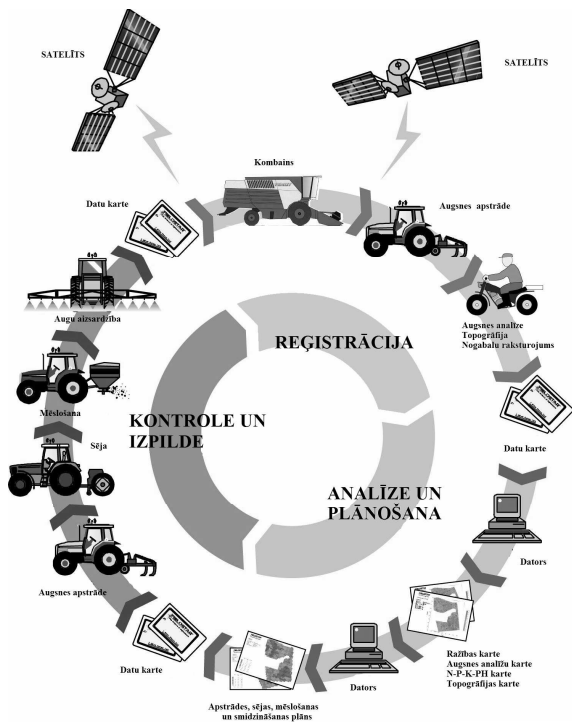


Arvīds Vilde, Ādolfs Ruciņš, Dainis Viesturs



GLOBALĀS POZICIONĒŠANAS TEHNOLOĢIJAS LAUKSAIMNIECĪBĀ

Latvijas Lauksaimniecības universitāte
Lauksaimniecības tehnikas zinātniskais institūts

Arvīds Vilde, Ādolfs Ruciņš, Dainis Viesturs

**GLOBĀLĀS POZICIONĒŠANAS
TEHNOLOĢIJAS LAUKSAIMNIECĪBĀ**

Jelgava 2008



Mācību līdzeklis sagatavots un izdots ESF projekta „Inženierzinātņu studiju satura modernizācija Latvijas Lauksaimniecības universitātē” ietvaros, projektu līdzfinansē Eiropas Savienība.

Vilde A., Ruciņš Ā., Viesturs D. Globālās pozicionēšanas tehnoloģijas lauksaimniecībā. – Jelgava: LLU Lauksaimniecības tehnikas zinātniskais institūts, 2008. – 47 lpp.

Grāmatā apkopotas vispārējās nostādnes, pētījumu un prakses atziņas precīzās lauksaimniecības (PL) un ar to saistīto Globālās pozicionēšanas sistēmu (GPS) tehnoloģiju jomā. Aplūkotas tikai ar precīzo laukkopību, konkrētāk, ar precīzo augkopību saistītās GPS tehnoloģijas, kas ir visciešāk saistītas ar GPS iespēju izmantošanu.

ISBN 978-9984-784-47-2

© Arvīds Vilde, Ādolfs Ruciņš, Dainis Viesturs
© LLU Lauksaimniecības tehnikas zinātniskais institūts

Saturs

Ievads	4
1. Globālās pozicionēšanas sistēma	6
Apvidus kartēšana	9
Lauku kartēšana	11
Digitālās rastra un vektora kartes	11
2. Precīzās lauksaimniecības jēdziena būtība	13
Lauku homogenitāte un heterogenitāte	13
Precīzās zemkopības sistēmas lietderības pamatojums	14
3. GPS tehnoloģijas	14
Ražības karte	16
Ražības atšķirību cēloņu noteikšana	18
Risinājumi lauka nogabalu ražības izlīdzināšanai	22
4. GPS tehnoloģiju ieviešana un pārvalde saimniecībā	25
5. GPS tehnoloģiju materiāli tehniskais nodrošinājums	32
Mobila iekārta augsnes paraugu mehanizētai ņemšanai	32
Slāpekļa vajadzības noteicējs – Hydro N-sensors	33
Augu stājamības mērītāji	35
Augsnes elektrovadāmības noteicēji	36
Pārnēsājamo GPS koordinātu noteicēji	37
Plaukstas datori	37
Borta datori	37
Datu reģistratori-uzkrājēji	38
Rokas instrumenti augsnes paraugu ņemšanai un fizikāli mehānisko īpašību noteikšanai ..	39
6. GPS tehnoloģiju pārzināšana saimniecībā	41
7. GPS tehnoloģiju efektivitātes novērtējums	44
Izmantotā literatūra	45

Ievads

Pēdējos gados pasaulē, īpaši ASV, arvien plašāku pielietojumu gūst par Precīzo Lauksaimniecību (Precision Agriculture, turpmāk PL) dēvētais saimniekošanas veids laukos. Atzīts, ka PL jeb citā terminoloģijā – „precīzā pieeja”, kas nozīmē pareizu darbību, pareizā vietā un pareizā laikā ir efektīvākais veids lauksaimniecības vispusīgas attīstības paātrināšanai.

