andmeid kuvatakse kaardil lähteandmete täisulatuses, säilitatakse inimese visuaalsest informatsiooni vastuvõtvõimest tulenevalt sobiv objektide tihedus ja täpsus. Kui andmed esitatakse lähteandmetest väiksemas mõõtkavas, on andmete täpsus küll vastuvõetav, kuid võib põhjustada kaardi visuaalset ülekoormamist ehk „müra”. Nii näiteks saame GIS-tarkvara või mõne ruumiandmete brauseriga A4 formaadis lehele (mõõtkava ca 1: 1 500 000) mahtuva ja kogu Eestit hõlmaval ülevaatekaardil kuvada kõiki teid, aga kokkuvõttes saame loetamatu kaardipildi, kuna jooned hakkavad üksteist katma ning muutuvad eristamatuks. Nimetatud asjaolu viitab teatud valikute tegemise vajadusele, kus sõltumata mõõtkavast oleks kaart lõppkasutajale alati arusaadavalt loetav. Kui andmed esitatakse lähteandmete mõõtkavast suuremas mõõtkavas, siis andmed näivad täpsemad, kui nad sisuliselt on. Kokkuvõttes on kasulik andmed koguda ja hallata suurimas võimalikus mõõtkavas ning hiljem teostada andmete generaliseerimist nende väiksemates mõõtkavades esitamiseks.

Generaliseerimise põhimõtted

Generaliseerimine on kartograafialemane ja väljakutseid esitav temaatika. See on otsustamise protsess, milliseid objekte esitada, välja jätta, omavahel liita ning lihtsustada, et üldine esitus oleks selgem. Väljakutse seisneb asjaolus, kuidas kujutada geograafilist maailma võimalikult tõetruult, vähendades samas liigset detailsust ja säilitades iseloomulikke ruumialandmete omavahelist suhet. Vastuolud tuleb lahendada, säilitades samal ajal võimalikult informatiivse ja graafikarikka pildi.



Joonis 30. Suuremõtkavalisel kaardil (1:18 000) esitatakse ka väiksemad hooned, kõik tänavad ja kiirtee puhul eraldi teed (Esri)



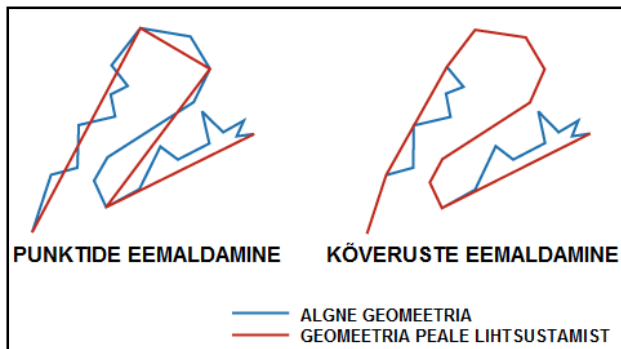
Joonis 31. Väiksema mõtkavaga kaardil (1:36 000) peavad esitatud generaliseeritud objektid säilitama üldise selguse (Esri)

Generaliseerimisel ei tule arvestada mitte ainult üksikuid objekte vaid ka nende omavahelisi ruumilisi ja sisulisi seoseid, et maastikul visuaalselt iseloomulikud mustrid oleksid edasi antud. Kõik kaardile kantud objektid peavad kaardilehel olema loetavad ja selgelt esitatud. Mõned objektid, mis ei ole maastikul nähtavad nagu samakõrgusjooned ja halduspiirid, peavad kaardil olema kujutatud koos kaardikirjadega kõrvuti reaalsete objektidega nagu teed ja veekogud. Mõned objektid tuleb loetavuse eesmärgil esitada sümbolitena, mis on suuremad võrreldes nende tegeliku reaalse suurusega.

Erinevad transformatsioonid võivad osutada lihtsateks ja rakenduda üksikutele objektidele nagu jõe lihtsustamine eemaldades liigset detailsust. Samas võib selline lihtne muudatus tekitada vajaduse täiendavate sisuliste muudatuste järgi. Väikeste käänakute eemaldamine jõelt võib põhjustada jõe voolamist läbi hoonete või panna jooksma sildade ja kõrgusjoonte suhtes valesti. Enamik generaliseerimise ülesandeid eeldavad, et objekte käsitletakse sisuliselt. See tagab kaardil selguse, võimaldab tuvastada iseloomulikke mustreid ja säilitada reaalselt äratuntavat pilti.

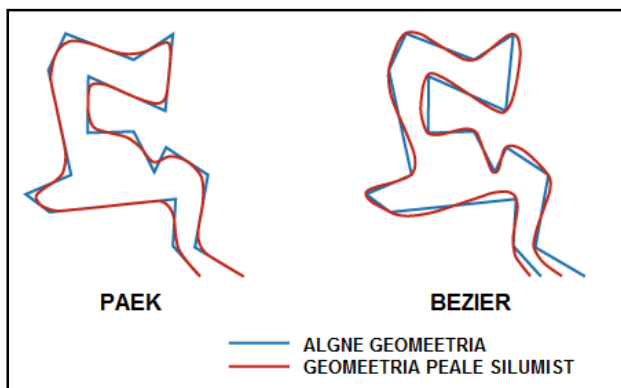
Objektide generaliseerimiseks kasutatakse mitmeid meetodeid (vektorkihtide näitel):

- ♦ **lihtsustamine** – (*simplification*) alles jäetakse olulisemad detailid ning allesjäävaid käänupunkte ei nihutata;



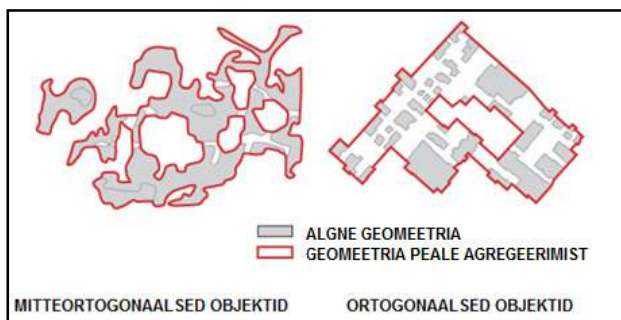
Joonis 32. Lihtsustamine (Esri)

- ♦ **silumine** – (*smoothing*) vähendatakse käänupunkte, mille käigus allesjäävate punktide asukohad võivad mõningal määral muutuda. Kartograafias kasutatakse vastavat meetodit esteetilistel kaalutlustel keeruka geomeetriaga joonte/polügoonide „sujuvamaks muutmisel”;



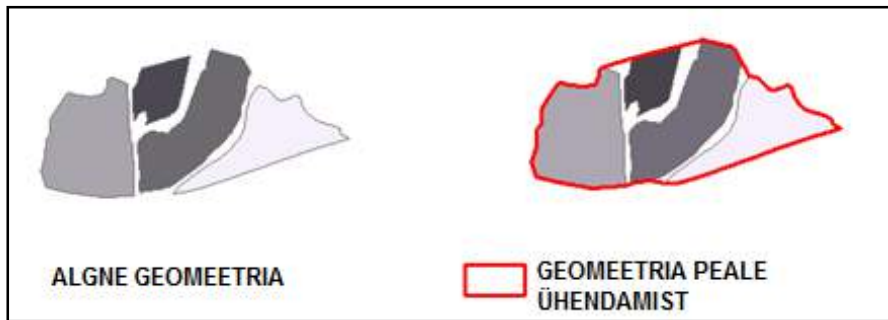
Joonis 33. PAEK ja BEZIER algoritmidega silumine (Esri)

- ♦ **agregeerimine** – (*aggregation*) eraldiseisvad või kõrvuti paiknevad ning samasse rühma kuuluvad objektid asendatakse ühe või mitme objektiga;



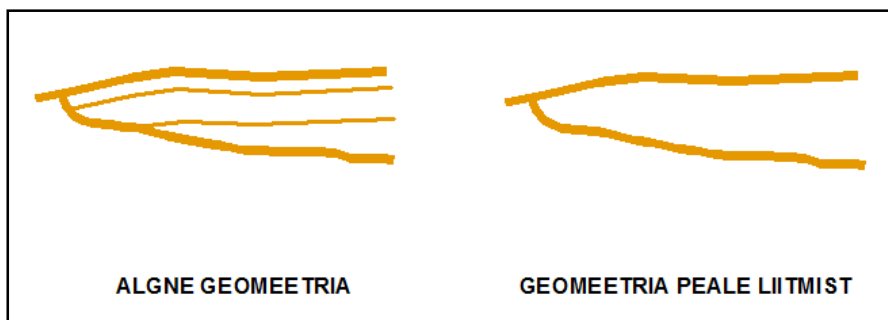
Joonis 34. Agregeerimine (Esri)

- ♦ **ühendamine** – (*amalgamation*) üks või mitme polügooni asendamine ühe objektiga;



Joonis 35. Ühendamine

- ♦ **liitmine** – (*merging*) joonobjektide grupeerimise tulemusena kaotatakse nende sisemised detailid, kuid säilitatakse üldine väline geomeetria;



Joonis 36. Liitmine

- ♦ **kollaps** – (*collapse*) lihtsustatakse polügooni välist geomeetriat, asendades selle punkt- või joonobjektiga;
- ♦ **harvendamine** – (*refinement*) objekti esitamiseks kasutatakse vaid selle teatud elemente, säilitades objekti üldise kuju;
- ♦ **liialdamine** – (*exaggeration*) objekti teatud iseloomulikku osa võimendatakse, et see objekti vähendamisel selgelt esile tuleks;
- ♦ **rõhutamine** – (*enhancement*) objekti tõstetakse esile, muutes vajadusel selle leppemärki või esitusviisi;
- ♦ **nihutamine** – (*displacement*) objektide reaalselt paiknemist muudetakse mittemõõtkavaliselt;
- ♦ **rühmitamine** – (*classification*) objektid klassifitseeritakse atribuutide väärtuste alusel rühmadeks.

Lisaks vektorkihtide generaliseerimisele kasutatakse üldistamist ka rasterkihtide juures, mida aga käesolevas materjalis lähemalt ei käsitleta.

4. GIS-väljundi koostamine

Käesolevas peatükis tutvute lähemalt kaardi koostamisega ja vormistamisega seotud tegevustega, mis hõlmavad leppemärkide kasutamist, värvide valikut, tekstide paigutamist jne.

Üheks tähtsaimaks kriteeriumiks, millega mõõdetakse esituse tulemuslikkust on selle täpsus. Geograafiline maailm on lõpmatult keeruline ja mida lähemalt seda vaadata, seda rohkem detaile esile kerkib. Seega tuleb geograafiliste nähtuste esitamisel teha valikuid selle sisu, detailsuse astme ja ajakohasuse aspekti seisukohast lähtuvalt.

GIS-väljundi lõplikule koostamisele eelnevad mitmed olulised planeerimis(t)e ja arutelu(de)ga seotud tegevused:

- ◆ kas GIS-i väljundiks on tabel, graafik, aruanne, vormistatud kaart või midagi muud?

Situatsioonis, kus tegemist on tabeliga, on vajalik saada vastus järgnevatele küsimustele:

- ◆ millised tunnused (atribuudid) on vajalikud tabeli koostamiseks;
- ◆ millises formaadis tuleb tabelandmestik esitada – on selleks XLS, XLSX, CSV, DBF, ODS, MDB või miski muu;
- ◆ kas tabel peab olema esitatud ja vormistatud koos kaardiosaga ehk ühe kaardi komponendina?

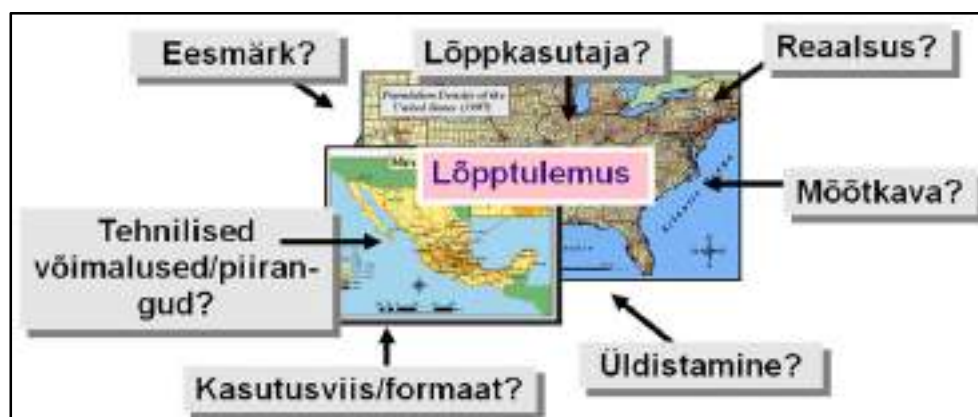
Situatsioonis, kus tegemist on graafikuga, on vajalik saada vastus järgnevatele küsimustele:

- ◆ millised tunnused (atribuudid) on vajalikud graafiku koostamiseks;
- ◆ milline peab olema graafiku tüüp – on selleks tulpdiagramm, sektordiagramm või miski muu;
- ◆ millises formaadis tuleb graafik esitada – on selleks PDF, GRF, BMP, PostScript, SVG, JPEG või miski muu;
- ◆ kas graafik peab olema esitatud koos kaardiosaga ehk ühe kaardi komponendina?

Situatsioonis, kus tegemist on aruandega, on vajalik saada vastus järgnevatele küsimustele:

- ◆ millised tunnused (atribuudid) on vajalikud aruande koostamiseks;
- ◆ millises formaadis tuleb graafik esitada – on selleks PDF, RTF, TXT või miski muu;
- ◆ kas aruanne peab olema esitatud koos kaardiosaga ehk ühe kaardi komponendina?

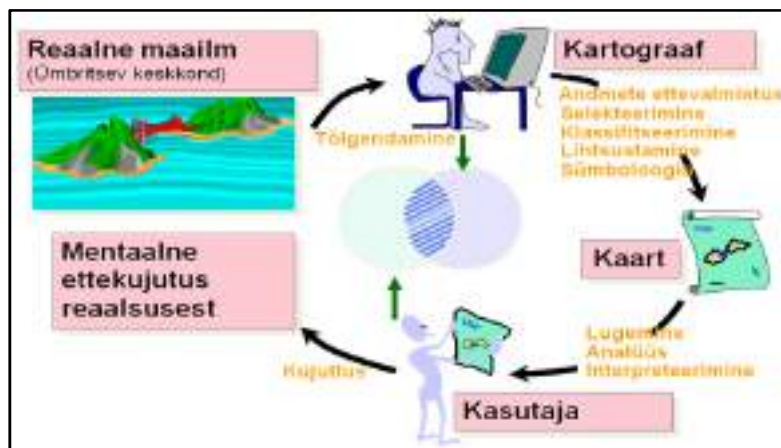
Situatsioonis, kus tegemist on kaardiga, on vajalik saada vastus järgnevatele küsimärgiga märksõnadele, mis on näidatud alloleval joonisel:



Joonis 37. Kaardi koostamisega seotud märksõnad

- ◆ mis on kaardi eesmärk ehk sõnum kasutajale;
- ◆ kes on kasutajad ehk sihtgrupp;
- ◆ millise täpsuse ja kvaliteediga on kasutatavad lähteandmed;
- ◆ mis otstarbel ja millisel kujul kaarti kasutatakse (paberkaart või arvutikaart);
- ◆ kuidas valitakse kaardile sobivad nähtused ning tagatakse objektide tasandil nende kirjeldamine ja eristatavus;
- ◆ kuidas leida asjakohased leppemärgid ja määrata sobilik värviharmoonia;
- ◆ kui suures ulatuses on vajalik generaliseerimine;
- ◆ millises määtkavas ja millise territoriaalse ulatusega tulem esitatakse;
- ◆ kas koostatakse üksikut kaarti või kaartide seeriat (kaardiraamat, atlas jne);
- ◆ kuivõrd heatasemelised on tehnilised võimalused – kas kasutatav tarkvara on piisavalt funktsionaalne, kas printer/plotter võimaldab lehti trükkida ka A3 formaadis jne?

Kaardi kaudu esitatakse teatud huvialuse ala kohta geograafiline informatsioon temaatiliste kihtide kogumina. Kaardi koostamine on kompleksne tegevus, mis hõlmab mitmeid tööetappe ning moodustab tervikliku kartograafilise kommunikatsiooniahela. Selleks, et kaardil kujutatust aru saada, peab selle mõistmiseks oskama kasutaja ka seda lugeda. Ideaaljuhul peaks lõpptulem olema üheselt arusaadav nii kaardi koostajale kui ka selle kasutajale.



Joonis 38. Kartograafiline kommunikatsioon (Esri)

Trükkimiseks ja levitamiseks kõlbliku kaardi ettevalmistamine on kunst, mis sisaldab palju subjektiivseid aspekte ning esitab kartograafidele tihti loominguilisi väljakutseid. Seetõttu peavad nad olema kompetentsed nii kartograafia baasteadmiste osas kui ka olema kursis võimalustega, mida tänapäevased GIS- ja kujundustarkvarad rikkalikult pakuvad.

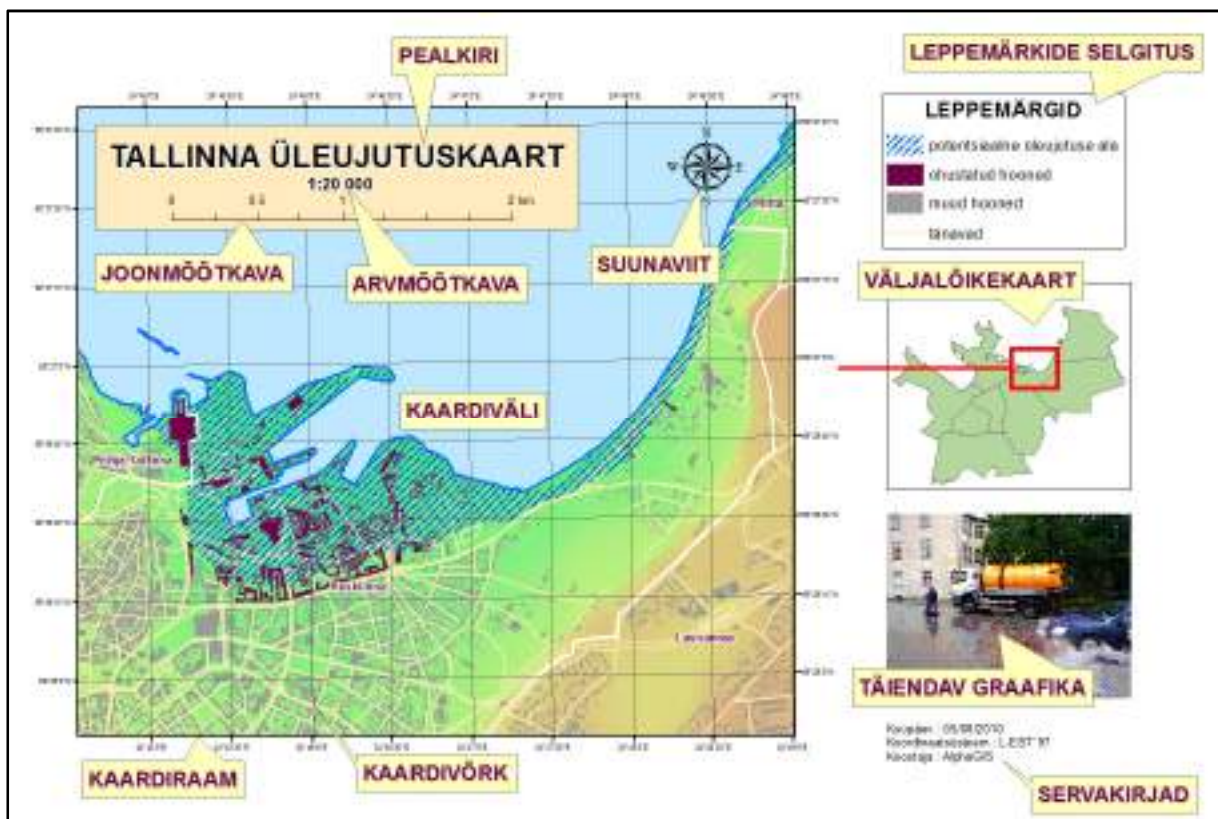
Kaardi kui teatud kommunikatsioonivahendi esmane funktsioon on (geograafilise) info edastamine, kus erinevate nähtuste visualiseerimisel, leppemärkide valikul ja värvide kombineerimisel kasutatakse mitmesuguseid kartograafilisi kujutusviise.

Kaardi kompositsioon – kaardi koostamise protsess, mille ülesandeks on siduda tervikuks omavahel seotud üksikud kaardi elemendid ja nende paigutuslik tasakaal.

4.1. Kaardi komponendid

Kaardile kantud graafilisi elemente ning kirju nimetatakse kaardi komponentideks, mis erinevaid ülesandeid täites aitavad parendada kaardi sisulist kvaliteeti ning samuti hõlbustavad kasutajal tulemit paremini tõlgendada. Olulisemad neist on:

- ♦ kaardiväli – geograafilise info visuaalselt nähtav osa kaardil, mis tavaliselt on piiritletud teatud raamistusega (nt kaardiraamiga, koordinaatvõrguga, lehe servaga jms);
- ♦ väljalõikekaart – täpsustava sisuga asendikaart, mille kaudu reeglina näidatakse väiksemas mõõtkavas kaardivälja aknas nähtavat kaardistatud ala ulatust üldisemas mastaabis;
- ♦ pealkiri – kaarti kui toodet kirjeldav üldmõistetav nimetus, mis tavaliselt sisaldab lisaks kujutatava ala kohanimele ka kaardi kasutusotstarvet (nt "Heimtali küla maa-ala osaline detailplaneering");
- ♦ leppemärkide selgitus – aitab mõista ja paremini tõlgendada kaardi sisu. Reeglina on leppemärkide selgitus ehk legend sarnaselt kaardiväljaga parema loetavuse eesmärgil piiritletud teatud raamistusega;
- ♦ mõõtkava – näitab, mitu korda on kaardile kantud objektide mõõtmeid võrreldes reaalsuses olevaga vähendatud);
- ♦ kaardiraam – huvialuse kaardivälja ja/või kõiki kaardi komponente piirav joonestik, mille juurde kantakse tihti suuremõõtkavalistel kaartidel ka koordinaatide väärtused või kasutatakse lihtsalt vastavate kaardiakende markeerimiseks;
- ♦ kaardivõrk – võimaldab määrata asukohakoordinaate. Selleks kasutatakse nii geograafilisi koordinaate kui ka tasapinnalisi ristkoordinaate kirjeldavaid võrkusid. Võrgu kuju sõltub kartograafilisest projektsioonist. Kaardivõrguna saame käsitleda ka indeksvõrku, mille alusel koostatud kohanimede loendid aitavad lihtsamini üles leida kaardil näidatud kohanimedid (nt linnakaardile kantud tänavanimede otsing).



Joonis 39. Kaardi komponendid

Lisaks sellele sisaldab trükitud kaart täiendavaid kaardielemente lehel organiseerituna. Kaardiraamis esitatakse teatud huvialuse ala kohta kaardivaade ning kaardilehe teised elemendid (nt kaardilegend, mõõtkava, põhjasuund, kirjeldav tekst ja kaardi pealkiri) ümber kaardipildi aitavad kaardi sisust aru saada ning seda lugeda ja tõlgendada.

Kaardi kvaliteeti hinnatakse esmalt selle loetavuse seisukohast lähtuvalt. Alljärgnevalt on välja toodud mõningad temaatiliste kaartide koostamisega seotud soovitusel.

- ◆ Leppemärkide valikul eelistada võimaluse korral kirevate mustrite ja tekstuuride eksponeerimise asemel lihtsaid ja nähtusega kergesti seostavaid sümboleid;
- ◆ Värvivalikul kasutada harjumuspäraseid seoseid (nt veekogude näitamisel sinakad ja metsaga kaetud alade tarbeks rohekad toonid);
- ◆ Tekstide paigutamisel arvestada, et need oleksid loetavad ja kujutatavate nähtustega lihtsasti seostavad;
- ◆ Arvestada kaardiobjektide paigutuse kompositsiooni, et teatud kaardilehe osad ei oleks ülearu koormatud ning teised liigselt tühjad;
- ◆ Eristada olulist ebaolulisest – näidata/rõhutada kaardil ainult seda, mida vaja ning arvesta ka väljundi formaadi ja mõõtkavaga! Kuna kõike ei ole võimalik ühel kaardil näidata, koostada prioriteetide alusel valik. Näiteks ei ole väga otstarbekas püüda paralleelselt näidata nii Kehtna alevikku katvat ortofotot, põhikaarti, katastriüksuseid jne. Koondades kokku liialt palju erinevat ja ülekattes olevat informatsiooni, muutub kaardipilt varem või hiljem väga segaseks ja halvimal juhul suisa loetamatuks.

4.2. Kaartide liigid

Kaartide liigitamiseks kasutatakse mitmeid kriteeriumeid. Allpool on loetletud enamlevinud kaartide jaotused.

- ◆ Mõõtkava alusel. Igal kaardil on määratud mõõtkava ja vastavate väärtuste alusel saab kaarte liigitada:
 - a) suuremõõtkavalised kaardid* – mõõtkava väärtus on 1:20 000 ja sellest suurem;
 - b) väikesemõõtkavalised kaardid* – mõõtkava väärtus on 1:200 000 ja sellest väiksem;
 - c) keskmisemõõtkavalised kaardid* – mõõtkava väärtus jääb eelneva kahe rühma vahele (1:30 000, 1:100 000, 1:150 000 jne).

* Vastav liigitus kehtib Eesti territooriumit kujutatavate kaartide puhul. Arvumõõtkava väärtuste põhine klassifikatsioon ei ole ülemaailmselt universaalne ning on riigiti erinev.
- ◆ Sisu alusel:
 - a) üldgeograafilised kaardid – kujutavad füüsilist reaalselt maailma ning selle sisuks on tavaliselt hüdrograafilised nähtused, maapinna reljeef, taimkatte kõlvikud ja/või loodusvööndid; esindatud võivad olla samuti inimasustusega seotud objektid nagu asulad ja infrastruktuur. Siia kategooriasse kuuluvad nn. territooriumi kujutav füüsiline kaart, topograafilised kaardid ja ortofotokaardid;
 - b) temaatilised kaardid – kaardid, kus on näidatud vastava temaatikaga seotud ja selle kontekstis olulise sisuga nähtusi. Sageli ei ole temaatilistel kaartidel kuvatud nähtused reaalselt tunnetatavad/tajutavad, vaid kirjeldavad teatud matemaatiliste või statistiliste geoaanalüüside kaudu saadud tulemusi (nt riigi rahvastiku tihedust, elanikkonna keskmist sissetulekut jmt kirjeldavad kaardid jne). Temaatilisi kaarte liigitatakse omakorda täiendavateks alarühmadeks:
 - rahvastikukaardid;
 - statistilised kaardid;

- ajalooteemalised kaardid;
 - erikaardid;
 - turismikaardid jne.
- ◆ Kasutusotstarbe alusel:
 - a) teatmekaardid;
 - b) õppekaardid;
 - c) kontuurkaardid;
 - d) välitöökaardid;
 - e) planeerimiskaardid.
 - ◆ Kujutatava ala ulatuse alusel:
 - a) Maailma kujutavad kaardid;
 - b) poolkerade kaardid;
 - c) mandrite ja maailmajagude (ookeanide) kaardid;
 - d) maailmaosade kaardid;
 - e) riikide kaardid jne.

4.3. Värvide kasutamine kartograafias

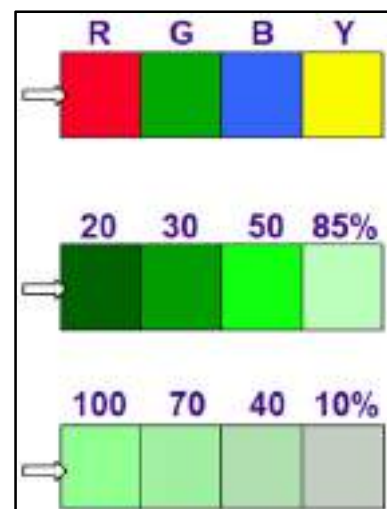
Värvide kasutamine ja nende omavaheline kombineerimine annab kartograafidele märksa suuremad võimalused kaardikihtidel kujutatavate objektide tõsemaks visualiseerimiseks. Värvid aitavad lugeja tähelepanu lihtsamini suunata erinevatele kaardi elementidele (kaardiraam, leppemärgid, koordinaatide võrgustik, mõõtkava jne), hierarhilisele ülesehitusele ning üldise sisu tõlgendamisele. Sellest tulenevalt on värvide valik ja nende kokkuseadmine kaardi koostamisel oluline nüanss, mis nõuab sageli pikemat planeerimist ja mõtlemist, kui seda algselt arvata oskaks.

Värvust samastatakse mõnikord värviga, mis olemuslikult on laiem mõiste ja võib enda alla haarata ka värvuse. Näiteks füsioloogiline värv ongi silmaga tajutav nägemisaisting, mida võib nimetada värvuseks. Selleks, et värvide maailmaga seotud terminoloogias oleks pisut lihtsam orienteeruda, on järgnevalt välja toodud mõned olulisemad märksõnad.

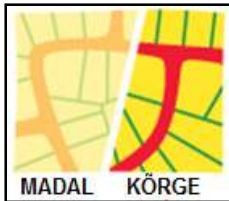
Värvitoon ehk värvus (*color hue*) on valguse lainepikkusest sõltuv suurus, mis on vastavas paletis defineeritud kui puhas värv, mida teatakse teatud nimetuse all (nt "punane", "sinine" jne). Inimsilm suudab tajuda elektromagnetilise spektri nähtava osa kiirgust, mille lainepikkused jäävad vahemikku 400-700 nm sinine, violetne ja roheline toon jäävad madalama ning punane ja oranž toon kõrgema lainepikkuse vahemikku. Nähtava laineala keskel on kollane värvus.

Värvi väärtus (*color value*) kirjeldab värvi suhtelist heledust või tumedust.

Värvi küllastatus ehk värvipuhtus (*color saturation*) määrab värvi intensiivsuse astme, kus väärtuse 100 korral on tegemist puhta värviga ning väärtus 0 iseloomustab antud värvi kõige vähemintensiivsemat varianti, mille korral paistab see sõltuvalt heledusest kas valge, musta või hallina.



Joonis 40. Näiteid värvitooni, värvi väärtuse ja värvi küllastatuse kohta



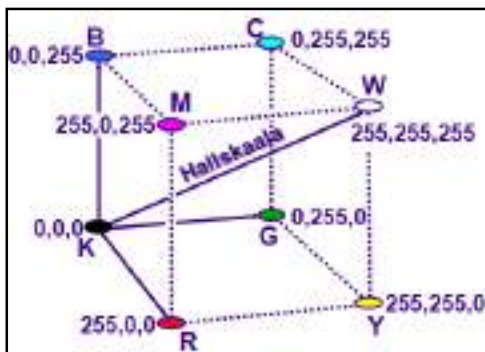
Joonis 41. Näide värvi küllastatusest (Esri)

Värvide osas tasub olla teadlik ka enamlevinud värvimudelite iseärasustega.

Värvimudel – seadme värviulatuse geomeetriline esitus, mis organiseerib värve vastavalt nende omadustele kas ekraanil kuvamiseks või trükkimiseks.

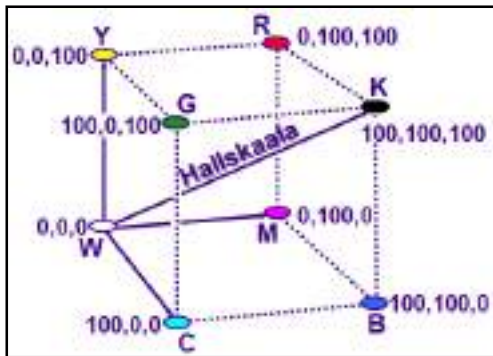
Tuntumad värvimudelite näited kaartide digitaalseks publitseerimiseks ja trükiks ettevalmistamiseks on RGB, CMYK, HLS, HSV, CIE-L * a * b jne. Arvutiekraanil näitamiseks on võimalik koostada ja kasutada ca 16,7 milj. värvi.

RGB on aditiivne värvimudel, mis kasutab nähtavate värvide saamiseks kolme primaarset tooni (punane – *red*, roheline – *green* ja sinine – *blue*), mille liitmisel saadakse valge värv. Kahe primaarse värvi segamisel tekivad nn. sekundaarsed värvid (tsüaan – *cyan*, karmiinpunane – *magenta* ja kollane – *yellow*). Värvid tekivad nn. kiirgava valgusspektri kaudu, milleks on näiteks arvutiekraan, projektor vms.



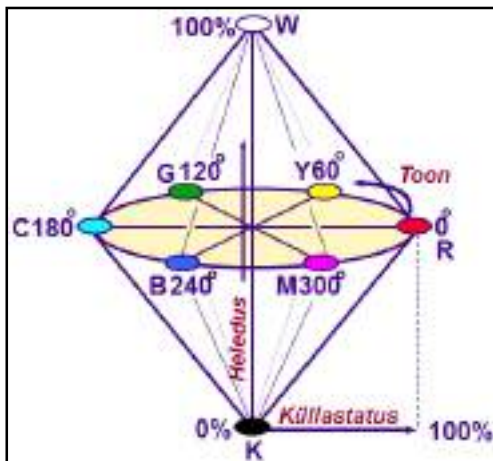
Joonis 42. RGB värvimudel (Esri)

CMYK on subtraktiivne ehk lahutav värvimudel, mille korral valge värvus saadakse kolme komponentvärvi (tsüaan – *cyan*, karmiinpunane – *magenta* ja kollane – *yellow*) puudumisel. Võtmevärvina (*key*) kasutatakse puhast musta värvi. CMYK värvid tekivad peegelduva valge valguse kaudu, seetõttu kasutatakse seda laialdaselt trükiks ettevalmistusel, kuivõrd seda kasutavad ja toetavad praktiliselt kõik tänapäevased värviprinterid ja plotterid.



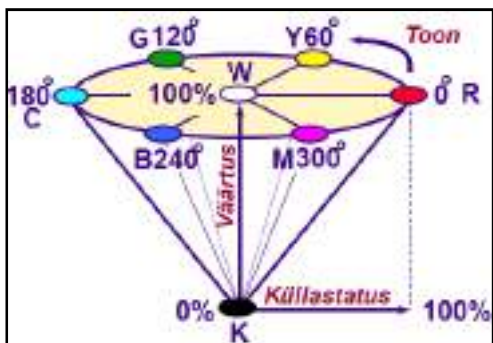
Joonis 43. CMYK värvimudel (Esri)

HLS on kahele koonusele ehitatud mitmedimensionaalne värvimudel, kus värvid defineeritakse kolme komponendi (värv toon – *hue*, küllastatus – *saturation* ja heledus – *lightness*) kaudu. Toon on arvuline väärtus vahemikus 0-360 kraadi ning sellega märgitakse värvi tooni asukohta vastavalt värvirõngal. Heledus näitab protsentuaalselt valge värv sisaldust ning küllastatus intensiivsuse (värvipuhuse) määra. HSB mudel ühtib ligikaudselt tavainimese värvitajuga.



Joonis 44. HLS värvimudel (Esri)

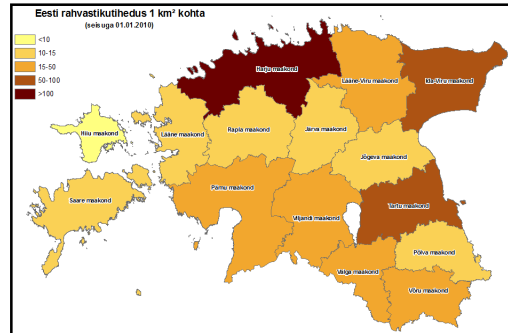
HSV värvimudel on sarnane HLS-ga. Erinevus seisneb selles, et heledust kirjeldav osa on asendatud värvi väärtusega (*value*). Kui väärtus on 0%, on tegemist musta värviga. 100% väärtus tähistab valget värv.



Joonis 45. HSV värvimudel (Esri)

Kaardi koostamise kontekstis on oluline, et värvide valik toetaks maksimaalselt kujunduslikku teostust, kus lõpptulemusena oleks tagatud kaardi loetavus ning arvestataks ka häid kartograafilisi tavasid.

Värviharmonia seisukohast on alati kindlam kasutada suurte pindade ja taustade koloreerimisel vähemintensiivseid toone ning rohkem rõhutamist väärivate elementide puhul eredamaid ja sugestiivsemaid toone. Kaardiseeriade puhul on soovitatav välja töötada ühtne stiil, et erinevatel lehtedel kasutatavad värvid ei varieeruks. Värvivalikul saab arvesse võtta mõningaid kindlaid reegleid, millest teatud juhtumeid on ka järgnevalt kirjeldatud.



Joonis 46. Rahvastikutiheduse visualiseerimine

Kvantitatiivse sisuga andmete korral on soovitatav eelistada värvitooni väärtustega varieerimist. Näiteks rahvastikutiheduse kaardil on kasutatud ühtse toonina pruuni värvi, kus tihedama asustusega alad on kujutatud tumedamana ning hõredamini asustatud kohad heledamana.

Samasse nähtuste gruppi kuuluvate objektide esitamiseks on soovitatav kasutada sarnast tooni. Näiteks vetevõrgu puhul on nii suuremad vooluveekogud kui ka kraavid samasugused. Parema eristuse tagamiseks saab kombineerida leppemärkide suurusi.



Joonis 47. Vooluveekogude ja teede visualiseerimine.

Ühesuguse geomeetriaga kirjeldatud, kuid erineva sisuga objekte on mõttekas eristada värvitoonide alusel selliselt nagu teede ja vooluveekogude näitena on näha kõrvaloleval joonisel.

4.4. Sümboloogia ja selle graafilised karakteristikud

Kaartide koostamisel ei saa üle ega ümber sümboloogiaga seotud toimingutest. Kui soovime kaardil esile tõsta kujutatavate objektide kindlaid omadusi, on selleks võimalik kasutada mitmeid kartograafilisi kujutusviise. Nõnda nagu meie tavapärasel suhtlemisel on abivahendiks keel ja selleks vajalik sõnavara, saame kaartide puhul rääkida kartograafilisest keelest, mille puhul on sõnadena käsitletavat mitmesugused sümbolid ja kujundid ehk leppemärgid. Leppemärkide kaudu määratletakse objekti liik ja selle asukoht.

