

8 Infosüsteemid

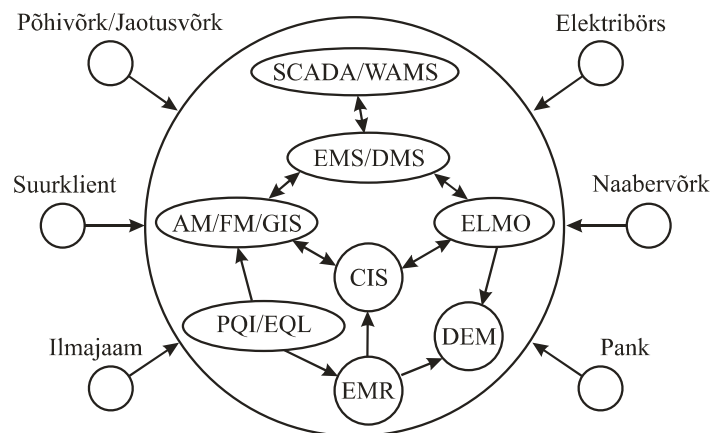
Infosüsteemi all mõistetakse andmete säilitamise ja käsitlemise kompleksi, mis annab mingis valdkonnas elektrivõrgu juhtimiseks vajalikku teavet. Infosüsteemi tuumiku moodustab andmebaas. Vajalik on ka andmebaasisisene (hajusandmebaasid) ning andmebaasi ja tööjaamade vaheline andmeside.

Elektrivõrgu juhtimisega seotud infosüsteemide arv on küllalt suur. Probleemiks on andmete dubleerimine, kus põhimõtteliselt sama info on salvestatud eri viisil eri andmebaasidesse. Raskusi tekitab ka andmebaaside omavaheline ühildamine. Püritakse nii vertikaalselt (andmehierarhia) kui horisontaalselt (andmeside) integreeritud infosüsteemide poole, kus samalaadseid andmeid sisestatakse vaid üks kord. Andmebaaside ühilduvuse tagab nende koostamise ühtne strateegia, avatud arhitektuur.

8.1 Infosüsteemide otstarve

Elektrivõrgu talitluse ja käidu juhtimisel rakendatavad infosüsteemid (joonis 8.1):

- võrguinfosüsteem (*AM/FM*)
- geoinfosüsteem (*GIS*)
- dispetšisüsteem (*SCADA*)
- talitluse tugisüsteem (*EMS, DMS*)
- kliendiinfosüsteem (*CIS*)
- energia mõõtesüsteem (*EMR, AMR*)
- koormuse seiresüsteem (*ELMO*)
- elektri kvaliteedi seiresüsteem (*PQI, EQL*)
- laiseiresüsteem (*WAMS*)



Joonis 8.1 Elektrivõrgu infosüsteemide vahelised seosed

- energiaohjesüsteem (*Ediel, DEM*)
- infohaldussüsteem (*VHT, Xpower*).

Operatiivselt juhitakse elektrivõrku dispetšisüsteemi (*SCADA*) abil. Viimastel aastatel on sellele lisandunud pinge ja voolu faasimõõtmisi käsitlev laiesüsteem (*Wide Area Monitoring System, WAMS*). Võrgu talitluse arvutamine, estimeerimine, optimeerimine ja muud sellised tegevused kuuluvad põhivõrgus talitluse tugisüsteemi *EMS*. Jaotusvõrkudele on samalaadsete ülesannete lahendamiseks omaette tugisüsteem *DMS*. Võrguinfosüsteem (*Automated Mapping and Facilities Management, AM/FM*) haldab ennekõike teavet võrguelementide (liinid, trafod, lülitid jm) kohta. Jaotusvõrkudes näidatakse võrguelementide andmeid sageli geograafilisel taustal, mistõttu võrguinfosüsteem ja geoinfosüsteem (*Geographical Information System, GIS*) moodustavad ühtse kompleksi (*AM/FM/GIS*). Kliendiinfosüsteem (*Customer Information System, CIS*), mis sisaldab andmeid elektritarbijate kohta, on vajalik jaotusvõrkudele, kus tarbijate arv võib ulatuda sadadesse tuhandetesse. Vajalik on elektriarvestite näitude kauglugemine tegeliku energiavahetuse kindlakstegemiseks (*Energy Meter Reading, EMR*, ka *Automatic Meter Reading, AMR*). Energiamõõtmisi täiendab elektri kvaliteedi mõõtesüsteem (*Power Quality Interface, PQI* või *Electricity Quality and Load, EQL*). Koormuse seiresüsteem (*Electrical Load Monitoring, ELMO*) võimaldab energia mõõtesüsteemi ja kliendiinfosüsteemi andmetel modelleerida elektrivõrgu koormusi prognoosimise ja analüüsimise eesmärgil. Side elektribörsi ja elektriturul osalejate vahel toimub sellekohase infosüsteemiga (Põhjamaades *Ediel*, ENTSO-E tasemel *ETSO XML* sõnumitena). Jaotusvõrgus on elektrituru toeks energiaohjesüsteem (*DEM*), mis peab arvet turuosaliste kohta, edastab teavet elektrituru osapooltele, annab elektrimüüjatele bilansiselgitusi, hindab võrgukadusid jm.

Elektrivõrgu talitluse ja käidu juhtimisel on kesksel kohal võrguinfosüsteem, mis sisaldab andmeid nii seadmete hetkeseisu kui dünaamika (minevik, tulevik) kohta. Need andmed on vajalikud seadmete hoolduse ja uuendamise korraldamisel, aga ka võrgu talitluse arvutamisel. Eesti Energia (EE) jaotusvõrgus täidab võrguinfosüsteemi ülesandeid infohaldussüsteem *Xpower*. Kuna kasutusel on veel rida andmebaase, mis *Xpower*'isse ei kuulu, on koostamisel ühtne võrguhaldussüsteem, mis haarab nii jaotus- kui põhivõrgu andmeid.

Elektrivõrgu dispetšisüsteemi (*SCADA*) on vaadeldud eespool. Dispetšisüsteem kogub alajaamadest operatiivjuhtimiseks vajalikke andmeid, edastab need reaajas dispetšikeskustesse, kus andmed töödeldakse ja kujundatakse operatiivjuhtimiseks sobiv kasutajaliides. Võimalik on kaugjuhtida lülitusseadmeid ning muuta regulaatorite ja releekaitse sättesuursi. Elering OÜ dispetšisüsteemi XA/21 vahendusel jälgitakse ja juhitakse põhivõrgu alajaamu. EE jaotusvõrgu dispetšisüsteem *MicroSCADA* katab otseselt jaotusvõrgu põhilise operatiivselt vaadeldava osa, mis haarab EE jaotusvõrgu umbes 21 000 alajaamast vaid 450, millele viimastel aastatel on lisandunud umbes 200 kaugjuhitavat mastalajaama. Andmeid ülejäänud

operatiivselt mittevaaeldava võrgu talitluse kohta haldab infohaldussüsteem *Xpower*. Talle kuuluvad ka talitluse tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonid. Kuna operatiivjuhtimisel vajatakse teavet kogu võrgu kohta ning tehakse ka arvutusi, vajatakse reaalajas toimivat sidet dispetšisüsteemi ja infohaldussüsteemi vahel. Talitluse arvutamiseks hangitakse staatilised andmed võrguinfosüsteemist.

Elektrienergia kommerts-mõõtesüsteem (*EMR*) on ennekõike ette nähtud arvelduste korraldamiseks elektri müüja ja tarbijate vahel, mis vabal elektriturul sisaldab ka bilansiselgitust. Elektri tarbimist mõõdetakse enamasti tunnitaseemel. Kui energia eest tasumiseks piisab kuuenergia fikseerimisest, siis toimub bilansiselgitus ja tarbimise seire tunniandmete alusel. Tõsi, tunniandmete korral on andmeid edastada tunduvalt kallim. EE elektrienergia kommerts-mõõtesüsteem on hangitud peamiselt Soome firmalt Enermet, mis hiljem on ühinenud Šveitsi firmaga Landis Gyr. Rakendatud on ka Eesti firmade Treng ja Ektaco kauglugemissüsteeme. Kokku haarab kaugmõõtesüsteem Eesti umbes 600 000 elektritarbijast hetkel ligikaudu 55 000.

Nüüdisaegsed elektriarvestid võimaldavad energia kõrval fikseerida ka põhilised elektri kvaliteedi näitajad, nagu pingetasemed ja elektrikatkestuste kestused. Tarbijate elektrivarustuse kvaliteedi tagamiseks on vaja jälgida ka pingelohke, harmoonikuid, ebasümmeetriat, värelust jm. Selliseid näitajaid fikseerivad vaid kvaliteedimõõturid. Vaja on paigaldada kohtkindlad kvaliteedimõõturid, mis ühendatakse sidesüsteemi kaudu keskusega, kus toimub andmete töötlemine. Eeskujuks võib tuua Soome firma MX Electrix kvaliteediseiresüsteemi *EQL*. Kvaliteedinäitajaid võivad mõõta ka alajaamade mõningad kohtterminalid. Eesti põhivõrgu alajaamades on elektri kvaliteedi jälgimiseks kasutusel Saksa ja Šveitsi päritoluga kvaliteedimõõturid *PQI-D* ja *QWave*.

Mitmel põhjusel tuleb jälgida ja prognoosida elektrivõrgu koormust. Ennekõike vajavad kontrollimist mõõteandmed. Nii võib *SCADA*-andmetes esineda andurite ja sidekanalite rikete tõttu süstemaatilisi vigu, mis jäävad pikka aega märkamata. Tarbimisandmed, mida *EMR* ei mõõda, võivad olla tahtlikult moonutatud jms. Võrgu talitluse arvutamine lähtub sõlmekoormustest, mida tuleb nii prognoosida kui imiteerida. Tarbimise prognoos on aluseks elektrituru toimingutele. Koormuste matemaatiliseks modelleerimiseks pakuvad tunniandmeid *SCADA* ja *EMR*. Üldandmed tarbijate kohta leiab kliendiinfosüsteemist. Koormuse seiresüsteemi *ELMO* on lähemalt kirjeldatud näiteks õpikus [2].

Kliendiinfosüsteemis säilitatakse elektritarbijate liitumispunktide ja arvestite asukoha andmed, info arvesti näitudest ja maksete sooritamisest jm. Kliendiinfosüsteem määrab tarbija liitumispunkti ja arvesti asukoha elektrivõrgus. Liitumispunkti asukoha järgi saab kindlaks teha uue kliendi liitumise maksumuse ja tehnilise lahenduse ning plaanida töögraafikuid. Kliendiinfosüsteemi on vaja ka elektriliinide lähedal tehtavate tööde kooskõlastamiseks kliendiga ja kliendile elektrikatkestustest teatamiseks. EE kliendiinfosüsteemi nimetus on *Tarbel*.

Laiseiresüsteem (*WAMS*) on hakanud maailmas levima viimasel aastakümnel ja on nüüd jõudnud ka Eestisse. Lai mõõtesüsteem tugineb sünkroonitud faasimõõteseadmetel (*Time Synchronised Phasor Measurement Unit, PMU*), mis mõõdavad pingeid ja voole elektrivõrgus sagedusega 10 kHz suurusjärgus. Faasimõõtmised varustatakse ajamärgenditega ja edastatakse tavaliste andmesidekanalite kaudu kontsentraatoritesse, mis elektrivõrgu eri paikadest saabunud andmed kooskõlastavad. Täpne mõõteaeg saadakse globaalse positsioonimissüsteemi (*GPS*) satelliitide kaudu saabuvate ajasignaalide abil. Laiseiresüsteemiga jälgitakse ennekõike talitlusparameetreid, mis iseloomustavad elektrisüsteemi pinge stabiilsust ja elektriliinide ülekuumenemist. Oluline on elektritulekandekoridoride (*power corridors*) talitluse seire, kus märgatavaid võimsusi kantakse pikkade vahemaade taha. Laiseiresüsteemi võib vaadelda kui intelligentset alarmiprotsessorit (*intelligent alarm processor*) ning efektiivset abilit otsustuste tegemiseks.