Mūsdienu izpratnē PL ir uz plašu, vispusīgu, precīzu un savlaicīgu informāciju balstīta saimniekošana laukos, sākot ar saimniekošanas stratēģijas noteikšanu, ražošanas tehnoloģiju un tehniskā nodrošinājuma plānošanu, produkcijas ražošanu, pēcapstrādi, uzglabāšanu un beidzot ar tās realizāciju. Bez augkopības tā ietver arī citas nozares (lopkopību, dārzkopību). Tā cieši saistīta ar jauno informācijas tehnoloģiju, tādu kā Ģeogrāfiskās informācijas sistēmas (Geographical Informationing System, turpmāk GIS), Globālās pozicionēšanas sistēmas (Global Positioning System, turpmāk GPS) attīstību un izmantošanu, strukturālās plānošanas, ražošanas procesu un pārvaldes modelēšanu optimālo risinājumu noteikšanai, saimniekošanas ekonomiskajam un ekoloģiskajam novērtējumam. PL operatīvam nodrošinājumam nepieciešama šo procesu datorizēta pārvalde.

Vispār atzīts, ka datorizācija mūsu laikmetā ir kļuvusi par svarīgu cilvēces attīstības sastāvdaļu. Grūti iedomāties kādu dzīves sfēru, kas nebūtu saistīta ar kibernetikas izmantošanu. Pirms nedaudziem gadiem dominējošo preču un pakalpojumu tirgu pārņem informācijas tirgus. Līdz ar informācijas tehnoloģiju attīstību, to patērētājiem ir radīta iespēja detalizēti plānot, ekonomēt savu laiku un līdzekļus, automatizējot un atviegloti kontrolējot ikdienišķos procesus. Arvien vairāk mēs izmantojam dažādu veidu sensorus, procesorus, mikročipus un ierīces ar elementiem, kas kalpo dažādu mērījumu veikšanai ar datu reģistrēšanu, uzkrāšanu, apstrādi un analīzi matemātisko modulāciju ceļā. Līdz ar to paveras iespējas palielināt iegūstamās un apstrādājamās informācijas apjomus, kā arī padziļināt tās analīzi un izmantot šo informāciju pamatotu lēmumu pieņemšanai norīšu precīzākai vadīšanai un citu uzdevumu risināšanai. Šajā ziņā arī lauksaimniecība nav izņēmums. Viens no šādiem risinājumiem ir arī precīzā lauksaimniecība (PL), izmantojot Globālās pozicionēšanas sistēmu (GPS).

Lai gan starptautiski atzīts, ka PL, izmantojot GPS, ir nākotnes lauksaimniecība, tomēr jāatzīst, ka GPS un GIS izmantošana nav vienīgais PL attīstības virziens, kas bāzēts uz precīzu un savlaicīgu informācijas iegūšanu tehnoloģiju agroekonomiskajai un agroekoloģiskajai optimizācijai. PL nozarēs ar mazāku līdzekļu ieguldījumu var lietot sensorus, kas darbojas uz datu bāzes informācijas pamata un citus tehnoloģiskus risinājumus.

Pirmais un galvenais PL attīstības Latvijā priekšnosacījums: augsta līmeņa lauksaimniecības speciālistu sagatavotība, zinātnes un prakses vienotība.

PA ir cieši saistīta ar Globālās pozicionēšanas sistēmas sniegto iespēju izmantošanu tehnoloģisko procesu norises vietu (lauka nogabalu) koordinātu noteikšanai. Tādējādi tehnoloģiskie procesi sasaistē ar to izpildes vietu koordinātēm ieguvuši GPS tehnoloģiju apzīmējumu. GPS tehnoloģijas, pateicoties jauno mašīnu un iekārtu iespējām, izmantojot Globālās pozicionēšanas sistēmu, ļauj konstatēt, analizēt un attiecīgi reaģēt uz apstrādājamās zemes platības nogabalu kvalitāтивajām īpašībām un realizēt tām visatbilstošāko zemkopības sistēmu (augšnes apstrādi, mēslošanu, šķirņu izvēli u.c.)