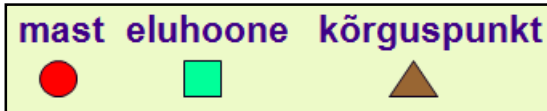
Sümboloogia – tavade, reeglite või kodeeringute süsteemide kogum, mis kirjeldavad geograafiliste nähtuste kaardil kujutamise leppemärkide kaudu. Sõltuvalt kujutatavate nähtuste iseloomust võivad need muuta selleks kasutatavaid graafilisi karakteristikuid (nt leppemärkide suurus, värv ja geomeetria).

Enne leppemärkide valikut on vajalik lahti mõtestada ka kaardile kantud nähtuste sisuline olemus. Geograafilised nähtused võivad olla olemuslikult füüsiliselt eksisteerivad ning realselt silmaga tajutavad (nt teed, valgustid, raadiomastid jne), kontseptuaalsed ehk statistilised pinnad (nt keelkondade levik, rahvastiku tihedus jne), diskreetsed (nt punktnähtused) või pidevad (nt teatud alal esinevad ja seal piiritletavad nähtused).

Geograafilise sisuga andmed võime tunnuste väärtuste iseloomu alusel jagada alljärgnevalt.

- 1) Mittearvulised ehk kvalitatiivsed andmed – kirjeldavad objektide ja protsesside omadusi diskreetsete väärtustena nende täpseid omavahelisi suuruste vahetõrget määratlemata ja järjestamata (nt maakasutuse koodid). Siia alla kuuluvad näiteks nominaalse sisuga tunnused, mille puhul ei saa koostada sisulist järjestust pingerivi, väärtuse vms. mõõdetava parameetri alusel.

Maakasutuse koodide alusel või erineva sisuga objektide visualiseerimisel ei saa ühte väärtust/objekti teisele eelistada, sest suurema väärtusega kood sisuliselt teisest olulisem ei ole. Nii näiteks on ka raadiomast, eluhoone ja kõrguspunkt sisulises mõistes täiesti eraldiseisvad nähtused. Kvalitatiivse sisuga andmete puhul saab varieerida erineva värvitooni ja sümbolite geomeetria valikuga.



Joonis 48. Kvalitatiivse sisuga andmed

- 2) Arvulised ehk kvantitatiivsed andmed – kirjeldavad numbriliselt mõõdetavaid tunnuseid, mis saavad olla kas pidevad või diskreetsed. Kui pideva sisuga tunnus saab vastavas vahemikus omada mistahes reaalarvulisi väärtusi (nt rahvastikutihedus asustusüksuste kaupa), siis diskreetne tunnus omab konkreetseid täisarvulisi väärtusi (nt elanike arv asulas).

Arvulised andmed omakorda saavad olla ka järjestatud või intervallide ja suhte kaudu esitatavad, mille paremaks eristamiseks saame leppemärkide omistamisel varieerida nii nende suuruse kui ka värvi väärtuste varieerimisega.

Järjestatud andmete puhul saame võrrelda objektide suhtelisi väärtusi, mis on eristatavad teatud prioriteedi ehk tähtsuse alusel (nt asulate hierarhia nende üldise mastaabi alusel).



Joonis 49. Kvantitatiivse sisuga andmed

Intervallide alusel esitatud andmete osas on võimalik samuti võrrelda suhtelisi väärtusi. Täiendavalt aga saab siinkohal kasutada teatud kriteeriumitele vastavat intervallskaalat, millega saame tunnuseid erinevate väärtuste alusel rühmitada (nt temperatuur Celsiuse skaala alusel).

Suhte kaudu esitatud andmed on eristatavad nende arvulise absoluutskaala väärtuse alusel. Nii näiteks ei saa elanike arv olla väärtusega 1,75 vaid 1; 2; 3 jne.



Joonis 50. Suhte kaudu esitatud andmed

Rahuldamiseks maksimaalselt püstitatud eesmärged ning saavutamaks maksimaalset tulemust on leppemärkide valikul eelnevalt kasulik teada vastuseid järgmistele küsimustele.

- 1) Kas sama teema alla kuuluvad objektid visualiseeritakse sarnaselt või kasutatakse selleks teatud atribuute? Näiteks on asulaid võimalik eristada nende üldise jaotuse alusel kui ka elanike arvu alusel.
- 2) Milline on geomeetria? Asulaid saame kujutada nii mõõtkavaliste pindobjektidena kui ka punktobjektidena.
- 3) Mis on kaardi eesmärk? Kas on vaja teatud temaatika teistest enam rõhutada?
- 4) Kas kasutatavad andmed on kvalitatiivse või kvantitatiivse sisuga. Sellest sõltub suuresti kasutatava leppemärgi asjakohane valik.



Joonis 51. Sümboloogia graafilisi karakteristikuid kvalitatiivse (A) ja kvantitatiivse (B) sisuga andmete kujutamiseks (Esri)

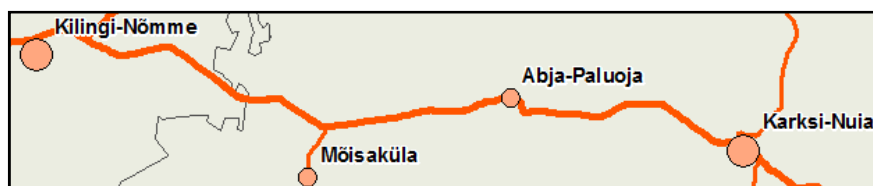
Alljärgnevalt on välja toodud mõned soovituselised sümbolite valiku tegemiseks.

- 1) Samase sisuga ja kvalitatiivsete tunnustega punktobjektide korral on soovitatav kasutada ühesuguse suurusega ja värvitooniga leppemärke (nt linnalised asulad).



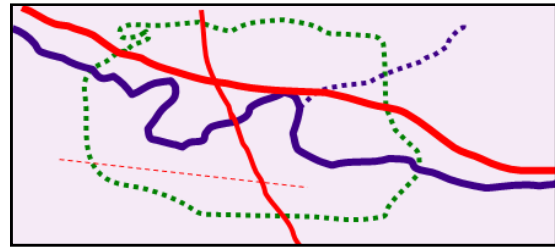
Joonis 52. Linnade asukohti markeerivate punktobjektide kasutamine

- 2) Samase sisuga ja kvantitatiivsete tunnustega punktobjektide korral on soovitatav kasutada varieeruva suurusega kuid sama värvitooniga leppemärke. Nii saame linnalisi asulaid rühmitada vastavalt nende elanike arvu alusel.



Joonis 53. Asulaid markeerivate varieeruva suurusega leppemärkide kasutamine

- 3) Kvalitatiivse sisuga joonobjektide puhul võib kasutada kõrvaloleval joonisel näidatud ülesehitust. Ajutise iseloomuga nähtuste puhul (nt sinisega markeeritud kitsamad vooluveekogud, mis täituvad veega ainult kevadel) ja looduses mittenähtavate objektide osas (nt rohelisega märgitud jahipiirkonnad) võib kasutada pidevjoone asemel ka punktiirjoont. Katkendliku joonega võib tähistada ka sama teemakihi juurde kuuluvaid, kuid mõnevõrra marginaalsema tähtsusega objekte (nt pinnaseteed jms)



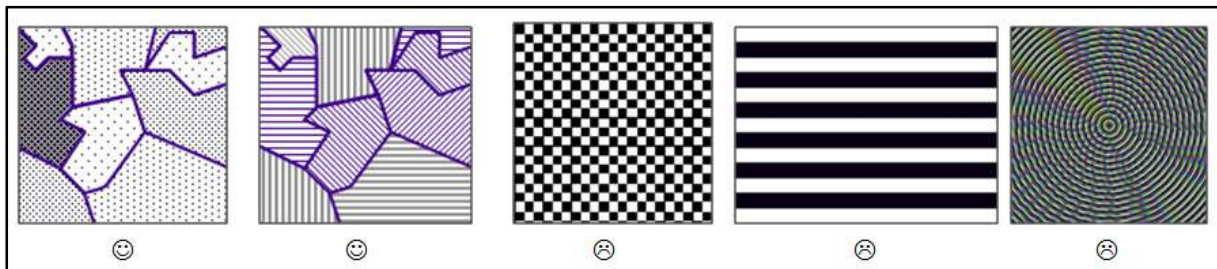
Joonis 54. Kvalitatiivse sisuga joonobjektide visualiseerimine

- 4) Kvantitatiivsete joonobjektide korral võib varieerida erineva joone paksusega, näiteks jõe puhul võime selle veemahu ajalise läbivoolu alusel jagada eraldi lõikudeks (vt joonis 55).



Joonis 55. Joonobjektide eristamine

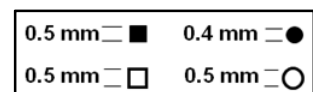
- 5) Kvalitatiivse sisuga pindobjektide puhul on rakendatavad erinevad värvitoonid, mustrid ja tekstuudid. Arvestage, et liialt intensiivse ja tiheda tekstuuri (nt Moiré muster) kasutamine raskendab kaardi loetavust.



Joonis 56. Näited erinevatest mustritest ja tekstuuridest

Leppemärgid peavad olema võimalikult väikesed, et need ei domineeriks liialt ning jäta ruumi ka teistele kaardielementidele. Sellega seonduvalt võib tekkida küsimus, kuidas määratleda suurust “võimalikult väike”. Rahvusvaheline Kartograafia Assotsiatsioon (*The International Cartographic Association – ICA*) on välja toonud alljärgnevad soovitusel:

- 1) üldise seisukoha alusel on sümbolite minimaalsed suurused ca $\frac{2}{3}$ selle juurde käiva kaardikirja mõõtmetest;
- 2) tulenevalt inimese füsioloogiast on minimaalseim loetav joone paksus 0,1 mm;
- 3) punktleppemärgi minimaalne loetavus sõltub nii kasutatavast geomeetriast kui ka visuaalsest ülesehitusest (täitevõrviga või ilma) (vt joonis 57);
- 4) omavahel külgnevad sümbolid on rahuldavalt eristatavad juhul, kui nende vahemaa on $> 0,2$ mm;
- 5) kahe joone tajumiseks peab nende minimaalne vahemaa olema vähemalt 0,5 mm.



Joonis 57. Punktleppemärgide loetavuse minimaalsed mõõdud

Värvitoonide kasutamise osas on kartograafia-alased uurimistööd näidanud, et inimsilm suudab adekvaatselt eristada kuni 12 värvitooni ning 8 värvitooni väärtust. Seega, andmete rühmitamisel on kasulik vastavaid parameetreid teada.

Kokkuvõttes on oluline, et lõpptulemus oleks lihtsasti loetav ja arusaadav ning kõik kujutatud täitevõrvid, äärejooned, punktsümbolid jne oleksid ka legendis välja toodud. Leppemärgid peavad andma efektiivselt edasi kujutatava objekti olemust, olema maksimaalselt lihtsad, üksteisest selgesti eristuvad ning moodustama visuaalselt tervikliku ja harmoonilise kaardikompositsiooni.

Andmete rühmitamine

Üsna tavapärane on juhtum, kus kaardil on vaja esitada objekte neid kirjeldavate (kvantitatiivsete) atribuudiväärtuste alusel. Reeglina on unikaalseid tunnuseid piisavalt palju selleks, et arusaadavalt visualiseerida igaüht neist erineva värviga. Seetõttu on vajalik andmeid nende tunnuste alusel mingil moel eelnevalt rühmitada ning siinkohal saab kasutada mitmesuguseid meetodeid, mis sisalduvad automatiseeritud kujul ka levinumates GIS-tarkvarapakettides. Kuivõrd mittersobiva rühmitamise meetodi kasutamine annab reeglina ebausaldusväärse või isegi moonutatud sisuga tulemuse, on esimese ülesandena vaja teostada andmete sisuline analüüs, mille alusel saab ülevaate, kuidas vastavad väärtused jagunenud on.

Sobiva rühmade arvu arvutamiseks saab kasutada Herbert Sturges`i poolt koostatud valemit ($k = 1 + 3,322 * \log n$), kus k märgib rühmade arvu ja n erinevate väärtuste koguarvu. Nii näiteks saame 100 erineva väärtuse korral optimaalseks rühmade arvuks:

$$k = 1 + 322 \log 100$$

$$k = 1 + 322 * 2$$

$$k = 1 + 6.644$$

$$k = 7,644 \approx 8$$

PS! Sturges`i valemi puhul jäävad kalkuleeritavate rühmade arvud vahemikku 4-20. Üldistel juhtudel võib üsna riskivaba valikuna kasutada nn. viiest rühmade jaotust, kuna sel juhul eristuvad arusaadavalt nii miinimum, maksimum kui keskmine. Samuti tuleb arvestada värvide kasutamisega seotud asjaolusid.

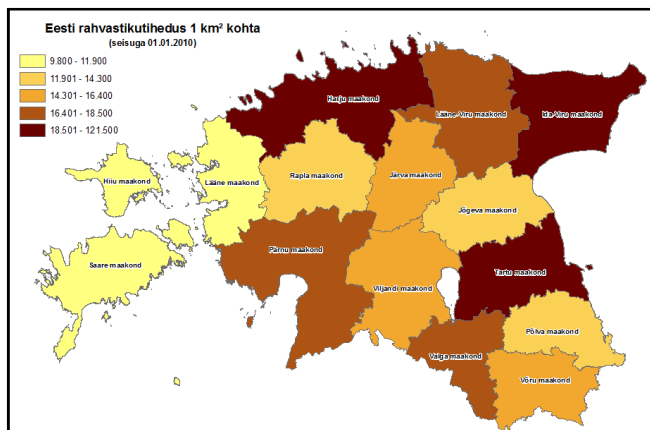
Rühmitamise meetodeid on mitmeid ning need annavad sama andmestiku korral erinevaid tulemusi. Alljärgnevalt on antud ülevaade sagedasemalt kasutatavatest rühmitamise meetoditest:

- 1) Loomulike vahemike meetod – eeldab, et igal rühmal on korrapärane sagedusjaotus ning mis tuvastab vastavalt etteantud rühmade arvule nn. “väärtuste ülemineku kohad”. Nimetatakse ka Jenksi algoritmiks.



Joonis 58. Tallinna Õismäe asumis elanike rühmiti jagunemine loomulike vahemike meetodi alusel

- 2) Kvantiilide meetod – tagab igasse rühma võrdse arvu objektide sattumise. Võib tekitada väärti tõlgendamist aladel, mille pindalad varieeruvad väga suures ulatuses, sest mitte alati ei ole objektide esinemise sagedus lineaarses sõltuvuses ala suurusega, kus need paiknevad. Juhul, kui nähtusega seotud tunnust kujutatakse erineva suurusega pindobjektidel, on kvantiilide meetodi puhul kindlam kasutada absoluutväärtuste asemel andmete normaliseerimist (nt elanike arv 1 km² kohta jne).



Joonis 59. Eesti maakondade rahvastikutihedus rühmiti jagunemine kvantiilide meetodi alusel

- 3) Võrdsete intervallide meetod – jagab rühmad selliselt, et vastavad väärtusvahemikud arvutatakse samaväärsete vahemike alusel.



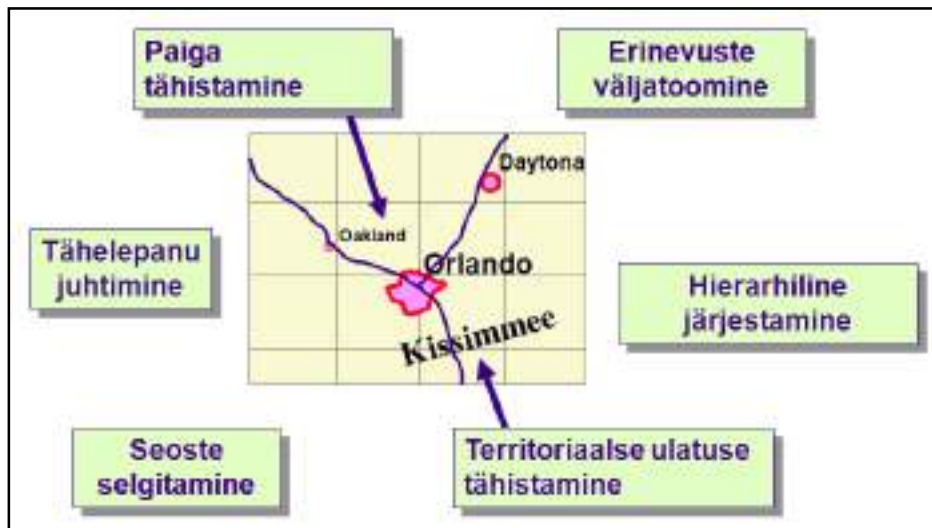
Joonis 60. Tallinna Mustamäe linnaosa elanike rühmiti jagunemine võrdsete vahemike meetodi alusel

Kokkuvõttes on oluline tutvuda andmete sisu ja seal esinevate väärtuste vahemikuga. Kuna eespool nimetatud meetodid on olemuslikult üsna jäigad, siis reeglina tuleb adekvaatseima tulemuse saamiseks

kasutada ikka manuaalset rühmitamist, kus kasutaja ise määrab sobivad klasside piirid. Küll aga on automaatsed klassifitseerimise algoritmid igati sobilikud selleks, et saada rühmadesse grupeerimise tööprotseduure lihtsustada.

4.5. Kaardikirjad ja nende paigutamise põhimõtted

Kaardikirjade ülesandeks on anda verbaalne sõnum ühe või teise kaardil kujutatud objekti või kaardi sisu kohta. Sageli on need talletatud ka eraldi kaardikihti(desse).



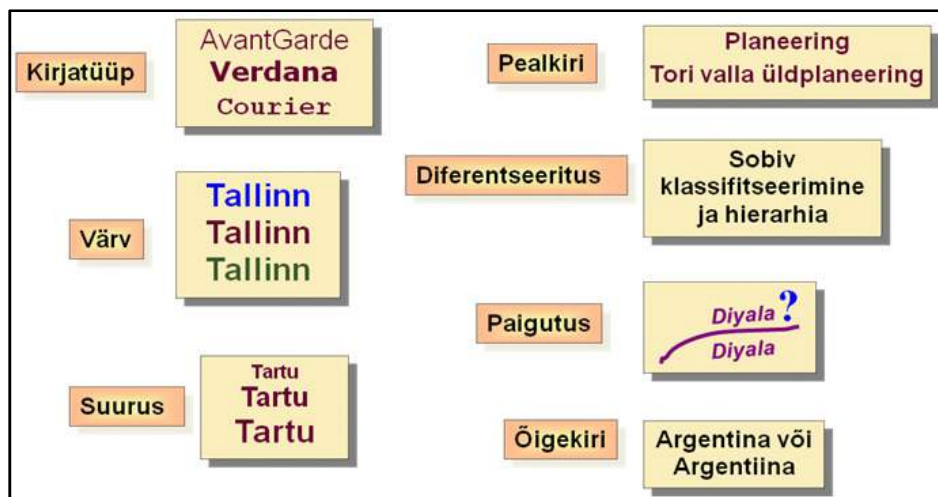
Joonis 61. Kaardikirjade kasutamise põhjused (Esri)

Tekste kantakse kaardile mitmel otstarbel.

1. Juhtida efektiivsemal moel kaardi kasutaja tähelepanu detailidele, mida soovitakse kindlasti ülejäänud infost eristada (nt markeeritakse punase värvitooniga eluhoone(te)ga seotud kruntide nimed, mida ähvardab kevadine üleujutuse oht).
2. Selgitada objekti ja paigastiku omavahelisi seoseid.
3. Tähistada nähtus(t)e territoriaalsed ulatused (nt kõrgustiku nimed on mõistlik näidata vastava nähtuse reaalse leviku ulatuses).
4. Objektide kirjeldamine teatud kriteeriumite ja hierarhia alusel (nt maakondade keskuste nimed eristatakse ülejäänud asulatest paksema kirja ja trükitähtedega).

Kirjade käsitsi kaardile kandmine on kaartide koostamisel üks töömahukamaid protseduure. Seetõttu kasutatakse tänapäeval tekstide paigutamise automatiseerimiseks järjest laialdasemalt ka mitmesuguseid GIS-töövahendeid. Lihtsama sisuga dünaamiliste tekstide paigutamise funktsioonid sisalduvad täna juba paljudes standardsetes GIS tarkvarapakettides, kuid järjest enam on populaarsust kogunud ka spetsiaalsed tooted veelgi võimalusterohkemaks tekstipaigutuseks (nt Maplex for ArcGIS), kus kasutajal on märksa rohkem eeldefineeritud funktsioone sobivate reeglite kehtestamiseks.

Arusaadavalt loetav ja visuaalselt esteetiline kaardikirjade paigutus on oluline aspekt kaardi lõplikul vormistamisel ja selle hilisemal kasutamisel. Oskamatusest või lihtsalt mõtlematult paigutatud kirjad tekitavad lugejates põhjendatult segadust, kuna võivad esile kutsuda kaardi sisu väärtimõistmist. Seega on igati asjakohane taolisi situatsioone ennetada ning mõtestada enne vastavaid tegevusi lahti läbi allolevad märksõnad.



Joonis 62. Tekstidega seotud parameetrid (Esri)

Kirjatüübi osas tuleks eelistada lihtsama ülesehitusega ja šeriifideta fonte (nt Verdana, Tahoma, Arial jne). Samuti ei loeta heaks tavaks paigutada kokku üksteisest erinevaid fonte. Pigem võiks katsetada kirjalaadi (harilik kiri, *kursiivkiri/Italic*, **rasvane kiri/Bold** jms) variatsioonide kombineerimist.

Värvide osas on oluline eelistada traditsioonilist lähenemist ning jälgida, kuidas see harmoneerub objekti enda leppemärgi värvitooniga. Näiteks veekogude (ookeanid, mered, lahed, järved, tiigid jne) ja teiste hüdrograafiliste objektide (kraavid, jõed jne) puhul tuleks kasutada sinakat värvitooni jne. Tänavate, majade numbrite, asustusüksuste jm. tavakirjade osas on tekstide hallskaalas värvitoonidega näitamine reeglina riskivaba lahendus. Tekstide paremaks eristamiseks ja loetavuse tagamiseks võib kasutada ka taustvärvi markeeringut ehk halosid.



Joonis 63. Halode kasutamine kaardikirjade selgemaks eristamiseks

Tekstide suuruse osas tuleks pidada silmas, et need oleksid piisavalt arusaadavalt loetavad, eristatavad. Vajadusel eemaldada tekstide omavahelised kattuvused. Samuti peaks arvestama, et kuvatavate tekstide suurus oleks valitud mõõtkava väärtuste kontekstis sobilik.

Pealkirja sõnastus peab olema konkreetne ja arusaadav nii kartograafile kui ka kaardi lugejale. Soovitav on märkida see teistest kaardil kujutatavatest kirjadest suuremana. Ei tohiks kasutada teksti allajoonimist või kooloni(te) lisamist!

Diferentseerituse juures on tähtis arvestada, et kaarti käsitleva temaatika ja sisu mõttes olulisema tähtsusega objektid oleksid paremini silmatorkavad ja jaotatud sobivatesse kategooriatesse (juhul kui kaardi

koostamise spetsifikatsioon teisiti ette ei näe). Näiteks teede ja tänavate puhul võiksime linnakaardil jaotada kirjade suurused kolme kategooria vahel: magistraalid ehk linna läbivad riikliku tähtsusega maanteed, peatänavad ja kõrvaltänavad.

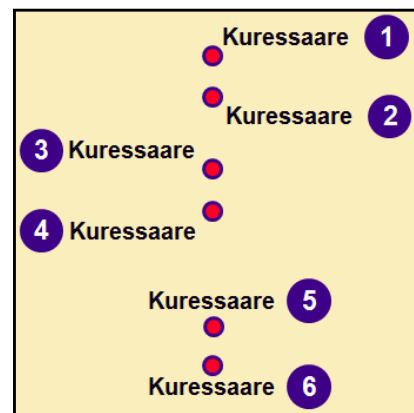
Paigutamise osas on aegade jooksul välja kujunenud teatud kindlad üldreeglid:

- 1) kirjad ei tohi olla "pea peale" pööratud;
- 2) kiri peab olema selgesti eristatav ja seostatav konkreetse objektiga.
- 3) omavahel ülekattes olevad kirju tuleb loetavuse parendamiseks nihutada või eemaldada vähem olulisem kiri sootuks.

Omaette reeglid kehtivad punkt-, joon-, ja pindobjektide ning nende omavaheliste variatsioonide juurde kuuluvate tekstide paigutamiseks.

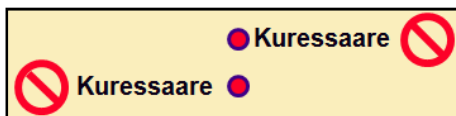
Punktobjektid

Punktobjektide juures on vajalik arvestada, mis on paigutatavale kirjale optimaalseim kaugus. See omakorda sõltub kaardi mõõtkavast, objekti leppemärgi suurusest, punkti asukohast ja teda ümbritsevatest teistest kaardi komponentidest. Punkti juurde kirja lisamisel kasuta kõrvalolevat paigutamise järjekorda, kus kõige eelistatum asukoht on markeeritud numbriga 1 ning vähem eelistatud asukoht numbriga 6 (vt joonis 64).



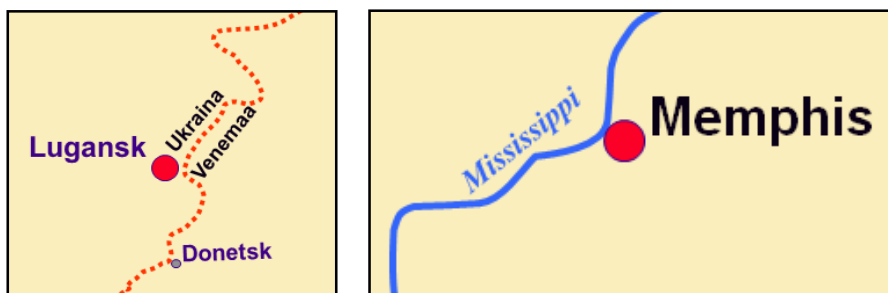
Joonis 64. Punktobjekte kirjeldavate tekstide paigutuse eelistatud asukohad (Esri)

Mittesoovitav on kasutada allolevat paigutust (vt joonis 65).



Joonis 65. Punktobjekte kirjeldavate tekstide paigutuse mittesoovitavad asukohad (Esri)

Situatsioonis, kus punktiga seotud kirja ümbritseb joonobjekt, tuleb tekst paigutada joonobjektist sinna osasse, kus vastav nähtus (punkt) reaalsuses asub (vt joonis 66).



Joonis 66. Tekstide paigutamine nähtuse reaalse paiknemise alusel (Esri)

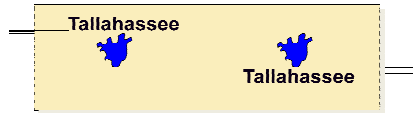
Kui joonobjekti kipub tekstiosa ära poolitama, siis peaks paigutama kirjad kas ühele või teisele poole joont või nihutama teksti selliselt, et joone kulgemine ei halvendaks loetavust (vt joonis 67).



Joonis 67. Tekstide poolitamine (Esri)

Pindobjektid

Kui kaardil kasutatakse koordinaatide võrgustikke, on soovituslik orienteerida ka tekstid paralleelide kulgemisega samas sihis (nt riikide ja linnade nimed). Võimaluse korral paiguta tekst pindobjekti kohale (vt joonised 68 ja 69).



Joonis 69. Tekstide paigutamine pindobjektile



Joonis 68. Tekstide paigutamine paralleelide alusel

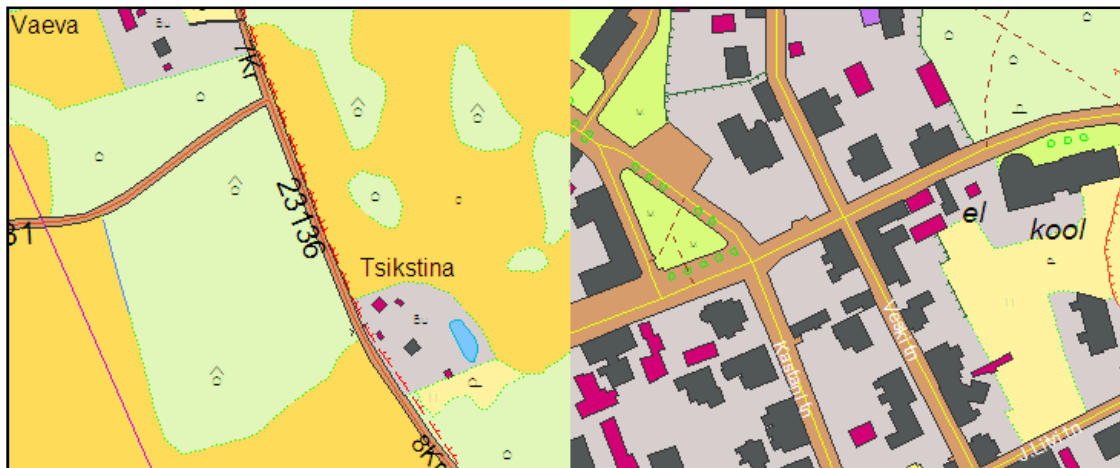
Eesti ja maailma kohanimed õigekirja kontrollimisel saab kasutada Eesti Keeleinstituudi veebipõhist kohanimeandmebaasi KNAB (<http://portaal.eki.ee/knab>).

5. Valik Eesti kaarditoodetest

Peatükk annab lühikese ülevaate Eesti olulisematest trükikaardi toodetest, millel on riiklikul tasemel kanda oluline roll ühiskonna varustamisel erineva spetsiifikaga kaardiandmetega.

5.1. Eesti Põhikaart

Eesti Põhikaart on Maa-ameti poolt koostatav kogu Eestit kattev suuremõõtkavaline topograafiline kaart, mida toodetakse Eesti topograafilise andmekogu (ETAK) andmetest ja mida toodetakse digitaalse versioonina (vektorkaart + värviline ja mustvalge rasterkaart) mõõtkavas 1:10 000 ning paberkaardina mõõtkavas 1:20 000. Kaardile on kantud info kommunikatsioonide (teed, elektriliinid), asustusüksuste, hüdrograafia, pinnamoe, kohanimede ehk toponüümide ja maakasutuse kohta. 1: 10 000 mõõtkavas digitaalset versiooni on võimalik kasutada ka tasuta avaliku WMS-teenusena. Andmeid ajakohastatakse igal aastal, kuid mitte lausaliselt vaid teatud kaardistuspiirkondade kaupa. Eesti Põhikaart baseerub Lamberti konformsel koonilisel projektsioonil Eesti jaoks kohandatud tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemis L-EST'97.



Joonis 70. Eesti Põhikaardi 1:10 000 digitaalne vektorkaart (Maa-amet)

1:20 000 mõõtkavas trükikaardile on erinevalt digitaalsest 1:10 000 versioonist lisatud ka informatsioon reljeefi ja maastikuvormide kohta ning samuti on täpsustatud ametlikke kohanimedid ja täiendatud kaarti mitteametlike kohanimedega.



Joonis 71. Eesti Põhikaardi 1:20 000 trükikaart, fragment Hullo kaardilehest (Maa-amet)

5.2. Eesti Baaskaart

1990. aastatel Maa-ameti ja selle partnerite abil koostatud Eesti Baaskaart sisaldab baasinfot kogu Eesti territooriumi kohta, mida on võimalik kasutada mitmesuguste temaatiliste kaartide alusmaterjalina. Kaardi täpsus ja detailsus vastab mõõtkavale 1:50 000 ning on TM-BALTIC projektsioonis, millele tugineb ühtne Balti kaardisüsteem. Lisaks digitaalsele versioonile on välja antud ka samas mõõtkavas trükikaartide seeria, mis sisaldab kokku 103 kaardilehte. Riigiasutused, omavalitsused ning teadus- ja õppeasutused saavad Eesti Baaskaardi 1:50 000 digitaalse versiooni tellida tasuta. Samuti on teatud andmed eraldi teemakihtidena rasterkujul kõigile tasuta kättesaadavad läbi avaliku WMS-teenuse.

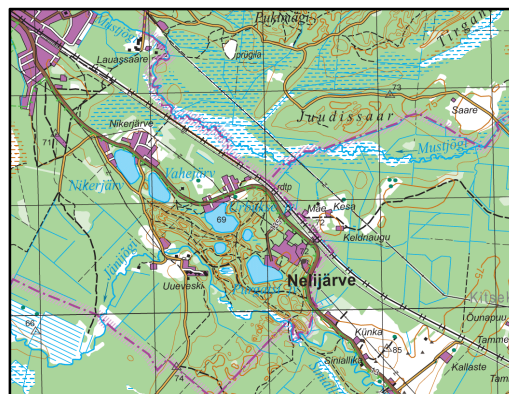


Joonis 72. Eesti Baaskaart 1:50 000 (Maa-amet)

Täiendav informatsioon: Maa-amet, <http://www.maaamet.ee/>

5.3. Kaitseväge kaart

Eesti Kaitseväge kasutab spetsiaalseid kaitsevägekaarte, millele on kantud sõjategevuse planeerimiseks ja juhtimiseks vajalik informatsioon. Kaitseväge 1:50 000 mõõtkavaline trükikaart baseerub WGS-84 ellipsoidil ja UTM kaardiprojektsioonil, mis on ka NATO kehtivaks standardiks.



Joonis 73. Kaitseväge kaart (Kaitsejõud)

5.4. Aeronavigatsiooni kaart

Lennukaartidest käsitleme lühidalt Eesti aeronavigatsioonilist visuaallennu kaarti, mida koostab ja ajakohastab Lennuliiklusteeninduse AS. Kaart baseerub Lamberti konformsel koonilisel projektsioonil, WGS-84 ellipsoidil ning selle aeronavigatsiooniliste andmete esitus vastab väikestel kiirustel visuaalseks navigatsiooniks mõeldud kaardi nõuetele. Andmed sisaldavad lennuvälju, olulisi takistusi, ATS süsteemi elemente, keelu-, piirangu- ja ohualasid ning raadionavigatsiooniseadmeid. Kaart sisaldab infot rahuldumaks visuaalse navigatsiooni vajadusi ja seda kasutatakse samuti lennu eelnevaks planeerimiseks ning on Lennuliiklusteeninduse AS kodulehe kaudu kõigile vabalt kättesaadav.

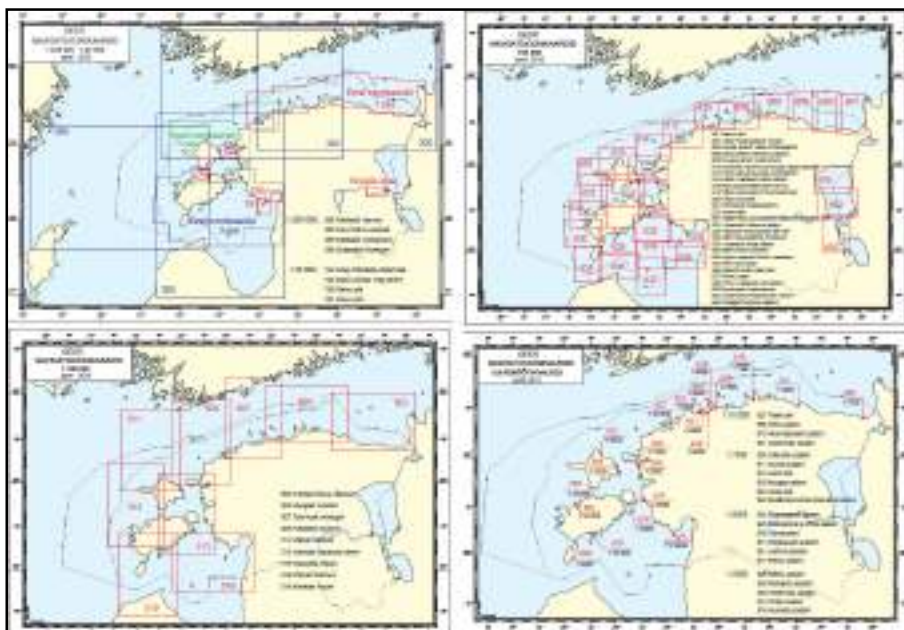


Joonis 74. Eesti aeronavigatsiooniline kaart ICAO 1:500 000 (Lennuliiklusteeninduse AS)

Täiendav informatsioon: Lennuliiklusteeninduse AS, <http://www.eans.ee/>

5.5. Merenavigatsiooni kaardid

Merekaardid on koostatud spetsiaalselt meresõiduks ehk merel navigeerimiseks. Allolevalt tutvustatakse lühidalt ametlikke Eesti Vabariigi valitsuse poolt volitatud organisatsiooni Veeteede Ameti poolt toodetud trükikaarte. Digitaalsete merenavigatsioonikaartide kohta leiab informatsiooni peatükis 13. 2010. aasta juulikuus seisuga on erinevates mõõtkavades (alates 1:2000 kuni 1:250 000) välja antud 65 ametlikku navigatsioonikaarti ja 4 kaardiatlast, mis baseeruvad WGS-84 ellipsoidil.



Joonis 75. Eesti ametlikud merenavigatsioonikaardid (Veeteede Amet)

Ülesanded

1. Mõeldes oma kodu/kooli ümbrusele, tee nimekiri diskreetsetest objektidest. Milliseid objekte on raske diskreetsetena ette kujutada?
2. Koosta ja esita kas suuliselt või kirjalikult temaatilise kaardi kujunduse analüüs. Hinda, kas kaardile kantud informatsioon on loetav ning lõppkasutajale arusaadav. Oma töö käigus püüa saada vastused allolevatelt loetletud küsimustele:
 - a. Kaardi nimetus, koostaja, väljaandmise aeg;
 - b. Millist tüüpi temaatilise kaardiga on tegu;
 - c. Kirjelda kaardi kompositsiooni (värvide valik, tekstid jt);
 - d. Mis kaardi juures meeldib/ei meeldi. põhjenda oma arvamust ning mida teeksid ise teisiti;
 - e. Anna omapoolne lõplik hinnang 10-palli süsteemis.