Elektrivõrgu operatiivjuhtimisel vajatakse teavet ka võrguettevõttevälisest infosüsteemidest. Vaja läheb reaalajas andmevahetust nii sama kui erineva tasemega võrkude (nt põhi- ja jaotusvõrk) ning suurte klientide infosüsteemide vahel. Pidev ühendus peab olema elektribörsiga ja teiste elektrituru osapooltega. Operatiivset ühendust on vaja ka ilmajaamaga ja muude ettevõtetega. On veel teisigi infosüsteeme, mida kasutatakse näiteks ettevõtte administratiiv- ja finantsjuhtimisel. Ettevõtte juhtkonnale vahendatakse teave andmeaida kaudu, kuhu kogutakse muudest infosüsteemidest ainult juhtimisotsusteks vajalik info.

Allpool vaadeldakse lähemalt võrgu-, geo- ja kliendiinfosüsteemi ning energia mõõtesüsteemi ja elektri kvaliteedi seiresüsteemi. Põhjalikumalt käsitletakse infohaldussüsteemi *Xpower*.

8.2 Võrguinfosüsteem

8.2.1 Elektrivõrgu info

Võrguinfosüsteem sisaldab andmeid elektrivõrkude ehituse ja remondi kohta ning muid tehnilisi näitajaid. Geoinfosüsteemiga integreerituna kuuluvad siia ka kaardid ja skeemid. Võrguinfosüsteemis säilitatakse järgmisi andmeid.

- Liini (liinilõigu) andmed:
 - otspunktide koordinaadid
 - juhtme (kaabli) tüüp
 - pikkus
 - konstruktsioon
 - masti andmed
 - hoolduse ja ülevaatuse andmed.
- Alajaama andmed:
 - alajaama nimi
 - trafode identifikaatorid

- konstruktsioon
alajaama skeem.
- Trafo andmed:
 - asukoht
 - tootja seerianumber ja trafo ehitamise aasta
 - tehniline spetsifikatsioon (võimsus, takistused, gabariit jm)
 - hoolduse andmed.
- Lüliti andmed:
 - identifikaator
 - tüüp
 - pinge ja voolu parameetrid
 - ehitusaasta
 - releesätted
 - statistilised andmed (töötüklite arv jm)
 - hoolduse andmed.

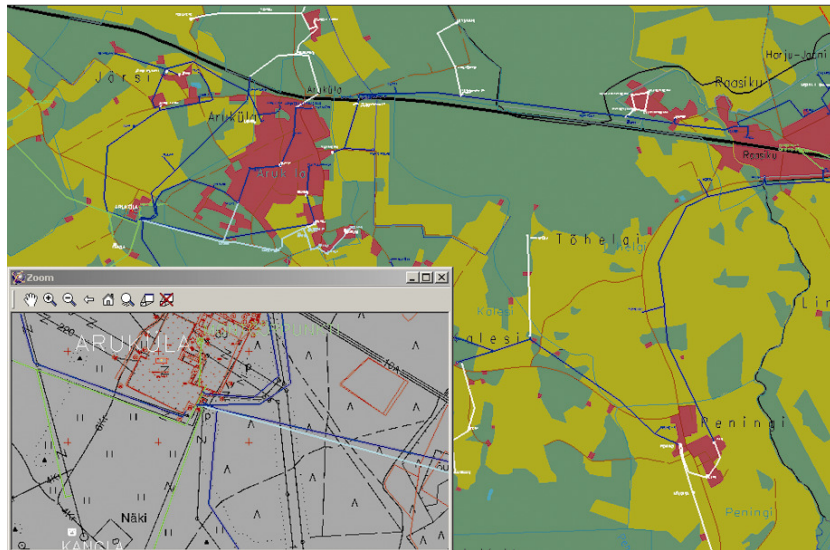
Lisaks säilitatakse veel maandusseadmete, arvestite ja muude seadmete andmeid ning teavet objekti staatuse (plaanitud, olemasolev), majanduslike näitajate jms kohta.

Võrguinfosüsteemi andmeid kasutatakse võrgu talitluse arvutamiseks vajalike elektriskeemide koostamisel. Aluseks on staatiline võrguühenduste mudel. Jooksev (dünaamiline) skeem saadakse, kui arvestatakse lülitite tegelikke asendeid. Võrguinfosüsteemi andmeid vajatakse ka võrgu käidu haldamiseks ning võrgu plaanimisel ja projekteerimisel. Elektrivõrgu käiduga seondub remondi-, hooldus- ja ülevaatuses plaanide ja kalkulatsioonide koostamine ja realiseerimine, samuti aruannete ja dokumentatsiooni koostamine. Plaanimise eesmärk on tagada võrgu talitluskindlus ja optimaalsus. Plaanitakse nii staatiliselt, näiteks talitlust tippkoormuse korral, kui dünaamiliselt, arvestades koormuse ja muude tegurite muutusi vaadeldaval ajavahemikul. Andmed koormusgraafikute kohta hangitakse kliendiinfosüsteemist. Elektriliinide projekteerimisel on suureks abiks olemasoleva elektrivõrgu ja taustakaardi andmed. Projektdokumentatsioonile lisatakse ülevaate- ja detailkaart, konstruktsiooni joonised, materjalide mahud ja tööde kirjeldused. Vajaduse korral täpsustatakse tulevase liini asukohta globaalse positsioonimissüsteemi (*GPS*) mõõteandmetega.

8.2.2 Geoinfosüsteem

Geoinfosüsteem (*GIS*) on ruumiliselt kindlaks määratud andmete kogumise, salvestamise, töötlemise ja esitamise automatiseeritud süsteem. Graafiliselt kujutatavad joon-, punkt- või pindgeomeetriaga objektid võivad olla elektriliin, mastid või alajaama territoorium (joonis 8.2). Alajaama territooriumil paiknevate elektriseadmete kujutamiseks kasutatakse keerukama struktuuriga graafilisi objekte. Geoinfosüsteemis on graafiline joonis ja muud andmed seotud. Graafiline kasutaja-liides loob soodsa keskkonna päringute koostamiseks ja andmetele juurdepääsuks.

Ka ei pea võrgumudeli topoloogia kirjeldamiseks sisestama andmebaasi eraldi informatsiooni, sest graafiliste objektide vahel kujunevad seosed automaatselt. Geograafilisse infosüsteemi kuuluvad ennekõike mitmesugused kaardid, aga ka skeemid, joonised, pildid ja muu graafiline materjal. Rakendusprogrammid võimaldavad kaartide ja muu materjali esitamist kuvaril eri vormingus, väljatrükki printeril, plotteril jm.



Joonis 8.2 Elektrivõrgu piirkonna kaartskeem

GIS aitab vaadelda, mõista, esitada küsimusi, tõlgendada ja visualiseerida andmeid viisil, mis ridade ja veergude kujul pole võimalik. *GIS* aitab leida korrapära andmete suurest hulgast, mida ilma kaardita leida ei saa. *GIS*i rakendusi:

- maamöödutööd
- üldplaneeringud (maastiku ja ehitiste planeering)
- demograafilised ja infrastruktuuri analüüsid ja planeeringud (kommunikatsioonid, rahvastik, krundid, kinnistud, ehitised)
- operatiivset tegutsemist nõudvad alad, objekti ja andmete kiire leidmine (inimese nimi, maja number jm)
- tehnoarvutuste tegemine ja projekteerimine, sh energeetikaettevõtted (gaas, elekter, nafta)
- logistika, maa-, vee- ja õhustranspordiettevõtted.

Geoinfosüsteem on palju enam kui digitaalkujul esitatud pilt või andmebaas. Kõiki objekte, mis on digitaalkaardil, on võimalik siduda objekti kohta käivate andmetega. Kaardipildiga seotud andmebaas võimaldab

- siduda objektiga või piirkonnaga muud teavet, näiteks võib elektrivõrgu liitumispunktiga siduda kliendi tehnilised andmed

- otsinguid ka andmebaasi põhjal ning tulemuste vaatamist kaardil
- valida kinnistu andmetele toetudes kaardil välja ehitatava liini alla jääv maa-ala, saada nimekiri maaomanikest, kellele tuleb kompensatsiooni maksta, ning arvutada kompensatsioonimakse suurust.

Geograafilise infosüsteemi andmete hulka kuuluvad ennekõike kaardid. Eristatakse **raster-** ja **vektorkaarte**. Rasterkaart saadakse olemasolevate paberkaartide skaneerimisega või aerofotode töötlemisega. Rasterkaardil moodustavad objekti kõrvuti asetsevad ruudud, pikselid. Igal pikseli tunnusel võib olla naabritest sõltumatuid väärtusi, näiteks värvus.

Vektorkaardil kirjeldatakse andmeid punktide, joonte ja pindadena ning nende kuju ja vormi määravate matemaatiliste funktsioonidena ehk vektorandmetena. Alajaama territooriumil paiknevate elektriseadmete kujutamiseks kasutatakse keerukama struktuuriga graafilisi objekte. Vektorkaart saadakse vektoriseerimise teel rasterkaartidest või moodustatakse geodeetiliste mõõtmiste käigus. Vektorkaartide puhul on tavaks paigutada sama tüüpi objektid omaette kaardikihtidesse, mida võib eraldi töödelda ja kuvada. Vektorkaardi objektidega seotakse andmeid ja omadusi. See annab võimaluse manipuleerida objektidega kui eraldi üksustega. Kuigi rasterkaartide soetamiskulud on madalad, nõuavad need rohkesti arvutiresurssi ja pakuvad vähe võimalusi. Erinevaid kaarditüüpe on mõnikord otstarbekas kombineerida nii, et taustaks on rasterkaart, ja elektrivõrgu skeem esitatakse ühe vektorkaardi kihina.

Digitaalkaarte iseloomustab andmeformaad – andmete kodeerimise ja pakkimise meetod, ning projektsioon – parameetrite hulk, mis näitab, kuidas on tasapinnal kujutatud maakera ellipsoidaalset pinda. Digitaalkaardi puhul ei ole mõtet rääkida mõõtkavast, vaid ainult kaardi täpsusest. Nii võib mõõtkavas 1:10 000 kaardi täpsuseks pidada ± 10 m, kuigi seda on võimalik kuvada ja printida ka näiteks mõõtkavas 1:5000. Kaardid rasteriseeritakse üldjuhul lahutusvõimega 1016 dpi, s.t kaarti on võimalik viimistleda 1/1016 tolli ehk 0,025 millimeetri suuruste täppidena.

Peamised geoinfosüsteemi päringu liigid on asukoha-, otsingu-, trendi-, teekonna-, klassifitseerimis- ja modelleerimispäring. Elektrivõrgus kasutatavad kaardid luuakse valmiskaartide, nende andmebaaside ning objekte tähistavate tingmärkide alusel. Kaardid on staatilised, dünaamilised või moodustatud päringu tulemusel. Staatilised kaardid ei muutu. Dünaamiline kaart muutub, kui muutuvad andmed andmebaasis. Päringuga loodud kaart sõltub etteantud reeglitest ja andmebaasi andmetest.

Elektrivõrgus on peamisteks teede, maakatastri ja ehitiste registri kaardid. Vajatakse ka taimestiku kaarti metsa ja võsaga kaetud alade kindlakstegemiseks ning pinnase- ja muid kaarte ehitiste projekteerimisel. Neile kaartidele kantakse elektrivõrgu objektid: alajaamad, liinid, lülitid, juhtimis- ja releekaitseseadmed. Kihte ja filtreid kasutades saab objekte ekraanil kuvada või peita näiteks pinge, tarbitava võimsuse või elektriühenduste järgi.