PL, izmantojot GPS tehnoloģijas, ir jauns zinātnes virziens ar plaši izvērstu pētniecības un ieviešanas darbu Eiropas Savienības valstīs un visā pasaulē. Daudzviet pie vadošām universitātēm izveidoti PL pētniecības centri, kas koordinē dažādu nozaru institūtu pētījumus šinī jomā un apkopo iegūtos rezultātus. Kā tādi minami Kranfildas universitāte Silso Anglijā, Lauksaimniecības tehnikas institūts Potsdamā-Bornimā Vācijā. Latvijā šinī jomā pētījumi tikai sākti. Lai koordinētu pētījumus precīzās lauksaimniecības tehnoloģiju izstrādē, ieviešanā un efektivitātes novērtēšanā, kā arī ar tām iepazīstinātu studentus, lauksaimniecības speciālistus un zemniekus uz LLU Mācību un pētījumu saimniecības „Vecauce” (turpmāk MPS „Vecauce”) bāzes izveidots darību sācis „Precīzās lauksaimniecības zinātnes centrs”.

LLU Tehniskās fakultātes u.c. studentu apmācībai ir izstrādāta studiju programma „Globālās pozicionēšanas tehnoloģijas lauksaimniecībā”. Tomēr tās apguve bija apgrūtināta tai atbilstošas mācību literatūras trūkuma dēļ. Autori cer, ka šī nelielā grāmata kaut daļēji to novērsīs.

Grāmatā apkopotas vispārējās nostādnes, pētījumu un prakses atziņas PL un ar to saistīto GPS tehnoloģiju jomā. Tajā izmantoti ne tikai pašu autoru iegūtie materiāli, bet arī citu šo jautājumu risināšanā iesaistīto kolēģu darbi: LLU Lauksaimniecības tehnikas zinātniskā institūta asistentu Māra Skrastiņa un Gunta Sevostjanova iegūtie informatīvie materiāli par GPS un GIS (Ģeogrāfiskās informācijas sistēma), iekārtām datu ieguvei; LLU Augsnes un augu institūta Dr. agr. Daiņa Lapiņa, Andra Bērziņa, Jāņa Kopmaņa, doktorantu Aigara Plūmes un Jāņa Repsona sniegtie dati par lauku nogabalu auglības nevienmērību, augsnes fizikālajām īpašībām un nezāļainību; SIA „KESKO AGRO Latvija” darbinieku Daiņa Upmača un Jāņa Cera sniegtie tehniskie risinājumi GPS tehnoloģiju realizēšanā. Par to viņiem grāmatas autoru pateicība. Pateicība arī LLU MPS „Vecauce” vadītāi: direktoram Aivim Aizsilniekam un direktora vietniecei zinātniskajā darbā Zintai Gailei par sapratni un atbalstu GPS tehnoloģiju ieviešanā un novērtēšanā.

Šinī darbā aplūkotas tikai ar precīzo laukkopību, konkrētāk, ar precīzo augkopību (turpmāk, PA) saistītās GPS tehnoloģijas, kas ir visciešāk saistītas ar GPS iespēju izmantošanu.

Tā kā GPS un ar to saistītā dokumentācija, programmatūra, tehniskais aprīkojums ir izstrādāti ASV, tur lietotie oriģinālie nosaukumi un apzīmējumi ir angļu valodā. Atsevišķos gadījumos tie lietoti arī šajā grāmatā (shēmās attēlos), vienlaicīgi tiem blakus dodot to latviskos nosaukumus. Tas, mūsaprāt, ir lietderīgi, jo atvieglos orientēšanos un veicinās apgūstamās mācību vielas labāku izpratni, īpaši angļu valodu zinošajiem.

1. GLOBĀLĀS POZICIONĒŠANAS SISTĒMA

Globālā navigācijas satelītu sistēma (GNSS), kas plašāk zināma kā Globālā pozicionēšanas sistēma (GPS) ir globālās pozicionēšanas jeb, vienkāršāk izsakoties, - precīzas atrašanās vietas noteikšanas sistēma (vietnoteices sistēma). Tā sniedz precīzu informāciju par objekta atrašanās vietu dienu un nakti, visos laika apstākļos jebkurā vietā uz Zemeslodes.