Täiendav lugemine ja kirjandus

1. Kimerling, A. J., Buckley, A. R., Muehrcke, P. C., Muehrcke, J. O. 2009. *Map use: reading and Analysis*. Esri Press. 6th edition.
2. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2005. 2nd edition.
3. Raid, T. 1999. *Kaardiraamat*. Tallinn
4. Brewer, C. 2005. *Designing Better Maps : A Guide for GIS Users*. Esri Press
5. Imhof, E. 2007. *Cartographic Relief Presentation*. Esri Press
6. ArcGIS Resource Center. GIS Dictionary. <http://resources.arcgis.com/glossary>
7. ArcGIS Resource Center. ArcGIS Help Library:
 - a. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Key_aspects_of_GIS/00v2000000r000000/
 - b. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Three_fundamental_representations_of_geographic_information_layers/00v200000010000000/
 - c. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_maps_are_used_in_GIS/00v200000016000000/
 - d. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/How_maps_convey_geographic_information/00v20000000s000000/
 - e. <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/007000000031000000.htm>
8. Koolituste materjalid:
 - a. ArcGIS Desktop I: Getting Started with GIS koolitusmaterjalid (Esri)
 - b. Cartography with ArcGIS koolitusmaterjalid (Esri)
9. GIS self learning tool. The University of Melbourne. Department of Geomatics. <http://www.geom.unimelb.edu.au/gisweb/GISModule/GISTheory.htm#digital>
10. Eesti Keele Instituut. Eesti keele instituudi kohanimed. <http://portaal.eki.ee/knab>
11. Eesti geograafia CD. Geograafia õpik 9. klassile. <http://www.geo.ut.ee/kooligeo/EGCD/opik/juts/juts.html>
12. Maa-ameti koduleht:
 - a. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Eesti-Pohikaart-110-000-p30.html>
 - b. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Eesti-Baaskaart-150000-p31.html>
13. Elektronkaartide tehnilised üksikasjad. Fakte elektronkaartidest ja nende kasutamise nõuded. 2. väljaanne 2007. http://www.vta.ee/atp/public/Elektrooniliste_kaartide_tehnilised_detailid.pdf
14. Lennuliiklusteenistuse AS. <http://www.eans.ee/>
15. Keskkonnateabe Keskus. <http://www.keskkonnainfo.ee/>
16. Veeteede Amet. <http://www.vta.ee/>

III Geograafilise informatsiooni haldamine

6. Koordinaatsüsteemid ja kaardiprojektsioonid

Asukoha määramine on üks olulisemaid tegevusi geograafilise sisuga andmete kogumisel. Järgnevates peatükkides antakse ülevaade nii Maa mudelite, projektsioonide kui ka erinevate koordinaatsüsteemide kohta. Eraldiseisev alalõik on pühendatud Eestis kasutatavatele koordinaatsüsteemidele.

Ühe GIS-i funktsioonina mainisime eelpool reaalse maailma nähtuste vaheliste seoste analüüsimist. Kuna GIS kujutab endast vaid üldistust reaalsest maailmast, on oluline kujutada erinevaid nähtusi nii hästi kui võimalik, et analüüside tulemused oleksid võimalikult täpsed. GIS-is on geograafilise informatsiooni haldamisel vajalik kirjeldada andmete asukohta Maal ehk nad georefereerida. Kui andmed ei ole korrektselt õige asukohaga seotud või kui nende ruumikujud on moonutatud, annab ruumiseoste analüüsimine ebatäpse tulemuse.

Georefereerimine – ruumiandmete sidumine teatud koordinaatsüsteemiga nii, et neid saab vaadata, pärida ja analüüsida koos teiste ruumiandmetega. Võib sisaldada andmete nihutamist, pööramist, suurendamist, vähendamist, moonutamist ja koolutamist.

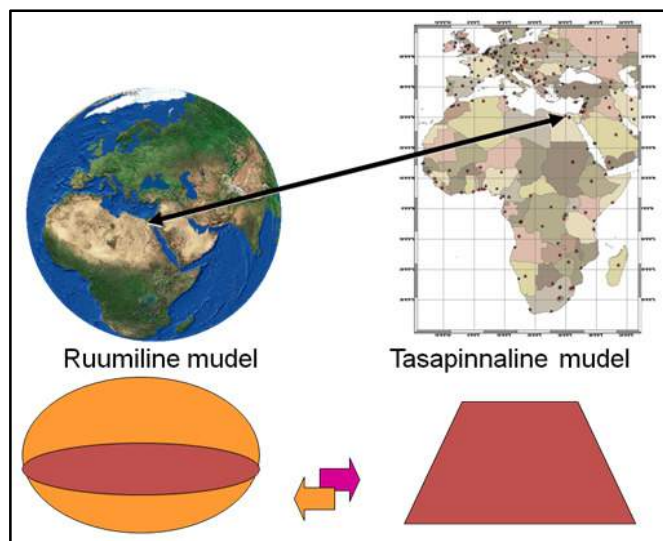
Teiste sõnadega on georefereerimine GIS-is hallatavate andmete ja nende reaalse maailma asukohtade vahel seoste loomise protsess. Peamine nõue on sealjuures unikaalsus, millega kindlustatakse teatud punktile vastavaks vaid üks asukoht Maa pinnal. Seosed luuakse koordinaatsüsteemi abiga.

Koordinaatsüsteem – punktidel, joontel ja/või pindadel ning teatud reeglitel põhinev raamistik, mida kasutatakse punktide ja teiste geomeetriliste elementide asukohtade määramiseks kahe- või kolmemõõtmelises ruumis. Näited koordinaatsüsteemidest on geograafiliste koordinaatide süsteem ja tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem.

Kõik ruumiandmed on mingisuguses koordinaatsüsteemis. Kasutades ühtset alussüsteemi, võimaldavad koordinaatsüsteemid lõimida geograafilise informatsiooni kihte sh näiteks rasterkujutised ja GPS-punktid ning esitada need samas geograafilises raamistikus.

Iga koordinaatsüsteem on defineeritud järgmiste elementidega:

- ♦ üldine raamistik, mis on kas geograafiline (maakera keskmest mõõdetud koordinaadid) või tasapinnaline (koordinaadid maakeral on projitseeritud kahemõõtmelisele tasapinnale);
- ♦ mõõtühikud (nt meetrid tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi või kraadid geograafilise koordinaatsüsteemi puhul);
- ♦ kaardiprojektsiooni määratlus tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi puhul;
- ♦ teised mõõtsüsteemi omadused nagu ellipsoid, referentssüsteem ja projektsiooniparameetrid (standardparalleelid, telgmeridiaan,



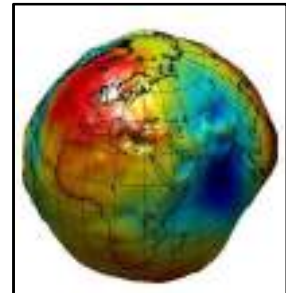
Joonis 76. Ruumiline mudel ja tasapinnaline mudel (Esri)

nihked x- või y-suunas).

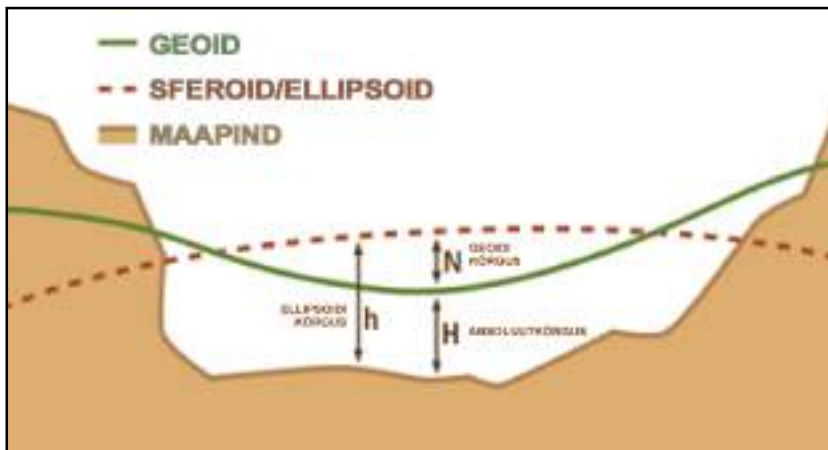
6.1. Referentspinnad

Kõige parema ettekujutuse maakera kujust annab geoid.

Geoid – Maa gravitatsioonivälja pind, mis on loodjoonega risti ja mille kuju ühtib keskmise meretasemega. Kuna maakera mass ei ole kõigis punktides ühesugune ja gravitatsiooni suund muutub, on geoidi kuju korrapäratu.

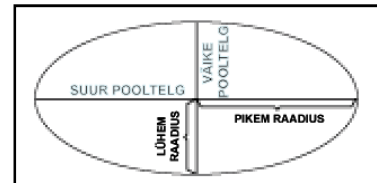


Joonis 77. Geoid (Esri)



Joonis 78. Geoidi ja ellipsoidi vahelised seosed (Esri)

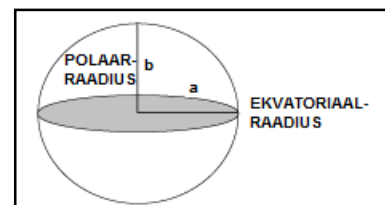
Geoidi korrapäratu pinna tõttu on selle kasutamine geodeetilistel arvutustel keeruline. Lihtsatest geomeetrisest kehast on maakera kujule kõige sarnasem pöördellipsoid. Ellipsoid on kolmemõõtmeline keha, mille aluseks on kahemõõtmeline ellips. Ellipsi kuju on määratud kahe raadiuse poolt: pikem raadius ehk suurem pooltelg ja lühem raadius ehk väike pooltelg. Pannes ellipsi lühema telje alusel pöörlema, moodustub ellipsoidi pind.



Joonis 79. Ellipsoid (Esri)

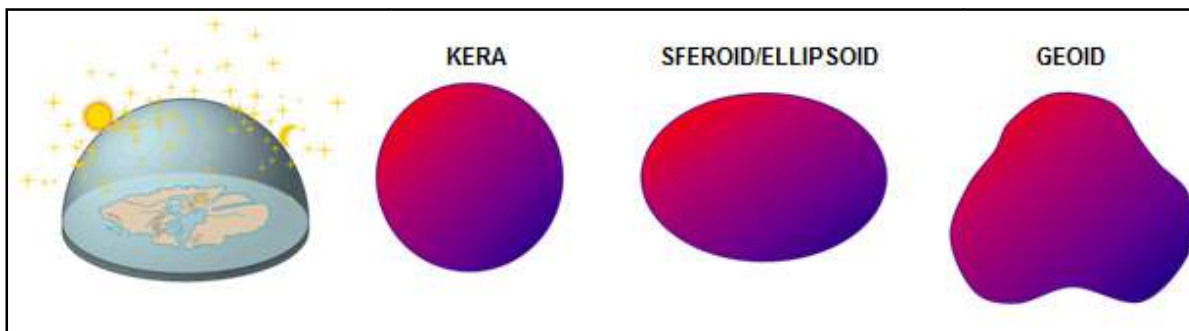
Pöördellipsoid – kolmemõõtmeline keha, mis moodustub, kui panna ellips pöörlema ümber selle lühema telje.

Maakera lihtsustatud pinda esitava pöördellipsoidi puhul on suurem pooltelg ekvatoriaal-pooltelg ehk raadius maakera keskmest ekvaatorini ja väiksem pooltelg polaar-pooltelg ehk raadius maakera keskmest pooluseni. Ellipsoide eristatakse üksteisest ekvatoriaal- (a) ja polaar-pooltelgede (b) pikkuste või ekvatoriaal-pooltelje (a) ja lapikuse (f) poolest. Lapikus on kahe telje pikkuste erinevus: $f = (a - b)/a$.



Joonis 80. Ellipsoid (Esri)

Kuigi maakera kuju on paremini edasi antud pöördellipsoidi poolt, kujutatakse seda mõningatel juhtudel kerana, et muuta matemaatilised arvutused lihtsamaks. Oletus, et maakera on kerakujuline on võimalik väikesemõõtkavalistel kaartidel (väiksemad kui 1:5 000 000). Sellistel mõõtkavadel pole kera ja ellipsoidi vaheline erinevus kaardil eristatav. Mõõtkavaga 1:1 000 000 ja suuremate kaartide täpsuse säilitamiseks on vajalik maakera kuju edasi anda ellipsoidina. Mõõtkavade 1:5 000 000 ja 1:1 000 000 vahel referentspinnana kera või ellipsoidi kasutamine sõltub kaardi eesmärgist ja andmete täpsusest.

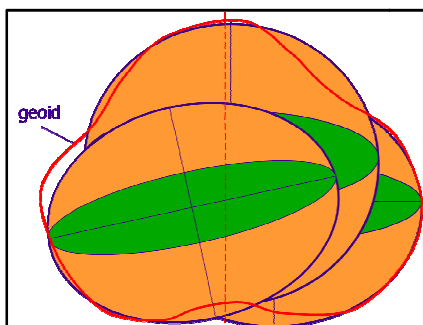


Joonis 81 Maa pinna kujutamiseks kasutatavad referentspinnad – kera, sferoid ehk ellipsoid ja geoid (Raivo Aunap)

6.2. Referentsüsteem

Kui ellipsoid esitab ligikaudselt maakera kuju, defineerib referentsüsteem ellipsoidi asukohta maakera keskme suhtes. Referentsüsteem annab raamistiku maakera pinnal olevate asukohtade mõõtmiseks. Sellega määratakse meridiaanide ja paralleelide alguspunkti asukoht ja orientatsioon. Referentsüsteem on loodud valitud ellipsoidile ja võib sisaldada kohalikke muutusi kõrgustes.

Referentsüsteem ehk daatum – normitud geodeetilised parameetrid, mis määravad teatud piirkonnas või riigis kasutatava referentsellipsoidi asetuse ja koordinaatide süsteemi.



Joonis 82. Daatum (Raivo Aunap)

Vastavalt sellele, kuidas ellipsoid maakera keskme suhtes paikneb, saab referentsüsteemid jagada geotsentrilisteks või kohalikeks.

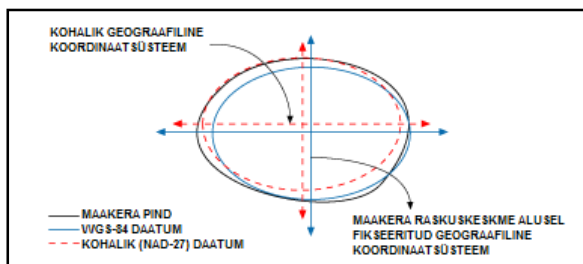
Geotsentriline süsteem

Geotsentrilise süsteemi puhul on maakera kujule samaneva ellipsoidi keskpunkt seotud Maa raskuskeskmega ja väike pooltelg ühitatud pöörlemisteljega. Koordinaatsüsteemi alguspunktina kasutatakse maakera raskuskeset. Maailmas kõige enam kasutatav selline maaellipsoid on WGS-84. Eestis on kasutusel ka maaellipsoid GRS-80.

Kohalik süsteem

Kohalikus süsteemis on ellipsoid pandud järgima maakera pinda kindlal ulatusel. Teatud punkt ellipsoidil vastab kindlale punktile maakera pinnal. Selle punkti koordinaadid on fikseeritud ja seda kasutatakse süsteemi alguspunktina. Kõik teised punktid arvutatakse sellest lähtuvalt.

Kohaliku süsteemi puhul ei paikne koordinaatsüsteemi alguspunkt maakera keskmes – ellipsoidi kese on maakera keskmest nihutatud. Kuna kohalik süsteem joondab ellipsoidi maakeral teatud ala ulatuses, pole see sobiv kasutada sellest alast väljaspool.

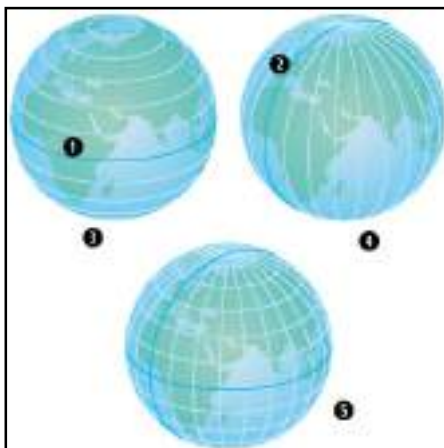


Joonis 83. Geotsentriline ja kohalik süsteem (Esri)

6.3. Geograafiliste koordinaatide süsteem

Asukohtade määramiseks maakera pinnal kasutatakse sageli geograafilist koordinaatsüsteemi. Punkti asukoht kirjeldatakse kahe koordinaatväärtuse – laiuse ja pikkuse – abil.

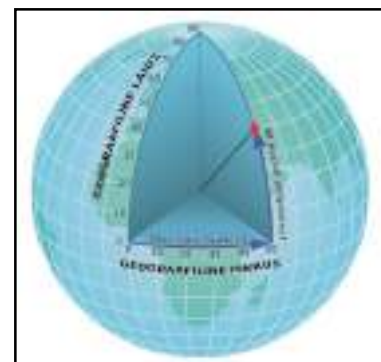
Geograafiliste koordinaatide süsteem – süsteem, mis kasutab kera või ellipsoidi pinnal punkti asukoha määramisel geograafilist laius- ja pikkusväärtust. Süsteemi määratlus sisaldab referentssüsteemi, nullmeridiaani ja nurga mõõtühikut.



Joonis 84. Geograafiliste koordinaatide süsteem (Esri)

Geograafilise laiuse ja pikkuse defineerimiseks tuleb kõigepealt seletada lahti mõned mõisted. Maakera pöörlemistelg ühendab omavahel põhja- ja lõunapooluse. Pöörlemisteljega risti olevat tasapinda maakera keskel nimetatakse ekvaatoriks (joonis 84 nr 1). Ekvaator on kujuteldav ida-lääne suunaline suurring, mis jagab maakera põhja- ja lõunapoolkeraks ning tähistatakse laiuskraadiga 0° . Ida-lääne suunalised ekvaatoriga paralleelsed ringjooned maakera pinnal on paralleelid (joonis 84 nr 3). Põhja-lõuna suunalised pooluseid ühendavad jooned on meridiaanid (joonis 84 nr 4). Meridiaani väärtusega 0° nimetatakse nullmeridiaaniks (joonis 84 nr 2). Suurem osa geograafilisi koordinaatsüsteeme (joonis 84 nr 5) kasutab nullmeridiaanina pooluseid ja Greenwichi observatooriumi asukohta läbivat meridiaani. Nullmeridiaani ja ekvaatori lõikepunkt omab koordinaate (0, 0).

Geograafilised laius- ja pikkusväärtused mõõdetakse tavaliselt kraadidena kümnendsüsteemis või kraadides, minutites ja sekundites. Punkti geograafiline laius mõõdetakse ekvaatori suhtes ja on defineeritud kui nurk, mis moodustub punkti läbiva Maa pinnaga risti oleva joone ja ekvatoriaaltasandi vahel. Mõõdetakse ekvaatorist põhja või lõuna suunas ja omab vastavalt kas positiivset või negatiivset väärtust 90 kraadist põhjapoolusel kuni -90 kraadini lõunapoolusel või esitatakse mõlemal juhul positiivsete väärtustena, kuid täiendiga põhja- või lõunalaius.



Joonis 85. Laius- ja pikkuskraadide esitamine geograafiliste koordinaatide süsteemis (Esri)

Punkti geograafiline pikkus mõõdetakse nullmeridiaani suhtes ja on defineeritud kui nurk, mis moodustub nullmeridiaani ja punkti meridiaani tasapinna vahel. Pikkuskraadide väärtused ulatuvad -180 kraadist lääne pool kuni 180 kraadini ida pool nullmeridiaani või esitatakse mõlemal juhul positiivsete väärtustena, kuid täiendiga vastavalt 180° läänepikkust või 180° idapikkust.

Laius- ja pikkuskraadide esitamine kraadides, minutites ja sekundites ning kraadides kümnendsüsteemis:

Iga kraad 360° kraadisel ringil on jagatud 60 minutiks ja iga minut 60 sekundiks.

Tallinn: $59^\circ 26' 14''$ pl või $59^\circ 26' 14''$ või 59,4372
 $24^\circ 44' 42''$ ip $24^\circ 44' 42''$ 24,7451

Dakar: $14^\circ 41' 13''$ pl või $14^\circ 41' 13''$ või 14,6836
 $17^\circ 27' 7''$ lp $-17^\circ 27' 7''$ -17,4519

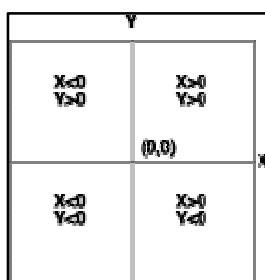
Geograafilised laius- ja pikkuskraadid ei ole mõõtühikute samaväärsed. Maaellipsoidil on ühe pikkuskraadiga esitatud vahemaa ligikaudne ühe laiuskraadiga esitatud vahemaa ainult mööda ekvaatorit. Selle põhjuseks on, et ekvaator on kõigist paralleelidest ainus suuring. Ekvaatorist üles- või allapoole jäävad paralleelid on esitatud järjest väiksemate ringjoonte poolt kuni põhja- ja lõunapoolusel vaid punktidenä. Meridiaanide koondumise tõttu poolustele lähenedes väheneb ühe pikkuskraadiga esitatud vahemaa nullini.

6.4. Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem

Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemis kujutatakse maakera pind kahemõõtmelisel tasapinnal. Kolmemõõtmelise pinna kahemõõtmelisele tasapinnale viimist nimetatakse projitseerimiseks. Andmete geograafiline asukoht maaellipsoidil (laius- ja pikkuskraad) teisendatakse vastavasse asukohta kahemõõtmelisel tasapinnal (x ja y) teatud matemaatiliste avaldiste, projitseerimisvalemite, abil. Erinevalt geograafiliste koordinaatide süsteemist on tasapinnalises ristkoordinaatide süsteemis pikkuste, nurkade ja pindalade väärtused konstantsed.

Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem – süsteem, mida kasutatakse horisontaalsete ja vertikaalsete kauguste mõõtmiseks tasapinnalises kaardil. Koordinaatsüsteemi määratlus sisaldab kaardiprojektsiooni, referentsellipsoidi, referentsüsteemi, ühte või enam standardparalleeli, telgmeridiaani ja võimalikke nihkeid x- ja y-suundades, et määrata punkti, joone või polügooni x,y asukohad.

Üldlevinud tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem kasutab kahte telge: x-telge, mis esindab ida-lääne ja y-telge, mis esindab põhja-lõuna suunda. Teljed lõikuvad alguspunktis (0,0). Punkti asukoht defineeritakse alguspunkti ning x- ja y-telgede suhtes, kasutades esitust (x, y), kus x viitab kaugusele mööda horisontaalset telge ja y mööda vertikaalset telge.



Tasapinnalised ristkoordinaadid:

- ◆ x- ja y-teljed lõikuvad tasapinnal täisnurga all;
- ◆ pikkusühikud on konstantsed (meeter, kilomeeter);
- ◆ süsteemi alguspunkt (0,0) võib paikneda igal pool.

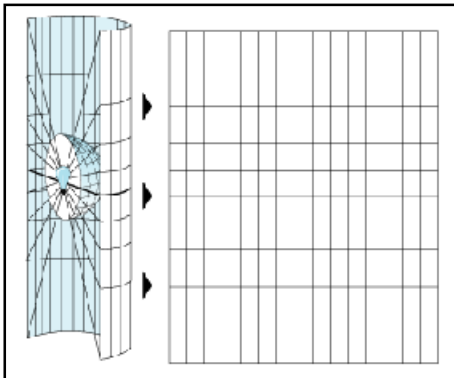
Joonis 86. Tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteem

Eestis kasutatava tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi L-EST97 x-telg on telgmeridiaaniga paralleelne ehk põhja-lõuna suunaline.

6.5. Kaardiprojektsioonid

Ükskõik kas käsitleda Maa kuju kera või ellipsoidina, tuleb selle kolmemõõtmelist pinda transformeerida kahemõõtmelise kaardi loomiseks. Matemaatilist transformatsiooni nimetatakse tavaliselt kaardiprojektsiooniks.

Kaardiprojektsioon ehk kartograafiline projektsioon – meetod, kuidas sfääriline pind esitatakse tasapinnal (kahemõõtmelisel pinnal).



Joonis 87. Sfäärilise pinna ülekandmine tasapinnale (Esri)

Kaardiprojektsiooni abil teisendatakse sfäärilisel pinnal asuva punkti geograafilised koordinaadid tasapinnaliste ristkoordinaatide süsteemi. Kõigile kartograafilistele projektsioonidele on iseloomulik ühe või enama ruumilise omaduse (kuju, pindala, joonpikkused, nurgad) moonutamine. Mõned projektsioonid säilitavad ühe omaduse teiste arvelt, mõned aga leiavad kompromissi kõigi omaduste vahel.

Projektsiooni omaduste alusel saab kartograafilised projektsioonid jagada:

- ◆ konformsed ehk õigenurksed;
- ◆ õigepindsed ehk ekvivalentsed;
- ◆ õigepikkuselised ehk ekvidistantsed;
- ◆ vähimmoondelised;
- ◆ kokkuleppelised.

Konformsed ehk õigenurksed projektsioonid

Konformsete projektsioonide kõige olulisem tunnus on õigete ruumikujude säilitamine. Ruumikujude moonutustevabalt edastamiseks ja seega õigete nurkade säilitamiseks lõikuvad paralleelid ja meridiaanid täpselt 90 kraadiste nurkade all. Konformsus on oluline navigatsioonil, kuna kaardile tõmmatud sirgel joonel on konstantne asimuut. Kindla asimuudiga joont nimetatakse loksodroomiks.

Õigepindsed ehk ekvivalentsed projektsioonid

Õigepindsed projektsioonid säilitavad pindalade proportsioonid, mistõttu on kaardil mõõdetud pindalad alati vastavuses tegelikkuses mõõdetud pindaladega. Sealjuures on esitatavate alade kuju ja nurgad moonutatud. Õigepindsus on vajalik erinevate pindade analüüside teostamisel.

Õigepikkuselised ehk ekvidistantsed projektsioonid

Õigepikkuselised projektsioonid säilitavad moonutusteta teatud punktide vahelised jooned. Kaardil on enamikel juhtudel üks või rohkem joont, mida mööda on mõõtkava õige.

Vähimmoondelised projektsioonid

Vähimmoondeliste projektsioonide puhul on püütud leida kompromiss kõigi ruumiliste omaduste moonutuste vahel. Seda projektsiooni kasutatakse erinevate ülevaatekaartide puhul.

Kokkuleppelised projektsioonid

Kokkuleppelised projektsioonid ei ole konformsed ega õigepindsed. Tihti püütakse nendega parandada konformsete või õigepindsete projektsioonide nõrku külgi teatud omaduse rõhutamiseks. Kasutatakse atlasekaartidel.

Lisaks kaardi projektsioonide liigitamisele omaduste järgi, saab neid klassifitseerida projitseerimisel kasutatava abipinna alusel. Tavaliselt kasutatakse abipinnana koonust, silindrit või tasapinda. Abipinda saab orienteerida erinevatel viisidel.

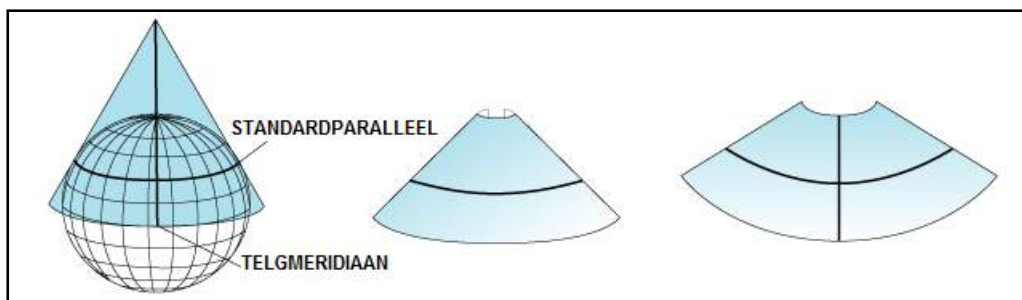
Projektsiooni aspektid:

- ♦ normaalaspekt – abipind on maaellipsoidi teljega risti;
- ♦ põikaspekt – abipind on risti normaalaspektiga;
- ♦ kaldaspekt – abipind on teatud nurga all kaldus.

Ühelt pinnalt teisele projitseerides võetakse aluseks kindlad puutepunktid või -jooned. Nendega määratakse moonutustevabad alad. Moonutused suurenevad puutepunktist või -joonest eemaldudes. Moonutustevabasid jooni nimetatakse telgmeridiaaniks ja standardparalleeliks. Vastavalt sellele, kas abipind puutub või lõikab kera, nimetatakse projektsiooni puute- või lõikeprojektsiooniks.

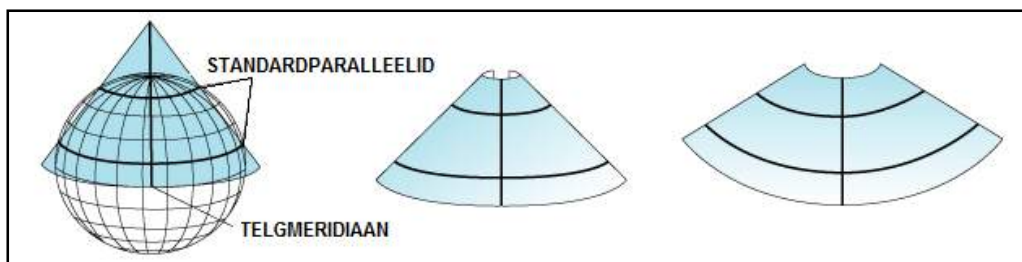
Kooniline projektsioon

Kooniline projektsioon esineb normaalaspektis. Puuteprojektsiooni puhul puutub koonus kera pinda mööda ühte standardparalleeli. Koonus on lahti lõigatud telgmeridiaani vastas oleva meridiaani alusel ja asetatud tasapinnale.



Joonis 88. Ühe standardparalleeliga kirjeldatud kooniline projektsioon (Esri)

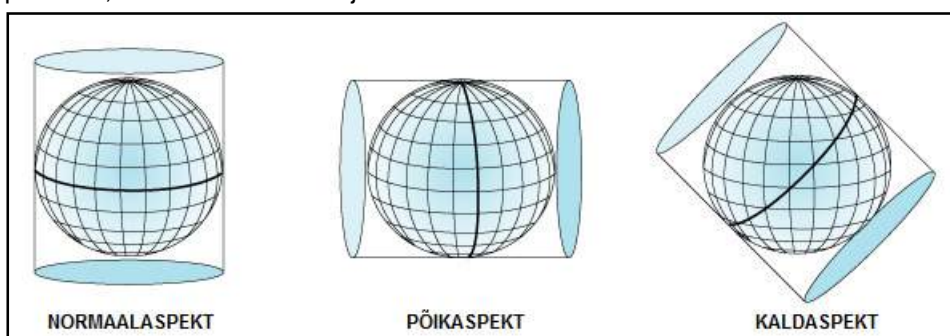
Lõikeprojektsiooni puhul koonus lõikab kera pinda ning omab kahte standardparalleeli.



Joonis 89. Kahe standardparalleeliga kirjeldatud kooniline projektsioon (Esri)

Silindriline projektsioon

Silindriline projektsioon võib esineda nii normaal-, põik- kui kaldaspektis ning puutuda kera vastavalt mööda paralleeli, meridiaani või muud joont.



Joonis 90. Silindriline projektsioon ja selle aspektid (Esri)

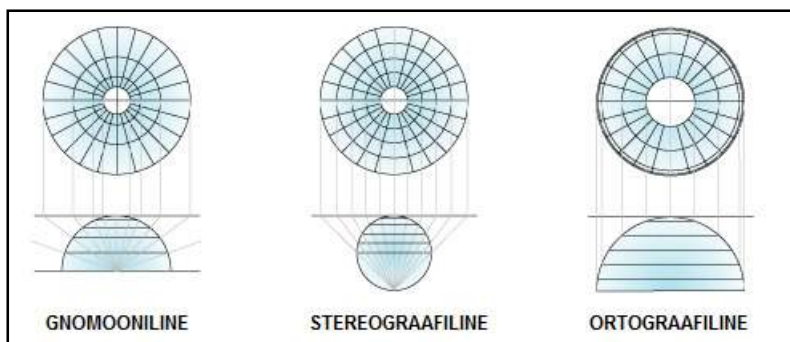
Asimutaalne projektsioon

Asimutaalse projektsiooni puhul võib tasapind puutuda maakera poolusel (normaalspekt), ekvaatoril (põikaspekt) või muul punktil joonel (kaldaspekt).



Joonis 91. Asimutaalne projektsioon ja selle aspektid (Esri)

Asimutaalsel projektsioonil võib projitseerimiskese asuda erinevates punktides. Tsentraalse ehk gnomoonilise projektsiooni puhul on kese maakera keskpunktis. Puutepunktist maakera vastaspoolel asuvat keset kasutatakse stereograafilise projektsiooni korral ning ortograafilisel projektsioonil on projitseerimiskese lõpmatuses.



Joonis 92. Asimutaalse projektsiooni projitseerimise keskmed (Esri)

Kartograafilised projektsioonid on loodud kindlatel eesmärkidel. Ühte kaardiprojektsiooni kasutatakse näiteks suuremõõtkavaliste andmete korral piiratud alal, samal ajal kui teist kasutatakse väikesemõõtkavalise maailmakaardi jaoks.

6.6. Eestis kasutatavad koordinaatsüsteemid

Eesti Põhikaardi projektsioon L-EST

Lamberti konformse koonilise projektsiooni LAMBERT-EST parameetrid:

- ◆ Geodeetiline referentssüsteem: ETRS89
- ◆ Ellipsoid: GRS80
- ◆ Standardparalleelid: $B_L = 58^{\circ}00'$ ja $B_P = 59^{\circ}20'$
- ◆ Telgmeridiaan: $L_K = 24^{\circ}00'$

LAMBERT-EST projektsioonil põhineva tasapinnalise ristkoordinaatide süsteemi L-EST parameetrid:

- ◆ x-telg on samasuunaline LAMBERT-EST telgmeridiaaniga
- ◆ Lähtepunkti geodeetilised koordinaadid: $B_0 = 57^{\circ}31' 03,19415''$ ja $L_0 = 24^{\circ}00'$
- ◆ Lähtepunkti ristkoordinaadid: $x_0 = + 6\,375\,000$ m ja $y_0 = + 500\,000$ m

(allikas: Maa-amet)

Eesti Baaskaardi projektsioon TM-B

Eesti Baaskaart on Balti riikide jaoks ühtses Mercatori konformses põiksilindrilises TM-BALTI projektsioonis, mille parameetrid on järgmised:

- ◆ Geodeetiline referentssüsteem: ETRS89
- ◆ Ellipsoid: GRS80
- ◆ Telgmeridiaan: $L = 24^{\circ}00'$
- ◆ Mõõtkavategur telgmeridiaanil: 0,9996

TM-BALTI projektsioonil põhineva tasapinnalise ristkoordinaatide süsteemi TM-B parameetrid:

- ◆ Lähtepunkti geodeetilised koordinaadid: $B_0 = 00^{\circ}00'$ ja $L_0 = 24^{\circ}00'$
- ◆ Lähtepunkti ristkoordinaadid: $x_0 = 0$ m ja $y_0 = + 500\,000$ m

(allikas: Maa-amet)

Pulkovo-42

Nõukogude liidus ja Venemaal kasutusel alates 1946. aastast. Kasutab ellipsoidina Krassovski 1940. Gaussi-Krügeri konformne põiksilindriline projektsioon. Jaotub 6° tsoonideks, kus Eesti paikneb kahe tsooni ulatuses:

- ◆ tsoon nr 4 O-34, telgmeridiaan $L_0 = 21^{\circ}00'$ ip
- ◆ tsoon nr 5 O-35, telgmeridiaan $L_0 = 27^{\circ}00'$ ip

Gaussi-Krügeri ristkoordinaatide süsteemi parameetrid:

- ◆ Lähtepunkt: O-34 $B_0 = 00^{\circ}00'$ ja $L_0 = 21^{\circ}00'$
O-35 $B_0 = 00^{\circ}00'$ ja $L_0 = 27^{\circ}00'$
- ◆ Lähtepunkti ristkoordinaadid: O-34 $x_0 = 0$ m ja $y_0 = 4\,500\,000$ m
O-35 $x_0 = 0$ m ja $y_0 = 5\,500\,000$ m

(allikas: Maa-amet)

Pulkovo-63

Nõukogude liidus tsiviilkasutuseks kehtestatud süsteem. Kasutab ellipsoidina Krassovski 1940. Põhineb Gaussi-Krügeri konformne põiksilindriline projektsioon. Jaotub 3° tsoonideks, kus Eesti paikneb kolme tsooni ulatuses:

- ◆ tsoon 0, telgmeridiaan $L_0 = 21^{\circ}57'$ ip
- ◆ tsoon 1, telgmeridiaan $L_0 = 24^{\circ}57'$ ip
- ◆ tsoon 1, telgmeridiaan $L_0 = 27^{\circ}57'$ ip

Gaussi-Krügeri ristkoordinaatide süsteemi parameetrid:

- ◆ Lähtepunkt: 0 $B_0 = 00^{\circ}06'$ ja $L_0 = 21^{\circ}57'$
1 $B_0 = 00^{\circ}06'$ ja $L_0 = 24^{\circ}57'$
2 $B_0 = 00^{\circ}06'$ ja $L_0 = 27^{\circ}57'$
- ◆ Lähtepunkti ristkoordinaadid: 0 $x_0 = 0$ m ja $y_0 = 250\,000$ m
1 $x_0 = 0$ m ja $y_0 = 1\,250\,000$ m
2 $x_0 = 0$ m ja $y_0 = 2\,250\,000$ m

(allikas: Maa-amet)

UTM

Mercatori põiksilindriline projektsioon. Eestis on kasutusel eelkõige rahvusvahelise koostöö tasemel sõjanduses. UTM on NATO standard ja on aluseks kaitsejõudude 1:50 000 mõõtkavas kaartidele. UTM koordinaatvõrk jaotub 6° pikkuskraadi tsoonideks ja 8° laiuskraadi vöönditeks. Eesti paikneb kahe tsooni ulatuses.