Elektrivõrgus kasutatakse enamasti tuletiskaarte, mis saadakse teiste kaartide töötlemisel. Tuletiskaardid tuleb formeerida nii, et lähtekaartide muudatused saaks tuletiskaardile automaatselt üle kanda. Peamisteks üldotstarbega kaartideks on baaskaart mõõtkavas 1:50 000 ja põhikaart mõõtkavas 1:10 000. Baaskaart sobib suuri liine ja alajaamu tähistava üldkaardi valmistamiseks. Põhikaart on keskpinge-liinide ja jaotusalajaamade märkimiseks. Madalpingevõrgu jaoks, eriti tarbijatega liitumise punktides, vajatakse kaarte mõõtkavas 1:250. Elektrivõrgu kujutamiseks on olemas järgmised võimalused:

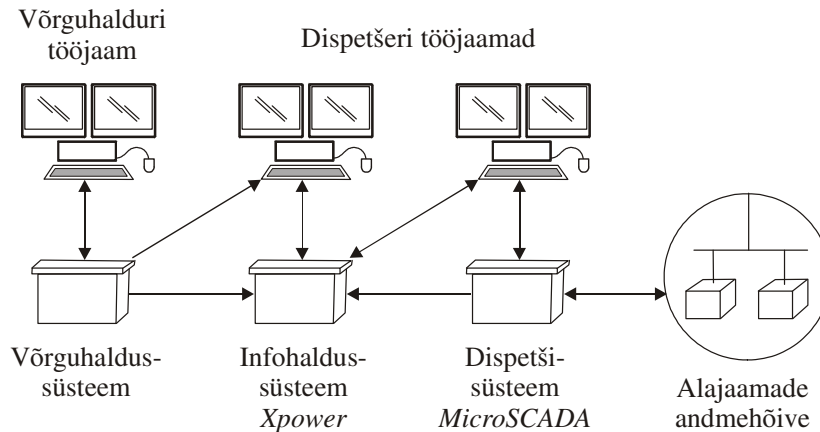
- topoloogiline kaart mõõtkavas 1:500, 1:2000 ja 1:10 000
- mitmekihilised elektrivõrgu skeemid
- põhikaart koos taustakaardiga.

Ühe osa geoinfosüsteemist moodustab navigatsioonisüsteem, mis on mõeldud asukoha kindlakstegemiseks ning etteantud liikumisteed mööda soovitud punkti suundumiseks. Satelliitnavigatsioonisüsteem (*GPS*) tugineb tehiskaaslastele ja nende signaale vastuvõtivatele tööjaamadele. Sõltuvalt seadmete kvaliteedist ja mõõdistamise meetodikast on asukoha täpsus 100 m kuni 1 cm. Elektrivõrkude käit nõuab täpsust kuni üks meeter näiteks kaablite asukoha määramisel. Portatiivne auto navigeerimisseade *TomTom* hõlbustab operatiivteenistuse brigaadidel alajaamade ja klientide asukoha leidmist ja dispetšerirakendus võimaldab reaajas jälgida brigaadide liikumist, parandades brigaadide juhtimist ja jooksvat töökorraldust.

8.2.3 Infohaldussüsteem

Elektrivõrgu käidu organiseerimisel on tehniliste andmete ja talitluse info kõrval vajalikud majanduslikud andmed ja vahendid nende haldamiseks. EE jaotusvõrgus on aastaid kasutusel olnud infohaldussüsteem *Xpower* (p 8.5), mille üheks põhikomponendiks on talitluse tugisüsteem *DMS*. *Xpower* toetab põhimõtteliselt ka varade haldamist, elektrivõrgu plaanimist, rajatiste projekteerimist ja hoolduste plaanimist. On siiski selgunud, et *Xpower*'i võimalused ressursside haldamisel jätavad soovida. Seetõttu on koostamisel üldisem võrguhaldussüsteem, mis haaraks peale varahalduse ka personali kvalifikatsiooni, tervise- ja kaitsevahendite kontrolli.

EE jaotusvõrgu haldamise, käidu ja operatiivjuhtimise ühtse infosüsteemi (joonis 8.3) komponentideks on võrguhaldussüsteem, infohaldussüsteem *Xpower* ja dispetšisüsteem *MicroSCADA*. Võrguhaldussüsteem töötleb edaspidi võrgu kõiki staatilisi andmeid. Dünaamilisi andmeid võrgu operatiivselt vaadeldava osa kohta kogub ja töötleb dispetšisüsteem. Andmeid operatiivselt mittevaadeldava võrgu talitluse kohta töötleb *Xpower*, millele kuuluvad ka talitluse tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonid. Võrgu hoolduse, plaanimise ja projekteerimise toiminguid rakendatakse niivõrd, kuivõrd neid ei täideta võrguhaldussüsteemi vahenditega. Võrgu staatiline info, mis seni sisestati *Xpower*'i vahenditega, kantakse *Xpower*'i andmebaasi võrguhaldussüsteemist. Dünaamilised andmed hangitakse dispetšisüsteemist.



Joonis 8.3 EE jaotusvõrgu ühtne infosüsteem

Võrguhaldussüsteemi majanduslikud võimalused on

- varade haldus – info varade, nende paiknemise ja muutuste ning tehtud kulutuste kohta
- tööde haldus – info tehtavate tööde ja defektide kohta
- hoolduste plaanimine ja teostamine – elektrivõrgu käidu haldus
- seadmete ennetav haldus
- elektrikatkestuste haldamine
- personali kvalifikatsiooni ja ohutuse haldamine
- projektijuhtimine – lepingud, tähtajad, eelarve, tööd
- dokumendihaldus.

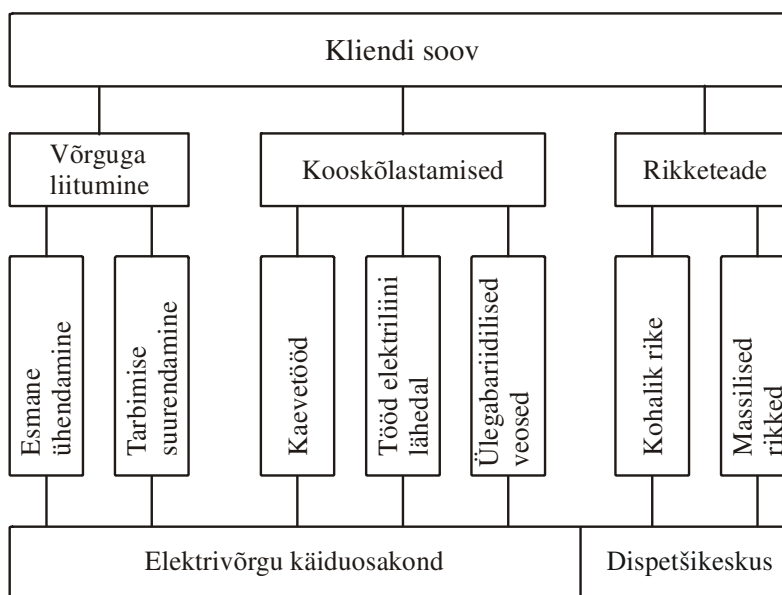
Võrguhaldussüsteemil on liides ka kliendiinfosüsteemiga.

8.3 Kliendiinfosüsteem

Kliendiinfosüsteem haldab elektritarbijate liitumispunktide ja arvestite asukoha andmeid, infot arvestinäitudest ja maksete sooritamisest jm. Kliendiinfosüsteem koosneb klientide andmebaasist, elektrivõrgu töötajate kontaktandmetest ja andmeanalüüsi tarkvarast. Klienti teenindades saab teha järgmisi päringuid:

- kliendi esindaja kontaktandmed
- liitumispunkti koordinaadid
- peakaitsme suurus
- lepingukohased nõuded energia kvaliteedile
- andmed energiatarbimise kohta maksetähtaegade kaupa
- andmed maksete tasumise kohta
- andmed plaaniliste ja tegelike elektrikatkestuste kohta
- tariif
- tüüpkoormusgraafik.

Tüüpkoormusgraafiku abil analüüsitakse ja prognoositakse energiatarbimist. Analüüsitakse muuhulgas esitatud arvestinäitude tõepärasust. Prognoosimise üheks eesmärgiks on leida maksimaalkoormuse võimalik väärtus. Mõlemal juhul on vaja arvestada koormuse regulaarseid muutusi, stohhastilisust ja temperatuurisõltuvust. Seega on vajalikud nii koormusgraafik (koormuse matemaatiline ootus) kui koormuse hajuvuse ja temperatuurisõltuvuse näitajad, mis üheskoos moodustavad koormuse matemaatilise mudeli. Koormuse andmeid on vaja ka võrguinfosüsteemiga ja talitluse tugisüsteemiga seonduvate ülesannete lahendamisel.



Joonis 8.4 Kliendi soovide rahuldamise skeem

Klienditeeninduse ülesanne on rahuldada klientide soov, mis puudutavad liitumist elektrivõrguga, elektriliini lähedal tööde tegemist ning riketest ja remonditöödest tingitud elektrikatkestuste selgitamist (joonis 8.4). Nii esmasel liitumisel kui elektritarbimise suurendamise soovi korral tuleb tarbijal maksta liitumistasu, mida arvestatakse peakaitsme ühe ampri kohta. Kaeve- ja muud tööd tuleb kooskõlastada, kui need on elektriliinide lähedal. Orienteerivad kaugused on esitatud tabelis 8.1. Kooskõlastamist vajavad ka ülegabariidilised veosed, mille kõrgus ületab paikkonnast sõltuvalt 4...4,5 m. Kliendipoolse rikketeate korral tuleb selgitada, kas elektrikatkestus puudutab ainult ühte klienti või on tegemist ulatuslikuma rikkega. Mõlemal juhul peab klient saama ammendava vastuse. Vajaduse korral kooskõlastatakse vastused kohaliku elektrivõrgu käidu- ja operatiivpersonaliga.

Tabel 8.1 Tööde kaugus elektriliinist

Liini pinge kV	<1	3...20	35...110	220...330
Kaugus liini teljest m	2	10	25	40

8.4 Arvestite kauglugemine ja elektri kvaliteedi seire

Arvestite kauglugemine ja elektri kvaliteedi seire kujutavad tänapäeval kahte iseseisvat infosüsteemi. Kummaski süsteemis on spetsiifilised mõõturid, andmeedastus ja keskus, kus andmed ära kasutatakse. Tõsi, juba lähemas tulevikus on ette näha energia mõõtesüsteemi muutumist multifunktsionaalseks, kus info liigub mõlemas suunas: nii tarbijatelt keskusesse kui ka vastupidi. Vastupidises suunas on tarbijatele võimalik saata näiteks andmeid tema enda energia tarbimise kohta (koormusgraafikuid), aga ka olukorrast elektribörsil.

8.4.1 Arvestite kauglugemissüsteem

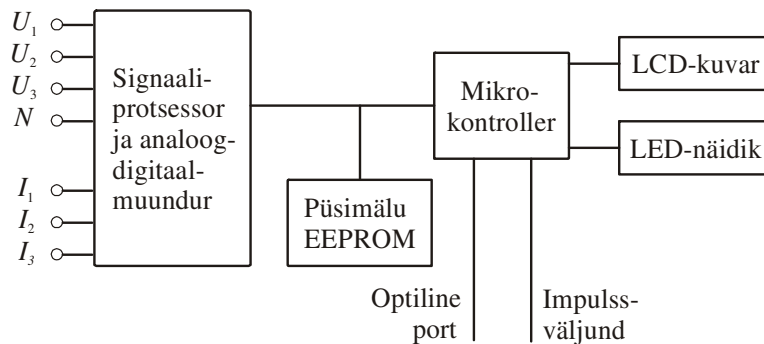
Elektrienergia mõõtmiste asjakohane korraldamine on elektrivõrgu majandusliku tegevuse alus. Traditsiooniliselt kuude kaupa toimuvale elektrivõrgu ja elektritarbijate vahelisele arveldusele lisandub vabal elektriturul dünaamiline, tunnipõhine elektrienergia mõõtmine. See eeldab senisest täiuslikumat mõõtesüsteemi, kuhu kuuluvad nüüdisaegsed arvestid, andmesidevõrk ning andmete säilitamise ja töötlemise vahendid. Väiketarbijad, kelle arvestite kauglugemist on kulukas korraldada, on seni Põhjamaade elektriturul osalenud tüüpkoormusgraafikute vahendusel. Bilansiselgituse õiglaseks korraldamiseks minnakse seal lähiaastatel üle ka väike- ja suurtarbijate energia tunniandmete kauglugemisele. Sama on kavas Eesti Energia juures.