Patlaban pasaulē vienlaikus pastāv divas GPS sistēmas un trešā tiek plānota:

- NAVSTAR (NAVigation System with Timing And Ranging) sistēmu izmanto ASV aizsardzības departaments un tā ir pasaulē visplašāk lietotā sistēma;
- GLONASS sistēma (Globālā Navigācijas Sistēma) sāka veidot bijušajā PSRS 1982. gadā, pabeigta 1998. gadā un praktiski tiek izmantota tikai Krievijā;
- GALILEO ir Eiropas Savienības GNSS sistēma, kuru plānots pabeigt 2008. gadā, ievadot orbītās 30 satelītus.

Latvijā tiek izmantota NAVSTAR GPS sistēma, kas turpmāk tiks plašāk apskatīta. To veido trīs savstarpēji saistīti posmi (segmenti):

- satelītu segments;
- kontroles segments;
- lietotāja segments.

Satelītu segments - sastāv no satelītu kopas, kas riņķo ap zemi (1. attēls).

1973. gadā ASV valdība militāriem nolūkiem uzsāka projektu ar mērķi radīt mākslīgos pavadoņus, lai līdz ar to palaišanu orbītā ap Zemi, izveidotu globāla mēroga novērošanas sistēmu – nodēvētu par StarFIX. 1978. gadā tika palaists orbītā (aptuveni 22350 km augstumā) pirmais šī tipa pavadoņš. Sistēmas izveide un pilnveidošana risinājās līdz 1994. gadam un tās pilnvērtīga izmantošana tika uzsākta 1995. gadā. Šodien šo pavadoņu skaits ir jau 28. No tiem pozicionējošo koordināšu noteikšanā tiek izmantota 24 OmniSTAR pavadoņu kopa, kas raida L joslas frekvencēs (L1 1575,42 MHz; L2 1227,60 MHz) un ir paredzēta Global Position System (GPS) nodrošināšanai. Civiliem nolūkiem šo signālu sāka lietot ASV kopš 1997. gada.

Sistēmas darbību nodrošina 21 aktīvais satelīts un trīs aktīvās rezerves satelīti, kas riņķo aptuveni 20 000 kilometru augstumā. Satelīti izvietoti sešās orbītās un katrs satelīts apriņķo Zemi divas reizes dienā (ik pa 12 stundām). Tādējādi no jebkuras vietas jebkurā laikā ir redzami 4 līdz 8 satelīti.

Kontroles segments – sastāv no sakaru, komunikāciju, datu uzkrāšanas, integrācijas, analīzes un kontroles iekārtām. Tās tiek izmantotas, lai novērotu, uzturētu un administrētu GPS satelītus un sistēmu. Piecas sakaru stacijas izvietotas uz Zemes ar galveno kontroles staciju Kolorādo Springsā. Galvenajā kontroles stacijā tiek uzkrāti dati par katru satelītu, tā stāvokli un statusu, kas tiek saņemti no pārējām kontroles stacijām u.c. citiem. Galvenā kontroles stacija analizē informāciju un nosūta navigācijas, laika un citu informāciju uz katru satelītu. Galvenā kontroles stacija veic arī satelītu kursa koriģēšanu, to uzturēšanu un apkalpošanu.

Lietotāju segments – sastāv no individuālu lietotāju grupas, kurā katram lietotājam ir viens vai vairāki GPS uztvērēji, kas veic satelītu raidīto signālu uztveršanu un pārvērš tos triju dimensiju koordinātēs. GPS signālu uztvērēji tiek ražoti kā patstāvīgi aparāti (stacionāri vai pārnēsājami) un kā PC (personālajam datoram), borta datoram un citām ierīcēm pieslēdzamas plates.

GPS satelīti augu diennakti ļauj noteikt jebkura zemeslodes punkta koordinātes reālā laika režīmā. Sistēmai kopš tās izveidošanas līdz pat šim laikam ir nosaukums NAVSTAR, bet apzīmējums GPS radās tad, kad to sāka izmantot arī civiliem mērķiem.

OmniSTAR L-joslas signāls ir brīvi pieejams visā pasaulē, izņemot Antarktiku. Lai izmantotu GPS signālu, tā lietotājam ir nepieciešams attiecīgs signāla uztvērējs, kā arī dators ar atbilstošu programmatūras nodrošinājumu. Signālu uztvērējā ir uztveršanas modulis un mazgabarīta

antena ar pastiprinātāju. GPS ierīces parasti ir aprīkotas ar 12 kanāliem, kas ļauj vienlaicīgi uztvert praktiski visus uztveršanas zonā esošos pavadoņus. Jo no vairāk satelītiem uztverami signāli, jo precīzāk nosakāmas vietas koordinātas. Vidēji ir uztverami septiņu vai astoņu satelītu signāli (1. attēls). Civilā GPS nodrošina ticamību līdz 99% ar precizitāti līdz 25 m.