Parameetrid:

- ◆ Ellipsoid: WGS-84
- ◆ Tsoon 34, telgmeridiaan $L_0 = 21^{\circ}00'$

- ◆ Tsoon 35, telgmeridiaan $L_0 = 27^{\circ}00'$
- ◆ Lähtepunkt:

34	$B_0 = 00^{\circ}00'$ ja $L_0 = 21^{\circ}00'$
35	$B_0 = 00^{\circ}00'$ ja $L_0 = 27^{\circ}00'$
- ◆ Lähtepunkti ristkoordinaadid:

34	$x_0 = 0$ m ja $y_0 = 500\,000$ m
35	$x_0 = 0$ m ja $y_0 = 500\,000$ m

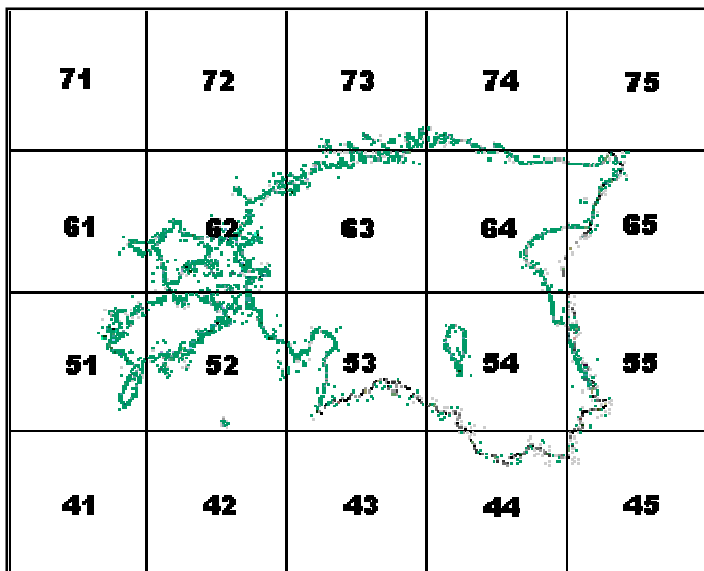
(allikas: Maa-amet)

Merekaardid

Meresõiduks on vajalik, et loksodroomid (kindla asimuudiga jooned) oleksid kaardil kujutatud sirgetena. Ainsaks projektsiooniks, mis sellist nõuet täidab on Mercatori normaalprojektsioon. Ellipsoidiks on WGS-84.

6.7. Eesti kaardilehtede nomenklatuur

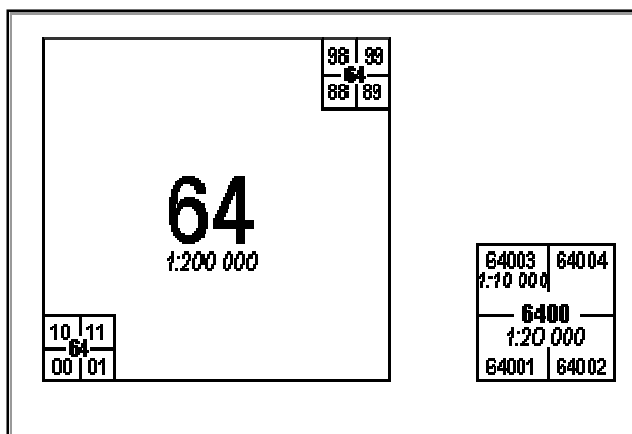
Kaardilehe nomenklatuur on tähtede ja/või numbrite kombinatsioon, mis tähistab kaardilehe asukohta Maa pinnal. Eesti kaardilehtede nomenklatuuris on kaardilehed orienteeritud telgmeridiaani järgi: x-koordinaat suureneb põhja- ja y-koordinaat ida suunas. Süsteemi aluseks on 1:200 000 mõõtkavas kaardilehtede jaotus.



Joonis 93. 1:200 000 mõõtkavas kaardilehtede jaotus (Maa-amet)

Eesti Põhikaardi lehtede nomenklatuur

Eesti Põhikaart on jaotud 50x50 cm suurusteks kaardilehtedeks. Mõõtkavas 1:10 000 on kaardilehel kujutatud maa-ala suuruseks 5x5 km, mõõtkavas 1:20 000 10x10 km. Jaotades 1:200 000 kaardilehe 100 väiksemaks ruuduks alates numeratsiooniga alt vasakust nurgast, saab 1:20 000 mõõtkavas Eesti Põhikaardi lehe.



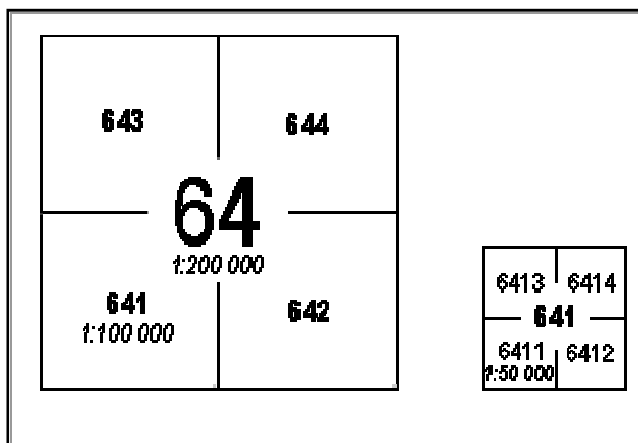
Joonis 94. Eesti Põhikaardi lehtede nomenklatuur (Maa-amet)

Mõõtkavas 1:20 000 lehe number on neljakohaline ja sisaldab nii 1:200 000 kaardilehe kui 1:20 000 lehe numbrit (00-99). Neid kahte numbrit eraldatakse üksteisest punktiga, nt 64.00.

Jagades 1:20 000 kaardilehe neljaks alates numeratsiooniga jälle alt vasakust nurgast, saab 1:10 000 mõõtkavas Eesti Põhikaardi lehe, mille number on viiekohaline ning koosneb lisaks 1:200 000 ja 1:20 000 kaardilehtede numbrile ka 1:10 000 kaardilehe numbrist (1-4), nt 64.001

Eesti Baaskaardi lehtede nomenklatuur

Eesti Baaskaart on jaotud 50x50 cm suurusteks kaardilehtedeks. Mõõtkavas 1:50 000 on kaardilehel kujutatud maa-ala suuruseks 25x25 km. Jagades 1:200 000 lehe neljaks, saab 1:100 000 kaardilehe kolmekohalise numbriga, nt 642. Jagades 1:100 000 kaardilehe neljaks, saab 1:50 000 lehe neljakohalise numbriga, nt 6421.



Joonis 95. Eesti Baaskaardi lehtede nomenklatuur (Maa-amet)

7. GIS-i loomine

Mistahes sisuga GIS-i loomine eeldab teatud toiminguid, mis aitavad kirjeldada süsteemi nõudeid, vajadusi, selle sisulist ülesehitust ja nendega teostavaid protseduure. Järgnevatel lehekülgedel tutvutegi GIS-i loomise etappidega (reaalsusmudel, andmemudel, esitusmudel), kus lisaks tehnilisema sisuga märksõnadele on kirjeldatud ka nõudeid organisatsiooni erineva tasemega GIS-i kasutajate kohta.

7.1. Reaalsusmudel, andmemudel, esitusmudel

GIS-i koostamise ning selle kasutusele võtmise tingivad praktilised vajadused, et saada geograafilist teavet veelgi efektiivsemalt kasutada ning lihtsustada selle kaudu valdkonnaspetsiifiliste ülesannete lahendamist. Kuigi kasutajate rakendusala võivad kohati erineda nagu öö ja päev (nt veevõrgu asutuse GIS-lahendus ei ole päris üheselt võrreldav metsanduse ettevõtte GIS-i kasutusala), on GIS-i loomise üldised nõuded ja sellega seotud etapid siiski suures osas sarnased. Kuna maailm on pidevas muutumises, siis ei saa ka ükski GIS kunagi lõplikult valmis! Seda ei muuda ka asjaolu, et tehnoloogilised vahendid pakuvad info kogumiseks ja talletamiseks järjest paindlikumaid võimalusi.

Esimese sammuna tuleb formuleerida lähteülesanne ehk visioon, millisel kujul ja kui suures mahus soovitakse GIS-i rakendada. Peale lähteülesande kirjeldamist saab jätkata edasiste etappidega. Siinkohal on olulised teadmised kasutatava tarkvara funktsionaalsuse, andmestruktuuride ülesehituse, olemasolevate või tellitavate andmete päritolu või enda poolt kogutavate andmete iseloomu kohta. Kui asutuses puudub pädev spetsialist, on mõttekas kaaluda kasutada konsultantide abi, et hoida kokku nii ajalist ressursi kui ka vähendada riske ebaefektiivsete meetodite rakendamiseks. Oluline on pidada ja loogiliselt süstematiseerida asjakohast dokumentatsiooni. GIS-i loomisel rakendatakse mitmeid omavahel seotud mudeleid.

Reaalsusmudel – kirjeldab reaalselt maailma ja sisaldab neid nähtusi, mida GIS andmebaasis on vajalik talletada. Kirjelduse oluline komponent on nähtuse definitsioon.

Nähtus – reaalsusmudelis kirjeldatav reaalses maailmas eksisteeriv või abstraktne objekt või sündmus.

Reaalsusmudelis kirjeldatakse ja süstematiseeritakse reaalse maailma nähtused, nähtuste klassid, tüübid jne. Kohaliku omavalitsuse näitel võib kasutatavad geograafilise sisuga nähtused temaatiliselt jagada kõrvaloleval joonisel toodud nähtuste klassidesse ja alamklassidesse.

Seejärel defineeritakse nähtuste atribuudid, nähtustevahelised seosed ning operatsioonid (funktsioonid). Definitsioonide osas täiendatakse olemasolevaid reaalsusmudeli mõisteid ning võimalusel lisatakse definitsioonide allikad.



Joonis 96. Reaalsusmudelis kirjeldatud nähtuste klassid ja alamklassid (Tallinna Linnaplaneerimise Amet)

Nähtuse tüüp							
Nähtuse nimi		Elektriliin					
Grupp		Tehnovõrgud					
Alamgrupp		Liinid ja torujuhtmed					
Definitsioon		Elektriliin on rajatis, mis on mõeldud elektrienergia edastamiseks (üleandmiseks) elektrivõrgu ühest punktist teise.					
Kood		0803001					
Geomeetriline primitiiv		Joon					
Piiritlemiskriteeriumid		Kaardistatakse kõik õhuliinid.					
Nähtuse atribuutide nimed		Tüüp, pinge					
Nähtuse relatsiooni nimed		Post/mast					
Ruumilised seosed							
Nähtuse atribuut							
Kood	Nimi	Kirjeldus	Andmetüüp	Mootühik	Väärtuse kood	Väärtuse nimi	Väärtuse definitsioon
1	Tüüp		Loend		1	Kõrgepinge	
					2	Keskpinge	
					3	Madalpinge	
2	Pinge		Reaalarv	kV			

Joonis 97. Tehnovõrkude alamklassis “Liinid ja torujuhtmed” kirjeldatud nähtus “Elektriliin” (Tallinna Linnaplaneerimise Amet)

Objekt – nähtuse modelleeritud kuju andmemudelil, mida on kirjeldatud tunnuste ehk atribuutidega.

Andmemudelil on defineeritud:

- ◆ objektid;
- ◆ objektiklassid;
- ◆ atribuudid;
- ◆ objektide vahelised seosed;
- ◆ andmebaasi reeglistikud (atribuutide klassid).

Reaalsus- ja andmemudeli koostamist võib käsitleda GIS-i loomisel analüüsi etapina.

Esitusmudel – reeglite kogum andmete esitamiseks kasutajale sobival kujul, mis määravad kaardi välisilme – milliseid nähtuseid kujutatakse ning milliste kaardielementidega seda tehakse.

Esitusmudelil valitakse reaalsusmudelil olevate nähtuste alamhulk ning moodustatakse sellest visuaalselt tajutav kujutis (kõik esitusmudeli objektid ei pea ilmingimata sisalduma reaalsusmudelil). Esitusmudel peab olema selline, et kasutajad saaksid võimalikult intuiitselt ja vähese õppimisvajadusega neile graafiliselt esitatavatest ruumandmetest maksimaalselt informatsiooni.

7.2. Organisatsioon ja kasutajarollid

Nõuded kasutajate rollidele ja organisatsioonile on kirjeldatud lähtudes heast tavast GIS-i juurutamisel asutuses. Kuigi GIS-i planeerimise ja juurutamise ajal täidab tihtipeale üks inimene mitut rolli samaaegselt, on alljärgnevalt GIS-i kasutajad jagatud kuude rühma, kelle ülesanded, nõudmised ja vajalikud oskused on erineva tasemega:

- ◆ vaataja;
- ◆ sisestaja;
- ◆ GIS-spetsialist;
- ◆ administraator;
- ◆ projektijuht ehk peakasutaja;

Reaalsusmudel on aluseks andmemudeli loomisel.

Andmemudel – andmebaasis andmete struktureerimise kirjeldus ja tehniline realisatsioon, kus määratakse reaalsusmudeli alusel infosüsteemi jaoks sobiv tehniline spetsifikatsioon.

Andmemudel koostatakse reaalsusmudeli nähtuste baasil. Selles kirjeldatakse andmebaasi objektidena kõik reaalsusmudelil esitatud nähtused ja nende omavahelised seosed. Mõningatel juhtudel võivad andmemudelil esineda ka visuaalselt nähtamatud ja fiktiivsed nähtused (nt tänavate telgjooned).

- ◆ GIS-valdkonna juht/IT-juht.

Vaataja

Vaataja võib olla iga töötaja, kellel on vajadus ruumiandmete kasutamise järele. Vaataja tasemel kasutaja saab kasutada olemasolevaid ruumiandmeid ning teostada nendega lihtsamaid toiminguid: oma andmete esitus koos kaardiga, kaardilt info pärimine, trükkimine. Vaataja tasemel kasutajaid on kõige rohkem ning seetõttu peab kasutatav tarkvara olema väga lihtsalt kasutatav ning sisaldama ainult põhilisi tööriistu, mida vaatamiseks kasutatakse. Sobivaks tarkvaralahenduseks on veebipõhine rakendus või vabavaralised kaardilehitsejad.

Sisestaja

Sisestaja põhiülesanne on andmekogu uuendamiseks andmete sisestamine ning selleks vajalike protseduuride (kvaliteedikontroll, sisuline vastavus jm) teostamine. Andmesisestaja töö on suhteliselt reglementeeritud protseduur ning võimalusel peaks tarkvara olema vastavate tööprotsesside teostamiseks kohandatud *desktop* GIS-tarkvara või sisestamise võimalustega veebirakendus.

GIS-spetsialist

GIS-spetsialist on geoinformaatika alase hariduse või vähemalt vastava täiendkoolituse läbinud tehniliste teadmistega töötaja, kes on võimeline pakkuma teistele töötajatele GIS-tarkvara tehnilist tuge ning teostama ruumiandmetega keerulisemaid toiminguid: täiendavate andmekihtide loomine geotöötuse teel, keerulisemad päringud, teemakaardid, analüüsid jne. GIS-spetsialisti töö nõuab suurt iseseisvust ja loogilist mõtlemist, kuna töö käigus tuleb pidevalt leida lahendusi uutele küsimustele. GIS-spetsialisti nõuded tarkvarale on kõige suuremad, sest tema tööülesandeks on lahendada kõik ettetulevad GIS-valdkonna tehnilised aspektid. Selleks on vajadusel vajalik laiendada tarkvara funktsionaalsust uute tööriistadega, automatiseerida rutiinseid tööprotsesse, luua ja arendada andmemudeleid ning teostada muid GIS arendusega seonduvaid toiminguid. Seetõttu peab GIS-spetsialist lisaks laia funktsionaalsusega GIS baastarkvarale saama kasutada ka erinevaid tarkvaraarenduse vahendeid. Kui organisatsioonis tekib vajadus inimese järele, kes täiskohaga programmeeriks GIS-i tarkvararakendusi ja täiendusi, oleks otstarbekas uue GIS-arendaja rolli defineerimine.

Administraator

GIS-administraatori ülesanne on tagada ühtne ruumiandmete haldus tsentraalses andmebaasis. GIS-administraatoril on ka oluline roll keske andmekogu loomisel, töökorras hoidmisel ja arendamisel. GIS-administraatori ülesannete hulka kuulub tarkvaralitsentside haldamine, süsteemi turvalisuse tagamine, kasutajaõiguste haldamine, vastavalt vajadusele tarkvara paigaldamine ja hoolduspakettide lisamine (sh operatsioonisüsteem ja andmebaas) ning andmebaasi haldamine (andmeuuendused, varukoopiad, versioonid jne).

Projektijuht ehk peakasutaja

Projektijuht omab lisaks tehnilistele teadmistele ka valdkonna spetsiifilist kompetentsi. Tema ülesanne on vastava valdkonna (maaparandussüsteemid, taimekaitse vm) teemaandmetega seotud tööde koordineerimine: tööde plaanimine, tarkvara loomine, andmete kogumine ja kvaliteedikontroll ning töökorralduse tagamine. Projektijuht vastutab oma andmekogu(de) loomise ja pidamise eest.

Projektijuht peab olema kursis asutusesiseste või selle allüksuste GIS projektidega, sh olemasolevate andmete ja tarkvaradega, ning üldiste nõuetega, mis on ruumiandmetele kehtestatud.

GIS-valdkonna juht/IT-juht

GIS-valdkonna juht vastutab selle eest, et kogu asutuse GIS-i alane tegevus toimuks koordineeritult ja ühtsetel alustel. Valdkonna juht kehtestab üldised nõuded ruumiandmetele ja GIS-töövahenditele, samuti

nõuded infoturbele ning riist- ja tarkvara haldamiseks vajalikele tugiteenustele. GIS-valdkonna juht jälgib olemasolevate tarkvaralitsentside kasutust, vajadusel korraldab hankeid täiendavate GIS-vahendite hankimiseks ja tarkvaralitsentside hooldusteenuse uuendamiseks. GIS-valdkonna juht planeerib GIS-i juurutusega seotud töid, analüüsib asutuse vajadusi, teostab eelanalüüsi ja arendustöid ning vajadusel tellib tarkvaraettevõtelt IT-arendusteenust.

8. Ruumiandmete haldamine

Allolev peatükk selgitab lahti ruumiandmete haldamise peamised põhimõtted ning nimetab koos lühikese kirjeldusega ka olulisemad andmehalduse formaadid.

8.1. Raster- ja vektormudel

Ruumiandmete esitamise peatükis jagasime reaalse maailma nähtused diskreetsete piiridega nähtusteks ja pidevateks väljadeks ning tutvustasime nende haldamist GIS-is vastavalt vektorobjektidena või rasterpindadena. Selles peatükis vaatame neid kahte ruumiandmete haldamise meetodit lähemalt.

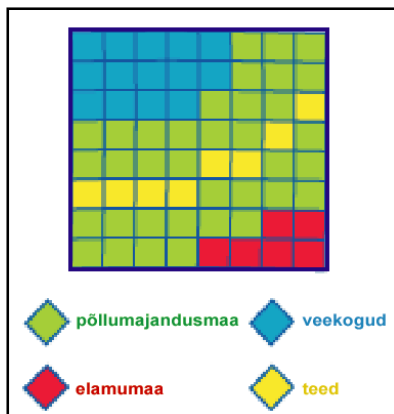
Vektor- või rastermudelite kasutamisel on mõlemal nii eeliseid kui puudusi. Üks ei ole parem kui teine ja kuigi mõlemal on omad kasutusvaldkonnad, võivad mitmetel juhtudel sobida mõlemad meetodid. Kaardil saavad vektor- ja rasterkihid koos töötada. Vektorandmeid saab konverteerida rasterandmeteks ja vastupidi.

Rastermudel

Rasterandmemudel viitab pidevate väljade kontseptuaalmudelile.

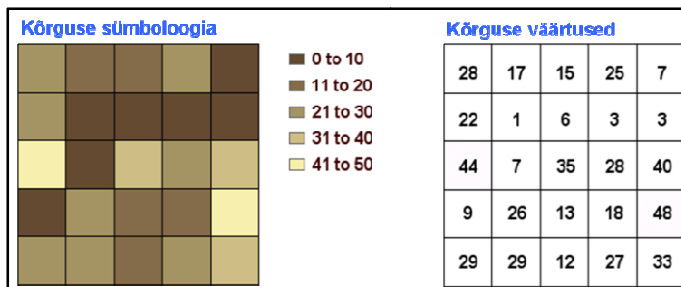
Rastermudelis kasutatakse reaalse maailma nähtuste haldamiseks regulaarsete ruudukujuliste pikslite maatriksit. Iga pikslile on omistatud atribuudiväärtus, mis võib olla nii kood (nt maakatte kood) kui mõõtmisväärtus (nt lume paksus, sademete hulk). Lihtsamatel juhtudel kasutatakse binaarset esitust (nt taimkatte olemasolu või puudumine), aga enamasti eelistatakse pidevaid väärtusi (nt maapinna kõrgus merepinnas meetrites). Mõnes süsteemis on võimalik iga piksli kohta hoida mitut atribuudiväärtust (nt atribuuditabel, kus iga veerg on atribuut ja iga rida piksel või piksliklass).

Rastermudel – ruumiandmete mudel, milles pidev pind esitatakse regulaarselt paiknevate ruudukujuliste pikslitena. Iga piksel omab atribuudiväärtust ja asukoha koordinaate.



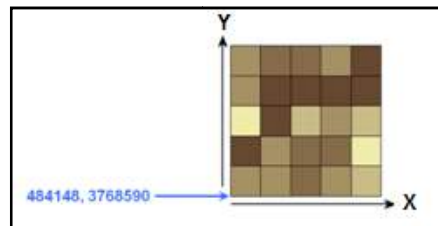
Joonis 98. Rastermudeli ülesehitus (Esri)

Rasterformaadis andmed salvestatakse, hoitakse ja töödeldakse pikslipõhiselt. Iga piksel omab kindlaid mõõtmeid ja esitab teatud ala ulatust. Väärtus, mis pikslile on omistatud, kehtib kogu esitatava ala kohta. On olemas erinevaid viise pikslile väärtuse omistamiseks, kui nähtuse ruumikuju, mida kujutada tahetatakse, ulatub mitme piksli alla. Tihti omistatakse pikslile see väärtus, millist esineb selle piksliga esitataval alal kõige rohkem. Vahel määratakse pikslile väärtus selle keskpunkti väärtuse alusel.



Joonis 99. Piksli väärtuse kirjeldamine (Esri)

Teatud maapinnaosa rastrina esitamine vajab ühte x,y koordinaatide paari. Rasterpilt seotakse nurgapunkti koordinaatidega ning kuna iga piksel omab kindlaid mõõtmeid (nt 10x10m), siis ülejäänud koordinaadid arvutatakse piksli suurust ja asukohta arvestades.

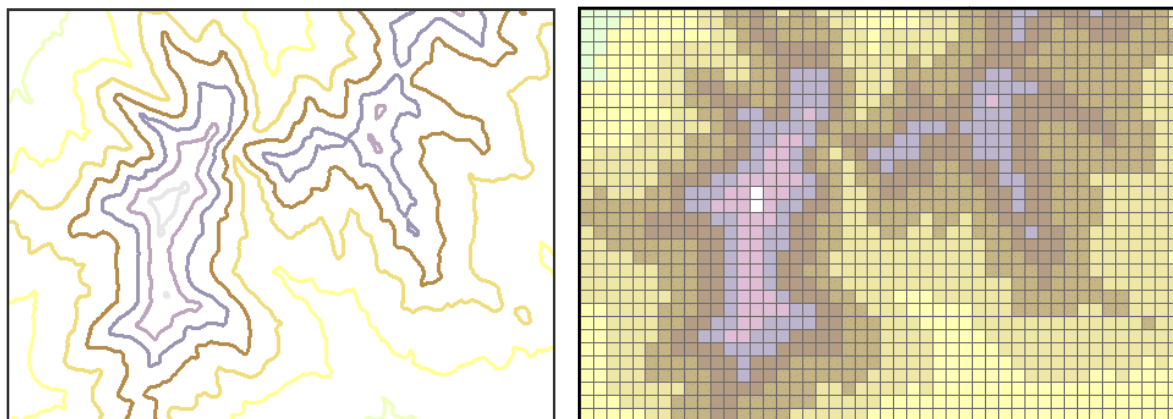


Joonis 100. Rasterpildi sidumine (Esri)

Rastrina hallatud andmed on kasulikud just taustakaardina, kuna suudavad kiiresti esitada suurt hulka informatsiooni. Samuti on rastrid kasutusel laialdaselt analüütilistes rakendustes nagu pinnavee voolu ja teenuse asukoha leidmise analüüsid.

Tavalised näited rastermudelil hallatavatest andmetest on aerofotod, satelliidipildid, skaneeritud kaardid, digitaalsed kõrgusmudelid, kõrguspinnad, sademete-, taimkatte-, temperatuuri- ja mullatüübi kaardid jne.

Kõrgusandmete esitamiseks on näiteks kaks võimalust: vektor- ja rasterkujul. Vektorkujutusviisi puhul esitatakse kõrgused joontena, kus iga joon omab teatud kindlat kõrgusväärtust (samakõrgusjooned). Rasterkujutusviisi puhul esitatakse kõrgus pikslitena, kus iga piksel omab teatud kindlat kõrgust.



Joonis 101. Kõrgusandmete esitamine vektorkujul (vasakul) ja rasterkujul (paremal)

Rasterandmete formaadid

Alljärgnevalt tutvustatakse mõningaid populaarsemaid rasterandmete formaate, mis lisaks GIS-tarkvara kasutajatele on laialdaselt rakendatud ja standardiks ka teistes valdkondades (nt pildiandmete haldus ja töötlemine). Samuti ei ole need otseselt seotud ühegi GIS-tarkvaratootjaga.

TIFF (*Tagged Image File Format*) on esialgselt *Aldus Corp.* nimelise ettevõtte poolt välja töötatud, kuid 2009. aastal *Adobe System* ettevõtte kontrolli alla läinud paindliku struktuuriga formaat pildilise info ja sinna juurde kuuluvate andmete ühes failis haldamiseks. TIFF formaadis failid võivad olla nii pakitud kui pakkimata kujul

ning võimaldavad juurde lisada ka metaandmeid. Pakitud formaat annab üsna adekvaatse tulemuse faili mahu väiksemaks muutmisel. Samas ei pruugi kõigi graafikaprogrammide varasemad versioonid pakitud TIFF faile lugeda. Pakkimata TIFF-formaadi miinuseks on suur maht, mis muudab andmetega töötamise/kuvamine ning nende haldamise tülikaks. Eeliseks on aga hea eraldusvõime ja värvisügavuste tugi.

GeoTIFF on täiustatud funktsionaalsusega TIFF formaat, mis põimib vastavas formaadis andmestikele juurde ka georefereerimiseks vajaliku informatsiooni. Viimase alla kuuluvad näiteks info kaardi projektsiooni, koordinaatsüsteemi, ellipsoidi ja daatumi kohta. GeoTIFF formaat vastab täielikult TIFF 6.0 spetsifikatsioonile.

JPEG (*Joint Photographers Experts Group*) on tänu efektiivsele pakkimisvõimele laialdaselt kasutusel näiteks fotode kogumisel GPS-seadmetes ja GPS-ga varustatud kaamerates. Algset faili mahtu on võimalik esialgselt vähendada kuni 5%-ni. Siin tuleb aga silmas pidada, et mida suurem on tihendus, seda vähemaks jääb detailsust. JPEG kasutab kadudega andmetihendusalgoritmi ning ei sobi seetõttu baasandmete säilitamiseks, kuna hiljem ei ole algset tihendatud pilti võimalik algele originaalkujule taastada.

JPEG 2000 on standardse JPEG formaadi edasiarendus, kus kasutatakse *wavelet* põhise andmetihendusalgoritmi, mis tagab kõrgema pakkimise astme juures pildi kvaliteetsema detailsuse. Teise eelisenähtena võimaldab JPEG 2000-s ka kadudeta tihendamist. JPEG 2000 standardit kasutavad nii JP2 kui ka JPX formaadid.

GIF (*Graphics Interchange Format*) on CompuServe ettevõttest alguse saanud tuntud graafikavahetuse formaat, mis kasutab kadudeta LZW andmetihendusalgoritmi, kuid on piiratud 256 värvist koosneva paletiga. GIF puhul kasutatav LZW (Lempel-Ziv Welch) kadudeta tihendusalgoritm hoiab pildikujutise sisulise kvaliteedi muutumatuna ja sellest tulenevalt on see ka väga ulatuslikult veebis kasutatav. Liikuvate piltide ehk animatsiooni toe tõttu üheks populaarsemaks kasutusalaiks selgepiiriliste ja limiteeritud värvidega pildikujutised (nt logod).

ECW (*Enhanced Compression Wavelet*) on kasutusel peamiselt aero- ja satelliitkujutiste andmete talletamisel, kuna võimaldab efektiivselt tihendada suuremahulisi faile jättes samaaegselt tunnused selgesti eristatavaks. Algselt *Earth Resource Mapping* firma poolt arendatud standardi võttis üle ERDAS. ECW kasutab kadudega tihendusalgoritmi. Lisaks rasterandmetele on sinna võimalik salvestada ka projektsiooni kirjeldavat informatsiooni, mis tagab vastavate failide mugava kasutamise GIS tarkvarades.

MrSID – LizardTech, Inc ettevõtte poolt välja töötatud ja patenteeritud formaat rasterkujutiste optimeeritud ja kõrgkvaliteediliseks haldamiseks, mida teatakse ka *Multi-Resolution Seamless Image Database* nime all. Kuivõrd tegemist on nn. kadudega pakkimisega (*wavelet* meetod), siis ei ole vastav formaat sobilik andmetele, mida soovitakse kasutada rasteranalüüside lähtematerjalina. MrSID ehk .sid fail on toetatud paljude GIS tarkvarade poolt (sh. Esri, ERDAS, Autodesk, MapInfo, Intergraph jt.).

Vektormudel

Vektorandmemudeliks klassifitseeritakse reaalse maailma nähtused geomeetriatüüpideks: kahemõõtmelises taustsüsteemis punktideks, joonteks ja polügoonideks. Punkte (nt kaevud, kauplused) hallatakse kui koordinaatide paari, jooni (nt teed, vooluveekogud) koordinaatpaaride jadana ja polügoone (nt rahvaloenduspiirkonnad, mullatüübid) ühe või rohkema joonesegmendina, mis sulguvad, moodustades polügooni. Koordinaadid, mis moodustavad iga objekti geomeetria, võivad omada kahte (x, y: rida ja veerg

või laius ja pikkus), kolme (x, y, z: lisandub kõrgusväärtus) või nelja (lisandub aja või mõne muu omaduse väärtus) dimensiooni.

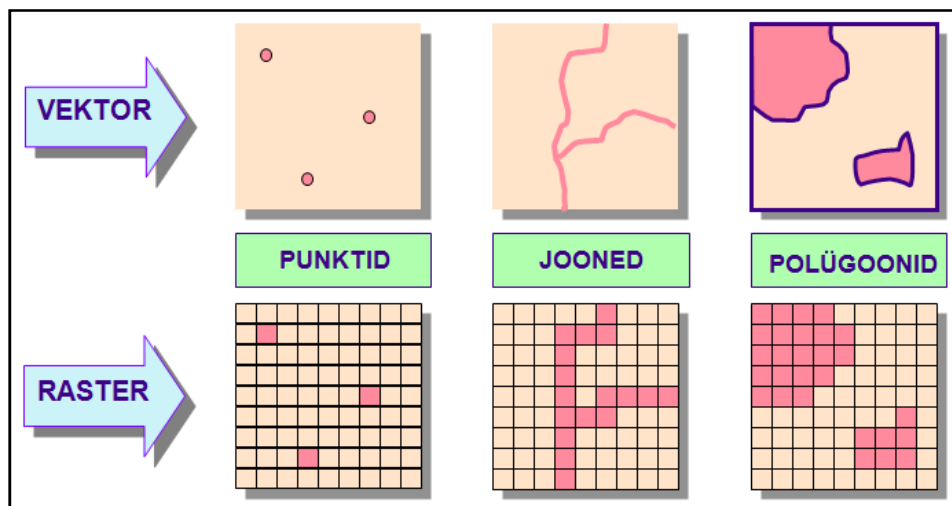


Joonis 102. Punkt, joon, polügoon (Esri)

Vektormudel – ruumiandmete mudel, kus andmed kirjeldatakse punktide, joonte ja polügoonidena ning nende kuju ja vormi määravate matemaatiliste funktsioonidega ehk vektorandmetena.

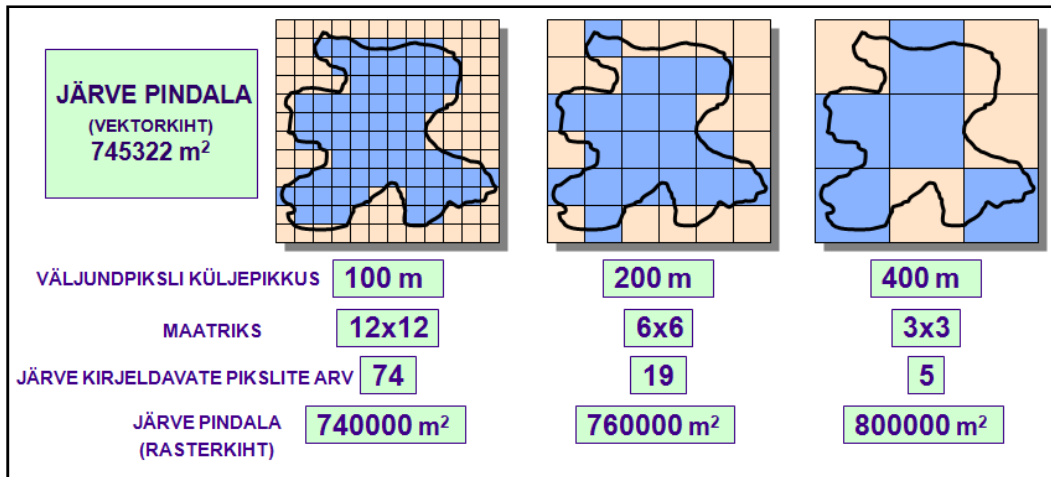
Vektorandmemudeli GIS-is kasutamise tugevad küljed on selle täpsus, haldamise efektiivsus, kartograafilise väljundi kvaliteet ja funktsionaalsete töövahendite kättesaadavus. See on hea meetod diskreetsete objektide, sh tehislükud nähtused nagu administratiivpiirid, teed, hooned ja looduslikud nähtused nagu jõed, järved, metsad, esitamiseks.

Kindlasti tasub olla teadlik, et vektorandmete teisendamisel rasterandmeteks ei ole koostatud rastrist hiljem võimalik geomeetriliselt täpselt samaväärset tulemust saada, sest rastermudel koosneb korrapärase suurusega iseseisvatest pikslitest, mitte geomeetristest primitiividest (punkt, joon, polügoon). Sõltumata algsest vektorandmete kihi geomeetriast salvestatakse nendes talletatud objektid rasterkihti üleviimisel eraldiseisvate pikslite kogumina.



Joonis 103. Vektor-ja rasterkihtide võrdlus (Esri)

Geomeetriast tulenev erinevus sõltub suuresti valitud piksli küljepikkusest. Väiksema küljega pikslite valiku korral on erinevused marginaalsemad, kuid neid ei ole võimalik sajaprotsendiliselt kõrvaldada. Samuti kaotavad vektorkihis olevad objektid rasterkihti üleviimisel algselt eksisteerinud topoloogilised seosed. Vastavat situatsiooni on näidatud ka joonisel 104.

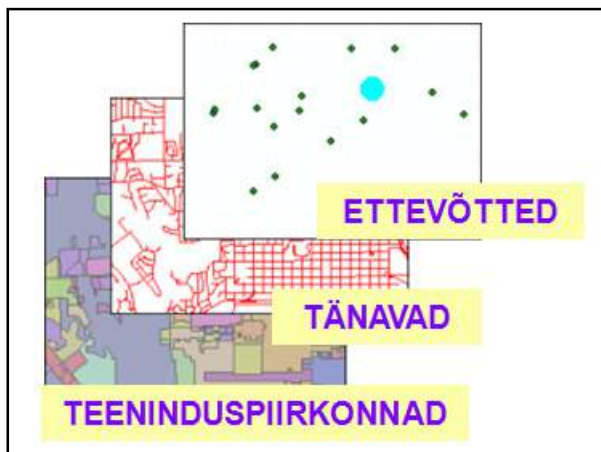


Joonis 104. Vektor- ja rasterkihtides talletatud objekti geomeetria võrdlus (Esri)

Vektorandmemudel is esitatavaid geograafilisi kogumeid nimetatakse tavaliselt objektideks. Sama geomeetriatüüpi objekte hallatakse geograafilises andmebaasis objektiklassina. GIS-is kasutatakse tavaliselt kas lihtsaid või topoloogilisi objekte.

Lihtsad objektid

Lihtsate joon- ja polügoonandmehulkade vahel puuduvad igasugused omavahelised seosed, mis tähendab, et objektid võivad omavahel kattuda. Lihtsaid objekte on lihtne luua ja hallata ning kiirelt ekraani kuvada. Samas, on erinevate ülesannete (nt lühima tee leidmine ja polügoonide külgnõlvus) teostamiseks vajalikud lisaarvutused, kuna selliste objektide puhul puuduvad täiustatud omadused nagu topoloogia.



Joonis 105. Näiteid vektorandmemudeli objektidest (Esri)

Topoloogilised objektid

Topoloogilised objektid on oma olemuselt lihtsad objektid ning topoloogia on iseenesest geomeetriliste kujundite omadusi käsitlev matemaatikaharu. Geoinformaatika valdkonnas käsitleb topoloogia objektide omavahelist paiknemist geograafilises ruumis.

Topoloogia peamine eesmärk on defineerida objektide vahelised ruumilised seosed. Kasutades topoloogiat geandmebaasis, on võimalik erinevaid objekte parandada mitmes objektiklassis samaaegselt, vältida erinevaid vigu, leida olemasolevaid vigu ja parandada neid, analüüsida ruumiseoseid ning viia läbi üldist kvaliteedikontrolli. Geoandmebaasis hallatakse topoloogiareegleid andmehulga elemendina.

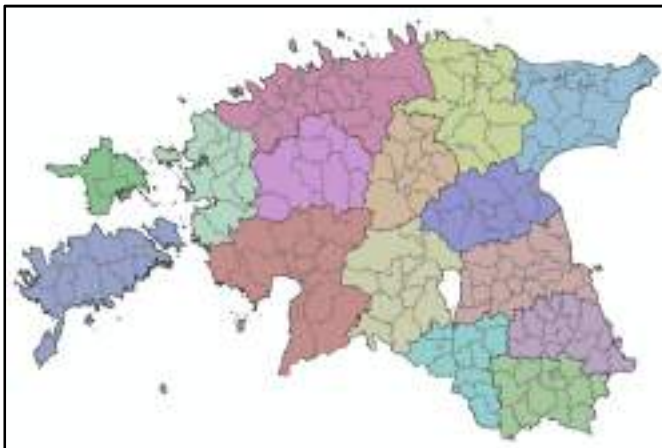
Topoloogia – reeglite kogum, millega määratakse punktide, joonte ja polügonide vaheline geomeetria jagamine kattuvuste korral.