Nii võrku siseneva kui sealt väljuva energia ja ka üksiktarbijate elektritarbimise mõõtmine on võrguettevõtja ülesanne. Nõuded mõõtmiste korraldamise ja mõõteseadme kohta on sätestatud elektrituruseaduses ning rahvusvahelistes ja ettevõtte standardites. Kõik kommerts mõõtmise seadmed (arvestid, mõõtetrafod, terminalid jm) peavad nii mõõtetäpsuse kui töökindluse poolest vastama nõuetele. Nii peab arvestite täpsusklass olema kodutarbijatel vähemalt 2 (klass A või B uue mõõtedirektiivi kohaselt) ja suurtarbijatel 1, mõõtetrafode vajalik täpsusklass on 0,2 (voolutrafodel 0,2 S). Mõõteterminali varutoiteallikas peab tagama toite katkemise korral andmete säilimise vähemalt kahe nädala jooksul. Elektriarvesti ja sellega integreeritud tariifjuhtimiskellad peavad läbima enne kasutusele võtmist esmakalibreerimise. Omad nõuded on andmete ülekandele ja säilitamisele kesksüsteemis.

Elektrienergia mõõtmiseks vahelduvvooluvõrkudes kasutati varem üksnes **induktioonarvesteid**, tunnusenäidise pöörlev alumiiniumketas. Sellised arvestid on praegugi laialdaselt kasutusel. Nüüdisajal toodetakse ja paigaldatakse **elektroonseid** ehk **staatiliisi arvesteid**, mis põhinevad analoog-digitaalmuunduritel ja mikroprotessoritel. Väikestel võimsustel on kasutusel vahetult ühendatavad mõõtetrafodeta

ühe- ja kolmefaasilised aktiivenergiaarvestid. Suurte voolude (nt üle 100 A) ja kõrgete pingete korral, kus on vajalikud voolu- ja pingetraford, mõõdetakse aktiivenergia kõrval ka reaktiivenergiat, vajaduse korral nii tarbimise kui võrku andmise suunas. Arvestid võivad olla ühe- ja kahetariifsed, suurtarbijaid mõõtvad kombiarvestid on ka mitmetariifsed (nt neljatariiifsed).

Mikroprotsessoripõhise multifunktsionaalse elektriarvesti plokkskeem on joonisel 8.5. Voolu- ja pingetrafodest või anduritest lähtuv analoogsignaali suubub integraallülitusse, mis koosneb signaaliprotsessorist ja analoog-digitaalmuundurist. Signaaliprotsessor arvutab energiakoguse ja väljastab sellega võrdelise arvu impulsse (nt 250 impulssi 1 kWh kohta). Impulsid võtab vastu mikrokontroller, mis nende alusel leiab aktiiv- ja reaktiivenergia ja salvestab tulemuse juba numbrilisel kujul. Andmed väljastatakse numbriliselt ning impulssväljundina optilise jadapordi kaudu, kus igale kilovatt-tunnile vastab kindel arv impulsse. Mikrokontroller juhib vedelkristallkuvarit (*Liquid Crystal Display, LCD*), millel kajastuvad arvesti andmed ja olekud, ning valgusdiodnäidikut (*Light Emitting Diode, LED*) energiatarbimise osutamiseks. Kõik algväärtustamise ja kalibreerimiskonstandid säilitatakse programmeeritavas elekterkustutusega püsिमälus (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory, EEPROM*). Komplekti kuulub veel toiteplokk ja aku. Võimalikud on lisalülitused (suvandikaardid) releekaitsele ja automaatjuhtimisele.



Joonis 8.5 Multifunktsionaalse elektriarvesti plokkskeem

Multifunktsionaalne elektriarvesti annab mitu mõõtmisvõimalust, mis on programmeeritavad vajaduse kohaselt. Mõõta võib nii tarbitud kui võrku antud aktiiv- ja reaktiivenergiat. Olulisemad lisavõimalused on järgmised:

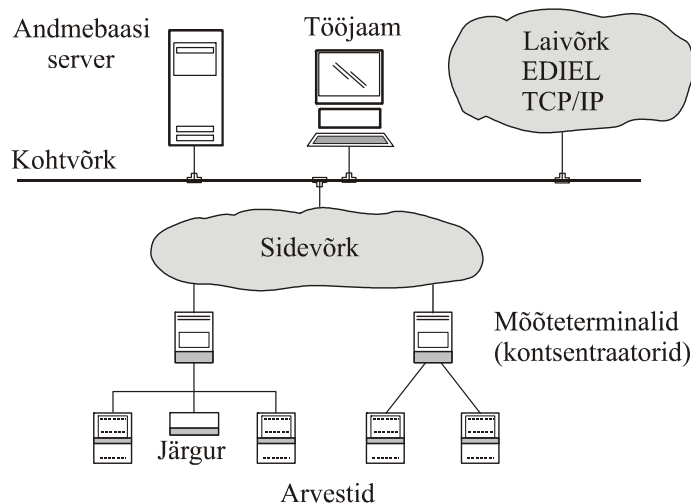
- koormustipu fikseerimine kindla intervalliga (1...60 min) etteantud ajavahemiku (tavaliselt üks kuu) kohta
- tariifvahemike sättimine kellaegade, nädalapäevade ja aastaegade kaupa, arvestades kalendrit
- koormuse seire aja, tariifvahemiku ja maksimaalväärtuse alusel
- andmed elektri kvaliteedi (pinge tase, toitekatkestused) kohta
- üle 3 minuti kestnud toitekatkestustest kesksüsteemile teatamine, et otsekohe

- saaks võtta kasutusele meetmed rikke kiireks kõrvaldamiseks
- elektritoite välja- ja sisselülitamine või koormusvoolu piiramine liitumispunktis.

Arvesti tariifvahemike ja koormuse kontrolli sätteid saab muuta optilise pordi kaudu, mis töötab mõlemas suunas.

Arvestid paigutatakse liitumiskilpi. Arvestite hankimine, paigaldamine ja hooldamine on võrguettevõtja kohus. Kõigile keskpingel mõõdetavatele tarbijatele ning väikeelektrijaamadele paigaldatakse kahesuunaline aktiiv- ja reaktiivvõimsuse mõõtur ning koormusgraafiku salvesti koos kauglugemisseadmega.

Eesti Energia on Soome firma Enermet (nüüdseks liitunud Šveitsi firmaga Landis Gyr) kauglugemissüsteemi *Avalon* kõrval rakendanud ka Eesti firmade Treng ja Ektaco süsteeme vastavalt 18 600 ja 16 500 arvestiga. Ühte majja on paigutatud Taani firma Kamstrup raadiosüsteem 80 arvestiga. Esimeses 1996. aastal paigaldatud kauglugemissüsteemis kasutati Soome firma Enermet süsteemi *Centrapuls*. Vahepeal olid kasutusel süsteemid *Avalon Tele* (äritarbijatele) ning *Avalon LON* (kodutarbijatele). Nüüd on Enermet üle läinud ühtsele süsteemile *AIM (Active Information Management)*, mis sisaldab hetkel 22 000 arvestit. Iga kuu lisandub 20...30 uut kaugloetavat mõõtepunkti.

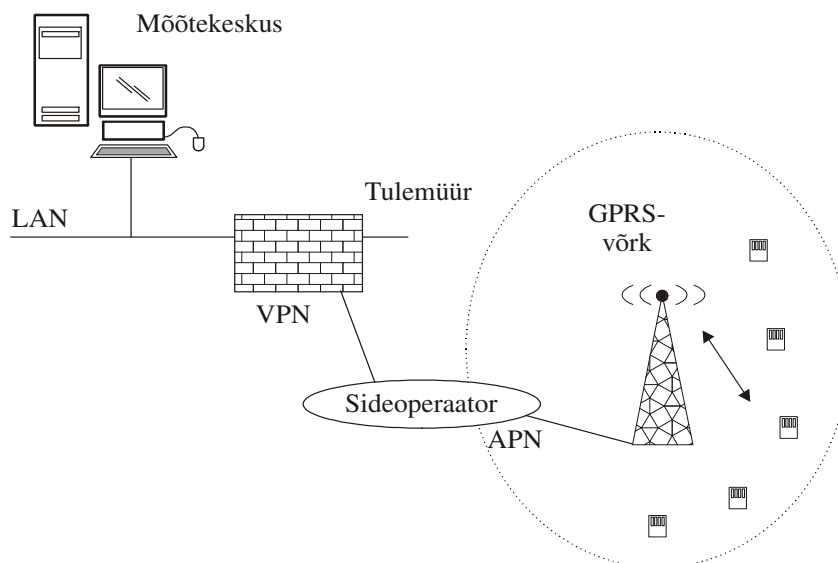


Joonis 8.6 Elektrienergia kaugmõõtesüsteem

Kaugmõõtesüsteemis (joonis 8.6) edastatakse arvestite andmed mõõteterminali (kontsentraatorisse). Kohalik andmeside toimub elektrivõrgu kaudu kõrgsageduskanali (*DLC*), telefonivõrgu või kaabeltelevisioonikanali abil. Andmesidet korraldab arvestile lisatud kauglugemisplokk (impulsside loendurseade). Elektrivõrgus võib sidesignaalide sumbumise kompenseerimiseks rakendada järgurit. Mõõteterminal saab andmeid ühelt või mitmelt andurarvestilt. See toimub enamasti

impulsside kujul, mis summeeritakse ja muudetakse seejärel digitaalsuurusteks. Mõõdeterminal võib hajaasustuspiirkonnas ka puududa ning arvestid ühendatakse sidevõrguga modemi abil, mis kuulub uute arvestite juurde. Tarbimisandmed registreeritakse näiteks tunnikaupa, säilitatakse vahemälus ja edastatakse nõudmisel kesksüsteemile.

Andmesidet mõõdeterminalide ja mõõtekeskuse vahel peetakse telefoni- või elektrivõrgu kaudu. Võimalik on *GSM*-põhine side. Väiketarbijatega võib sidet pidada *SMS*-lühisõnumitega. Siis on mõõteandmete edastamise kõrval võimalik kaugjuhtida koduautomaatikat. Andmesideks sobib ka telefonivõrk või nimelt selleks otstarbeks rajatud pakett-raadiovõrk (*GPRS*, *EDGE*).



Joonis 8.7 Energia kaugmõõtesüsteemi andmeside

Enermet AIM andmeside aluseks on sideprotokoll *TCP/IP*, mis toetab andmete pakattedastuse põhimõtet ja võimaldab samadel alustel vaid *IP*-aadressi põhjal andmeid üle kanda mis tahes seadmete vahel erinevate sideliinide (raadioside, telefonside, kohtvõrk jm) kaudu. Joonisel 8.7 näidatud andmeside tugineb pakett-raadiovõrgule *GPRS*. Raadiovõrgu kõrval võib olemas olla telefonside või muu sidevõrk, väikeste vahemaade korral ka kohtvõrk. Sideteenuseid pakkuv sideoperaator on virtuaalse privaatvõrgu (*VPN*) kaudu ühenduses mõõtekeskusega, kus serverid ja tööjaamad on ühendatud kohtvõrgu (*LAN*) kaudu. Vajaliku andmeturbe tagab tulemüür. Raadioside on taas korraldatud privaatse pääsuõiguse (*APN*) põhimõttel, mis tagab, et sidet kasutatakse vaid mõõteandmete edastamiseks.

Mõõtekeskus korraldab energiaandmete tsüklilise kogumise. Eesti Energias kogutakse praegu andmeid kaugloetavate kodutarbijate kohta kord kuus, äritarbijate

kohta kord ööpäevas. Plaanitava kauglugemisprojekti raames loetakse kõigi tarbijate andmeid kord ööpäevas, vajadusel ka tihedamini. Andmed salvestatakse pikka aega säilitamiseks *Oracle*-tüüpi relatsioonandmebaasi. Kui andmeid kogutakse reaajas näiteks kolmeminutilise tsükliga, võib relatsioonandmebaasi töökiirus osutada väikeseks ja rakendada tuleb objektorienteeritud reaalajaandmebaasi. Mõõtekeskuses töödeldakse andmeid nii kohalike arvelduste kui energiaturu infovarustuse ja bilansiselgituste tarvis. Energiaturu vajaduste rahuldamiseks edastatakse andmed asjaosalistele laivõrgu kaudu, milleks kasutatakse sobivaid sideprotokolle (nt *Ediel* Põhjamaades) või ka veebipõhist andmeedastust (protokoll *TCP/IP*). Eesti Energias edastatakse andmeid seni tekstifailide abil.

Kaugmõõtesüsteemil on mikroprotsessoripõhiste arvestite programmeeritavuse tõttu elektrienergia mõõtmise kõrval muidki funktsioone, nagu

- jaotusvõrgu seisundi seire
- elektri kvaliteedi seire
- rikete lokaliseerimine
- koormusgraafikute koostamine
- koormuste juhtimine
- elektrituru tegevuse toetamine
- klienditeenindus.

Jaotusvõrgu seisundi seire tähendab seisundiparameetrite mõõtmist, estimateerimist ja prognoosimist. Elektrivõrgus, kus kaugmõõtesüsteemi on ühendatud enamik elektritarbijaid, võimaldab see vähima määramatusega jooksvalt minimeerida võrgukadusid pinge reguleerimisega, reaktiivvõimsuse kompenseerimisega ja võrgu optimaalse skeemi valikuga.

Elektri kvaliteedi tagamise tähtsus on tõusnud arvutustehnikal põhinevate seadmete lisandumise tõttu. Teisalt on sellised seadmed ise häiringute allikad. Jälgitavateks kvaliteedinäitajateks on pingehälbed, pinge kõikumine (sh värelus), toitekatkestused, liigpinged, pinge asümmeetria ning mittesiinuselisus jm.

Tihe kaugmõõtevõrk on tõhus elektrivõrgu rikete lokaliseerimise vahend juhul, kui andmeside säilib ka elektrikatkestuse ajal. Praktiliselt on see võimalik, kui arvesti on varustatud sõltumatu energiaallikaga ja side on korraldatud telefoni- või *GSM*-võrgu kaudu. Piisava mälumahu korral võib arvesti täita ka rikkemeeriku ülesandeid.

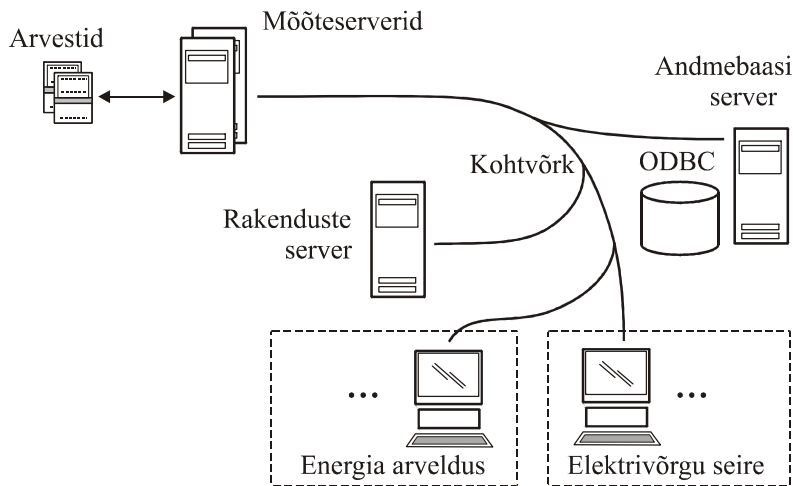
Koormusgraafikuid on hädavajalik tunda nii elektrivõrgu arendamise kui talitluse plaanimise seisukohalt. Ka väiketarbijate elektriturg põhineb koormuse tüüpgraafikutel. Koormusgraafikute koostamine kuulub nüüdisaegsete arvestite põhifunktsioonide hulka.

Koormusi juhitakse kas kaudselt dünaamiliste tariifide rakendamisega või ka otse. Madala ja kõrge tariifiga ajavahemike jooksev muutmine ei tekita kaugmõõtevõrgu olemasolul raskusi. Küll aga peab tarbija saama teavet ja olema võimeline muutma

koormust näiteks akumuleeriva elekterkütte abil. Elekterkütet ja sauna elektrienergiaid võib jaotusvõrgu dispetšer juhtida ka otse. Kaugmõõtevõrk annab selleks vajaliku sidekanali.

Elektriturgu saab dünaamiliste tariifide ja tüüpkoormusgraafikute rakendamise kõrval toetada ka muul viisil. Vajadusel võib ostu-müügilepinguid muuta või ühekordselt suurematele elektritarbijatele elektrienergiat osta või müüa elektribilansi üles- ja allareguleerimiseks.

Kaugmõõtesüsteemi vahendusel saavad jaotusvõrgu kliendid oma elektritarbimisest ammendava teabe. Jaotusvõrgu dispetšerid võivad osutada ka valve- ja muid teenuseid. Selleks on aga vaja asjakohast **tarbijaterminali (CTU)**.



Joonis 8.8 Multifunktsionaalne kaugmõõtesüsteem

Multifunktsionaalsesse kaugmõõtesüsteemi (joonis 8.8) kuuluvad arvestite ja mõõteterminalide kõrval andmebaasi- ja rakendusserverid ning tööjaamad. Sama kohtvõrgu kaudu toimub nii energia arveldus, elektriturg kui ka elektrivõrgu talitluse seire ja juhtimine.

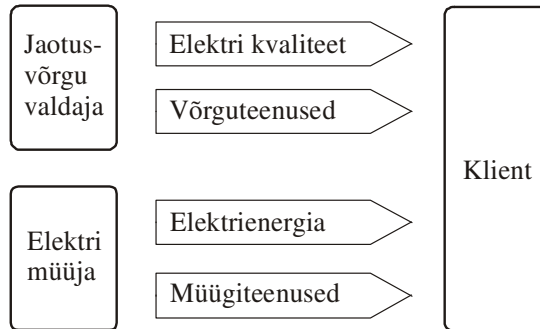
Loodetakse, et elektri suurtarbijate kõrval ka väiketarbijate ühendamise multifunktsionaalsesse kaugmõõtesüsteemi on aluseks nn tarkvõrgule, kus tarbijad osalevad näiteks tippkoormuste vähendamises. Eesti Energias on ettevalmistamisel projekt 620 000 elektriarvesti kauglugemisele viimiseks, mille käigus hangitakse arvestid, lisaseadmed ja ka uus kesksüsteem.

8.4.2 Elektri kvaliteedi seire

Elektrienergia kasutamise efektiivsus sõltub elektri kvaliteedist. Elektri pinge ja sagedus peavad olema lähedased nimiväärtusele, pinge peab olema siinuseline ja

kolmefaasilises süsteemis sümmeetriline. Nende tingimuste täitmist nimetatakse ka pinge kvaliteediks. Lisandub veel elektrivarustuspeivuse nõue. Elektri kvaliteediga seonduv mõiste on elektromagnetiline ühilduvus (*EMC*), mis käsitleb elektriseadmete häiretundlikkust ja häiringute tagasimõju.

Tarbijate elektrivarustusega tegelevad põhimõtteliselt erinevad ettevõtted – ühed edastavad, teised müüvad elektrienergiat. Tarbija olukorra tervikuna määrab elektrivarustuse kvaliteet, mis koosneb elektri kvaliteedist ja elektrienergia tarnimisega seotud teeninduse kvaliteedist (joonis 8.9). Elektri kvaliteedi tagamine on kõigi elektrivarustuse osapoolte kohustus. Kvaliteedi eest vastutavad nii elektri tootjad, ülekandjad, jaotajad ja ka tarbijad. Sageli rikuvad just tarbijad elektri kvaliteeti nii enda kui teiste jaoks.



Joonis 8.9 Elektrivarustuse võrgu- ja müügiteenused

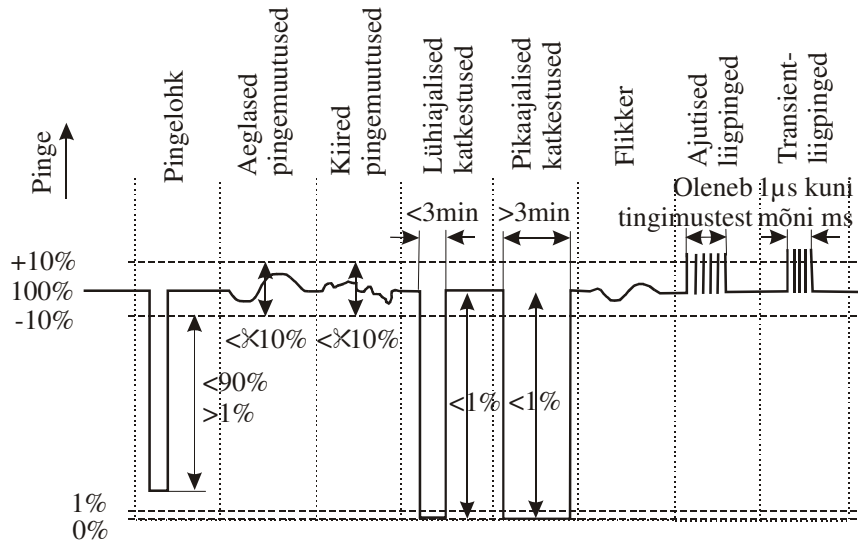
Pinge kvaliteedinäitajateks on

- võrgusagedus
- pinge tase ja aeglased pingemuutused
- pingelohud ja kiired pingemuutused
- väreelus
- lühiajalised toitekatkestused
- pikaajalised toitekatkestused
- võrgusageduslikud liigpinged
- transientliigpinged
- toitepinge asümmeetria
- kõrgemad harmoonikud
- vaeharmonoonikud
- signaalpinged
- alaliskomponendid vahelduvvooluvõrkudes.

Olulisemaid elektri kvaliteedi näitajaid on iseloomustatud joonisel 8.10 ja tabelis 8.2.

Pinge kvaliteeti vaadeldakse ennekõike tarbija liitumispunktis. Võrgusagedus ja pingetase on suurused, mis on nii mõõtmistehniliselt kui arvutuslikult igati kontrollitavad. Kõrgemad harmoonikud, pinge asümmeetria ja kiired pingemuutused (sh väreelus) on samuti jälgitavad, kuid võrguettevõtjal on raske neid kõrvaldada, sest neid nähtusi põhjustavad enamasti tarbija seadmed. Vaeharmonoonikud ja pingelohud on suurused, millele on raske esitada täpseid nõudeid.

Liigpingeid püütakse vältida liigpingekaitsega. Neid nähtusi jälgitakse ja fikseeritakse. Pinge kvaliteedi mõõtmisel on muuhulgas probleemiks mõõtetrafode täpsus.