Üldiselt kasutatakse topoloogiat järgnevalt:

- ♦ kattuvate geomeetria haldamiseks (nt kõrvuti asetsevad polügoonid nagu katastriüksused omavad ühist serva, kõrvutised erineva mullatüübi polügoonid jagavad servi jne);
- ♦ andmete terviklikkuse tagamiseks (nt katastriüksuste vahel ei tohiks olla auke, need ei tohiks olla üksteisega kattuvad, teede telgjooned peaksid olema lõpp-punktide kaudu ühendatud jne);
- ♦ topoloogiliste seoste päringute toetamiseks (nt kõrvuti paiknevate ja ühendatud objektide identifitseerimine, ühiste servade leidmine jne);
- ♦ struktureerimata geomeetriast objektide loomiseks (nt polügonide loomine joontest).

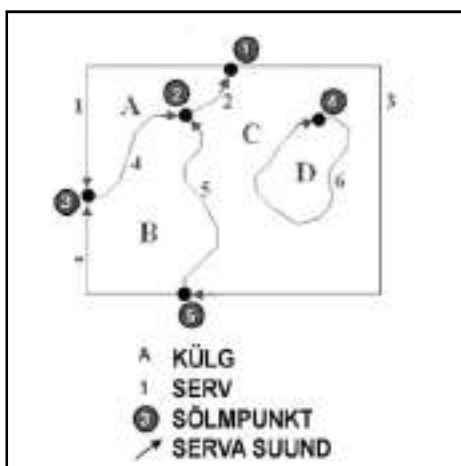
Näited topoloogilistest reeglitest:

- ♦ kõrvuti paiknevad polügonobjektid (nt kaks maakonda) omavad ühist piiri (vt joonis 106);
- ♦ vallapolügonide hulk igas maakonnas peab täielikult katma maakonna polügooni ja jagama servi selle piiridega.



Joonis 106. Ühist piiri omavad kõrvuti paiknevad maakonnad

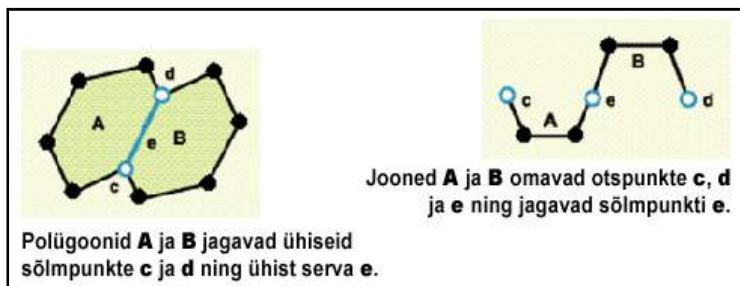
Topoloogilises andmemudelil kujutatakse ruumilised objektid (punkt-, joon-, ja polügonobjektid) sõlmpunktide, servade ja külgedena, nagu on näidatud alloleval joonisel.



Joonis 107. Topoloogilised elemendid ja seosed (Esri)

Topoloogilised objektid jagavad geomeetriat. Järgnevalt mõned näited kõrvuti paiknevatest objektidest:

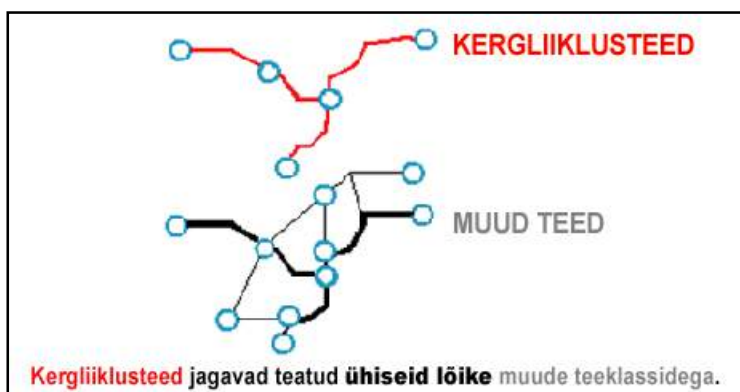
- ◆ polügoonobjektid jagavad ühist serva;
- ◆ joonobjektid jagavad ühiseid sõlmpunkte.



Joonis 108. Polügoonide ja joonte topoloogiasused (Esri)

Lisaks saab jagatud geomeetriat hallata objektiklasside vahel:

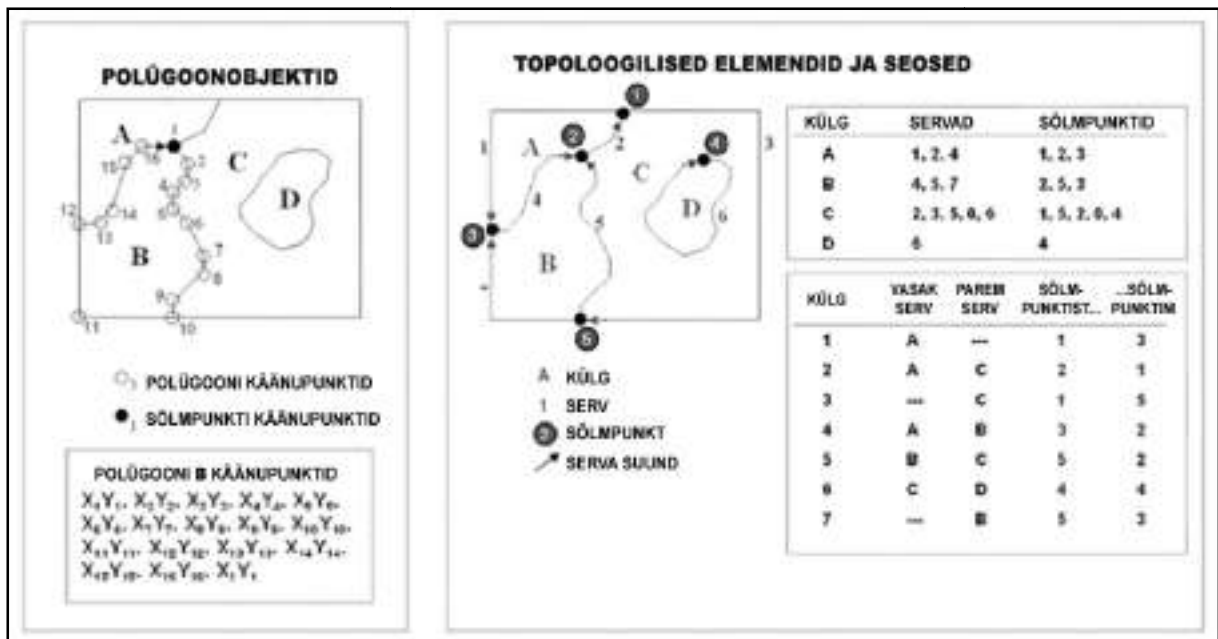
- ◆ joonobjektid jagavad teatud lõike teise joonobjektiga;



Joonis 109. Topoloogiasused joonobjektide vahel (Esri)

- ◆ polügoonobjektid kattuvad teiste polügoonobjektidega (nt erineva tasemega haldusüksused);
- ◆ joonobjektid jagavad lõpp-punkte punktojektidega;
- ◆ punktojektid kattuvad joonobjektidega.

Joonisel 110 näidatakse kahte alternatiivset võimalust, kuidas polügoonide kihi objekte saab kirjeldada kas geograafiliste objektide kogumina (punktid, jooned, polügoonid) või topoloogiliste elementidena (sõlmpunktid, servad, küljed ja nende seosed). Esimesel juhul on objektid defineeritud nende koordinaatide kaudu, teisel kujutatud topoloogiliste elementide korrastatud järjestusena.



Joonis 110. Objektide kirjeldamine geograafiliste objektide kogumina ja topoloogiliste elementidena (Esri)

Võrgustikud

Eraldi võiks välja tuua vektorandmemudeli all ka võrgustikuna hallatud andmekogumid. Võrke iseloomustab konkreetne võrgu struktuur (sõlmpunktid ja nendevahelised ühendused) ja topoloogia.

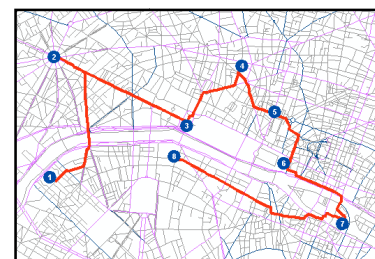
Võrgustik – omavahel seotud punktide ja joonte kogum, mis esitavad võimalikke teekondi kahe punkti vahel.



Joonis 111. Näiteid võrgustikest (Esri)

Mõningad näited võimalikest võrguanalüüsides:

- ◆ asukoha ja sõiduaja analüüsid;
- ◆ punktist punktini marsruudi kehtestamine;
- ◆ teekonnaplaneerimine;
- ◆ teeninduspiirkonna analüüsid;
- ◆ lühima tee leidmine.

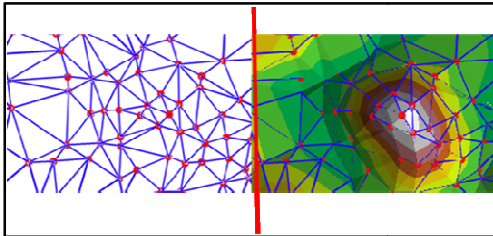


Joonis 112. Marsruudi leidmine (Esri)

TIN-mudel

Lisaks kõrgusandmete vektorkujul haldamisel samakõrgusjoontena, saab kõrgusi hallata ka spetsiaalse vektormudelil põhineva pinnana – TIN-mudelina.

TIN ehk ebakorrapärane kolmnurkne tesselatsioon (*Triangulated Irregular Network*) – varieeruva suurusega üksteisega kattumatute kolmnurksete tahkudena esitatav pind



Joonis 113. TIN-mudel (Esri)

TIN-pinna struktuur moodustatakse punktide alusel, mis võivad pärineda nii punkt-, joon- kui polügoonobjektidelt. Nende punktide ehk TIN sõlmpunktide alusel genereeritakse kolmnurgad. Iga punkt pinnal omab lisaks x-, y-koordinaatidele ka ühte z-väärtust ja nii on TIN-pind tegelikult 2.5-mõõtmeline.

8.2. Geoandmebaas

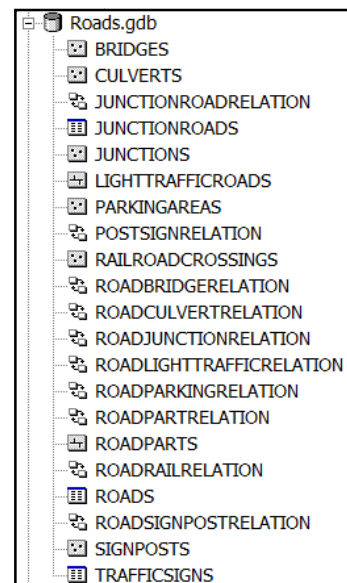
Kõigile suurematele kasutatavatele GIS-rakendustele on aluseks geograafiline andmebaas. GIS-komponentidest on inimeste järel andmebaas vaieldamatult kõige olulisem GIS osa, kuna see moodustab aluse kõigile andmepäringutele ja analüüsidele.

GIS-andmebaas ehk geoandmebaas – andmebaas, mis võimaldab GIS-kasutajatel ruumiandmeid tsentraalselt salvestada ja hallata, salvestada erinevaid andmetüüpe, hallata objektide topoloogilisi jm seoseid ning võimaldab suuremahulistele andmetele ligipääsu väga paljudele samaaegsetele kasutajatele

Geoandmebaas on geograafiliste andmete kogum, mis on salvestatud geoandmebaasi formaati ning mida hallatakse teatud maa-ala, teema või projekti põhised. Vastav andmestruktuur võib sisaldada vektorandmeid, rasterandmeid, tabeleid ja teisi andmetüüpe ning omada täiendavaid võimalusi atribuutandmete ja objektide seoste loomiseks ja modelleerimiseks.

Kui geoandmebaasina võib üldises terminoloogiliselt käsitleda kui mistahes ruumiandmeid sisaldavat andmekogumit, siis tehnilises kontekstis tõlgendatakse ja seostatakse vastava termini all eeskätt Esri ettevõtte poolt arendatud rikkalike võimalustega andmete haldamise struktuuri, mis ülemaailmselt (sh Eestis) on muutunud sisuliselt *de facto* standardiks.

Erinevalt failipõhistest formaatidest (nt Shape fail jt) hoitakse geoandmebaasis kõiki objektidega seotud teavet andmebaasi (RDBMS) põhised (nt Access, Oracle, DB2, SQL Server jt). Andmebaasi sisest on kasutajal võimalus luua temaatiliselt erinevaid kuid samal koordinaatsüsteemil põhinevaid andmekogusid (*feature dataset*) ning teostada nende alusel näiteks objektide topoloogia kvaliteedikontrolli protseduure või koostada geomeetrilisi võrke.



Joonis 114. Geoandmebaas

Geoandmebaas sisaldab alljärgnevat elemente.

- 1) Tabelid – hoiavad täiendavat infot objektide kohta, mida saab vajaduse korral siduda geograafilise ruumiandmestikuga.
- 2) Nähtusklassid (*Feature Class*) – arvutis modelleeritud punkt, joon- või pindobjektide kogud, mille puhul objektid omavad ühist geomeetriat. Spetsiaalsetes nähtusklassides talletatakse informatsiooni annotatsioonide (kaardikirjad), mõõtude, marsruutide ja täiustatud sümboloogiat kirjeldavate representatsioonide kohta (vt ka joonis 115).



Joonis 115. Nähtusklassi (*Feature Class*) olemus ja ülesehitus

- 3) Nähtuse andmekogud (*Feature datasets*) – nähtusklasside konteinerid (mitte tabelid), millel on ühine koordinaatsüsteem/projektsioon ning mis on vajalikud geomeetriste võrkude ja topoloogiaga seotud tööprotsessides.
- 4) Seoseklassid (*Relationship classes*) – vahend kahe tabeli, nähtusklasside või nende omavaheliste kombinatsioonide vaheliste seoste haldamiseks geoandmebaasis.
- 5) Geomeetriselised võrgud (*Geometric networks*) – kohandatud topoloogilised seosed joone ja punkti nähtusklasside vahel, mida kasutatakse võrgustikuga seotud analüüsidel.



Joonis 116. Geoandmebaasi elemendid (Esri)

- 6) Topoloogia (*Topology*) – geomeetriste kujundite omadusi käsitlev matemaatika haru. Geoinformaatika valdkonnas käsitleb topoloogia objektide omavahelist paiknemist geograafilises

ruumis. Topoloogilisi seoseid kasutatakse ruumiliste modelleerimise ülesannete korral, mis ei kasuta koordinaatinfot ning kus objektide omavahelised omadused jäävad muutumatuks ka kuju muutmise (venitamine, moonutamine jne) korral. Esri ArcGIS topoloogia võimaldab kasutajal vastavalt andmemudeli nõuetele seadistada ruumilised seosed objektide geometriast lähtuvalt.

- 7) Rasterandmekogud (*Raster datasets*) – TIFF, Imagine, Esri Grid, MrSID vms. formaadis olevad rasterandmed.
- 8) Rasterkataloogid (*Raster catalogs*) – tabelkujul olev rasterandmekogude kollektsioon, mille puhul objektide (rasterandmekogud) asukoht kataloogis on defineeritud tabelis oleva vastava rea kaudu.
- 9) Tööriistakast (*Toolbox*) – sisaldab geotöötuse vahendeid, mida kasutatakse ArcGIS Desktop tarkvaraga erinevate ülesannete (nt geotöötused) lahendamiseks.
- 10) Mõõdistusandmed (*Survey datasets*) – informatsioon mõõdistusandmete kohta, mida hoitakse selleks ettenähtud projektides ja projektikaustades.
- 11) Skemaatiline andmekogu (*Schematics*) – andmebaasipõhine automatiseeritud skemaatiline visualiseerimine, mis võimaldab kuvada mistahes loogilise või füüsilise tehnovõrgustiku (elekter, gaas, vesi, side) ülesehitust ja topoloogiat.

Seadistamine hõlmab atribuutide ja nende omaduste määratlemisega seotud toiminguid ning samuti topoloogia ja seoseklasside temaatikat.

9. GIS tarkvarad

Ülemaailmselt on kasutusel sadu erineva funktsionaalsusega tarkvarasid, mis võimaldavad lahendada GIS-spetsiifilisi ülesandeid. Alljärgnevalt tutvustatakse lühidalt olulisemaid desktop GIS tarkvara tootjaid ja antakse ülevaade ka populaarsematest vabavaralistest tarkvaradest.

Esri

Esri (*Environmental Systems Research Institute, Inc*) on 1969. aastal asutatud maailma juhtiv GIS tarkvaratootja, kelle tooteid kasutavad rohkem kui 300 000 organisatsiooni (sh 7000 õppeasutust) üle maailma. Esri tooteid kasutavad kõik 200 suuremat linna Ameerika Ühendriikides ning üle 60 protsendi sealsetest kohalikest omavalitsustest. Samuti on Esri ametlik GIS-platvorm Euroopa Komisjonis ning seda kasutatakse ka paljudes Euroopa Liidu instantsides ja sellega seotud projektides (nt Euroopa Liidu Satelliitide Keskus). Esri edasimüüjaid on rohkem kui 100 riigis ning üle ühe miljoni kasutaja enam kui 150 riigis.

Esri on ainuke tarkvaratootja, mis pakub terviklikke tehnilisi lahendusi töökohaarvutitel, mobiilsetel seadmetel, serveritel ja internetiplatvormidel. Ettevõtte põhitoodeteks on ArcGIS tooteperekonda kuuluvad integreeritud lahendused, mis võimaldavad kasutajatel luua geoinfosüsteeme vastavalt vajadusele ja tehnilistele tingimustele: töökohad, serverid, omaloodud tarkvararakendused, veebirakendused või mobiilsed lahendused välitingimustes töötamiseks. ArcGIS Desktop toodete pakett (ArcView, ArcEditor ja/või ArcInfo) koos laiendustega on ainus standardiseeritud GIS- ja kaarditarkvara, millel on eestikeelne kasutajaliides. Esri populaarseim toode ArcView on maailma levinuim geoinfosüsteemi (GIS) tarkvara. Lisaks litsentseeritud tarkvarale pakub Esri ka mitmeid vabavaralisi vahendeid kaardibrauserite näol (nt ArcGIS Explorer, ArcReader jne).

Eestis kasutavad Esri erinevaid ArcGIS tarkvaratooteid ja lahendusi käesoleval hetkel juba kõik suuremad kartograafia ja kaardiantmete tootmisega tegelevad asutused, tehnovõrkude ettevõtted ning paljude muude valdkondade (kohalikud omavalitsused, maavalitsused, keskkond, metsandus, energeetika, lennundus, põllumajandus, looduskaitse, riiklik julgeolek, kutseõppega seotud asutused, ülikoolid ja teadusasutused jne) GIS- ja kaarditarkvara kasutajad.

Esri veebileht: <http://www.esri.com>

Intergraph

Intergraph (algse nimega M&S Computing, Inc) on 1969. aastal asutatud GIS tarkvaraarenduse ja konsultatsiooniga seotud teenuste pakkumisele spetsialiseerunud ettevõtte. Tuntuim Intergraph'i bränd on GeoMedia tooteperekond, mis hõlmab sarnaselt ArcGIS-ga mitmeid omavahel integreeritud tarkvarasid ning mida kasutatakse enam kui 60 riigis. Suurimad kasutajarühmad on seotud sisejulgeoleku instantsidega ning infrastruktuuri ettevõtetega. Intergraph kuulub Hexagon ettevõtete gruppi.

Intergraph veebileht – <http://www.intergraph.com/>

Pitney Bowes Business Insight

Pitney Bowes Business Insight (PBBI) on alates 2009. aastast Pitney Bowes kontserni alluvuses tegutsev GIS-ettevõtte, mis tekkis MapInfo ja Group 1 Software üksuste liitmisel. Kuni aastani 2007 oli MapInfo Corporation eraldiseisev GIS-ettevõtte, mille moodustasid 1986. aastal Laszlo Bardos, Andrew Dressel, John Haller, Mike Marvin ja Sean O'Sullivan. Samal aastal ilmus MapInfo nime all ja DOS keskkonnas töötav esimene tänapäevases mõistes standardne *desktop* GIS tarkvaratoode. Alates aastast 1995 kannab see nimetust MapInfo Professional. Sarnaselt teiste tootjatega on ka MapInfo Professional täiendatav mitmesuguste spetsiifiliste lisatarkvaradega, millest tuntumad on Vertical Mapper ja Encom Discover. Ülemaailmselt kasutab MapInfo tooteid ca 7000 asutust.

Pitney Bowes Business Insight veebileht – <http://www.pbinsight.com/>

Bentley Systems

1984. aastal asutatud Bentley Systems, Inc. on maailma üks juhtivaid CAD/CAM (lühendid terminitest *computer-aided design* ja *computer-aided manufacturing*) tarkvara tootjaid, mis on spetsialiseerunud tehnilise infrastruktuuri tarkvara arendusele. Siia alla kuuluvad näiteks professionaalsed lahendused sildade, teede, hoonete ja teiste infrastruktuuri rajatiste projekteerimiseks ja tehniliseks joonestamiseks. Bentley üks tuntumaid tarkvaratooteid on MicroStation, mille näol on tegemist mitmekülgse 2D/3D CAD-tootega. MicroStation on baastooteks nii Bentley enda kui ka arendusfirmadest koostööpartnerite erirakenduste (nt GeoGraphics) tarbeks, mis võimaldavad realiseerida ka teatud GIS-valdkonna ülesandeid.

Bentley Systems veebileht – <http://www.bentley.com/>

Autodesk

1982. aastal asutatud Autodesk, Inc. on üks maailma suuremaid inseneritarkvara tootjaid, kes omab ligi 30 aastast kogemust CAD-tarkvara tootmises. Autodesk ettevõtte kõige populaarsem toode on AutoCAD tarkvara, mis on leidnud laialdast kasutust arhitektuuri, geodeesia ja ehitusega seotud ettevõtetes. Autodesk omab terviklikku tarkvaratoodete portfelli alates 2D projekteerimise lahendustest inseneridele kuni 3D põhise modelleerimiseni, võimaldades teostada ka teatud GIS-spetsiifilisi ülesandeid.

Autodesk veebileht – <http://www.autodesk.com/>

ITT Visual Information Solutions

ITT Visual Information Solutions (ITT VIS) on 1977. aastal asutatud ITT Corporation tütarettevõtte, mis on spetsialiseerunud eeskätt integreeritud kaugseire töövahendite ja tarkvaralahenduste arenduse, projekteerimise ja konsultatsiooniga seotud teenuste pakkumisele, mida kasutatakse kaugseire andmetega seotud ülesannete (kogumine, visualiseerimine, andmetöötlus jne) teostamiseks. See võimaldab erinevate eluvaldkondade (keskkonnauuringud, biotehnoloogia, metsandus, looduskaitse, linnaplaneerimine, põllumajandus, kartograafia, lennundus, sisejulgeolek, riigikaitse jne) spetsialistidel satelliitkujutiste ja aeropiltidega seotud informatsiooni paindlikku haldamist, analüüsi ja levitamist. ITT Visual Information Solutions tarkvara (ENVI, ENVI EX, IDL jne) kasutavad enam kui 150000 asutust rohkem kui 80 riigis üle kogu maailma.

ITT Visual Information Solutions veebileht – <http://www.itvis.com/>

ERDAS

ERDAS on 1978. aastal asutatud rahvusvaheline ja pikaajaliste traditsioonidega GIS- ja geomaatika tehnoloogia ettevõtte, kelle tooteid kasutavad igapäevaselt kümned tuhanded spetsialistid üle kogu maailma. ERDAS kuulub Hexagon ettevõtete gruppi.

Ettevõtte pakub mitmesugustele valdkondadele (fotogramm-meetria, kaugseire, keskkond, põllumajandus, metsandus, ehitus, geodeesia, maamõõtmine jne) suunatud erinevaid tarkvaratooteid GIS-i ja geomaatikaga seotud ülesannete lahendamiseks. Tuntuimad nendest on ERDAS IMAGINE®, LPS, ERDAS ER Mapper, ERDAS APOLLO jne. Peamise kasutajarühma moodustavad tehnovõrkude ning keskkonna- ja kaardiettevõtted.

ERDAS veebileht – <http://www.erdas.com/>

uDig

uDig on vabavaraline GIS tarkvara, mida arendatakse ja täiendatakse Kanadas tegutseva Refractions Research konsultatsiooniettevõtte eestvedamisel kasutajate kogukonna kaudu. Tarkvara baseerub Eclipse platvormil ja Open Source GIS standarditel ning töötab nii Windows, Mac OS X kui ka Linux operatsioonisüsteemides. uDig toetab vaikumisi mitmeid levinud andmeformaate (nt Esri Shape, PostGIS, KML, WMS-teenused jne).

uDig veebileht – <http://udig.refractions.net/>

gvSIG

gvSIG tasuta tarkvara loomise initsiatiivi algatas 2004. aastal Hispaania Valencia transpordi- ja infrastruktuuri regionaalne ministeerium ning selle arendamisel on arvestatud rahvusvaheliste standardite (Open Geospatial Consortium, OGC) kasutamise võimalusega. Praeguseks on ilmunud ka lokaliseeritud kasutajaliidesed ligi 10 keeles. gvSIG toetab samuti enamlevinud vektorformaate (Esri Shape, DXF, GML, DWG, DGN, KML) kui ka rasterformaate (BMP, GIF, TIFF, JPEG, JP2, PNG, ENVI DAT, ERDAS (LAN, GIS, IMG), PCI Geomatics (PIX, AUX), ESRI ADF, IDRISI RST jne) ning sisaldab lisaks standardsetele GIS-töövahenditele erinevaid lisavõimalusi rasteranalüüside tegemiseks, topoloogia kontrolli teostamiseks, 3D andmetega töötamiseks jne.

gvSIG veebileht – <http://www.gvsig.org/web/>

10. Ruumiandmete formaadid ja ruumiandmeteenuused

Allolev peatükk kirjeldab olulisemaid ja levinumaid vektorkujul ruumiandmete formaate.

10.1. Ruumiandmed

GIS- ja CAD-valdkonnas on reeglina igal suuremal tarkvaratootjal ettevõtte poolt välja töötatud spetsiifiline andmeformaad, mis sobib kõige enam vastava tarkvaratoote ülesehitusega ja funktsionaalsusega. Samuti on vastavate ettevõtete ja nende poolt pakutavate toodete nimekiri kui ka standardid andmete haldamise formaatide osas ajas üsnagi kiiresti muutuvad. Aastate jooksul on järjest sekundaarsemaks muutunud ka erinevate formaatide kasutamise seotud komplikatsioonid, mis tähendab et kõik levinumad GIS tarkvarapaketid suudavad ühel või teisel moel kasutada ka teiste tootjate andmestandardeid (nt ArcGIS vs CAD andmed jms). Järgnev ülevaade käsitleb enam kasutatavaid GIS ja CAD andmeformaate. Rasterandmete formaate käsitlesime ruumiandmete haldamise peatüki alguses rastermudelite osa lõpus.

Esri

Geoandmebaas on rikkalike võimalustega ruumiandmete haldamise formaat koos sinna juurde kuuluvate komponentidega (geomeetria, koordinaatsüsteem, atribuudid, metaandmed, reeglistik jne), olles maailmas üks levinumaid GIS andmete haldamise standardeid. Praktikas kasutatakse mitmesuguse funktsionaalsusega ja kasutusotstarbega geoandmebaaside tüüpe. Täpsemalt loe geoandmebaaside kohta ptk 8.2.

Shape on formaat vektorkujul ruumiandmete haldamiseks ja salvestamiseks, kus üheaegselt on võimalik hoida ühesuguse geomeetriaga (punkt, joon või polügoon) objekte. Shape faili (shp) struktuur sisaldab mitmeid komponente ehk spetsiifilise laiendiga abifaile (nt shp, shx, dbf jne), mis on vajalikud vastavas formaadis info kasutamiseks. Ühes Shape failis talletatakse üheaegselt nii atribuutandmed, geomeetria, koordinaatsüsteem, metaandmed, indekseerimise info jne.

Shape faili peamised komponendid on:

- .shp** – põhifail, mis kirjeldab objekti geomeetriat;
- .shx** – objekti geomeetriat kirjeldav indeksifail;
- .dbf** – dBASE tabel, kuhu on talletatud objektide atribuutinfo;
- .sbn** ja **.sbx** – objekti ruumiindekseid kirjeldavad failid;
- .fbn** ja **.fbx** – objekti ruumiindekseid kirjeldavad kirjutuskaitstud failid;
- .ixs** – geokodeerimise indeksid;
- .prj** – koordinaatsüsteemi info;
- .xml** – metaandmed.

Minimaalselt peab Shape fail komponentide osas sisaldama alati vähemalt kolme faili – .shp, .shx ja .dbf. Ülejäänute olemasolu ja kasutus sõltub asjaolust, kas kasutaja poolt on täiendavalt kirjeldatud metaandmed, koordinaatsüsteem jms.

Esri Multipatch on vektorandmete geomeetria tüüp detailse 3D kuju salvestamiseks, mis on mõeldud kasutamiseks eeskätt diskreetse ala või mahtu omavate objektide esitamiseks ning mida talletatakse nii geoandmebaasis kui Shape failis. Multipatch'i saab kasutada nii lihtsate (nt sfäär, kuup) kui keerukate objektide (nt hooned, puud) esitamiseks. Samuti võivad need omada atribuute ning on kasutatavad ArcGIS standardsete töövahenditega (nt tuvastamine).

Esri Grid on vaikumisi rasterformaad, millisenä salvestatakse/hoitakse paljude rasteranalüüside tulemfaille (nt statistilised pinnad kui interpoleerimise tulemid jne).

Eristatakse:

1. täisarvuline (*integer*) grid diskreetse sisuga andmete haldamiseks;
2. pidevate väärtustega (*floating point*) grid olemuslikult pidevate nähtusetega seotud andmete haldamiseks.

MapInfo

MapInfo programmi kontekstis käsitletakse kõiki kasutatavaid andmestikke tabelitena. Vastavad tabelid salvestatakse failidena ning üks tabel koosneb mitmest sama nimega kuid eri laiendiga failist, mille komponendid (laiendid) on alljärgnevad:

TAB – põhifaili tabeli kirjeldamiseks, mis on alati MapInfo standardsete andmestruktuuride puhul olemas. Seal ei ole mitte objekte kirjeldavad tunnused/atribuutandmed, vaid metainfo tabeli andmete kohta. See aga tähendab, et info vaatamine ainult selle kaudu ei anna olulist informatiivset teavet.

DAT – atribuutandmete fail

MAP – eespool nimetatud info graafiline kaardikujutis

ID – indeksfail, kus on määratletud seosed kujutise ja tabelandmete vahel

IND – indeksfail, mida kasutatakse tabelitega töötamise parendamiseks

Bentley Systems

DGN – MicroStation tarkvara vaikimisi 2D/3D joonestamise vektorformaad, mis põhineb *Intergraph Standard File Format (ISFF)* spetsifikatsioonil (teatakse ka V7 DGN ja Intergraph DGN nimede all) või alates aastast 2000 uuemal V8 DGN standardil. DGN tähistab lühendit sõnast "*design*" ja on vajadusel konverteeritav teistesse GIS või CAD tarkvarade (nt Esri Shape, MapInfo TAB, AutoCAD DWG jne) formaatidesse ning kasutatav ka paljude vabavaradega (nt gvSIG). 2008. aastal sõlmisid Bentley Systems ja Autodesk omavahel kokkuleppe, mille tulemusena toetab AutoCAD täies funktsionaalsuses ka DGN formaati ja Microstation omakorda DWG formaati, mis omakorda peaks oluliselt parendama ka andmevahetuse ja andmekvaliteediga seotud võimalikke komplikatsioone.

Autodesk

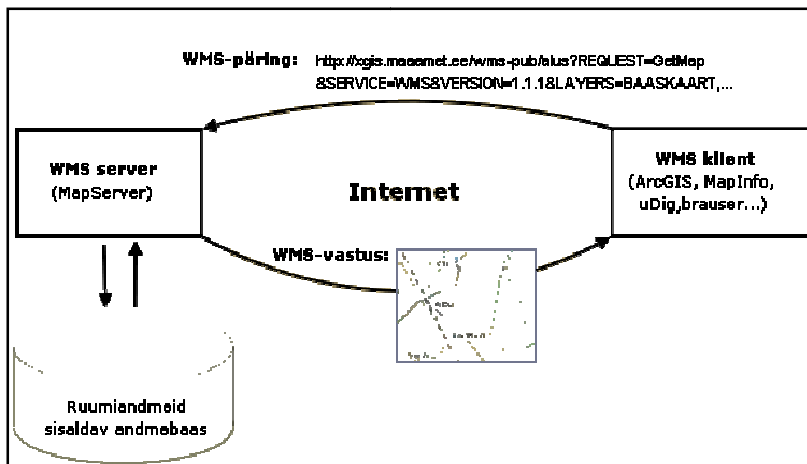
DWG – mitmete CAD tarkvarade standardformaad, mille nimetus tuleneb sõnast "*drawing*" ning mida kasutatakse 2D/3D vektorandmete ja metaandmete haldamiseks. DWG on peamiseks tööformaadiks näiteks AutoCAD, IntelliCAD ja Caddie tarkvarades. Sarnaselt DGN formaadiga on ka DWG vajadusel konverteeritav teistesse GIS või CAD tarkvarade (nt Esri Shape, MapInfo TAB, MicroStation DGN jne) formaatidesse ning kasutatav ka paljude vabavaradega (nt gvSIG). DWG formaadi alla kuuluvad ka .bak, .dws, .dwt ja .sv\$ laiendiga failid.

DXF ehk *Drawing Exchange Format* on mõeldud eeskätt CAD jooniste vahetamiseks AutoCAD tarkvara ning teiste CAD, GIS ja samuti kujundusele spetsialiseerunud tarkvarade vahel (sh. Adobe Illustrator, Corel Draw, Google SketchUp Pro jne). DXF formaad baseerub ASCII koodil ning koosneb joonestusega seotud käskudest ja selle parameetritest.

10.2. Ruumiandmeteenused

Geoinfo avatud standardite arendaja *Open Geospatial Consortium* (OGC) on ruumiandmete levitamiseks seonduvalt kinnitanud mitmed rahvusvaheliselt tunnustatud andmeformaadid, milledest järgnevalt tutvustame nelja standardit.

WMS (*Web Mapping Service*) on kaardiandmete kasutamise teenus, mis toimib veebipõhiselt ning kus info kuvatakse andmebaasist rasterkaardina. WMS kirjeldab georefereeritud andmekihtidest päringu teostamise loogika, mis realiseeritakse HTTP tüüpi päringutena ja mille alusel tagastatakse tulem kaardipildina (nt JPEG vms formaadis). WMS-i toimimise põhimõte on välja toodud joonisel 117.



Joonis 117. WMS-kliendina käituv tarkvara saadab WMS-serverile päringu, mille vastuseks saadakse soovitud piirkonnas kuvatavate soovitud andmekihtide esituse kaardipildi (Maa-amet).

WFS (*Web Feature Service*) on kaardiandmete kasutamise teenus, mis toimib sarnaselt WMS-ga veebipõhiselt, kuid kus info kuvatakse andmebaasist vektorkujul, võimaldades kasutajal teostada päringuid andmebaasi.

WFS-T (*Web Feature Service Transactional*) laiendab standardset WFS teenust veelgi, võimaldades kasutajal lisaks päringutele andmeid ka andmebaasis redigeerida ja kustutada.

GML (*Geography Markup Language*) on mõeldud geograafiliste andmete edastamiseks vastava XML-i kaudu, mis on kasutatav nii modelleerimiskeelena kui ka avatud vorminguga GIS-andmete talletamiseks ja andmevahetuseks. GML sisene andmemudel modelleerib reaalsust abstraktseteks objektideks, mis muude võimalike atribuutide hulgas sisaldavad infot objekti geomeetria, selle geograafilise paiknemise ja atribuutide kohta (Maa-amet).

GML 3 standardi spetsifikatsioon on mõeldud väga erisuguste ülesannete lahendamiseks, sisaldades ligi 1000 erinevat objekti (geomeetria) kirjeldamise võimalust (sh liidetud objektid, kaared, ellipsid, 3D, dünaamilised nähtused, topoloogia, raster, metaandmed, ajateadliku sisuga väärtuste lisamine jne). GML kui universaalse sisuga formaat võimaldab seda lisaks andmete levitamise standardina kasutada lisaks ka andmekihtide salvestusformaadina. Ruumiandmete visualiseerimise standardina on siiski rohkem kasutatavam selleks veelgi enam võimalusi pakkuv KML formaat (Maa-amet).

KML (*Keyhole Markup Language*) on Google™ korporatsiooni omanduses olev XML-põhine formaat geograafilise teabe visualiseerimiseks veebis läbi Google Earth™ ja Google Maps™ rakenduste. KML on moodustab tervikliku komplekti graafilistest elementidest, piltidest kui ka vastavatest seadetest, mis kirjeldavad geograafilisi objekte ja rasterandmeid kolmemõõtmelisena. KML on muutumas järjest populaarsemaks, kuna võimaldab kaardiandmeid levitada ka neile kasutajatele, kes ei oma professionaalset ja litsentseeritud GIS-tarkvara. Sisulist väärtust lisab juurde ka atribuutandmete kasutamise tugi, võimalus defineerida erinevaid vaatnurki, kirjeldada ülekatteid ja objektide leppemärke.

KML failid on kirjeldatud .kml ja/või .kmz laiendusega. Viimane on kasutusel tihendatud KML-i puhul. Samuti on dünaamilise ülesehitusega KML rakendatav mitmesuguste veebiteenuste kasutamisel, mis on algselt publitseeritud mõne teise GIS serveritarkvaraga (nt Esri ArcGIS Server).

Ülesanded

1. Määra erinevate asukohtade geograafilisi ja tasapinnalisi ristkoordinaate, kasutades selleks vastavaid instrumente.
2. Loetle teatud ulatuses ortofoto alusel eristatavaid nähtusklasse ja kirjelda nende atribuute, mis oleksid vajalikud antud ala geoinfosüsteemi (GIS) loomiseks.
3. Too näiteid raster- ja vektormudelite eelistest/puudustest.

Täiendav lugemine ja kirjandus

1. Kimerling, A. J., Buckley, A. R., Muehrcke, P. C., Muehrcke, J. O. 2009. *Map use: reading and Analysis*. Esri Press. 6th edition.
2. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2005. 2nd edition.
3. Randjärv, J. 2006. *Geodeesia I osa 1.raamat*. Tartu
4. ArcGIS Resource Center. GIS Dictionary. <http://resources.arcgis.com/glossary>
5. ArcGIS Resource Center. ArcGIS Help Library:
 - a. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_are_map_projections/003r00000001000000/
 - b. <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/003r00000016000000.htm>
 - c. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Spheroids_and_spheres/003r00000007000000/
 - d. <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Datums/003r00000008000000/>
 - e. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_are_geographic_coordinate_systems/003r00000006000000/
 - f. <http://help.arcgis.com/en/geodatabase/10.0/sdk/arcsde/concepts/geometry/coordref/coordsys/projected/projected.htm>
 - g. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/About_map_projections/003r0000000q000000/
 - h. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Projection_types/003r00000000r0000000/
 - i. <http://help.arcgis.com/en/geodatabase/10.0/sdk/arcsde/concepts/geometry/coordref/coordsys/geographic/geographic.htm>
 - j. <http://help.arcgis.com/en/geodatabase/10.0/sdk/arcsde/concepts/geometry/coordref/coordsys/projected/projected.htm>
 - k. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Topology_basics/006200000002000000/
 - l. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Spatial_relationships_and_behavior/00v20000000m000000/
6. Koolituste materjalid:
 - a. ArcGIS Desktop I: Getting Started with GIS (Esri)
 - b. ArcGIS Desktop II: Tools and Functionality (Esri)
 - c. ArcGIS Desktop III: GIS Workflows and Analysis (Esri)
 - d. ArcGIS Network Analyst (Esri)
7. Maa-ameti koduleht:
 - a. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Koordinaatsusteemid-ja-kaardilehtede-jaotused/L-EST-ja-teised-koordinaatsusteemid-p173.html>
 - b. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Koordinaatsusteemid-ja-kaardilehtede-jaotused/L-EST-ja-teised-koordinaatsusteemid/TM-B-p226.html>

- c. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Koordinaatsusteemid-ja-kaardilehtede-jaotused/L-EST-ja-teised-koordinaatsusteemid/Pulkovo-42-p227.html>
- d. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Koordinaatsusteemid-ja-kaardilehtede-jaotused/L-EST-ja-teised-koordinaatsusteemid/Pulkovo-63-p228.html>
- e. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Koordinaatsusteemid-ja-kaardilehtede-jaotused/Kaardilehtede-susteemid-p224.html>

8. Tarkvarad:

- a. <http://www.esri.com>
- b. <http://www.intergraph.com/>
- c. <http://www.pbinsight.com/>
- d. <http://www.bentley.com/>
- e. <http://www.autodesk.com/>
- f. <http://www.itvis.com/>
- g. <http://www.erdas.com/>
- h. <http://udig.refractions.net/>
- i. <http://www.gvsig.org/web/>

IV Geotöötlus

Järgnevas kahes peatükis on kirjeldatud geotöötusega seotud tegevusi, kus tutvustatakse nii lihtsamate päringute koostamist atribuutandmete ja asukoha alusel kui ka keerukama sisuga ruumianalüüside teostamist.

Geoinfo töötlemisega ja analüüsimisega puutuvad peaaegu igapäevaselt kokku enamus professionaalseid GIS-kasutajaid. Aastate jooksul on GIS- ja kaarditarkvarade kiire areng jõudnud selleni, kus väga suure osa (kompleks)ülesannete lahendamine on koheselt käivitatav kasutusvalmis ja standardsete töövahendite kaudu. Tihti rakendatakse geograafiliste andmete töötlemise automatiseerimiseks ka mitmesuguseid mudeleid, mille graafilises keskkonnas saab lähteandmeid paindlikult ja lihtsasti redigeerida mistahes tasemega geoandmetega ja kaartidega tegelev spetsialist. Graafilise modelleerimise heaks näiteks on Esri ArcGIS ModelBuilder.

Geotöötlus – GIS-andmetega teostavad toimingud, kus vastavaid meetodeid kasutades töödeldakse tulemuse saamiseks erinevaid lähteandmeid (kaardikihid, tabelid jt).

Geotöötuse tulemused võivad olla väga erinevas vormis. Kui soovitakse leida teatud tunnusele vastavaid objekte, võib tulemina käsitleda sobivate objektide valimit vastava kaardikihi geomeetria või atribuuditabeli sisu alusel. Keerukamate operatsioonide (nt modelleerimine, topoloogia jt) puhul võidakse kasutada ka mitmeid kihte ja sisendparameetreid. Seega, geotöötlus võimaldab kirjeldada, analüüsida ja kombineerida mitmesugust informatsiooni, mis on vajalik teatud ülesannete tegemiseks ja/või otsuste langetamiseks. Geotöötlus on olemuslikult väga mitmeid teemasid hõlmav valdkond. Eristamaks teatud tüüpi geograafiliste andmetega seotud töötusi käsitleme konkreetseid tegevusi päringuid ja ruumianalüüsi kirjeldavates alapeatükkides.

11. Päringud: ruumilise asukoha ja atribuutandmete alusel

Ruumiinfoga seotud andmete põhjal päringute koostamine on GIS-i üks peamisi funktsioone ja seetõttu kuulub vajaliku teabe selektiivne otsing ja kuvamine lahutamatu osana sinna juurde. Päringuid kasutatakse laialdaselt baasandmetest teatud sobiva osa selekteerimiseks, eristamiseks, võrdlemiseks jms vastavalt lähteülesandes püstitatud eesmärgile, et saada vastuseid näiteks analoogsetele küsimustele:

1. Leia kõigi hoonete seast need eluhooned, millel puudub kehtiv ehitusluba;
2. Millises territoriaalses ulatuses (pindala) ja kui palju elanikke on vaja seoses üleujutusega kriisipiirkonnast mujale evakueerida;
3. Kui kaugel asub krundi piirist looduskaitseala piir, kus kehtivad mitmesugused kitsendused;
4. Mitut katastriüksust läbib planeeritav ümbersõidu magistraal?

Näeme, et päringute kasutusvaldkond on väga mitmekesine ning rakendatav nii planeerimisega seotud töödes, päästekorralduses, keskkonnakaitses, transpordis jne.

Päring – nõue võtta objektid või neid kirjeldavad tunnused vastavate tingimuste alusel andmebaasist otse või tuletatult.

GIS-i kontekstis saame rääkida eeskätt geomeetriaga kirjeldatud objektide või (atribuudi)tabeli kirjade otsingust vastava andmebaasi sisu alusel, mille eelduseks on teatud matemaatilis(t)e avaldis(t)e formuleerimine või interaktiivne päring kaardiaknas.

Sageli on soovitud tulemi saamiseks vaja koostada mitu eraldiseisvat avaldist või keerukamaid komplekspäringuid. Saamaks teada meid huvitavat informatsiooni, peame olema võimelised formuleerima õigeid küsimusi päringukeeles.

Päringukeel – reeglite kogum, mille alusel konstrueeritakse päringuid andmete otsimiseks andmebaasist.

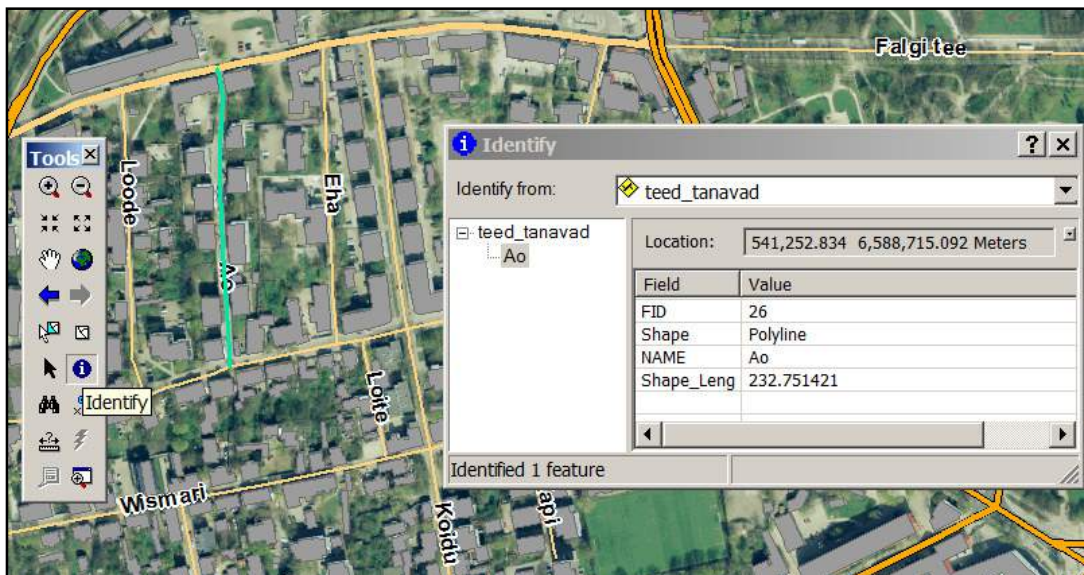
Üheks kõige levinumaks päringukeeleks on SQL, mida kasutatakse ülemaailmselt ning mida võib sisuliselt nimetada ka *de facto* standardiks.

SQL (Structured Query Language) – struktureeritud päringukeel relatsiooniliste andmebaasidega (RDBMS) töötamiseks.

SQL on väga populaarne andmebaasidega suhtlemise keel, mille kontseptsiooni töötas 1970ndatel välja IBM. ISO (International Organisation for Standardization) kinnitas SQL standardi esimese versiooni 1987. aastal ning paari aasta möödudes standardiseeris Ameerika Rahvuslik Standardi Instituut (American National Standards Institute, ANSI) selle äriühingutest sõltumatuks standardiks (tookord nimetusega SQL-89). SQL-i puuduseks võib pidada aga piiratud võimet teostada geograafilisi päringuid (nt ülekatte ülesanded).

Päringu üldise iseloomu alusel saab eristada.

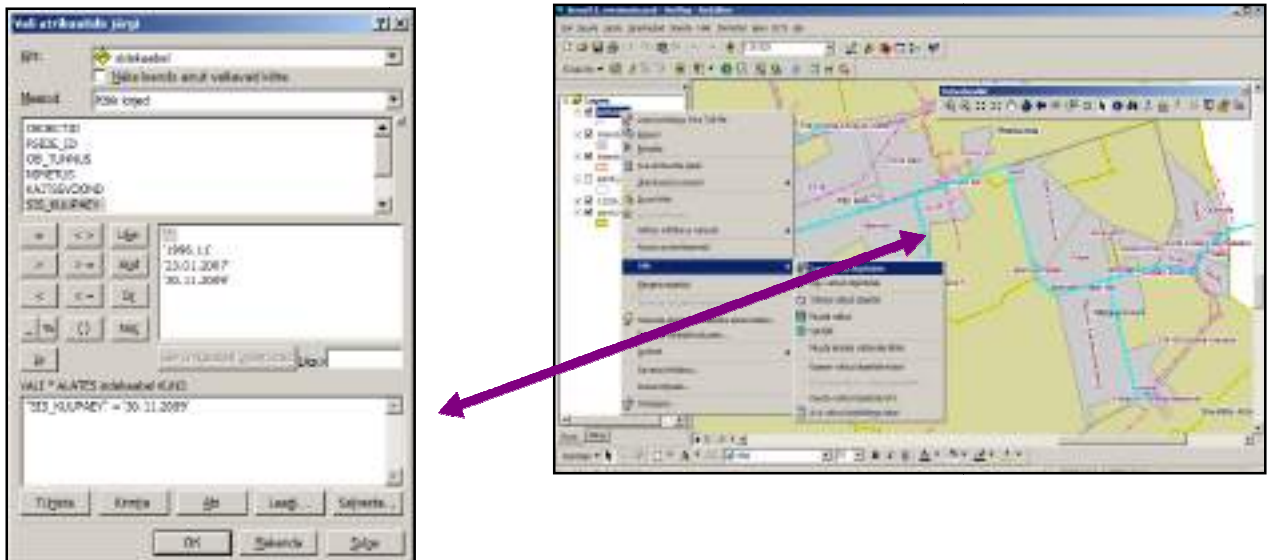
- 1) Interaktiivne päring – manuaalne objekti ühekaupa tuvastamine või mitme objekti korraga valimine vastava GIS-tarkvara või rakenduse/teenuse kaardiaknas. Praktikast tähendab see info tuvastamise töövahendi kasutamist ning saadud tulemuste kuvamist vastavas aknas.



Joonis 118. Interaktiivse päringu koostamine ESRI ArcMap rakenduses (töövahend Identify), kus objektile klikkimise tulemusena kuvatakse ekraanile tänavaid kirjeldava kaardikihi vastava joonobjekti atribuutandmed.

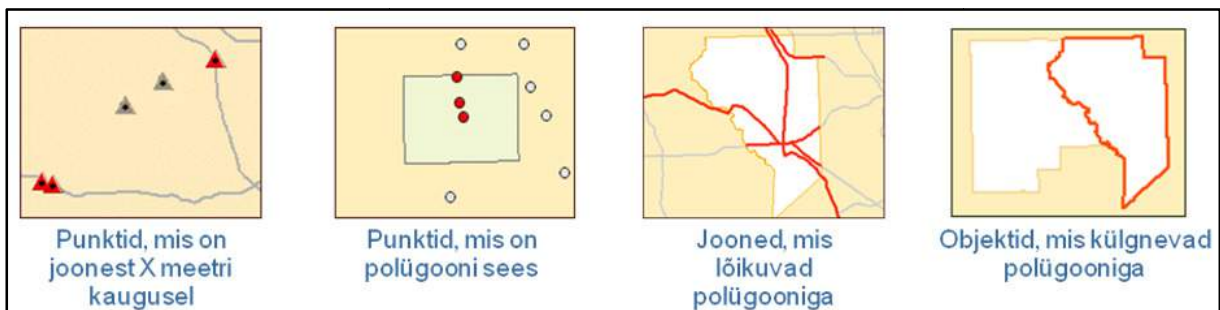
A

- 2) Atribuudipõhine päring – baseerub SQL süntaksite kirjeldamisel. SQL avaldises, mis sisuliselt kujutab endast matemaatilist tehet, on kasutajal vaja määratleda vastava (atribuudi)tabeli veerg, päringu sisu ja oodatava tulemuse alusel vajalikud väärtus(ed) ning tehte teostamiseks vajalik sobilik matemaatiline operaator (nt "=", ">", "<" vms).



Joonis 119. Atribuutide väärtustel põhineva päringu koostamine ESRI ArcMap rakenduses, mille eelduseks on SQL lause moodustamine, mille õigel formuleerimisel valitakse nii ekraanil kui ka atribuutide tabelis nimetatud avaldisele vastavad objektid ja sellega seotud kirjed. Antud näiteks selekteeritakse nii kaardikihis kui seda kirjeldavas atribuutide tabelis kõik sidekaablid, millede andmebaasi sisestamise aeg on dateeritud kuupäevaga „30.11.2009”.

- 3) Asukohapõhine ehk geomeetiline päring – põhineb kahe kihi objektide geomeetria ja nende geograafilise paiknemise omavahelisel võrdlemisel. Seda on võimalik realiseerida erinevaid geomeetrilisi funktsioone kasutades. Alloleval joonisel on näidatud ühe kihi objektide valimist teise kihi objektide paiknemise võrdlemise alusel, kus on parameetritena kasutatud nii vahemaad, kattuvust, lõikumist ja külgnemist.



Joonis 120. Näiteid asukohaga ja geomeetria seotud päringutest (Esri)

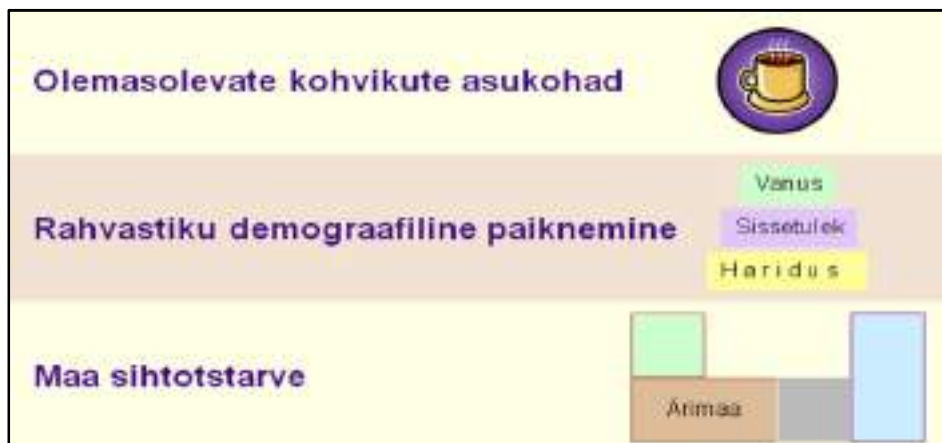
Praktikas kasutatakse tihti ka nn. komplekspäringuid, kus kombineeritakse sama ülesande käigus nii atribuutide kui ka asukohapõhist päringut.

12. Ruumianalüüsid

Lisaks standardsetele päringutele kasutatakse geoinformaatikas väga laialdaselt ka teisi kohateabega seotud analüüsi meetodeid. Ruumiga seotud andmete analüüsimine on olemuslikult interdistsiplinaarne tegevus, mis integreerib omavahel GIS-i ja matemaatilised funktsioonid. Tinglikult võib siia alla liigitada ka eespool kirjeldatud päringute koostamise meetodid, kuigi seal piirneb analüüs pigem kas SQL-avaldisega ehk matemaatilise tehte tehnilise kontrollimisega tarkvara poolt või siis geomeetria omavahelise võrdlemisega. Täiendavat sisulist analüüsi ei teostata ning samuti ei genereerita uusi atribuutide väärtusi ega ka geomeetrilisi objekte.

Ruumianalüüs – geograafilise sisuga objektide asukoha, atribuutide ja seoste uurimine analüütiliste meetodite kaudu selleks, et saada vastuseid praktilistele küsimustele ja hankida kasulikku teavet. Ruumianalüüside abil tuletatakse ruumiandmetest uut informatsiooni.

Üheks ruumianalüüsi näiteks on uue kohviku asukoha planeerimine, kus saab arvestada mitmeid tegureid ning kus erinevate geograafiliste andmete ühendamise tervikuks aitab lahendada kompleksse sisuga ülesande.



Joonis 121. Kohviku planeerimisel ja vastaval analüüsil kasutatavad andmestikud (Esri)

Tüüpilise ruumianalüüsi käigus koostatakse lähteandmestiku alusel kas teatud väljavõtte või tuletatakse täiesti uue sisuga informatsioon, mida ei ole võimalik otse kas atribuutide või geomeetria omavahelisel võrdlemisel saada. Ühe võimalusena saame ruumianalüüsi jagada:

- 1) lähedusanalüüsid – naabruse ja lähikonda arvestavad algoritmid (nt puhvrite koostamine, teeninduspiirkondade arvutus);
- 2) kattuvusanalüüsid – kattuvusi arvestavad algoritmid (nt ühend, ühisosa).

Üheks selliseks näiteks on mitmesugused ülekattega seotud ülesanded, mis sõltuvalt andmete haldamise struktuurist eristatakse:

- 1) vektorkihtide ülekatted;
- 2) rasterkihtide ülekatted.

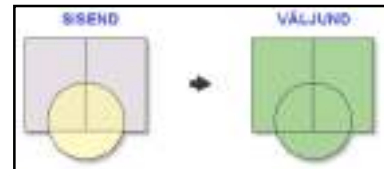
Vektorkihtidel põhinevad ülekattetehted on märksa komplitseeritumad kui rasterkihtide puhul. See on tingitud tänu topoloogiale, kus geomeetria talletatakse kas punktide, joonte või polügoonidena. Vektorandmetega seotud ülekatte variatsioonid on toodud tabelis 2.

Tabel 2. Ülekatega seotud variatsioonid

Sisendkihi geometria	Punkt	Joon	Polügoon
Punktid	Kattuvad punktid	Punkt joonel	Punkt polügoonis
Joon	Punkt joonel	Joonte lõikumine	Joon polügoonis
Polügoon	Punkt polügoonis	Joon polügoonis	Polügoonide ülekate

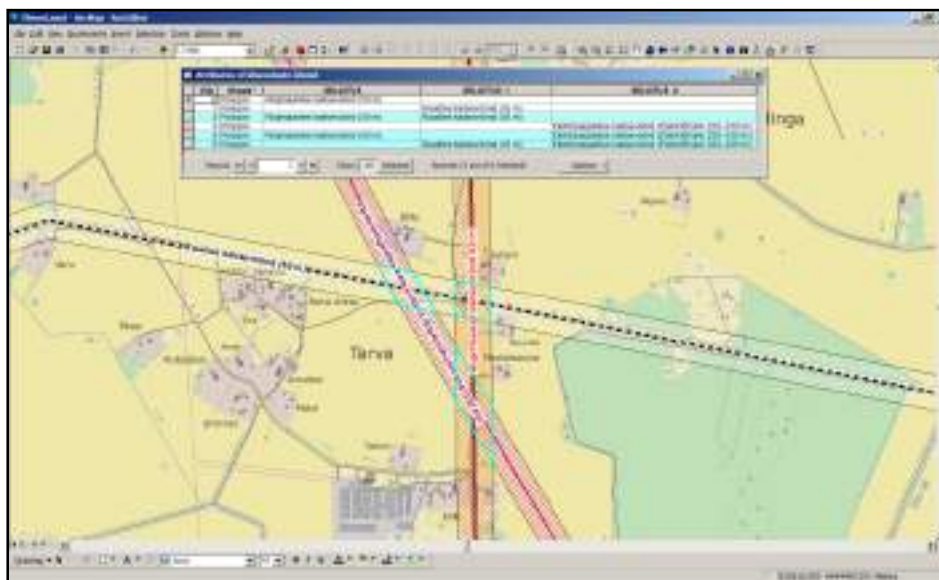
Vektorkihtide ja nendega seotud (atribuutandmete) ülekatega seotud tuntumate funktsioonide ülevaade on alljärgnevalt selgitatud Esri ArcView tarkvaraga lahendatud näidisülesannete kaudu.

Ühend – kahe või enama geomeetriliselt kattuva polügoonide kihi ühendamise, mille puhul tulemkihi ruumiline ulatus vastab sisendkihtide objektide paiknemisele ning kus säilitatakse mõlema kihi objektide atribuudid segmenteeritud osade kaupa (*Union*).



Joonis 122. Ühend (Esri)

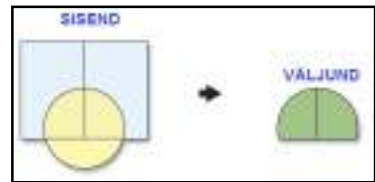
Ühendi koostamise näitena võib nimetada näiteks planeeringuid, mis peavad adekvaatselt kajastama kitsendusi põhjustavaid nähtusi, piiranguid ning nende asukohta, et otsuste tegijad, maaomanikud ja avalikkus oleksid teadlikud kõigist piirangutest, mis nende kinnistule ja/või selle naabrusse jäävad. Kui ametnikul on konkreetse piirkonna detailplaneeringu etapil vaja ülevaadet, millised kitsendused vastaval detailplaneeringu alal kehtivad, siis selleks võib need integreerida kompaktselt ühte kihti. Juhul kui kitsendused on kaardistatud näiteks punktidenähtude või joonobjektidenähtude, saab nende pindobjektiks genereerimisel rakendada vaheetapina puhvi koostamise meetodit, kus kasutaja poolt määratud kindla vahemaa alusel genereeritakse sisendobjektidele vastavad polügoonid. Ühendi meetodiga saadakse tulem, kus esialgselt erinevates kihtides paiknenud kitsendused integreeritakse koos atribuutidega ühte kihti. Alloleval joonisel on näha, et riigimaantee, elektripaigaldise ja raudteega seotud kaitsevööndite alusel on genereeritud on ka mitu ühisosa segmenti, mis sisaldavad mõlema kitsendusega seotud selgitusi.



Joonis 123. Ühendi tulemusena on algselt kolme kihis olnud objektid koos neid kirjeldavate atribuutidega integreeritud ühte kihti. Ühisosa vastavad alad on segmenteeritud, võimaldades lihtsasti eristada kattuvate kitsendustega piirkonnad.

Väikese hulga kattuvuste korral on võimalik vastavad kohad kas visuaalselt või atribuutide tabeli sisust üles leida. Suurema hulga kattuvuste korral aga muutub taoline lähenemisviis järjest vähem efektiivsemaks. Sellistel puhkudel on mõttekas kasutada juba koheselt ühisosa funktsiooni kasutamist.

Ühisosa – kahe või enama geomeetriselt kattuva polügoonide kihi objektide kattuva ühise osa leidmine, mille puhul tulemkihi ruumiline ulatus vastab sisendkihtide kattuvate objektide paiknemisele ning kus säilitatakse mõlema kihi objektide atribuudid segmenteeritud osade kaupa (*Intersect*).



Joonis 124. Ühisosa (Esri)

Ühisosa rakendamise näitena on alljärgnevalt toodud kahe kihi omavaheline võrdlus, kus elektrivõrgu liinikoridori hooldusraie tarbeks on vaja leida alad, kus kattuvad omavahel 330 KV kõrgepingeliin ja veekaitseline metsariba.



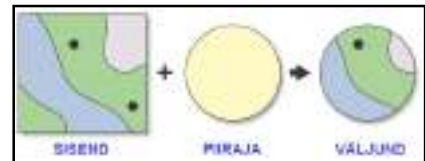
Joonis 125. Situatsioon enne...

...ja pärast ühisosa leidmist

Vastaval lõigul moodustati 4 ühisosa segmenti ning atribuutide tabelisse saab koheselt GIS-tarkvaraga täiendavalt lasta (automaatselt) arvutada ka vastavad pindalad.

Mida aga peaksime tegema olukorras, kus soovime täpselt teatud piiri alusel saada ülevaadet seal paiknevatest nähtustest, sõltumata nende geometriast? Meie konkreetne soov on teada saada, kui suure osa hõlmab Vihula valla territooriumist Lahemaa Rahvuspark.

Lõikamine – ühe või mitme kihi objektide lõikamine teise kihi vastava piiraja geometria alusel, kus alles jääb ainult see osa, milleni ulatub piiraja. Tulemkihti ei lisata piirajast objekti(de) atribuute ja kogu vastavast piirist väljajääv osa (geomeetria + atribuudid) eemaldatakse (*Clip*).



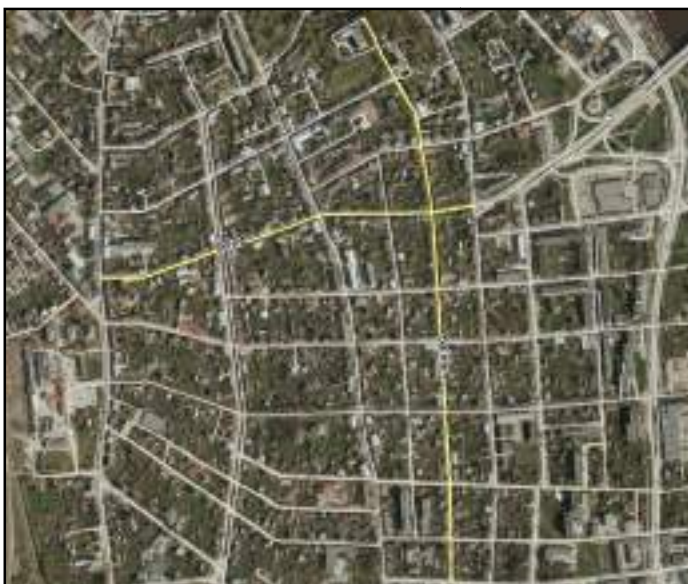
Joonis 126. Lõikamine (Esri)



Joonis 127. Vihula valla territooriumil asuv Lahemaa Rahvuspargi ala

Rasterkihtide puhul on vastavad ülesanded tänu lihtsamale andmemudelile ja korrapärase kujuga üksteise kohal paiknevatele pikslitele tehniliselt märksa lihtsamini teostatavad, kuna eraldi geomeetiline arvutus ei ole vajalik.

Ruumianalüüsi ülesannetes kasutatakse ka mitmesuguseid loogilisi tehteid. Vastavaid loogilisi operaatoreid nimetatakse Boole'i funktsioonideks. Vastav nimetus tuleneb Inglise matemaatiku George Boole'i poolt 19. sajandi keskel välja töötatud matemaatilise loogika printsiipidest. Boole'i loogika kontekstis on peamisteks operaatoriteks AND ehk loogiline korrutamine, OR ehk loogiline liitmine, NOT ehk eituse ja XOR ehk välistav. Lisaks põhitehetele kasutatakse siin ka erinevaid tehete variatsioone ning tulemuseks on kas tingimustele vastav ehk tõene (TRUE) või mittevastav ehk väär (FALSE). Näiteks kui soovetakse ühest kaardikihist kuvada sama atribuudiveeru väärtuste alusel valida/eristada kahte Tartu linnas asuvat tänavat ("Õnne" ja "Salme"), on vastava loogilise tehte ülesehitus alljärgnev:



Joonis 128. Loogilise tehte OR kasutamine objektide eristamiseks

"NIMI" = 'Õnne' OR "NIMI" = 'Salme'

Teine näide on rasterkihtidele A ja B rakendatud AND operaatorist, kus eesmärgiks on leida nullist erinevad pikslid ning mille tulemusena arvutatakse tulemastrisse C tõesed (1) ja mittetõesed (0) väärtused. Erinevalt vektorkihtidest on arvutuslik protseduur pikslipõhine.

1	1	0
2	3	3
0	1	
A	B	C

Joonis 129. Operaatori AND rakendamine rasterandmetega (Esri)

Ruumianalüüsi kasutatakse laialdasemalt rasterandmete puhul, kus see on tihedalt seotud kartograafilise modelleerimisega. Kaardialgebrat ei käsitleta otseselt konkreetse matemaatilise funktsioonina, vaid pigem kontseptsioonina, mille töötas 1980. aastate alguses välja C. Dana Tomlin.

Kaardialgebra – keel kartograafiliseks modelleerimiseks, mis matemaatilisi tehteid ja teisi analüütilisi funktsioone kasutades kirjeldab süntaksid kaardikihtide analüüsiks (*map algebra*).

Vastava keele komponendid on:

- 1) objektid – kaardikihid, konstandid (nt π), muutujad jne;
- 2) operaatorid – tehted avaldiste koostamiseks („+”, „/”, „GT”, „LE”, „OR”, „AND” jne);
- 3) funktsioonid – Sin, Cos, Tan, Log jne;

4) reeglid – spetsialisti poolt formuleeritud avaldised ja muud parameetrid.

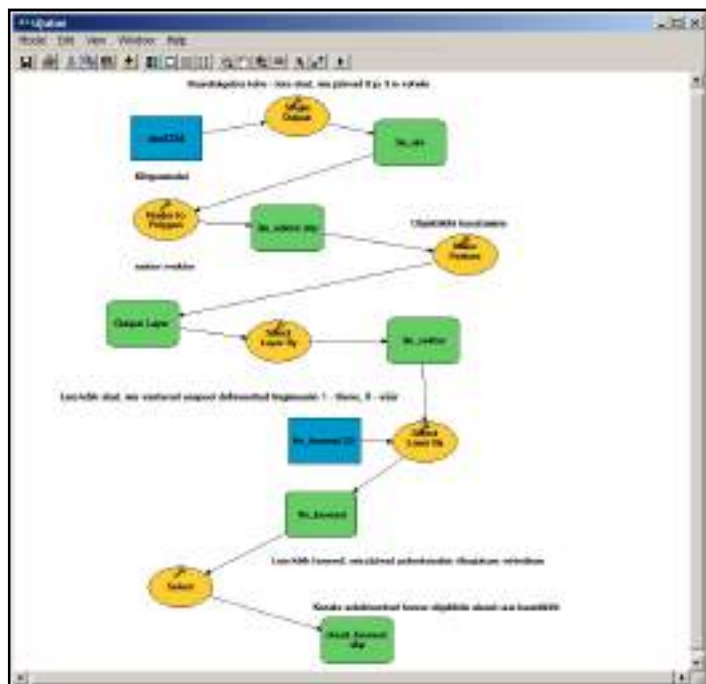
Kaardialgebras kasutatakse paralleelselt nii aritmeetilisi ja loogilisi tehteid, Boole'i operaatoreid ja muid ruumianalüüsi funktsioone (nt nõlva kalde, aspekti, kumera katte ja vaatevälja arvutused jms), mille kaudu saab realiseerida operatsioone kaartidega sõltumata nende konkreetsest sisust. Samuti erineb see teistest päringumeetoditest seetõttu, et andmete käsitlemine toimub kogu kihi ulatuses, mitte aga üksikute objektide kaupa. Kaardialgebra ühe näitena on välja toodud alljärgnev avaldis.

$$\text{Sobivuspind} = (\text{Faktor 1} * 0.75) + (\text{Faktor 2} * 0.25)$$

Vastavas avaldises on formuleeritud konkreetne ruumianalüüs, kus taimeliigi esinemise sobivuspinna leidmisel kasutatakse kahte erineva mõjuga (vastavalt 75% ja 25%) faktorit. Faktoriteks on üht või teist tingimust kirjeldavad kaardikihid.

Enamus eespool nimetatud toimingutest on tänapäeval realiseeritavad juba valmiskujul töövahendiga kas standardse GIS tarkvara (nt ArcView) või spetsiaalse lisarakenduse (nt ArcGIS Spatial Analyst) kaudu.

ArcView ja teised ESRI tarkvarad lihtsustavad ruumianalüüsise ja andmetöötuse ülesandeid veelgi, võimaldades kasutajal nii lihtsa kui ka keerulisema sisuga ülesande(id) modelleerida visuaalselt loogilise tööprotsessina, kasutades selleks lihtsasti kohandatavat "ModelBuilder" nimelist moodulit.

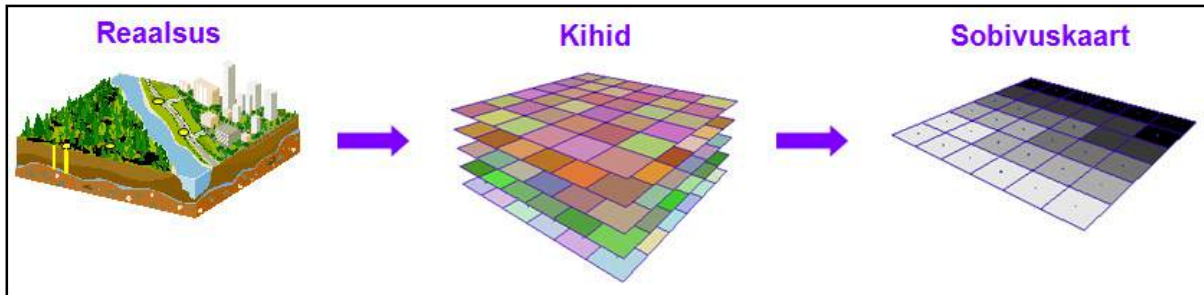


Joonis 130. Visuaalse modelleerimise keskkond "ModelBuilder"

Modelleerimist kasutatakse järjest laialdasemalt nii ruumilisel interpoleerimisel, geograafiliste andmete statistilisel analüüsil (geostatistika) ning ruumilisi otsustusi toetavates süsteemides ja rakendustes. Nende suureks eeliseks on mitmete stsenaariumite läbimängimise võimalus.

Mudel – reaalsuse üldistamine, mida kasutatakse nähtuste, protsesside ja sündmuste kirjeldamiseks.

Mudelite rakendamine aitab paremini mõista ruumilisi seoseid ning on lisaks keeruka sisuga nähtuste kirjeldamisele kasutatav ka mitmesuguste protsesside analüüsil (nt erosiooni ulatuse hindamine, põhja- ja pinnavee dünaamika jälgimine jms) ja planeerimisega seotud projektides (nt koolivõrgu optimeerimine jms). Alljärgnevalt on näidatud modelleerimise etappide üldist prototüüpi, kus ülesandeks on leida vastus küsimusele, millisesse piirkonda tuleks omavalitsusel rajada järgmine lasteaed.



Joonis 131. Sobivuskaardi üldine saamisluugu (Esri)

Mudelite koostamise aluseks on kvaliteetsete ja ajakohase sisuga andmete olemasolu (vajadusel nende ettevalmistamine) ning samuti õige meetodiline lähenemine. (Kaardi)kihtide osas on kindlasti olulised sellised tegurid nagu näiteks laste arvukus, olemasolev lasteaedade võrgustik, demograafiline prognoos, sobiv maa-ala (krunt) ehituseks, olemasolev infrastruktuur jne. Vastavad tegurid on võimalik geograafiliselt kihtidena kirjeldada (nt kortermajade piirkonnas on laste arvukus kindlasti suurem, kui eramajade rajoonides jms) ja omistada neile vastavad prioriteedid. Reeglina tähendab taoliste ülesannete lahendamise ka laiem avalikkuse ja teiste valdkondade (nt haridus, ehitus) erialaspetsialistide kaasamist ning tehniline teostus on ainult üks osa sellest. Suurema mastaabiga analüüside korral koostatakse taolised protseduurid reeglina erinevates etappides ja tööühmades.

Samuti on kindlasti vajalik veenduda selles, et erinevad andmestikud oleksid omavahel adekvaatselt võrreldavad. Nii näiteks ei saa omavahel puhtalt absoluutväärtuste alusel võrrelda näiteks lasteaia ehitamiseks sobivate maaüksuste koode ja laste arvukust. Taoliste vigade ennetamiseks on vajalik anda kõigile kasutatavatele kihtide adekvaatselt võrreldav ja sobiv väärtuse ekvivalent ning siin on kasulik osata hinnata andmeid nende tüübi alusel. Viimasest sõltub, milliseid matemaatilisi tehteid on sobilik üldse läbi viia.

Tüüp	Näited	Matem. tehted
Nominaalne	ID, maakatteüksuse kood, telefoninumber	=
Järjestatud	suurusklass	<, =, >
Intervalliskaala	temperatuur, pH tase	<, =, >, +, -
Abs. skaala	vanus, distants, kehakaal, laste arv	<, =, >, +, -, *, /

Joonis 132. Andmete tüübid koos näidetega ning nende alusel modelleerimisel teostatavad matemaatilised tehted (Esri)

Erinevate väärtustega kihtide võrdlemiseks kasutatakse mitmesuguseid sobivuse skaalasid, milles määratakse konkreetsele väärtusele või väärtusvahemikele kindel sobivuse määr. Näiteks kui peaksime omavahel võrdlema ühe või teise potentsiaalse piirkonna demograafilist prognoosi ja infrastruktuuri kvaliteeti, siis võiksime seda teha alloleva sobivusskaala alusel:

Demograafiline prognoos

Parim	5 – laste arvukus kasvab oluliselt
...	
Keskmine	3 – laste arvukus püsib stabiilsena
...	
Halvim	1 – laste arvukus väheneb oluliselt

Infrastruktuuri kvaliteet

Parim	5 – väga heal tasemel ühistransport, sõiduki ja ratta parkimise võimalused ja kergliiklusteede olemasolu
...	
Keskmine	3 – teedevõrk ja ühistransport rahuldaval tasemel
...	
Halvim	1 – teedevõrk on puudulik, ühistransport korraldamata, ligipääs keeruline

Vastavaid sobivusskaala klassid on määratavad spetsiaalsete klassifitseerimise funktsioonide (nt *Reclassify* jm) kaudu. Enne ülesande või projekti lõpetamist on väga oluline ka saadud tulemuste kriitiline analüüs, kuivõrd see rahuldab eelnevalt püstitatud eesmärke.