Joonis 8.10 Elektri kvaliteedinäitajate ülevaade

Elektri varustuspidevus, mille lähedane mõiste on töökindlus (*reliability of supply*), iseloomustab kogu elektri tootmise, ülekande ja edastamise süsteemi. Varustuspidevust võib omakorda vaadelda koosnevana süsteemi adekvaatsusest (*system adequacy*) ja häiringukindlusest (*system security*). Adekvaatus näitab, et süsteemi seadmed on võimelised tarbijat elektriga varustama, häiringukindlus taas seda, et häiringutele järgnev talitluse dünaamiline protsess lõpeb mõne teise vastuvõetava talitlusega. Projekteerimisel rakendatakse sageli adekvaatsusnäitajat *LOLE* (*Loss Of Load Expectancy*). Statistiliste näitajate korral on enamasti tegemist varustuspidevusega, mis haarab kumbagi mainitud seika. Enam kasutatavad statistilised näitajad on

SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*)

$$SAIFI = (\sum \text{katkestuste arv aastas}) / (\sum \text{tarbijate arv})$$

SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*)

$$SAIDI = (\sum \text{kestus} \times \text{katkest. tarbijate arv}) / (\sum \text{tarbijate arv}).$$

Ülekandevõrkude töökindlust iseloomustab ennekõike näitaja

AIT (*Average Interruption Time*)

$$AIT = 8760 \cdot 60 \cdot ENS / AD$$

kus *ENS* (*Energy Not Supplied Following Interruptions*) on andmata jäänud energia ja *AD* (*Annual Energy Demand*) aastane energiavajadus.

Tabel 8.2 Elektri kvaliteedi häiringud

Häiring	Põhjus	Mõju	Vältimine
Elektrikatkestus	Lühis, ülekoormus, hooldus	Seadmete väljalülitamine ja vigastused	Reservtoiteallikad (nt UPS)
Pingelohk ja lühiajaline katkestus	Lühis, suurte mootorite lülitused	Seadmete väljalülitamine ja vigastused	Võrgu tugevdamine, häiringutundlikkuse vähendamine, puhvertoiteallikas (UPS)
Kiired pingemuutused	Fluktuierivad tarbijad	Valgustuse fluktuatsioon	Pinge kompenseerimisseadmed
Transiendid	Lühised, pikne, kommuteerimine	Oht inimestele ja seadmetele	Galvaaniline eristamine, liigpingekaitse
Harmoonikud	Mittelineaarsed tarbijad	Termilised ja dielektrilised mõjud	Aktiivsed ja passiivsed filtrid, seadmete ehituse muutused
Vaeharmoonikud	Mittelineaarsed ja fluktuierivad seadmed, sagedusmuundurid	Valguse fluktuatsioon, automaatikaseadmete talitlushäired, pöörlevate masinate vigastused	Aktiivsed ja passiivsed filtrid, seadmete ehituse muutused
Asümmeetria	Ühefaasilised tarbijad	Elektrimasinate kuumenemine, vibratsioonid, kaitse väärtalitused	Balansseerivad seadmed, võrgu konditsioneer (DVR)

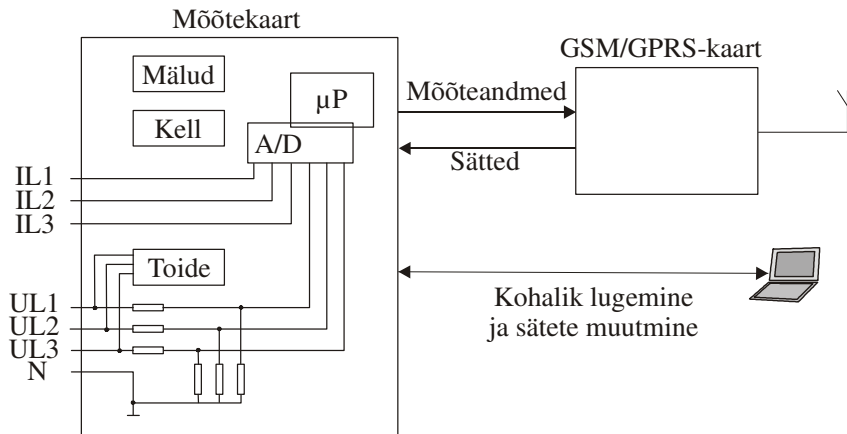
Elektri kvaliteedi (välja arvatud sagedus) kindlustamine on ennekõike jaotusvõrgu ülesanne. Jaotusvõrk on kohustatud tagama standardi EVS-EN 50160 kohase elektri kvaliteedi. Kõrvalekallete korral on jaotusvõrgu valdaja kohustatud välja selgitama põhjused ja tegema elektrivõrgus vajalikud parandused või nõudma muudatuste tegemist tarbijate juures, sest sageli on elektri halvas kvaliteedis süüdi tarbijad ise. Mõnel juhul on tarbijal õigus saada rahalist kompensatsiooni.

Ülekandevõrkudes ühtset standardit ei ole ning elektri kvaliteedi normid määratakse kindlaks lepingutega. Aluseks võetakse Euroopas kehtivad standardid. Nendes näidatakse ära kvaliteedinäitajate plaaniline tase. Tegelikult peavad konkreetses

liitumispunktis kehtestatud väärtused olema plaanilisest tasemest karmimad, Hinnanguid ja soovitusi on ka IEC ja CIGRE tehnilistes raportites ja aruannetes. Viimastel aastatel on järjest enam päevakorda kerkinud elektrituulikute tekitatud elektri kvaliteedi häiringute mõõtmine ja hindamine ning vastavate piirnormide kehtestamine. Tuulelektrijaamade elektri kvaliteedi mõõtmist ja hindamist käsitleb standard EVS-EN 61400-21. Pandagu tähele, et kvaliteedi piirnormide kehtestamisel ülekandevõrkudes tuleb arvestada võrgu eripärasid, lühisvõimsust, teisi häiringuid põhjustavate tarbijate olemasolu lähipiirkonnas jms.

Traditsiooniliselt on elektri kvaliteedi üle otsustatud elektrivõrgu talitluse mõõte- ja arvutustulemuste ning rikkestatistika alusel. Täpsemat teavet annavad ka nüüdisaegsed elektriarvestid (p 8.4.1), mis tarbitud elektrienergia kõrval fikseerivad veel andmeid pingehälvete ja toitekatestuste kohta. Muude näitajate registreerimiseks on vaja kvaliteedimõõtureid. Kvaliteedimõõturi tööpõhimõte seisneb pinge ja voolu tihedas mõõtmises sagedusega vähemalt 1 kHz, kõrgema sagedusega harmoonikute hindamiseks aga tunduvalt suurema sagedusega. Mõõteandmeid töödeldakse mikroprotsessoriga sellekohase algoritmi alusel, tulemuseks on kvaliteedinäitajate väärtused. Raskusi tekitab kiirete protsesside nagu transiendid, pingelohud, väreelus, harmoonikud jm eristamine.

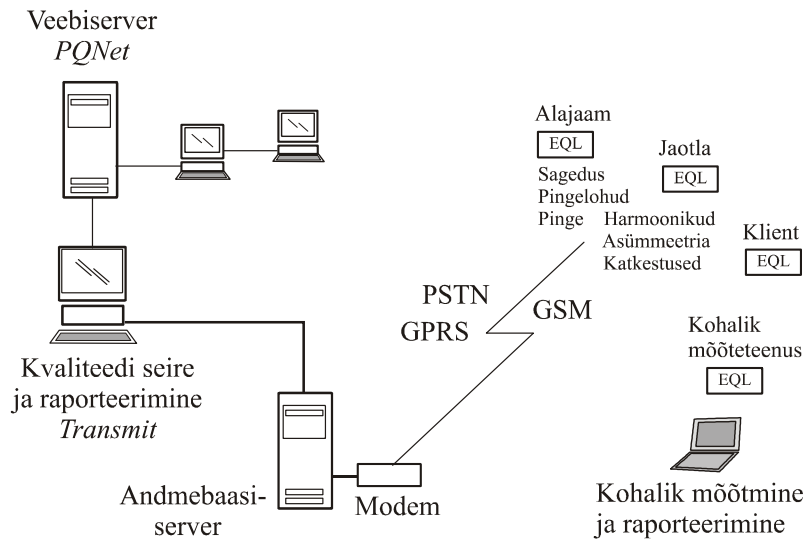
Joonisel 8.11 on kvaliteedimõõturi *EQL* põhimõtteskeem. Analoogkujul mõõdetavad pinged ja voolud teisendatakse digitaalseks ja töödeldakse mikroprotsessoris. Leitud kvaliteedinäitajad salvestatakse mällu. Andmed edastatakse nõudmise korral *GSM*-side, sealhulgas *SMS*-lühisõnumi kujul, telefonivõrgu või paketttraadiovõrgu *GPRS* kaudu. Andmeid võib vaadelda sülearvuti abil kohapeal. Sideliinide või sülearvuti kaudu muudetakse ka mõõturi sätteid.



Joonis 8.11 Kvaliteedimõõturi EQL põhimõtteskeem

Elektri kvaliteedi jälgimiseks kogu võrgu ulatuses ja kvaliteedihälvete põhjuste väljaselgitamiseks on vaja seiresüsteemi, mis tugineb kohtkindlatele kvaliteedimõõturitele. Andmed kvaliteedimõõturitelt, mis on paigaldatud kõikidesse toite- ja vahealajaamadesse ning suurematesse jaotusalajaamadesse, edastatakse telefoni- või GSM-võrgu, viimasel ajal ka paketttraadivõrgu kaudu andmebaasiserverisse ja sealt kohtvõrgu abil tööjaamadesse (joonis 8.12). Mõõtureid paigaldatakse ka ajutiselt, kusjuures andmeid loetakse sülearvuti abil.

Tööjaamades toimub kvaliteedi seire ja raportite koostamine programmpaketi *Transmit* abil. Kvaliteediraporteid töödeldakse täiendavalt ja salvestatakse veebiserverile programmpaketiga *PQNet*. Brauseri vahendusel saavad siit vajalikku teavet elektri kvaliteedi kohta nii elektrivõrgu personal kui elektritarbijad, aga ka uurimis- ja projekteerimisasutused, ametivõimud ning muud asjast huvitatud isikud.



Joonis 8.12 Elektri kvaliteedi seiresüsteem

Hetkel kohtkindlatel kvaliteedimõõturitel põhinev seiresüsteem Eesti jaotusvõrkudes puudub. Kvaliteedimõõturid on paigaldamisel põhivõrgu toitealajaamadesse ning tuuleelektrijaamade liitumispunktidesse. Kasutusel on Saksa päritolu A klassi (standard EVS-EN 61000-4-30) kvaliteedimõõturid *PQI-D* mõõtesagedusega 10,24 kHz. Põhilistele kvaliteedinäitajatele lisaks fikseerib mõõtur mitmesuguseid sündmusi. Kuna mõõturid paigaldatakse suurematesse alajaamadesse, toimub andmeside laivõrgu kaudu, nii nagu on kirjeldatud kolmandas peatükis, sideprotokollidena IEC 61850 ja IEC 60870-5-103 ning IEC 60870-5-101 ja IEC 608070-5-104. Kasutusel on ka mõõturid *QWave*, millega jälgitakse tuuleelektrijaamade elektri kvaliteeti.

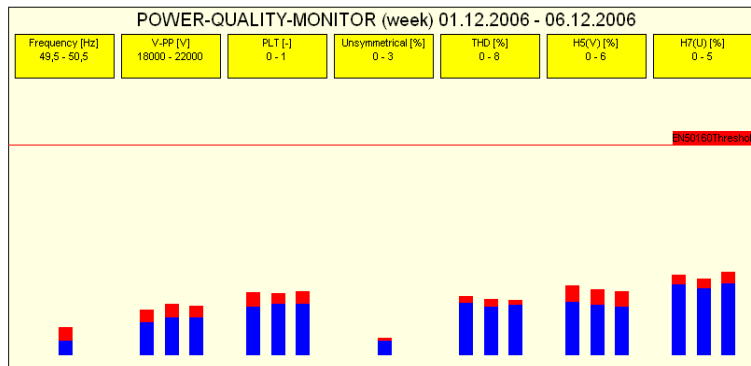
Keskustes käsitletakse kvaliteediga seotud mõõteandmeid sellekohase programmi-paketi abil. Andmed tehakse ülevaatlikuks ennekõike kvaliteediraporti kujul (joonis 8.13), kus on graafiliselt esitatud põhiliste kvaliteedinäitajate tegelikud ja lubatud väärtused. Lisaks tuuakse vastavad numbrilised suurused. Kvaliteediraportite kõrval võib mõõteandmeid (nii põhisageduse kui harmoonikute pinged ja voolud jm) jälgida hetkväärtuste (ostsilogrammide) kujul või efektiivväärtuste graafikutena.