Ülesanded

1. Leia Maa-ameti kaardiserverist (geoportaal) enda kodukohta (maja, korterelamu, ridaelamu vms) alla jääva krundi/katastriüksuse tunnus, pindala, sihtotstarve ja hinnatsoon.

Täiendav lugemine ja kirjandus

1. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2005. 2nd edition.
2. ArcGIS Resource Center. GIS Dictionary. <http://resources.arcgis.com/glossary>
3. ArcGIS Resource Center. ArcGIS Help Library:
 - a. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/What_is_geoprocessing/002s00000001000000/
 - b. http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/An_introduction_to_the_commonly_used_GIS_tools/002s00000006000000/
4. Koolituste materjalid:
 - a. ArcGIS Desktop I: Getting Started with GIS (Esri)
 - b. ArcGIS Desktop II: Tools and Functionality (Esri)
 - c. ArcGIS Desktop III: GIS Workflows and Analysis (Esri)
 - d. ArcGIS Network Analyst (Esri)
 - e. Working with ArcGIS Spatial Analyst (Esri)

V Ruumiandmete kogumine ja uuendamine

13. Andmete kogumise tehnoloogiad

Ruumiandmete kogumise tehnoloogiaid tutvustavas peatükis tutvustatakse ülevaatlilikult sellega seotud levinumaid meetodeid. Pikemalt on käsitletud GPS-tehnoloogia rakendamist nii uute andmete kogumise kui ka olemasolevate ajakohastamise tööprotsessides.

Andmete kogumine on üks tähtsamaid, mahukamaid ja kulukamaid GIS-iga seotud tegevusi. Infoühiskonna pidev areng pakub selleks järjest enam võimalusi, esitades ühtlasi ka väljakutseid üha kasvava mahuga teabe haldamiseks ja levitamiseks. Nii vektor- kui ka rasterandmete kogumise seisukohast on eristatavad mitmed meetodid, mille puhul saame kõneleda nii tavapärasest andmekogumisest kui ka nende erinevatest allikatest ülekandmisest ehk importimisest teistest infosüsteemidest või andmekogudest. Andmete kogumiseks ja uuendamiseks on erinevaid tehnoloogiaid, mida kasutatakse vastavalt mõõdistatava ala suurusele, nõutavale täpsusele ja detailsusele ning soovitud tulemuse valmimise kiirusele. Üldiselt ei saa välja tuua ühe või teise tehnoloogia eelseid, vaid need sõltuvad püstitatud ülesandest ning eesmärkidest. Paljudel juhtudel on kõige otstarbekam kombineerida erinevaid tehnoloogiaid, et saada parima kvaliteediga ruumiandmed.

Geograafiliste andmete kogumisel eristatakse.

- 1) **Primaarne andmekogumine** ehk objektide otsene mõõtmine, mille alla kuuluvad näiteks välivaatlused, traditsiooniline mõõdistamine (GPS, tahhümeetria), geodeetilised mõõtmised, kaugseire, aerolaserskaneerimine, piktomeetria jt.
- 2) **Sekundaarne andmekogumine** tähendab teabe kogumist ja selle valimist olemasolevatest andmebaasidest, tabelitest, aruannetest, kaartidelt jne. Siinkohal on oluline ka info andmete enda kohta ehk metaandmete olemasolu (täpsus, objektide tähendus ja nende omavaheline seotus, ajakohasus jne).

Andmete kogumine on järjestikuline ja omavahel seotud protseduuride jada, mis algab tööde kavandamise/planeerimise/hindamisega (nt spetsialistide olemasolu ja nende piisav pädevus, pilootprojekti läbiviimine jms). Järgneb ettevalmistus (nt sobivate mõõteseadmete hankimine, meetodite määratlemine jne). Omaette etapina saame käsitleda ka andmete digitaliseerimist ja/või ülekandmist ning kvaliteedikontrolli.

Primaarse andmekogumise näidetena toome välja traditsioonilise mõõdistamise, tahhümeetria, GPS, kaugseire, laserskaneerimise ja piktomeetria.

Traditsiooniline mõõdistamine – tahhümeetri või GPS-seadmetega läbi viidud situatsiooni ja reljeefi mõõdistamine.

Reaalne mõõtmiste täpsus sõltub kasutatavatest seadmetest ja muudest tingimustest (GPS puhul lisandub kaugus baasjaamast). Ühe objekti mõõdistamine on suhteliselt töömahukas, kuna see toimub üksikute mõõtmistena ning andmete kogumist väga suures mahus automatiseerida ei ole võimalik.

Tahhümeetria – topograafilise mõõdistamise meetod, mis seisneb maastikku iseloomustavate situatsiooni- ja reljeefipunktide plaanilise asendi ja kõrguse üheaegses määramises tahhümeetri abil.

Maa-ala pinnavormide kaardistamisel tuleb määrata maapinnal asuvate punktide kõrgused ja nendevaheliste kõrguste erinevused ehk kõrguskasvud. Tahhümeetrilise mõõdistamise põhimõtte seisneb

selles, et korraga määratakse punkti plaaniline asend ja kõrgus. See on teostatav juhul, kui on teada vahemaa mõõteinstrumentidist punktini ja seda punkti maastikupunktiga ühendava joone suund maastikul asuva punkti kõrguskasvuga.

GPS (*Global Positioning System*) – globaalne asukohamääramise süsteem, mis kasutab raadiosignaale saatvaid ja vastuvõtvaid satelliite, et määrata maapinna asukohti.

GPS-i kui mobiilse andmekogumise tehnoloogia kasutamine annab võimaluse kiirelt kaardistada, dokumenteerida ja koguda vajalikke andmeid objektide ning nähtuste kohta. Sama oluline on juba olemasoleva geoinfo (plaanid, andmebaasid, skeemid) kättesaadavus kontorist väljas töötamisel ning nende kasutamine asukohamääramise/navigeerimise vahenditega või vastava teabe põhjal koheste otsuste tegemine. Üha enam on GPS-töövahendid integreeritud standardse GIS-tarkvara funktsionaalsusega (nt Esri ArcPad).

Kaugseire – objektilt või nähtuselt lähtuva elektromagnetkiirguse mõõtmine ja andmete salvestamine mõõteaparatuuriga, mis pole uuritava objektiga füüsilises kontaktis.

Kaugseire all tõlgendatakse lennukitelt või satelliitidelt teostatud mõõtmisi, mille puhul mõõdetavad objektid asuvad Maal ning mille aluseks on Maa pinnalt või selle lähedastelt kihtidelt peegeldunud elektromagnetkiirguse mõõtmine. Seda on võimalik teha nii nähtavas valguses, kui ka niisugustes spektrivahemikes, mis ei ole visuaalselt nähtavad.

Üha suurenev hulk kättesaadavat infot satelliitkujutiste ja aeropildistuse andmete näol on muutnud kaugseire meetodite kasutuse geoinformaatika valdkonnas järjest olulisemaks. Nimetatud protsessis etendavad tähtsat rolli ka asjakohased tööriistad ja tööprotsessid, mis aitavad efektiivselt ja täpselt vajalikku informatsiooni koguda ning erinevatel eesmärkidel kasutada.

Laserskaneerimine ehk LIDAR mõõdistamine – kõrge jõudlusega mõõdistusmeetod, mida kasutatakse põhiliselt maapinna modelleerimiseks.

LIDAR (*Light Detection and Ranging*) on kaugseire tehnoloogia, mis kasutades lasereid mõõdab peegelduvatelt pindadelt kauguseid. Kasutatav kaasaegne LIDAR mõõdistustehnoloogia ja järeltöötlus on arenenud piisavalt täpseks, tagamaks selle kasutamist ehitiste ja rajatiste tehnilise projekteerimise lähtematerjalina. Praktikas kasutatakse sõltuvalt mõõdistatava ala suurusest nii maapealset kui ka aerolennu abil teostatavat mõõdistust. LIDAR on oluline eeskätt 3D andmete lausaliseks kogumiseks. Laserskaneerimisel saadud punktipilvest genereeritakse vektorkujul 3D objektid. Reaalne mõõtmiste täpsus sõltub lennu kõrgusest ja muudest tingimustest. LIDAR tehnoloogia kasutamine on üks parimaid ja kiiremaid võimalusi Maa pinnaga seotud digitaalsete 3D mudelite koostamiseks, sobides ideaalselt ka olemasolevate mudelite uuendamiseks, kui on vaja eristada muutunud kohad ning situatsioon.

Kogu Eestimaa territoorium saab Maa-ameti plaanide kohaselt LIDAR andmetega kaetud 2011. aasta sügiseks. Vastavate kõrgusandmete kasutusõiguse taotlemine toimub vastavalt Maa-ametis kehtivale ruumiandmete levitamise korrale.

Piktomeetria – kaugseire tehnoloogia, mis kasutab kaldnurga all tehtud aeropilte.

Pictometry International nimelise ettevõtte poolt välja töötatud tehnoloogia võimaldab aeropildistamise abil saada mistahes objekti kohta palju erinevaid georeferentseid vaateid ja kujutisi. Lisaks 3D visualiseerimisele on võimalik vastava tarkvaraga mõõta kujutiselt kõrguseid, kauguseid ja pindalaid. Piktomeetria kasutab patenteeritud pildistamisprotsessi, mille tulemuseks on intelligentsed 3D kujutised (*Pictometry Intelligent*

Images®), mida on võimalik kasutada näiteks hoonete (fassaadid jm detailid) visualiseerimiseks ning millega koos saab kasutada täiendavaid vektorandmeid. Reaalne mõõtmiste täpsus sõltub pildi piksli suurusel (resolutsioonist), mõõdistatava objekti suurusel, kujutiste tegemise arvust, pildistamise kaldenurgast ja muudest tingimustest. Töösükkel on üsna lühike ning tulemus ka suurte territooriumite kohta on võimalik saavutada mõne kuuga. Piktomeetria sobib suure ala kohta kiiresti 3D mudeli loomiseks, et saada visualiseerimise eesmärgiga informatsiooni. Kuigi kujutiselt saab mõõta nähtuseid (nt puud, liiklusmärgid vmt), ei ole see meetod päris sobilik täpseks kolmemõõtmeliste objektide (nt hooned) mõõdistamiseks.

Sekundaarse andmekogumise märksõnadeks on skaneerimine, digitaliseerimine, fotogramm-meetria jt.

Skaneerimine – objekti või kartograafilise kujutise (nt vanad paberkaardid) sisestamine arvutisse skänneri kaudu, mille tulemusena saadakse rasterkujul andmed.

Skaneerimist rakendatakse laialdaselt näiteks tehnovõrkude ettevõtetes, kus digitaliseeritakse ning sageli ka georefereeritakse varem ainult paberkujul koostatud kaardimaterjale (nt teostusjoonised) nii ajakohase (digitaalse) GIS-andmebaasi objektide/atribuutide täpsustamiseks kui ka taustakihtidena kasutamiseks.

Digitaliseerimine ehk digimine – objektide digitaalsel kujul sisestamine arvutisse kas digilaualt (*manual digitizing*) või ekraanilt (*heads-up digitizing*), mille tulemusena saadakse vektorkujul andmed.

Digitaliseerimisel rakendatakse järjest enam automatiseeritumaid GIS-töövahendeid, mis suudavad üha intelligentsemalt ja tõhusamalt viia rasterkujul olevat informatsiooni üle vektorkujule. Kui klassifitseeritud sisuga rasterandmete vektoriseerimine ei ole GIS-tarkvarale kuigi keeruline ülesanne, siis näiteks ortofoto sisu (automaatne) tõlgendamine ei ole seni veel saanud täiuslikku ja universaalset lahendust. Seetõttu kasutatakse endiselt ka manuaalset digitaliseerimist, kus objektide klassifitseerimise otsused langetab kasutaja (digitaliseerija), kasutades selleks vajadusel ka muid abimaterjale (nt välitöödel tehtud täpsustused, märkused jms).

Fotogramm-meetria – teadus ja tehnoloogia, mille abil saadakse täpset informatsiooni objektide kohta pildikujutistelt mõõtmise teel.

Fotogramm-meetria abil on võimalik saada objektide täpsed koordinaadid, luua lähtealus topograafiliste või muude kaartide tootmiseks ning valmistada ortofotosid.

Fotogramm-meetriaga seotud tööd on näiteks:

- 1) aeropildistamise andmete töötlemine;
- 2) täisanalüütiline aerotriangulatsioon;
- 3) kaartide lähtealuse koostamine;
- 4) fotogramm-meetrilise mõõdistusvõrgu koostamine;
- 5) ortofotode valmistamine;
- 6) stereokaardistamine;
- 7) kõrgusmudeli valmistamine.



Joonis 133. Stereokaardistamine (foto Marja Talvari)

Fotogramm-meetria on kõige tavapärasem meetod 3D andmete loomiseks tänu pikaajalisele ja levinud kasutusele ning kõrgele täpsusele. Maapinna uurimiseks ja kaardistamiseks kasutatakse laialdaselt aerofotosid. Lisaks aeropildistamisele rakendatakse ka maapealset ehk terrestriilist fotogramm-meetriat üksikute objektide mõõdistamiseks. Ülekattega pildistatud aeropiltidest moodustatud stereokujutise abil digitaliseeritakse vektorkujul 3D objektid. Reaalne mõõtmiste täpsus sõltub kasutatava aerofotoaparaadi

kvaliteedist, pildi piksli suurusest (resolutsioonist), mõõdistatava objekti suurusest, aerofotode tegemise arvust ja geomeetrisest paiknemisest mõõdistatava objekti suhtes jne. Töotsükkel on suhteliselt aeganõudev, sest sisaldab palju töomahukaid operatsioone alates aeropildistamisest kuni stereokaardistamiseni. Sõltuvalt ala suurusest ja muudest tehnilistest nõuetest võib see kesta isegi mitmeid aastaid.

13.1. GPS-tehnoloogia kasutamine GIS-andmete kogumisel ja uuendamisel

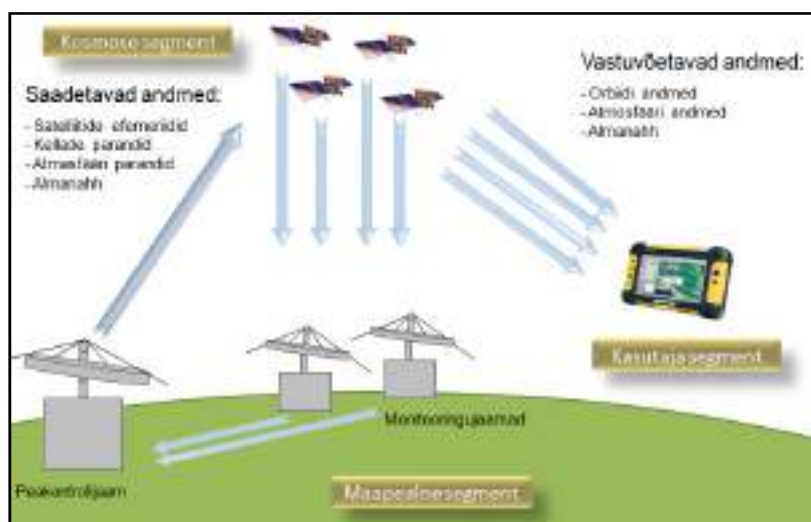
Ülemaailmses kontekstis on GPS eelnevalt kirjeldatud andmekogumise meetoditest üks universaalsemaid ning tänapäeval järjest aktiivsemat kasutust leidev asukoha määramise tehnoloogiaid. See on leidnud laialdast kasutust erinevates navigatsiooni, andmete kogumise ja kaardistamisega seotud rakendustes. Olulisemateks põhjusteks on selle lihtne kasutatavus ja kättesaadavus praktiliselt igal ajahetkel. GPS tehnoloogiat ei kasuta mitte ainult professionaalsed maamõõtjad vaid ka tavakodanikud. Nii näiteks on väga levinud mitmesuguste navigatsiooniseadmete kasutamine reisirajal autoga liigeldes või matkaradadel jalgsi liikudes nendes paikades, mida hästi ei tunta. Tarvitseb vaid seadmele sisestada sihtkoha aadress ja/või koordinaadid ning piisavalt täpse lähteandmestiku ja kättesaadava GPS-signaali korral juhatatakse meid kas soovitud asulasse või majutuskohta. Tulenevalt GPS-i laialdasest levikust on alljärgnevalt välja toodud olulisemad vastava teemaga seonduvad märksõnad ning aspektid, mida tasub GPS-kaardistamisel arvesse võtta.

Tänapäeval on kasutuses mitmeid positsioneerimise süsteeme, mis toimivad kõrgsageduslikke raadiolaineid edastavate satelliitide abil. Populaarseim nendest on USA-s välja töötatud ja arendatud GPS, kuid analoogseid süsteeme on veel teisigi. Venemaa haldab eraldi GLONASS (ГЛОНАСС – Глобальная навигационная спутниковая система) satelliitide süsteemi ja Euroopa Liit prognoosib aastaks 2014 kasutusse anda *European Navigation Satellite System*-i ehk GALILEO nimelise süsteemi.

GPS-i komponendid

GPS on keerukas ülemaailmne süsteem, mis on jagatav:

- 1) kosmose segment – ümber maa tiirlevad satelliidid;
- 2) maapealne segment – maapealsed kontrolljaamad ja saateantennid;
- 3) kasutajate segment – inimesed, kes kasutavad GPS-vastuvõtjaid enda töös ja muudes ülesannetes.



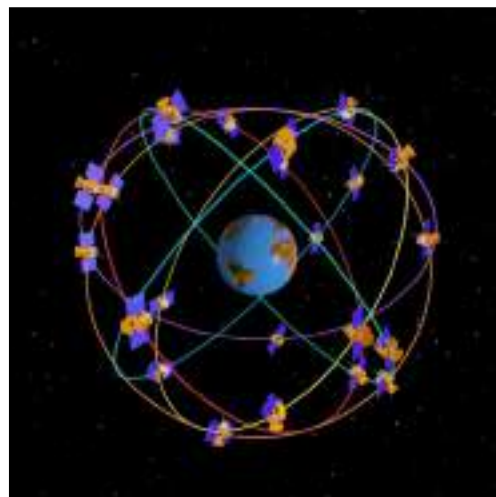
Joonis 134. GPS süsteemi kolm segmenti on integreeritud ühtseks süsteemiks, et tagada ülemaailmne raadiosidel põhinev asukohamääramise süsteem

Kõikide segmentide vahel toimub pidev suhtlemine, mille tulemusena määratakse süsteemi lõppkasutaja vastuvõtja täpne asukoht. Kogu süsteemi kontrollimise ja toimimise eest vastutab maapealne segment.

Järgnevatel alalõikudes vaatleme eraldi lähemalt kõiki kolme eespool nimetatud segmenti.

Kosmose segment

Kosmose segment koosneb GPS satelliitidest, mis paiknevad kuue orbiidi tasapinnal 20200 km kõrgusel maapinnast. Satelliidid on paigutatud orbiitidele ühtlaselt, et igal ajahetkel oleksid nähtavad viis kuni kaheksa satelliiti igas maailma punktis (va. polaarregioonid). Satelliitidel on umbes 12 tundi kestev tiirlemisperiood, mille käigus teevad need ööpäeva jooksul (täpsemalt 23 tunni ja 56 minutiga) kaks tiiru ümber Maa. Iga satelliit edastab signaali, mis koosneb kahest kandelainest L1 (sagedusel 1575,42 MHz) ja L2 (sagedusel 1227,6 MHz). Kandelained sisaldavad navigatsiooniteadet, mis sisaldab infot satelliitide trajektoore kohta.



Joonis 135. Algne GPS süsteem – 24 satelliiti kuuel orbiidi tasapinnal (Aerospace Corporation)

Algselt kuulus GPS satelliitide süsteemi 24 satelliiti, kuid 2008.

aastal tõusis nende arv 32-ni. Täiendavalt kosmosesse saadetud satelliidid parendavad oluliselt GPS-i täpsust ja selle kättesaadavust.

Maapealne segment

Maapealse segmenti ülesandeks on kosmoses paiknevate satelliitide signaalide ja tööparameetrite pidev jälgimine ja analüüsimine ning vajalike paranduste teadete ja korrigeeringute saatmine. GPS-i kontrollivad Ameerika Ühendriikide sõjaväe valduses olevad seirejaamad. Seirejaamad jagunevad peakontrolljaamaks, mis asub Falconi Õhujõudude baasis Colorado Springsis ning viiest monitooringujaamast, mille asukohad on markeeritud alloleval joonisel.



Joonis 136. Punasega on märgitud GPS-i algsed maapealsed kontrolljaamad, ning lillaga 2005. aastal süsteemi lülitatud täiendavad kontrolljaamad (Visible Earth)

Alates 2005. aasta septembrist lisati täiendavalt kuus maapealset monitooringujaama. GPS-satelliidi signaal muutus seeläbi veelgi täpsemaks, kuna iga satelliit on nähtav vähemalt kahest seirejaamast, mis võimaldab

arvutada täpsemini orbiidi ja efemeriidi andmeid (st kalkuleerida täpsemini satelliidi asukohta). Tulevikus on plaanis lisada juurde veelgi täiendavaid seirejaamu, mis tagavad satelliidi üheaegse jälgimise kolmest monitooringujaamast, muutes sellega süsteemi veelgi täpsemaks.

Kasutajate segment

Kasutajate segmenti kuuluvad kõik tarbijad, kes rakendavad GPS-vastuvõtjat on töodes/tegemistes. GPS-vastuvõtja koosneb vastuvõtuantennist, mis on häälestatud satelliidilt tulevate raadiolainete kogumiseks. Vastuvõtjas on lisaks antennile veel kell ja protsessor, mis kodeerib satelliitidelt tulevat signaali ja arvutab vastuvõtja asukoha.

GPS-mõõtmise vigade allikad

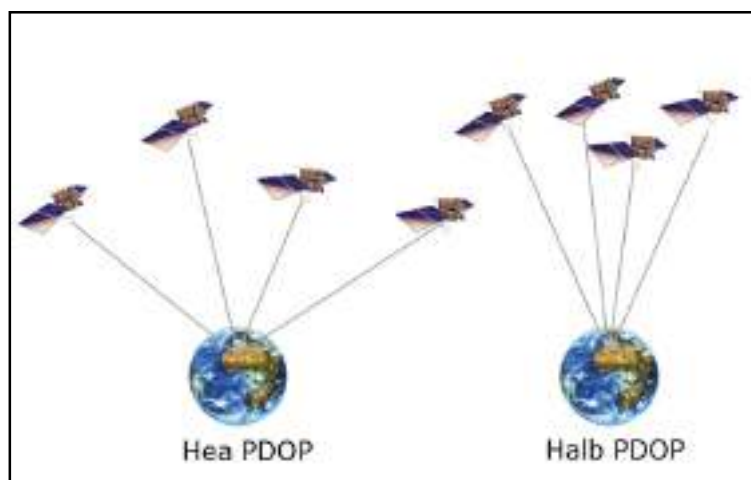
GPS-mõõdistamine on üks mugavamaid ja kiiremaid meetodeid välitingimustes andmete kogumiseks. Siinkohal võib ehk kasutajatel tekkida dilemma, on see ka alati kõige täpsem ja usaldusväärsem. Selleks, et mõõtmiste tulemused oleksid usaldusväärsed ja võimalikult täpsed peab kasutaja olema kindlasti teadlik järgnevatest võimalikest ebatäpsusi põhjustavatest vigade allikatest:

- 1) satelliidi orbiidi vead;
- 2) signaali levimise vead;
- 3) vastuvõtja vead.

Tänu satelliitide kõrgele paiknemisele (ca 20000 km) mõjutavad gravitatsioon ja Maa õhuruumi muutused nende liikumist suhteliselt vähe. Suuremaks probleemiks on aga Päikese ja Kuu külgetõmbejõud ning päikesekiirguse rõhk satelliitide liikumisele. Need tegurid võivad põhjustada satelliitide kõrvalekaldeid ettearvutatud orbiidi trajektooridest. Kõrvalekalletest tulenevate vigade vältimiseks kontrollib maapealne segment pidevalt satelliite ja edastab satelliitidele info nende kõrvalekaldest lähtuvalt arvutatud trajektooriga.

Mõõtmistulemuse usaldusväärsust on võimalik ka kohe hinnata, kui jälgida satelliitide omavahelist geomeetriat iseloomustavat näitajat ehk DOP arvu (*dilution of precision*). Mõnikord kasutatakse ka lühendit GDOP (*geometric dilution of precision*). DOP arv on numbriline parameeter signaali usaldusväärsusest, mida annab satelliitide omavaheline paiknemine taevalaotuses vastuvõtja suhtes.

Mõõtmistel on mõttekas jälgida PDOP arvu (*position dilution of precision*) ehk asukohatäpsuse hajuvust, mis koondab enda alla nii VDOP (*vertical dilution of precision*) kui ka HDOP (*horizontal dilution of precision*) näitajad. Halb PDOP (väärtus > 6) tähendab seda, et satelliidid paiknevad taevalaotuses ühes sektoris.



Joonis 137. Hea ja halva PDOP-i võrdlus

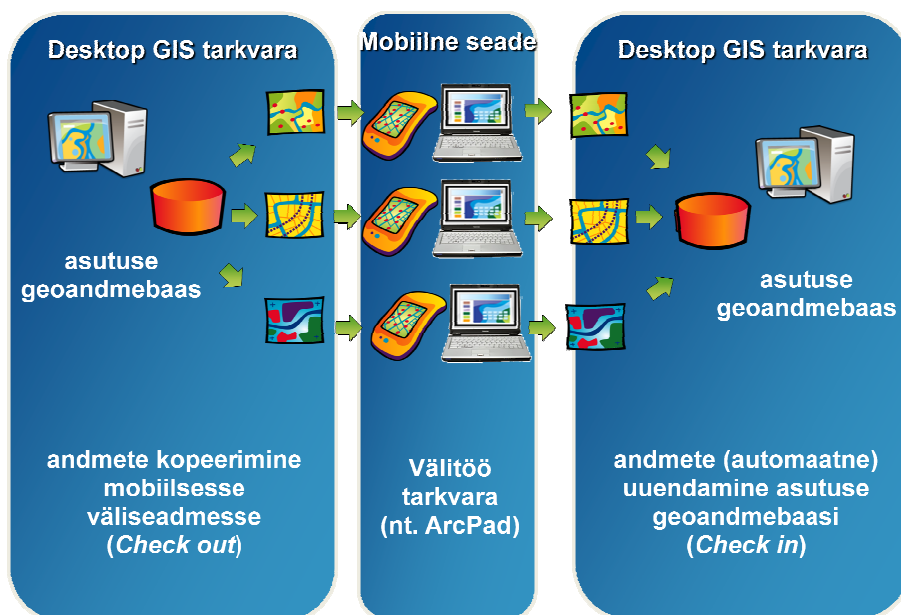
PDOP väärtus 1 tähendab ideaalseid tingimusi ja tulemus omab kõrgeimat usaldusväärsust, mida on GPS mõõdistamisel võimalik saavutada. Vastavat tulemust õnnestub paraku üsna harva saavutada. Väärtusvahemik 2-3 on samuti ideaalilähedane, sest analoogset resultaati lubatakse üldiselt ka GPS-seadme spetsifikatsioonides. Väärtusi 4-6 võib lugeda vähemalt rahuldavaks, millega saab veel edukalt GIS-mõõdistamist teostada. PDOP väärtusega >6 hinnatakse mitterahuldavaks ning sellises situatsioonis ei anna GPS-seadmed spetsifikatsioonis kirjeldatud adekvaatseid tulemusi.

Saavutamaks GPS-ga kõrgeimat võimalikku täpsust, peab GPS-vastuvõtja kohal olema avatud horisont, et satelliitidelt tuleva signaali teele ei jääks takistusi, mis võivad signaali mingil moel blokeerida või peegeldada. Samuti on oluline saada ühendus maksimaalselt paljude satelliitidega ja parimat PDOP arvu. Lisaks nimetatud kriteeriumitele on veel mõned võimalused, mis parendavad GPS-i positioneerimise täpsust.

Esimeseks võimaluseks on hankida kaheageduslik GPS-seade, mis vähendab troposfääri ja ionosfääri poolt põhjustatud vigu. Teiseks võimaluseks on kasutada baasjaamu, mis on üha rohkem kasutust leidnud nii geodeetilistel kui ka GIS-mõõdistamistel.

GPS-tehnoloogia rakendamine GIS-andmebaasi uuendamisel

Andmevahetus mobiilse GIS-GPS seadme ja ettevõtte geoandmebaasi vahel on üks olulisemaid märksõnaseid andmebaaside uuendamisel. Kui kasutada GIS andmete haldamiseks ühtset tarkvaraplatvormi (nt Esri ArcGIS tooteperekonda kuuluvad tarkvarad), on andmevahetus (andmebaasist väliseadmesse ja sealt tagasi) automaatne. Vastav tööprotsess on suhteliselt lihtne ja universaalne. *Desktop GIS* tarkvaraga genereeritakse soovitud (väli)tööpiirkonna väljavõtte geoandmebaasist (nn *check out*), mis salvestatakse GIS-GPS seadmesse. Seejärel teostatakse välitöö käigus andmebaasi vastavas väljavõttes muudatused nii geomeetria kui ka tabelandmete osas. Peale välitööd laetakse tehtud muudatused eelnevalt geoandmebaasist tehtud väljavõtte ja kihtide alusel tagasi samasse geoandmebaasi (nn *check in*), kus *desktop GIS* tarkvara laeb automaatselt sisse välitööde käigus tehtud muudatused. Selline automatiseeritud andmete uuendamise protsess vähendab oluliselt andmebaasi uuendamisele kuluvat aega ja elimineerib inimlike eksituste käigus tekkivate vigade võimalikkust, mille tulemusena võib hiljem mõni muudatus lihtsalt sisestamata jääda.



Joonis 138. GIS andmebaasi uuendamise protsess mobiilse seadmega (Esri)

14. Andmete kogumine ja kättesaadavus

Allolev peatükk annab ülevaate Eesti ruumiandmete kättesaadavusest ning nende kasutamise/tellimise võimalustest erinevate teenuste ja instantside kaudu.

GIS-andmete kogumisel tasub kindlasti eelnevalt läbi mõelda, kas on mõttekam koguda andmeid ise või hankida need teistelt ruumiandmeid kaardistavatel ja levitavatel instantsidelt. Üsna suure tõenäosusega ei ole vaja kõike vajaminevat nullist koostama hakata. Seega sõltub vastav otsus püstitatud eesmärkidest, andmete detailsusest (täpsus), projekti eelarvest ja paljudest muudest asjaoludest. Eestis on mitmeid kaardistamisega tegelevaid asutusi, kelle kaudu saab andmeid nii osta kui ka tasuta kasutada. Teatud lihtsamaid ülesandeid saab mõningatel juhtudel edukalt lahendada ka läbi valmiskujul veebikaardi rakenduste (nt Maa-ameti geoportaal, Delfi kaardiportaal, „www.kv.ee” kinnisvara otsingu kaardiportaal jne). Viimaste miinuseks aga on asjaolu, et nende kaudu realiseeritavad toimingud ja funktsionaalsus on sageli piiratud ja ülesandespetsiifilised ning samuti ei saa vastavat kaardimaterjali otse kasutada enda isiklikus kaardiprojekti või GIS-andmebaasis. Teatud riikliku tähtsusega kaarditooteid (nt Eesti Põhikaart jt) tutvustati peatükis 5. Alljärgnevalt on loetletud täiendavaid võimalusi digitaalsel kujul ruumiandmete kasutamiseks ja tellimiseks erinevatest kaardistamisega tegelevatest instantsidest.

ETAK – haldaja: Maa-amet

Eesti topograafiline andmekogu ehk ETAK on Maa-ameti andmekogu ja geoinfosüsteem, mis on oluliseks osaks Maa-ametis juurutatavale andmebaasipõhisele topograafiliste andmete ja kaartide tootmisprotsessi lahendusele. Andmekogu sisaldab vektor- ja rasterkujul (ortofotod jm) ruumiandmeid koos vajalike atribuutidega.

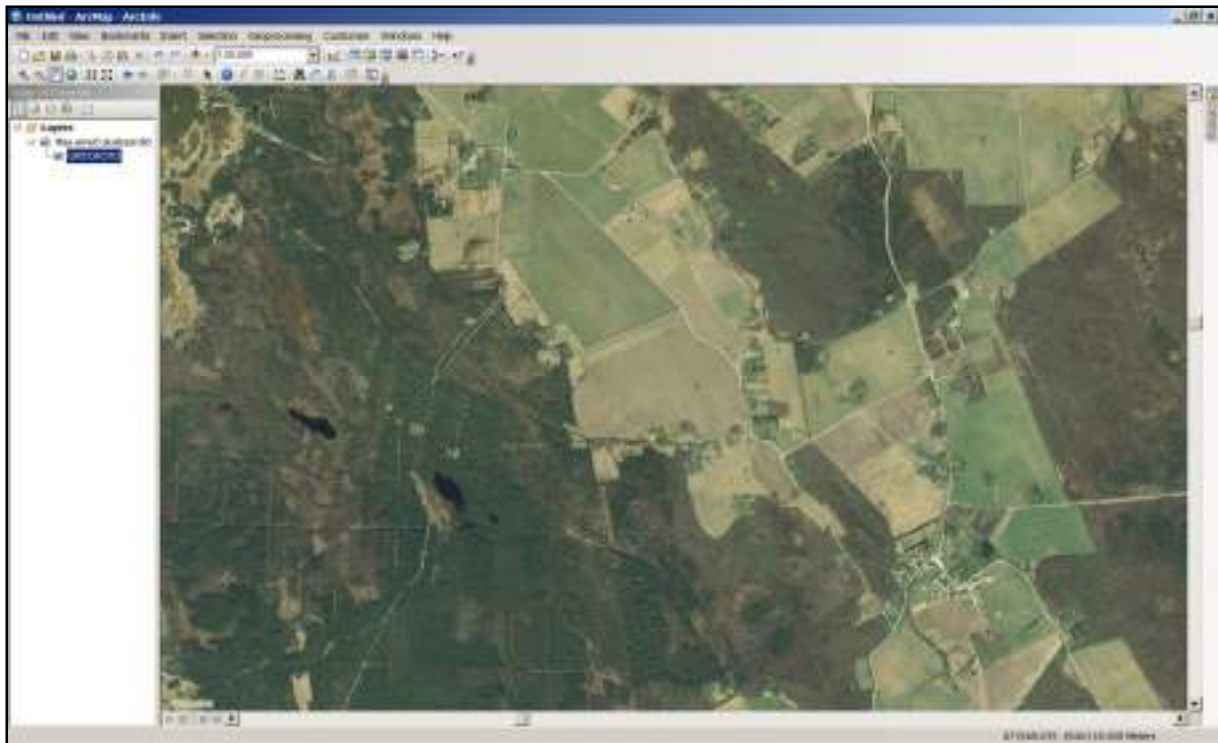
Kaardile on kantud info kommunikatsioonide (teed, elektriliinid), asustuse, hüdrograafia, pinnamoe, toponüümide ja maakasutuse kohta. Andmebaasi täpsus ning detailsus vastab kaardimõõtkavale 1:10 000. Andmete kogumine ja haldamine toimub geoandmebaasi põhisel ning selle esimene versioon koostati Eesti Põhikaardi alusel. Praeguseks on Eesti Põhikaart üks ETAK-i toode, mille autori- ja omanikuõigus kuulub Maa-ametile. Vastavate andmete tellimiseks Maa-ametile esitada vastavasisuline taotlus (allikas: Maa-amet).

(Avalikud) WMS-teenused – haldajad: Maa-amet, tehnovõrgu asutused, kohalikud omavalitsused jne

Kõikvõimalikud kaardirakendused on kasutajate hulgas järjest populaarsemad. Üks võimalus andmete levitamiseks ja kasutamiseks on läbi WMS-teenuste, mis võimaldavad kaarte veelgi lihtsamini kasutada ning laiendada juba toodetud informatsiooni taaskasutust ühiskonnas, sealhulgas professionaalsete GIS-kasutajate hulgas.

WMS ehk *Web Mapping Service* – Open Geospatial Consortium organisatsiooni poolt välja töötatud ning vastaval standardil põhinev kaardiandmete kasutamise teenus, mis toimib veebipõhiselt ning kus info kuvatakse andmebaasist rasterkaardina.

Eestis on mitmeid asutusi, kes WMS-teenust ühel või teisel moel pakuvad. Populaarseim on Maa-ameti WMS-teenus, mis on tasuta kättesaadav ja kasutatav GIS-tarkvarade (nt ArcGIS Desktop tooted) uuemate versioonidega või erinevate vabavaraliste tarkvarade ja kaardibrauseritega, mis toetavad vastavat teenust. Riiklike aluskaartidega töötamiseks mõeldud teenus on WMS (Web Map Service) standardil põhinev ning seda on kerge ja mugav kasutada. Kaardipilti näitav teenus sisaldab riiklikke topograafilisi aluskaarte (näiteks ETAK-i tooted) ja ortofotosid.



Joonis 139. Ortofotode kasutamine Esri ArcInfo tarkvaraga läbi Maa-ameti avaliku WMS-teenuse

Tasulist ja/või reglementeeritud kasutusõigusega WMS-teenust pakuvad ka mitmed kohalikud omavalitsused (nt Tallinna Linnaplaneerimise Amet ja Tartu Linnavalitsus), tehnovõrkude ettevõtted (nt Eesti Gaas), kaardifirmad (AS Regio, AS EOMap), Veeteede Amet jt.