Power quality according EN 50160

Company: Stadtwerke Ahorn GmbH

Object: Q1: Land Land

- 1: F [Hz]
- 2: V12 [V]
- 3: V23 [V]
- 4: V31 [V]
- 5: PLT12 [s]
- 6: PLT23 [s]
- 7: PLT31 [s]
- 8: UU [%]
- 9: THD12 [%]
- 10: THD23 [%]
- 11: THD31 [%]
- 12: V12H5 [%]
- 13: V23H5 [%]
- 14: V31H5 [%]
- 15: V12H7 [%]
- 16: V23H7 [%]
- 17: V31H7 [%]



	Minimum	5%-value	50%-value	Average	Std-dev	95%-value	Maximum
F [657]	49,95	49,97	50,01	50	0,02	50,03	50,06
V12 [657]	19896,1	19895,3	20129,8	20129,85	107,86	20310,3	20426,1
V23 [657]	19917,9	20005,4	20174,8	20176,03	109,94	20360,6	20477,8
V31 [657]	19939,5	20002	20171,2	20175,78	109,87	20365,4	20464,9
PLT12 [657]	0,06	0,07	0,18	0,17	0,05	0,23	0,29
PLT23 [657]	0,06	0,07	0,18	0,17	0,06	0,25	0,29
PLT31 [657]	0,06	0,08	0,2	0,18	0,06	0,25	0,3
UU [657]	0,1	0,12	0,16	0,16	0,03	0,2	0,23
THD12 [657]	1,6	1,51	1,41	1,51	0,34	2,01	2,21
THD23 [657]	1,5	1,41	1,41	1,41	0,32	1,86	2,1
THD31 [657]	1,58	1,46	1,46	1,46	0,36	1,93	2,08
V12H5 [657]	0,62	0,74	0,48	0,48	1,52	1,86	1,86
V23H5 [657]	0,5	0,69	0,44	0,44	1,46	1,87	1,87
V31H5 [657]	0,54	0,66	0,44	0,44	1,38	1,81	1,81
V12H7 [657]	1,26	1,19	1,11	1,11	1,68	1,91	1,91
V23H7 [657]	1,13	1,11	1,11	1,11	0,38	1,59	1,79
V31H7 [657]	1,23	1,18	1,18	1,18	0,42	1,71	1,96

95...100%
+ 95%

Joonis 8.13 Kvaliteediraport

8.5 Jaotusvõrgu infohaldussüsteem Xpower

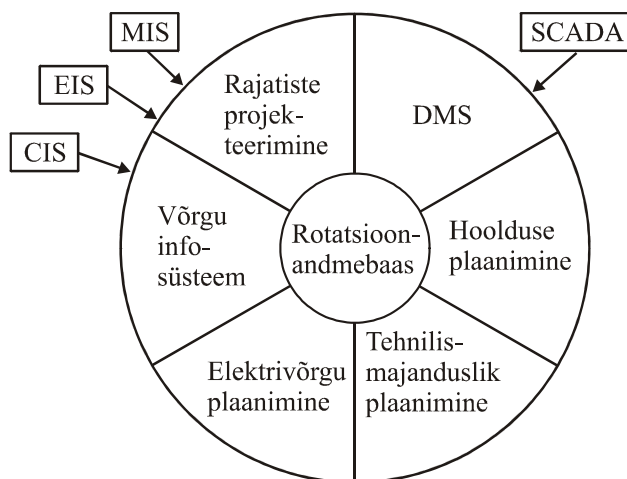
Infohaldussüsteem *Xpower* on Soome firma Tekla OYJ toode, mis toetab koostöös dispetšisüsteemiga jaotusvõrgu operatiivjuhtimist. *Xpower* võib toimida ka iseseisva võrguinfosüsteemina, mida kasutatakse varade haldamisel ja elektrivõrgu arengu ning remontide plaanimisel. *Xpower*'i vahendid sobivad põhimõtteliselt mis tahes tasemega elektrivõrkude käsitlemiseks. Põhirõhk on siiski jaotusvõrkudel, mis piirnevad toitealajaamadega ning teisalt madalpinge- ja välisvalgustusvõrkudega (joonis 8.14). Ülesannete lahendamisel kasutatakse ära võrgu staatiline ja dünaamiline (talitluse) info ja ka andmed elektritarbijate kohta (kliendiinfo).

8.5.1 *Xpower*'i infosüsteem

Xpower'i keskmeks on relatsioonandmebaas (*Oracle*). Täiendavat teavet saadakse ennekõike dispetšisüsteemist (*SCADA*), aga ka kliendiinfosüsteemist (*CIS*) ning materjalide infosüsteemist (*Material Information System, MIS*) ja majandusinfosüsteemist (*Economical Information System, EIS*). Joonisel 8.15 on Xpower'i komponendid.

	Toite- alajaamad	Keskpinge- võrk	Jaotus- alajaamad	Madalpinge- võrk	Välis- valgustus
Varade haldamine	Infosüsteem				
Elektrivõrgu plaanimine	Talitluse arvutused				Koormus- graafikute redaktor
		Tehnilis-majanduslik plaanimine			
Rajatiste projekteerimine	Rajatiste plaanimine				
Operatiiv- juhtimise tugi	DMS			Rikketelefon	
Hoolduse plaanimine		Võrgu hoolduse ja ülevaatuse plaanimine			

Joonis 8.14 Jaotusvõrgu infohaldussüsteemi Xpower struktuur



Joonis 8.15 Elektrivõrgu infohaldussüsteem

Kuigi *Xpower*'i lähtekohaks on geoinfosüsteem (*GIS*), on tegemist laiemal tervikuga, mis tuginedes muudele infosüsteemidele, võimaldab

- elektrivõrgu plaanimise, käidu ja hoolduse tuge
- võrgu elutsükli jälgimise tuge
- rakenduste integreerimist.

Seetõttu nimetatakse *Xpower*'it **elektrivõrgu infohaldussüsteemiks** (*Network Information Management System, NIMS*).

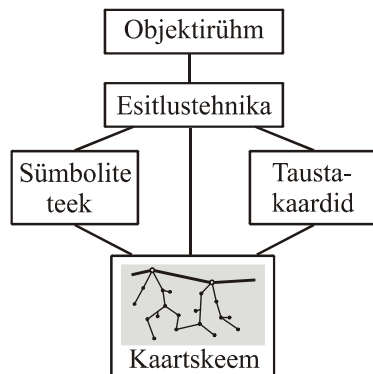
Xpower kasutab ühtset andmebaasi, kuhu andmed salvestatakse ainult üks kord. Selle tõttu on välistatud andmete liiasus ning vasturääkivused. Samade andmete põhjal on rakendustes võimalik esitada võrgukaardid kui elektriskeemid, alajaamade ja jaotlate skeemid jm. Võimalik on toetada nii plaanimis- kui operatiivtoiminguid, käsitleda teavet arvutusmodelite kohta jm.

Xpower'is on kasutusel unikaalne andmete esitamise tehnika (andmemudel), mida võib iseloomustada kui koordinaat- ja objektseotuse segasüsteemi. Kõik objektid paigutatakse tabelitesse ja rühmitatakse klasside järgi, mis omakorda koondatakse rühmadesse. Elektrivõrgu kujutatakse eri tüüpi **vaadete** abil. Vaate all mõistetakse võrgu skeemi esitamise viisi ja andmete töötlemise vahendeid. Vaadeteks on

- digiteerimisvaade andmete sisestamiseks
- plaanimisvaade võrgu plaanimisülesannete lahendamiseks
- trükivaade kaartide ja skeemide väljatrükkimiseks.

Vaate aluseks on etteantud objektide rühm, millele on lisatud viited objektide graafilise esituse kohta.

Xpower'i visualiseerimisvahendid koosnevad põhiliselt kahest kihist:



Joonis 8.16 Skeemide moodustamine *Xpower*'is

- taustakaartide kihist, millel on erinevad kaarditüübid (põhikaart, aerofoto, eriotstarbelised alusfailid)
- võrguelementide kihist, mis sisaldab erinevaid graafilisi objekte, mida presentatsioonitehnika abil defineeritakse võrguelementideks.

Nende kahe kihiga on võimalik lokaliseerida võrguelemente geograafiliselt ning kujutada visuaalselt elektrivõrgu skeemi ning dokumenteerida protsesse ja seisundeid, salvestada, printida jne. Graafilisi kujundeid andmebaasis otseselt ei säilitata. Näidatakse ära vaid objektide tüübid ja koordinaadid. Skeemid moodustatakse elektrivõrgu laadimisel arvu-

tisse. Vajalikud graafilised kujundid saadakse sümbolite teegist, millele lisandub esitlustehnika (joonis 8.16). Elektrivõrgu taustakaardid võivad olla nii raster- kui vektortüüpi. Lubatud on ka nende kombinatsioonid. Kogu elektrivõrk moodustub

üksikutest elementidest, mille seosed on ära näidatud. Seega ei ole võrgutopoloogia esitatud andmebaasis eraldi, vaid moodustub programmi käivitamisel vastavalt seadistustele. Soovi korral arvestatakse võrgutopoloogia moodustamisel dispetšisüsteemi kaudu saadud reaalaaja andmeid.

Elektrivõrgu skeemi esitusvõimalused:

- geograafilised kaartskeemid
- võrgu kaartskeemid
- võrguskeemid
- alajaamade ja jaotlate skeemid.

Geograafilised kaartskeemid näitavad lisaks taustakaardile (teed, rajatised jm) võimalikult täpselt elektriliinide ja alajaamade asukohti. Võrgu kaartskeemil paiknevad elektrilised objektid taustakaardi kohaselt, kuid taust ise puudub. Kuna põhirõhk on pandud elektriliste ühenduste selgele kujutamisele, ei pruugi objektide asukohad kaartskeemidel olla täpsed. Võrgu ning alajaamade ja jaotlate skeemid on elektrilised. Objektide ruumilist asetust neil ei jälgita. Kaabelliinide puhul näidatakse soovi korral ära ka kaablikraavide lõiked.

Andmebaas jaguneb põhi- ja projektiandmebaasiks. Kasutaja toetub erinevatest allikatest moodustatud virtuaalsele andmebaasile. Põhiandmebaas sisaldab elektrivõrgu lähtevarianti, projektiandmebaas mitmesuguseid töövariante – plaane. Kuna põhiandmebaasi jooksvalt ei muudeta, siis ei ole ka takistusi selle ühiskasutuseks. Virtuaalandmebaasi moodustavad kasutaja arvuti põhimällu laaditud andmed. Sel teel tagatakse kuni tuhat korda suurem töökiirus, võrreldes korduva pöördumisega välismälu paikneva andmebaasi poole. Andmebaasi salvestatakse

- geograafilised andmed
- atribuutide andmed
- tehnilise seisukorra andmed
- ajaloolised andmed
- arvutustulemused.

Xpower'i kasutajaliides tugineb üldtuntud akna- ja menüütehnikale. Lisaks on võimalik

- väljastada aruandeid andmebaasisüsteemi vahendusel
- teha graafilist analüüsi, mis põhineb automaatselt moodustatavatel andmebaasipäringutel
- analüüsida võrgu plaanimise ja talitluse arvutamise tulemusi elektrivõrgu komponentide seire erivahendi, võrgunavigaatori abil.