Halduspiirid – haldaja: Maa-amet

Haldus- ja asustusüksuste andmed pärinevad Maaregistrist ning on seotud Statistikaameti poolt kehtestatud Eesti haldus- ja asustusjaotuse klassifikaatoriga (EHAK). Andmete seis fikseeritakse vaikselt iga uue aasta alguse seisuga. Ruumiandmeteks on maakonnad, omavalitsused ja asustusüksused. Andmed on tasuta allalaadimiseks ette valmistatud Esri Shape (shp), MapInfo (tab), AutoCAD (dxf) formaadis failidena. Sõltuvalt toimunud muudatustest, teeb Maa-amet vastavaid ajakohaseid uuendusi ka tihedamini. Andmete kasutamisel tuleb viitena ära märkida andmeallikana Maa-amet ning viidata andmete kehtivuse kuupäevale (nt 01.01.2010).

Halduspiiride info (geomeetria + atribuudid) allalaadimiseks kättesaadavad Maa-ameti koduleheküljel "Geoportaal" nimelise rubriigi <http://geoportaal.maaamet.ee/> sektsioonist „Andmed ja kaardid” (allikas: Maa-amet).

Ortofoto 1:10 000 – haldaja: Maa-amet

Eesti topokaardistuse tarbeks toodetud ortofotod katavad kogu riigi territooriumi (va Vene piiri äärsed alad Kagu-Eestis) ja vastavad mõõtkavale 1:5000-1:10 000 ehk on piksli suurusega 25-50 cm. Tiheasustusega alade ortofotod toodetakse piksli suurusega 16 cm. Vastavaid andmeid kasutatakse sageli täiendava lisamaterjalina konkreetse piirkonna nähtuste ruumiliste seoste paremaks illustreerimiseks ning erinevate teemakaartide koostamisel. Andmeid ajakohastatakse igal aastal, kuid mitte lausaliselt vaid teatud kaardistuspiirkondade kaupa. Ortofotosid on võimalik tasuta kasutada läbi Maa-ameti avaliku WMS teenuse. Eraldiseivate ortofoto kaardilehtede saamiseks tuleb Maa-ametile esitada vastavasisuline taotlus (allikas: Maa-amet).

Mullakaart – haldaja: Maa-amet

Mullakaart on mõõtkavas 1:10 000 andmebaas Eesti mullastiku kohta, mis katab peaaegu kogu Eesti territooriumi ja linnad, veealad ja mullastikuta laiud. Andmed on kättesaadavad mitmes erinevas vektorformaadis. Digitaalsel vektorkujul kaardilehtede (ühe lehe ulatus 5x5 km) saamiseks tuleb Maa-ametile esitada vastavasisuline taotlus ning sõlmida litsentsileping (allikas: Maa-amet).

Geoloogiline baaskaart – haldaja: Maa-amet

Geoloogiline baaskaart on 1:50 000 mõõtkavas kümnest erinevast teemast (nt aluspõhi, pinnakate jne) koosnev kaartide komplekt, mis annab informatsiooni maapõue ehitusest, maavarade ja põhjavee levikust, hulgast ning kvaliteedist ja geoloogilise keskkonna seisundist. 2010. aasta juunikuu seisuga on digitaalselt kaetud 25 baaskaardi lehte, mis hõlmavad Põhja-Eesti regiooni ja ka Tartu linna ning teatud osa Kagu-Eesti territooriumist.

Kaardimaterjali avalikustamiseks on Maa-ameti geoportaalis kasutatav geoloogia kaardirakendus, milles on rasterformaadis vaadeldavad ning trükitavad kõik digitaliseeritud ja kontrollitud geoloogilised nähtused.

Digitaalse vektorkujul Eesti geoloogilise baaskaardi komplekti digitaalkaartide ja andmete kasutamiseks tuleb Maa-ametile esitada vastavasisuline taotlus ning sõlmida litsentsileping (allikas: Maa-amet).

Statistilised andmed – haldaja: Statistikaamet

Asukohaga seotud statistikat, loendus- ja teemakaarte on võimalik tellida kas läbi Statistikaameti teabekeskuse või otse asutuse veebilehe kaudu (<http://www.stat.ee/>). Teatud tabelandmed ja kaardikihte saab ka tasuta alla laadida. Näiteks on kõigile kättesaadavad Eesti haldus- ja asustusjaotuse generaliseeritud piirid, mis on koostatud nelja erineva üldistusastme alusel ja seetõttu sobilikud erinevate mõõtkavadega kaartide koostamiseks.

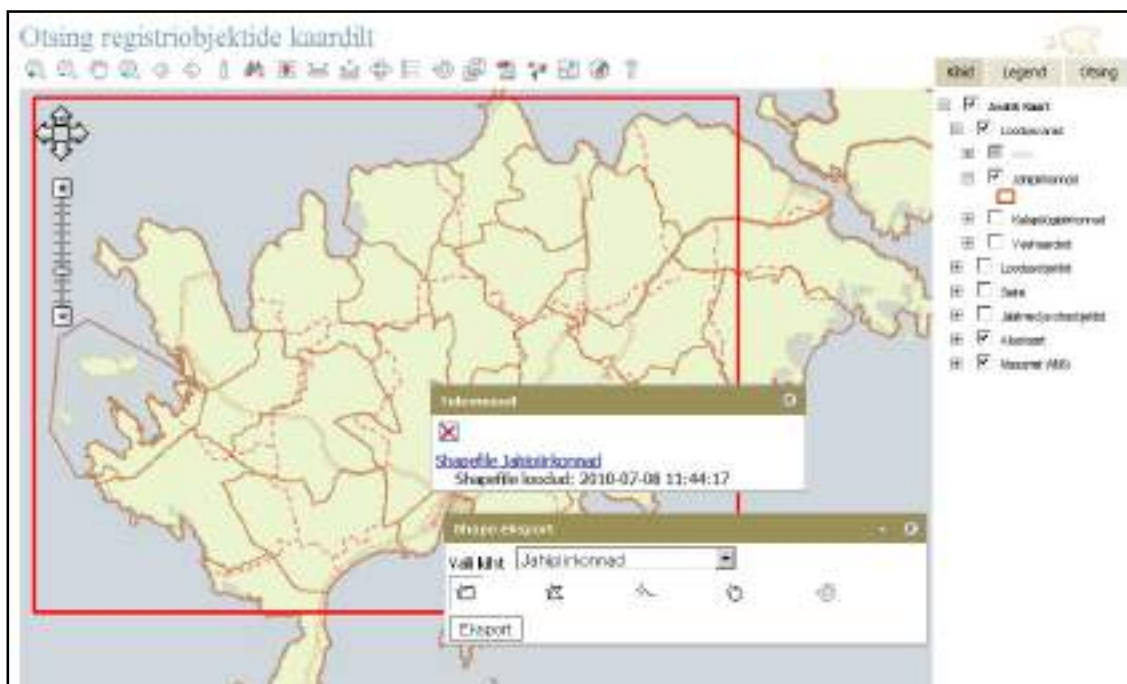
Samuti on Statistikaameti kaudu kättesaadavad vektorkujul ruutkaardid, mis on koostatud esmakordselt 2000. aasta rahva- ja eluruumide loenduse alusel. Need katavad kogu Eestit sisaldavad infot näiteks rahvastiku soo- ja vanuskoosseisu, rahvuse, keelteoskuse jm kohta. Andmed on organiseeritud ruudukujuliste territoriaalsete üksustena. Hajaasustus on kaetud 1x1 km ja linnad 500x500 m suuruste ruutudena. Ruutkaardi andmed on tasulised (allikas: Statistikaamet).

EELIS (Eesti Looduse Infosüsteem-Keskkonnaregister) – haldaja: Keskkonnateabe Keskus

EELIS on looduskaitseregistri elektrooniline andmebaas, kuhu regulaarselt kaks korda aastas koostatakse ülevaated kaitstavate alade andmetest ning EELIS baasi kantud kaitsealuste liikide leiukohtadest. Vastavate andmete saamiseks tuleb veebi kaudu vormistada teabenõue, kus on vajalik kirjeldada andmete kasutamise eesmärk. Oluline on lisada juurde märkus, millise GIS-tarkvaraga andmeid kasutatakse.

Keskkonnaregister on loodusvarade, looduspärandi, keskkonnaseisundi ja keskkonnategurite andmeid sisaldav riigi põhiregister, mille eesmärk on koondada kogu keskkonnaga seotud andmestik ühte registrisse, seostades selle kaudu kõik keskkonnaandmed ajas ja ruumis ning anda neile õiguslik tähendus, tagades sellega ühtlasi andmestiku usaldatavuse nii rahvusvahelisel kui siseriiklikul tasandil (allikas: Keskkonnateabe Keskus).

Keskkonnaregistri avalik teenus on kõigile huvilistele tasuta kättesaadav veebis <http://register.keskkonnainfo.ee/>. Registri veebirakendust täiendatakse pidevalt uute andmetega. Registriobjektide kaardilt on võimalik teha nii interaktiivseid päringuid, väljatrükke kui ka avalikuks kasutamiseks mõeldud andmete otsest allalaadimist ESRI Shape formaadis. Viimati nimetatud toimingute eelduseks on vaja esmalt valida sobiv kiht ja märkida maha sobiv ulatus, mille alusel vastav vektorkujul andmeformaadi väljund koostatakse (allikas: Keskkonnateabe Keskus).



Joonis 140. Keskkonnaregistri avalikust veebiteenusest Esri Shape formaadis jahipiirkondade kaardikihi koostamine

Saadud andmeid on võimalik edaspidi kasutada juba personaalse ja ettevõtte geoandmebaasi või muu(de) kaardiprojekti(de)ga seotud tegevustes.

Merenavigatsioonikaardid – haldaja: Veeteede Amet

Peatükis 5 tutvustasime Veeteede Ameti poolt koostatud trükikaartide tooteid. Järgnevalt anname ülevaate ametlikest digitaalsetest vektorkujul kasutatavatest merekaartidest (ENC), mida toodab selleks ainsa Eesti Vabariigi valitsuse poolt volitatud organisatsioonina Veeteede Amet.

ENC koondab kokku informatsiooni, mis on kasutatav ohutuks laevasõiduks ning võib sisaldada täiendavat informatsiooni lisaks paberkaardil olevale teabele. Hõlbustamiseks erinevate organisatsioonide või isikute poolt väljastatavate ENC kaartide ülemaailmset ühtlustamist kasutatakse andmestike edastamisel ülemaailmset standardit S-57. Eesti vete kohta on koostanud 70 erinevas mõõtkavas ENC kaarti.

Veeteede amet levitab digitaalseid navigatsioonikaarte S-57 formaadis Norra Hüdrograafiateenistuse Elektronkaartide Keskuse (PRIMAR) kaudu. Vastav ENC kaartide kataloog on kättesaadav PRIMAR-i veebilehelt (<http://www.primar.org/>). Samuti on võimalik hankida ENC või SENC formaadis Eesti vete elektroonilisi kaarte ka teistelt edasimüijatelt. Ametlikud S-57 edasimüüjad on Jeppesen, Transas jt. Lisaks nimetatutele on järjest rohkem navigatsiooniks võimalik kasutada ka nn mitteametlikke kaarte, mida toodavad mitmed kaardiettevõtted üle maailma (nt Garmin BlueChart, Navionics, Euronav LiveChart jt). Erafirmade poolt publitseeritud kaardiandmete kvaliteet ei ole valitsuse poolt volitatud organisatsioonide poolt kontrollitud ja seega nende usaldatavuse ja andmekvaliteedi eest vastutab ainult vastavaid andmeid tootev firma.

Samuti on Veeteede Amet koostöös Maa-ameti ja PRIMAR-ga teinud avalikuks kasutamiseks Eesti merealade kaardirakenduse, mis on tasuta kättesaadav kõikidele huvilistele Maa-ameti Geoportaali vastava kaardirakenduse kaudu (allikas: Veeteede Amet).

Kokkuvõtteks võib lisaks eespool nimetatud asutustele ruumiandmete kasutamisega seotud küsimustes alati pöörduda ka näiteks kohaliku omavalitsuse, keskkonnateenistuse (nt Keskkonnaamet), Maanteeameti (regionaalses esinduse), akadeemiliste õppeasutuste, kaardiettevõtete poole jne.

15. Ruumiandmete kvaliteet

All olev peatükk kirjeldab mitmesuguseid ruumiandmete kvaliteediga seotud teemasid nagu näiteks kvaliteedi hindamine, vigade allikad ja metaandmed.

Kvaliteedi küsimus on oluline igasuguse informatsiooni puhul. Me tahame teada, kas busside ajagraafik on õige, kui usaldusväärsed on ilmaennustuses esitatud õhutemperatuurid, kas meie käes olevad juhised teatud sihtpunkti jõudmiseks on õiged jne. Erinevalt lihtsatest mõõtmisväärtustest tuleb ruumiandmete puhul arvestada kvaliteedi hindamisel mitmete aspektidega.

Ruumiandmete kvaliteedi hindamise keerulisuse põhjused on alljärgnevad.

- 1) Andmebaasis hoitavad ruumiandmed on reaalseste nähtuste lihtsustused. See ei ole ruumiandmetele ainuomane, kuid omab erilist tähelepanu sisulise mõõtkava kontekstis. Mida suuremal mõõtkaval on andmed kogutud, seda täpsemad nad on.
- 2) Kaardi ja/või ruumiandmebaasi koostamine on pikk ja keeruline protsess, mis hõlmab erinevaid andmete kogumise, tõlgendamise, analüüsimise ja generaliseerimise staadiumeid. Erinevalt lihtsatest üksikute väärtuste mõõtmistest (nt temperatuuri mõõtmine) võib näiteks kaardil kõrgusväärtuste esitamine sisaldada tervet hulka mõõtmisi ja teatavat subjektiivsust puuduvate andmete interpoleerimisel.
- 3) Paljude ruumiandmete klassifitseerimine põhineb inimotsustustel. Näiteks võib ühe eksperdi poolt joonistatud taimkatte- või mullakaart oluliselt erineda teise eksperdi poolt loodud samadest kaartidest. Taimkatteklasside või mullatüüpide üleminekupiire ei pruugi need kaks näha samades kohtades või ei jõuta kokkuleppele klasside määramises. Tõde tuleb siin käsitleda kui ähmast põhimõtteliselt saavutamatu eesmärki.
- 4) Ruumiandmebaasides salvestatakse nii reaalseste objektide asukohad kui atribuudid. Paljud tehnilised objektid nagu hooned ja tänavad on hästi defineeritavad ning nende asukohad saab edukalt täpselt määrata omaduste ja kirjelduste kaudu. Samas on andmebaasis objektid nagu mäed, orud ja rannajoon inimese interpretatsiooni tulemus. Kaks eksperti ei pruugi nõustuda mäe täpsete piiride või rannajoone täpse kulgemise asukoha osas. Kuigi ruumiandmebaasis paistavad sellised objektid täpsed ja selgete piiridega, tuleb arvestada, et reaalsuses need sama usaldusväärsete piiridega nagu näiteks hoonete puhul ei eksisteeri.

Ruumiandmete kvaliteedi ja selle peamiste elementide defineerimiseks on tehtud palju jõupingutusi. Erinevates organisatsioonides võivad need elemendid mõningal määral varieeruda. Antud juhul defineerime ruumiandmete kvaliteedi komponendid standardi ISO 19113 Geograafiline informatsioon – Kvaliteedi määramise printsiibid alusel:

- ◆ täielikkus (*completeness*);
- ◆ loogiline õigsus (*logical consistency*);
- ◆ asukohaõigsus (*positional accuracy*);
- ◆ ajakohasus (*temporal accuracy*);
- ◆ temaatiline õigsus (*thematic accuracy*).

Täielikkus

Täielikkus on puuduvate ja üleliigsete andmete, nende atribuutide ning seoste mõõde. Kvaliteedinõude täitmiseks peab olema teada informatsioon valikukriteeriumite, kasutatud definitsioonide ja teiste oluliste kaardistamisreeglite kohta.

Loogiline õigsus

Loogilise õigsuse all mõeldakse andmestruktuuri, atribuutide ja seoste loogilistest reeglitest kinnipidamise astet. Eristatakse ruumiandmete kontseptuaalset, domeeni, formaadi ja topoloogilist terviklikkust.

Asukohaõigsus

Asukohaõigsus tähendab ruumiandmete asukohtade õigsust. Eristada saab suhtelist ja absoluutset ning horisontaalset (nt pikkus-, laiuskraad) ja vertikaalset (kõrgusinfo) asukohaõigsust.

Suhteline ehk sisemine asukohaõigsus on ruumiandmete asukohtade õigsus teiste samas andmehulgas olevate andmete suhtes. Absoluutne ehk välimine asukohaõigsus on teatud koordinaatväärtuste vastavus väärtustele, mis on õiged või mida peetakse aktsepteeritavateks.

Ajakohasus

Ajakohasuse all mõeldakse andmete ajaliste atribuutide ja ajaliste suhete õigsust. Siia alla kuuluvad kõigi ajamõõdete õigsus, ajaline terviklikkus ehk sündmuste järjekorra õigsus ning kehtivus.

Temaatiline õigsus

Temaatilise õigsuse alla kuuluvad andmete ja nende seoste klassifikatsioonide korrektsus, kvantitatiivsete atribuutide õigsus (nt rahvastik, pindala) ning mittekvantitatiivsete atribuutide korrektsus (nt kohanimed).

Kasutatud terminitest tuleks eristada mõisteid täpsus ja õigsus.

Täpsus (*precision*) – ühe väärtuse mõõtmise või vaatluse kordamisel saadud väärtuste lähedus üksteisele.

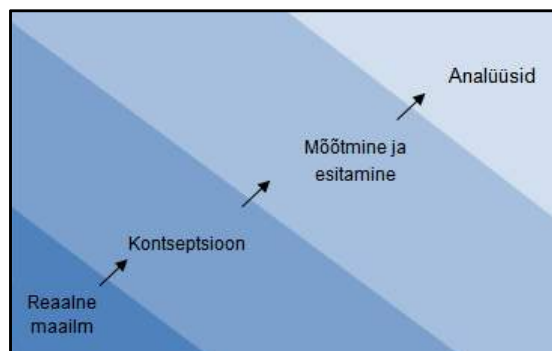
Täpsus on juhusliku vea kontrolli mõõde. Näiteks on maamõõtja töö kvaliteedi hindamise aluseks osaliselt tema mõõdetud väärtuste täpsus.

Õigsus (*accuracy*) – mõõdetud väärtuse vastavus tegelikule või aktsepteeritud väärtusele.

Õigsus on korrektsuse mõõde. Tegelik või aktsepteeritud väärtus on määratud mõne kokkulepitud standardi suhtes. Mõningaid suuremaid standardiorganisatsioone käsitleme peatüki lõpus.

15.1. Ebamäärasus

See, kuidas me geograafilisi nähtusi ette kujutame määrab viisi, kuidas me neid mõõdame ja esitame, mis omakorda mõjutab andmete analüüsi GIS-is. Selles sündmuste ahelas tähistab iga üleminek filtrit, mis osaliselt moonutab ja muudab GIS-is hallatavaid reaalseid nähtusi. Seetõttu ei saa ka ruumiandmete kvaliteedi käsitlemisel unustada andmebaasis olevate andmete olemuslikku ebamäärasust.



Ebamäärasus (*uncertainty*) – reaalsuse ja selle esituse erinevuse suhteline mõõde. Joonis 141. Andmete olemuslik ebamäärasus

Ebamäärasus võib tuleneda erinevatest allikatest sh mõõteriistade või -süsteemi täpsuse või õigsuse piirangutest, mõõtmisveast, erinevatel mõõtkavadel või erineval viisil nähtust kirjeldavate andmete lõimimisest, sama nähtuse konfliktsetest esitusviisidest, muutuva mõõdetamatu või lõpmatu olemusega nähtuse mõõtmisest või inimeadmiste piiratusest.

Eristada saab kolm ebamäärasuse vormi: mitmetähenduslikkus, ähmasus ja viga.

Mitmetähenduslikkus (*ambiguity*) – GIS-is andmete klassifikatsiooni ebamäärasuse olek, mille korral on objektile määratud kaks või enam väärtust teatud atribuudi kohta (nt rannajoone määramine tõusude ja mõõnade korral).

Mitmetähenduslikkus võib olla põhjustatud muutuvatest tingimustest reaalsuses, puudulikest või konfliktsetest atribuutide definitsioonidest või subjektiivsetest erinevustest andmete tõlgendamisel.

Ähmasus (*vagueness*) – GIS-is andmete klassifikatsiooni ebamäärasuse olek, mille korral atribuut rakendub ebamäärase kvaliteediga objektile või kirjeldab lõpmatut kogust.

Näiteks on teatud maa-ala klassifitseerimine vaenukäo esinemisalaks kahel põhjusel ähmane. Lindude poolt asustatud ala on umbmäärane, kuna see on muutuv ja seda ei saa kunagi täpselt defineerida. Samuti on see ähmane, kuna linnud asustavad seda territooriumi ainult teatud perioodi aastast.

Vead ruumiandmetes

Ruumiandmetes esineb erineva tüübi ja tähtsusega viga. GIS andmebaasis võib viga olla ruumiline või atribuudiväärtus, mis erineb tegelikust väärtusest. Ruumilised vead on tavaliselt vead asukohas (objekti koordinaadid on valed) ja topoloogias (objektid ei lõiku, külgne või ei ole seotud korrektselt). Atribuudivead on objektide valed kogused või kirjeldused või puuduvad või valed väärtused.

Viga – mõõdetud, vaadeldud, arvatud või tuletatud väärtus, mis erineb tegelikust väärtusest või väärtusest, mis oleks saavutatav täiuslike tingimuste korral täiusliku vaatleja poolt kasutades täiuslikku varustust ja täiusliku meetodika abil.

Vead satuvad GIS andmebaasi läbi mitmete tegevuste sh reaalsete nähtuste tõlgendamisel, andmekogumise käigus (nt vigane mõõteriist), andmete teisendamisel (nt kaardi digitaliseerimisel tekkivad vead), andmete sisestamisel ja muutmisel, andmete lõimimisel (nt erinevatel mõõtkavadel andmete lõimimine), ruumiandmete töötlemisel (nt generaliseerimisest tingitud ebatäpsused), andmete analüüsil (nt vigase kriteeriumi alusel valesti klassifitseeritud andmed).

Vead jaotuvad:

- ♦ juhuslikud vead;
- ♦ süstemaatilised vead.

Juhusliku vea näitena võib tuua ortofotolt digitaliseerimise käigus tekkinud viga jõe asukoha suhtes, kuna see jookseb läbi tiheda metsa ning täpset voolusängi asukohta on raske määrata.

Süstemaatilise veaga on tegu siis, kui kõik jõed omavad nihet nende õigest asukohast. Sellisel juhul võivad andmed olla sisestatud näiteks vales koordinaatsüsteemis või on lähteandmena kasutatud aerofoto valede kontrollpunktide alusel georefereeritud.

15.2. Metaandmed

Metaandmed pakuvad tehnilist lahendust ruumiandmete kvaliteedi informatsiooni haldamiseks.

Metaandmed – andmed andmete kohta ehk informatsioon, mis kirjeldab andmete sisu, kvaliteeti, seisundit, päritolu ja teisi omadusi.

Ruumiandmete metaandmed võivad kirjeldada ja dokumenteerida andmete olemust; kuidas, kuna, kus ja kelle poolt andmed on kogutud; kättesaadavust ja informatsiooni jagamise kohta; nende projektsiooni, mõõtkava, resolutsiooni ja täpsust; usaldusväärsust ja vastavust standarditele. Metaandmed koosnevad kirjeldavatest omadustest ja dokumentatsioonist. Omadused on andmeallika sisesed (nt andmete koordinaatsüsteem ja projektsioon), dokumentatsioon on inimese poolt sisestatud (nt märksõnad andmete kirjeldamiseks) informatsioon.

Metaandmete kogumine ja salvestamine on väga oluline andmete hilisemal efektiivsel kasutamisel – teades täpselt andmete kogumisviisi ja -aega, täpsust ja spetsiifilisi eripärasid, on võimalik teha õigemaid otsuseid.

16. GIS standardid ja ruumiandmete infrastruktuur

All olev peatükk tutvustab olulisemaid rahvusvahelisi standardiorganisatsioone ning kirjeldab mitmesuguseid ruumiandmete kvaliteediga seotud märksõnu nagu näiteks kvaliteedi hindamine, vigade allikad, metaandmed, ruumiandmete standardid ja infrastruktuur.

GIS tehnoloogiaid kasutatakse laialdaselt paljudes organisatsioonides. Ruumiandmete standardite rakendamine võimaldab:

- ◆ eemaldada piiranguid – standardid parandavad ruumiandmete vahetamist ja jagamist;
- ◆ parandada andmekvaliteedi haldamist – standardite poolt pakutavad metaandmed aitavad organiseerida ja hallata organisatsioonisiseseid ruumiandmeid;
- ◆ suurendada kasutaja kindlust – standardid kindlustavad andmete kvaliteedi ja defineerivad andmestruktuuri ja sisu;
- ◆ parandada juurdepääsu ruumiandmetele – standardid laiendavad kättesaadavate andmete hulka;
- ◆ integreerida süsteeme – standardid võimaldavad kasutada andmeid suures hulgas rakendustes, suurendades süsteemide efektiivset kasutust;
- ◆ koguda andmeid efektiivsemalt – standardid vähendavad ruumiandmete kogumisel duplitseerimist ja üldisi kulusid;
- ◆ suuremat avalikkuse juurdepääsu – standardid laiendavad ruumiandmete kasutamist avalikus sektoris.

Standardeid võib liigitada mitmel moel. Loomisviisi alusel saab nad jagada *de facto* ehk mitteametlikeks ja *de jure* ehk ametlikeks standarditeks. *De facto* standardid võetakse omaks läbi pideva kasutamise ilma ametlike protseduuride ja tunnistusteta. Selliseks näiteks on formaat AutoCAD DXF. *De jure* standardi loomise ametlik protsess vajab valitsusastutuse või organisatsiooni kinnitust. Standardeid saab liigitada ka selle alusel, kui palju ja millised organisatsioonid on ametlikku standardi loomise protsessi kaasatud. Nii jagunevad standardiorganisatsioonid näiteks rahvusvahelisteks, regionaalseteks ja rahvuslikeks. Lisaks standardiorganisatsioonidele tegelevad standardite loomise ja kohandamisega veel näiteks erinevad valitsusorganid ja standardivad kogud. Kolmandaks võib standardeid jagada funktsionaalsuste alusel. Siia kuuluvad näiteks riistvara ja füüsiliste ühenduste, rakenduste, tarkvara, andmelevituse, andme- jmt standardid.

Rahvusvahelised standardiorganisatsioonid:

- ◆ ISO – Rahvusvaheline Standardiorganisatsioon;
- ◆ IEC – Rahvusvaheline Elektrotehnikakomisjon;
- ◆ ITU – Rahvusvaheline Sideliit.

Regionaalsed standardiorganisatsioonid:

- ◆ CEN – Euroopa Standardikomitee;
- ◆ CENELEC – Euroopa Elektrotehnika Standardikomitee;
- ◆ ETSI – Euroopa Telekommunikatsiooni Standardiinstituut.

Rahvuslikud standardiorganisatsioonid:

- ◆ EVS – Eesti Standardikeskus.

ISO (*International Organization for Standardization*) on suurim rahvusvaheliste standardite arendamise ja avaldamisega tegelev organisatsioon. ISO on 162 riigi rahvuslike standardiorganisatsioonide võrgustik, kus iga riiki esindab üks liige. Liikmete hulgas on nii avaliku kui erasektori esindajaid, mistõttu võimaldab ISO leida konsensust lahenduste puhul, mis sobivad nii ettevõtete kui ühiskonna laiemate vajaduste nõuetele.



Geoinformaatika alaste standardite väljatöötamise eest on vastutav ISO/TC 211 *Geographic information/geomatics* tehniline komitee.

ISO/TC 211 üldised eesmärgid on:

- ◆ suurendada geograafilise informatsiooni arusaadavust ja kasutatavust;
- ◆ parandada geograafilise informatsiooni kättesaadavust, integreeritavust ja jagatavust;
- ◆ edendada digitaalse geograafilise informatsiooni ning sellega seotud riist- ja tarkvara tõhusamale ja efektiivsemale kasutusele;
- ◆ panustada ühtsustatud lähenemisele globaalsete probleemide käsitlemisel.

ISO töötab välja standarditegruppi 19100. Selles standardite perekonnas on hetkel 49 avaldatud standardit.

ISO/TC 211 veebileht: www.isotc211.org.

OGC (*The Open Geospatial Consortium*) on rahvusvaheline vabatahtlik konsensusel põhinev standardiorganisatsioon, mis juhib ruumiinfo ja asukohapõhiste tehnoloogiate standardite arendamist. OGC on rahvusvaheline konsortsium, kuhu kuulub 400 ettevõtet, valitsusasutust ja ülikooli, kes kõik osalevad konsensuse põhises protsessis avalike standardite arendamisel. OGC registreeritud kaubamärk on OpenGIS, mis on seotud OGC poolt loodud standardite ja dokumentidega. OpenGIS standardid toetavad ruumiandmetega opereerivate tehnoloogiate erinevate lahenduste väljatöötamist. Standardid julgustavad tehnoloogiate arendajaid tegema ruumiandmeid ja –teenuseid kättesaadavaks ja kasutatavaks erinevates rakendustes.



OGC veebileht: <http://www.opengeospatial.org/>.

Olulisemad OGC-standardid, mille põhimõtted on lahti kirjutatud ruumiandmeteenuste peatükis:

- ◆ *Web Map Service* (WMS);
- ◆ *Web Feature Service* (WFS);
- ◆ *Geography Markup Language* (GML) (GML on ühtlasi ka ISO standard);
- ◆ *Keyhole Markup Language* (KML).

Eestis tegeleb geoinformaatika alaste standardite koostamise ja rahvusvaheliste standardite kohandamisega Eesti Standardikeskuse infotehnoloogia standardimise tehniline komitee 4 (TK 4).

EVS/TK 4 veebileht: <http://www.evs.ee/Standardimine/Tehnilisedkomiteed/EVSTK4/tabid/194/Default.aspx>

16.1. Ruumiandmete infrastruktuur

Ruumiandmete infrastruktuur tähistab tehnoloogia, poliitika ja institutsionaalsete korralduste raamistikku, mis koos lihtsustavad ruumiandmete ja nendega seotud infoallikate loomist, jagamist ja kasutamist. Sellist raamistikku saab rakendada kitsamalt, võimaldades ruumiinfo jagamist ühe organisatsiooni sees või kasutada laiemalt rahvuslikul, regionaalsel või rahvusvahelisel tasemel.

Ruumiandmete infrastruktuuri üldine eesmärk ongi nii avalikus kui erasektoris hoitavatele ruumiandmetele juurdepääsu lihtsustamine ja sellega andmete üldise kasutamise suurendamine.

Ruumiandmete infrastruktuur (*Spatial Data Infrastructure = SDI*) – ruumiandmete kogumiseks, töötlemiseks, haldamiseks, jagamiseks ja efektiivsemaks kasutamiseks vajalik tehnoloogiate, tuginemiseviiside, standardite ja inimressursi raamistik.

Ruumiandmete infrastruktuur koosneb järgmistest elementidest (GSDI alusel):

- ◆ ruumiandmed – digitaalsed ruumiandmed ja informatsioon;
- ◆ metaandmed – andmeid kirjeldavad andmed, mis võimaldavad struktureeritud otsinguid ja erinevate andmete võrdlust;
- ◆ raamistik – sisaldab aluskihte ja vahendeid andmete tuvastamiseks, kirjeldamiseks ja jagamiseks, kasutades selleks objekte, atribuute ja atribuutide väärtusi ning samuti vahendeid andmete uuendamiseks;
- ◆ teenused – aitavad andmeid vaadata ja kasutada interaktiivselt;
- ◆ andmekeskus (*clearinghouse*) – keskus, kust on võimalik andmeid omastada otse või kust suunatakse kasutaja teise allika juurde;
- ◆ standardid – loodud ja aktsepteeritud rahvuslikul, regionaalsel või rahvusvahelisel tasemel;
- ◆ partnerlus – kõike koos hoidev baas, mis vähendab andmete duplitseerimist ja andmekogumise kulusid ning kasutab rahvuslikke/regionaalseid/rahvusvahelisi tehnoloogiaid ja oskusi;
- ◆ haridus ja suhtlus – võimaldab nii kohalike kui rahvusvaheliste huvidega kodanikel, teadlastel, ettevõtetel, valitsusasutustel, akadeemilistel institutsioonidel või teistel suhelda ja õppida üksteiselt.

Järgnevalt kahest ruumiandmete infrastruktuurist: GSDI ja INSPIRE.

GSDI (*The Global Spatial Data Infrastructure Association*) rahvusvaheline organisatsioon, kuhu kuuluvad ruumiandmetega tegelevad organisatsioonid, agenduurid, ettevõtted ja üksikisikud kogu maailmast. GSDI eesmärgiks on edendada rahvusvahelist koostööd toetamaks kohalikke, rahvuslikke ja rahvusvahelisi ruumiandmete infrastruktuuride arenguid, mis lubavad riikidel paremini lahendada olulisi sotsiaalseid, majanduslikke ja keskkonnavalaseid küsimusi.



Veebileht: <http://www.gsdi.org/>.

INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) on Euroopa Ühenduse ruumiandmete infrastruktuur. INSPIRE Direktiiviga luuakse juriidiline raamistik ruumiandmete infrastruktuuri rajamiseks ja opereerimiseks EL tasemel, et töötada välja ja viia ellu ühenduse poliitika erinevatel tasanditel ning pakkuda avalikku informatsiooni. INSPIRE on mõeldud eelkõige strateegiate ja tegevuste jaoks, mis omavad otsest või kaudset mõju keskkonnale.



INSPIRE direktiivi eesmärgiks on luua Euroopa Ühenduse ruumiandmete infrastruktuur, mis võimaldab ruumiandmete jagamist avaliku sektori organisatsioonide vahel ja lihtsustada avalikkuse juurdepääsu ruumiandmetele kõikides liikmesriikides.

INSPIRE Direktiiv jõustus 15. mail 2007. aastal ja seda rakendatakse erinevatel staadiumitel kuni täieliku rakendumiseni 2019. aastal.

Euroopa ruumiandmete infrastruktuur aitab kaasa piirideülesele poliitikale. Seetõttu on direktiivi alla kuuluvate ruumiandmete valik lai ja hõlmab erinevaid sisulisi ja tehnilisi teemasid.

INSPIRE aluseks on hulk põhimõtteid:

- ◆ andmeid tuleks koguda ühekordselt ja hoida seal, kus neid saab hallata kõige efektiivsemalt;
- ◆ üle Euroopa peaks olema võimalik integreerida erinevatest allikatest pärit ruumiandmeid ning jagada neid erinevate kasutajate ja rakendustega;
- ◆ andmed tuleks koguda vaid ühes mõõtkavas, aga jagatud kõigil mõõtkavadel; detailsem tase põhjalikeks uuringuteks ja üldisem strateegilistel eesmärkidel;
- ◆ ruumiandmed peaksid olema kättesaadavad ilma põhjendamatute tingimustega;
- ◆ olemasolevate ruumiandmete leidmine, nende kättesaadavuse tingimused ja kasutussobivuse hindamine teatud vajadustele peaks olema lihtne.

Veebileht: <http://inspire.jrc.it/home.html>.

Ülesanded

1. Arutle erinevate ruumiandmete kogumise tehnoloogiate eeliste ja puuduste üle.
2. Milliseid ruumiandmeid ning missuguste asutuste kaudu on Eestis võimalik tasuta saada/tellida?
3. Tutvu Maa-ameti geoportaali rakendustega – Eesti Põhikaart, Eesti Baaskaart, ortofotod, katastrikaart, mullakaart, kitsenduste kaart.
4. Tutvu Eesti Looduse Infosüsteemi (EELIS) andmebaasi ja rakendustega (Keskkonnaregister).
5. Tutvu Statistikaameti kaardiandmetega.
6. Uuri ja kirjelda metaandmeid Maa-ameti kaardiserveris olevate kaartide kohta.

Täiendav lugemine ja kirjandus

1. Kimerling, A. J., Buckley, A. R., Muehrcke, P. C., Muehrcke, J. O. 2009. *Map use: reading and Analysis*. Esri Press. 6th edition.
2. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., Rhind, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. Chichester: Wiley. 2005. 2nd edition.
3. Shi, W., Fisher, P. F., Goodchild, M. F. 2002. *Spatial Data Quality*. Taylor & Francis.
4. Onsrud, H. (Ed), 2007. *Research and theory in advancing spatial data infrastructure concepts*. Esri Press.
5. Liibus, A., Türk, K., Jürgenson, H. 2007. *GIS GPSi võimalusi*. Geodeet nr. 35. http://www.alphagis.ee/data/img/GISGPS_Geodeet352007.pdf
6. ArcGIS Resource Center. GIS Dictionary. <http://resources.arcgis.com/glossary>
7. Kalle Arula, „Geoinformaatika standardid avalikus halduses”
<http://www.riso.ee/et/pub/2004it/?mn=17&prnt=15>
8. Maa-ameti koduleht:
 - a. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmete-infrastruktuur-p3.html>
 - b. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmete-infrastruktuur/OpenGIS-p67.html>
 - c. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Topograafilised-andmed/Eesti-topograafilise-andmekogu-p79.html>
 - d. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Haldus-ja-asustusjaotus-p119.html>
 - e. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Ortofotod-p99.html>
 - f. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Mullakaart-p33.html>
 - g. <http://geoportaal.maaamet.ee/est/Andmed-ja-kaardid/Geoloogilised-andmed/Geoloogiline-baaskaart-p39.html>
9. Riigi Infosüsteemid. <http://www.riso.ee/et/koosvoime/raamistik>
10. Eesti Standardikeskus. <http://www.evs.ee/>
11. Keskkonnateabe Keskus <http://www.keskkonnainfo.ee/>
12. Statistikaamet. <http://www.stat.ee/>
13. ISO/TC 211 Geographic Information/Geomatics. www.isotc211.org
14. Open Geospatial Consortium. <http://www.opengeospatial.org/>
15. Eesti Standardikeskus. EVS/TK 4 infotehnoloogia standardimise tehniline komitee. <http://www.evs.ee/Standardimine/Tehnilisedkomiteed/EVSTK4/tabid/194/Default.aspx>
16. Global Spatial Data Infrastructure Association. <http://www.gsdi.org/>
17. European Commission. INSPIRE Directive. <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
18. Spatial Data Infrastructure. A Collaborative Network. 2010. <http://www.esri.com/library/brochures/pdfs/spatial-data-infrastructure.pdf>
19. Geospatial data and systems. <http://140.194.76.129/publications/eng-manuals/em1110-1-2909/basdoc.pdf>



eksamikeskus