Skeeme, kaarte ja graafilist materjali on võimalik printida piirkondade, vaadete, taustakaartide ja muul kujul. Graafilisi andmeid sisestatakse ja redigeeritakse *GISB* abil. Võrguinfole pääseb juurde ka *Oracle*-andmebaasi vahenditega. Dokumentatsioon võrgu objektide kohta võib sisaldada teksti, tabeleid ja pilte, mis on loodud väliste rakendustega, näiteks *Word*, *Excel* jm. Võimalik on andmete jälgimine veebibrauseri vahendusel.

8.5.2 Elektrivõrgu ja rajatiste plaanimine

Elektrivõrgu ja rajatiste plaanimiseks on *Xpower*'is järgmised moodulid:

- alternatiivsete plaaniversioonide haldamine
- võrgu talitluste arvutamine
- koormusgraafikute redaktor
- tehnilis-majanduslik plaanimine
- rajatiste projekteerimine.

Plaaniversioonide haldamine tugineb juba mainitud andmebaasi loogilisele jaotusele põhi- ja projektiandmebaasiks, mida töö käigus toetab veel virtuaalandmebaas. Põhiandmebaas sisaldab andmeid olemasoleva võrgu kohta. Jooksva plaaniversiooni andmeid säilitatakse selle töötlemise ajal virtuaalandmebaasis. Töötlemise lõppedes salvestatakse projektiandmebaasi ainult need andmed, mis erinevad põhiandmebaasist. Nii viisi saab võimalikuks säilitada suurt hulka plaaniversioone, mis muuhulgas võivad kajastada muutusi võrgus pika ajavahemiku vältel.

Võrgu talitluse arvutusmoodul on integreeritud elektrivõrgu versioonidega ja koormusgraafikute redaktoriga. Võimalik on arvutada normaaltalitlust ning lühis- ja maaihendusvoole. Normaaltalitlust arvutatakse, et leida võimsuste jagunemist, pingetaset ja -kadu ning võrgukadusid. Lühis- ja maaihendusvoolude alusel kontrollitakse releekaitse selektiivsust. Normaaltalitlust ja lühisvoole võib arvutada nii radiaal- kui silmusvõrgule. Radiaalskeemi kohaselt arvutatakse jaotusvõrgu tegeliku käidu alusel talitus enamasti pika ajavahemiku, näiteks aasta igale tunnile. Seejuures arvestatakse koormuse muutusi tüüpgraafikute alusel. Koormust saab varieerida etteantud temperatuurihälbe ja koormuse hajuvuse (ruuthälbe) järgi. Arvutustulemuste põhjal võib leida aasta raskeimad käidutingimused või integraalseid suurusi, näiteks võrgukadusid. Lühis- ja maaihendusvoolude massilised arvutused võimaldavad kontrollida releekaitsetsätete sobivust etteantud ajavahemikus.

Silmusvõrku arvutatakse kas Gaussi-Seideli või Newtoni-Raphsoni meetodiga. Jaotusvõrgus on sellised arvutused vajalikud lahutuspunktide valikul või ümberlülitamistel tekkivate olukordade (sh releekaitse selektiivsuse) analüüsimisel.

Normaaltalitluse ja lühisvoolude arvutustulemusi on võimalik esitada mitmesuguses vormingus. Joonisel 8.17 on elektriline kuvatud nende koormatuse järgi.

Tehnilis-majanduslike arvutuste alusel koostab süsteem dokumentatsiooni, millele toetub otsuste langetamine ja projektide seire. *Xpower* võimaldab plaanimise käigus jälgida ressursside paigutamise otstarbekust. Ühendused finants- ja kliendiinfosüsteemiga ning muude rakendustega kindlustavad ressursside kõige tulemuslikuma jaotuse. Investeeringute kõrval saab arvestada ka võrgukadude maksumust. Projekti arengut võib jälgida kogu elutsükli jooksul.



Joonis 8.17 Normaaltalitluse arvutustulemuste esitamine

Peale võrgu arenguplaani valimist on loogiliselt järgmine samm rajatiste projekteerimine. Esimeses lähenduses määratakse projekti üldmaksumus objektide vaikehindade alusel. Järgmises etapis arvutusi täpsustatakse. Kulutused leitakse objektide alternatiivseid lahendusi ja seadmete oodatavat tööaega arvestades. Viimases etapis määratakse kindlaks objektide konkreetne konstruktsioon, valitakse materjalid ja tehakse projekti täpne kalkulatsioon. Ühtlasi koostatakse projekti dokumentatsioon.

8.5.3 Operatiivjuhtimise tugisüsteem

Xpower pakub järgmisi jaotusvõrgu operatiivjuhtimise tugifunktsioone:

- võrgutopoloogia haldamine
- objektide koordinaatide näitamine
- rikete asukoha lokaliseerimine
- rikete haldamine
- operatiivbrigadide ohjamine
- plaanilistest töödest teavitamine
- rikketelefon.

Traditsiooniliselt kuulub operatiivjuhtimise tugisüsteemi (*DMS*) funktsioonide hulka püsitalituse ja lühisvoolude arvutamine.

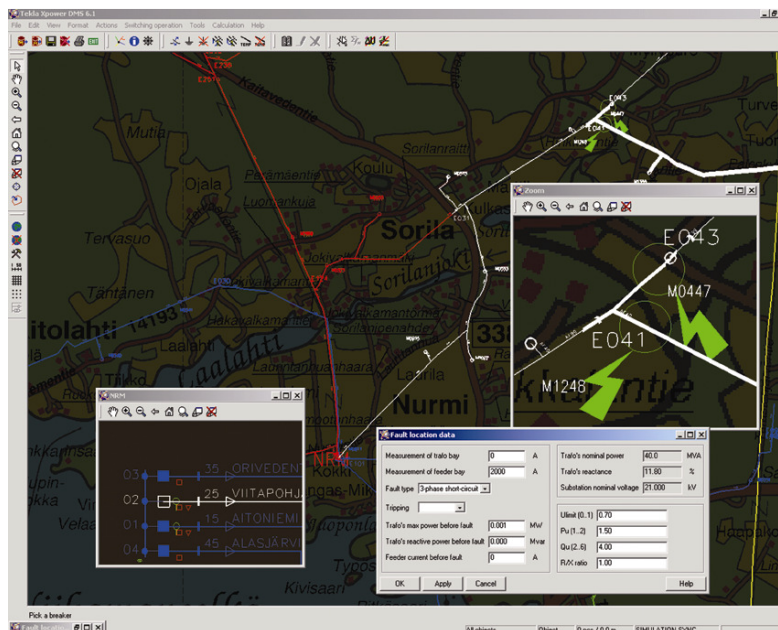
Xpower'i andmebaas on ühiste andmetabelite kaudu seotud dispetšisüsteemiga. Andmevahetus tugineb sideprotokollidele *ELCOM-90* ja *TCP/IP*. Jaotusvõrgu lülituste jooksvat seisu saab jälgida kaardiaknast. Ajutised lülitid, maandused jms võib ära näidata ka käsitsi.

Võrgutopoloogia visualiseeritakse elektriliinide kujutamise eri värvitoonides ja erinevas vormingus:

- toiteta liine näidatakse valgena
- naaberfiidrid esitatakse erineva värviga
- võrgusilmustesse kuuluvaid liine kuvatakse paksema joonega
- maandatud liine näidatakse punktiirjoonega.

Samu visualiseerimise võtteid kasutatakse normaaltalitluse kuvamisel ja ka rikete haldamisel ja nende asukoha lokaliseerimisel.

Rikete asukoha lokaliseerimine põhineb dispetsisüsteemi kaudu saadud rikkevoolu ja releekaitse toimimise andmetel. Joonisel 8.18 on rikke tagajärjel pingeta jäänud liinid esitatud valgena. Näidatud on kahte võimalikku rikkekohta ja nende isoleerimiseks väljalülitamisele kuuluvaid lüliteid.

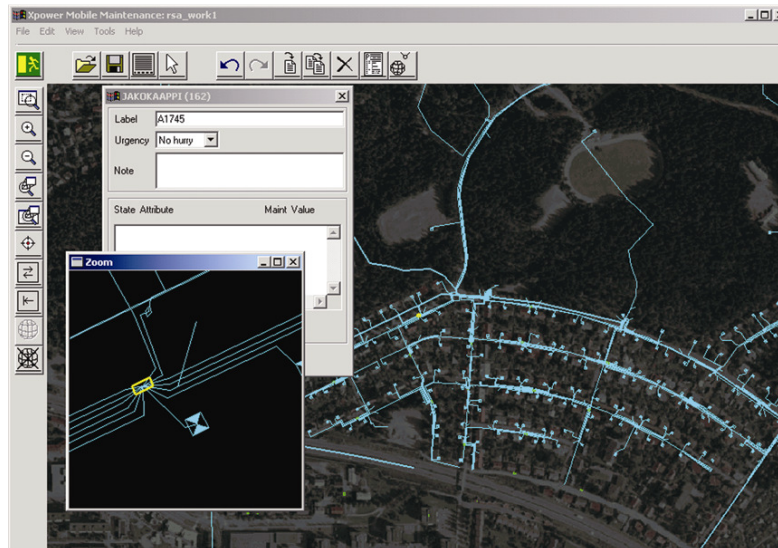


Joonis 8.18 Rikke lokaliseerimise tulemused

Rikete haldamine haarab lisaks rikkekohta lokaliseerimisele rikke isoleerimiseks ja toite taastamiseks vajalikke tegevusi. Lülituste plaani koostamisel tuginetakse lülituste imiteerimisele, mis tagatakse vajalike normaaltalitluste ja lühisvoolude arvutustega. Imiteerimine võimaldab optimeerida rikete haldamise tegevusi. Ühtlasi määratakse kindlaks üksikute elektritarbijate toitekatkestuse aeg, andmata jäänud energia maksumus jms. Samad tegevused sobivad plaaniliste lülituste korral.

8.5.4 Hooldustööde haldamine

Xpower võimaldab lihtsalt ja aega säästvalt korraldada hooldustööde juhtimist ning kontrollida jaotusvõrke. Süsteemis on ette nähtud võrguelementide ülevaatus koos seisukorra kirjeldusega ja hooldustööde tellimisega. *Xpower* on suuteline töötama suure arvu võrgu komponentidega, mis on hajutatud laiale territooriumile.



Joonis 8.19 Madalpingejaotla kontrollimine väliarvutiga

Võrgu ülevaatamisel tuleb kindlaks määrata kontrollitavate objektide nimekiri ning ülevaatusel iseloom ja tähtsused. Ülevaatusel tulemuseks on objektide seisundi kirjeldused ja klassifitseerimine. Vaja läheb ka eelmiste ülevaatuste tulemusi ja muid andmeid objektide kohta. Kuna kontrollitavate objektide arv on suur (üksnes elektriliini mast võib olla kümneid tuhandeid), kulub selleks traditsiooniliselt palju paberit. *Xpower*'is säilitatakse kõiki andmeid andmebaasis. Kohapeal võib seniseid andmeid jälgida ja uusi sisestada väliarvutite abil. Ühendades väliarvuti *GPS*-seadmega, on ülevaatusel käigus võimalik täpsustada ka objekti koordinaate. Kontoris ühendatakse väliarvutid kohtvõrgu kaudu keskse andmebaasiga, kus uuendatakse vananenud andmed ülevaatusel saadutega. Paberkandjat läheb vaja vaid lõpparuannete esitamiseks. Joonisel 8.19 on kontrollitav võrk aerofoto taustal. Taustaks võib olla ka geograafiline kaart. Elektriliinid on rohelised, kontrollitav objekt (madalpingejaotla) kollane. Andmeid vahetatakse ekraanile ilmuva akna kaudu.