GPS sistēma patlaban tiek lietota visā pasaulē kā militārajā, tā arī civilajā sfērā. Ar tās palīdzību tiek kontrolēti militārie procesi, vadīta ieroču darbība, koordinēti pārvaldājumi, kuģu, laivu un automašīnu kustība, meklēti nolaupītie transporta līdzekļi, novērota dzīvnieku migrācija, kontrolēti kosmosa aparāti, veikta zemes virsmas precīza kartēšana u.c. To arvien plašāk izmanto arī lauksaimniecībā precīzākai un efektīvākai saimniekošanai.

GPS pozicionēšana ir balstīta uz katra satelīta izplatītajiem radiosignāliem 10.23 GHz pamatfrekvencē. Tie izplata signālus arī citās frekvencēs, kas tiek atvasinātas no pamatfrekvences.

GPS uztvērēja trīsdimensiju (garuma, platuma un augstuma) koordinātu noteikšana notiek, izskaitļojot attālumu no signāla uztveršanas vietas līdz vairākiem satelītiem. Nosakot to savstarpējo izvietojumu, uztvērējierīce pēc ģeometrijas metodēm izskaitļo savas koordinātes. Teorētiski, lai noteiktu savu atrašanās vietu plaknē, pietiek ar trim satelītiem, bet praktiski, lai atrastu arī vietas augstumu, kā arī rēķinoties ar iespējamām mērījumu precizitātes kļūmēm, vajadzīgi vismaz četri.

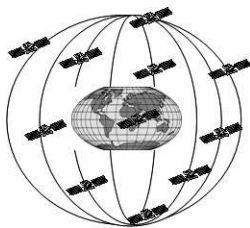
GPS mērījumu kļūdas

Galvenās GPS mērījumu kļūdas rodas no atmosfēras un jonosfēras stāvokļa un tajās pastāvošajiem apstākļiem, kuri kavē GPS signāla izplatīšanos. GPS signāli tiek izplatīti ar gaismas ātrumu, kas nodrošina ātru GPS raidītā signāla uztveršanu. Tomēr gaismas ātrums visās vidēs nav vienāds, jo to ietekmē atmosfēras apstākļi. Tādējādi par labāko laiku, kad veikt GPS mērījumus tiek uzskatītas skaidras dienas, kad nenotiek jonosfēru ietekmējošas magnētiskās vētras.

GPS mērījumu kļūdas iespējams novērst, izmantojot dubultās uztveršanas GPS uztvērējus, kuros katra uztveršanas ierīce uztver signālu savā frekvencē, nodrošinot divu dažādu signālu uztveršanu un tādējādi novēršot vairumu jonosfērā esošo GPS signālu traucējumu.

Diferenciālā korekcija

Strādājot ar diferenciālās pozicionēšanas metodēm, tiek izmantoti divi vai vairāki GPS uztvērēji. GPS diferenciālā pozicionēšana tiek lietota, lai novērstu lielāko daļu no GPS mērījumu kļūdas, kas ievērojami paaugstina GPS mērījumu precizitāti.



24 ASV militārie satelīti (NAVSTAR) pārvietojas apkārt zemeslodei 12 stundās 6 dažādos līmeņos 20 200 km augstumā.

Kodēti signāli tiek raidīti ar precizitāti 50–100 m neatkarīgi no diennakts laika un meteoroloģiskajiem apstākļiem.

Signāla uztveramība pa visu pasauli.

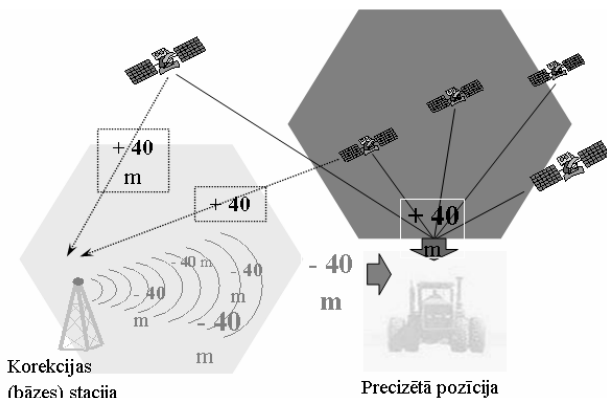
GPS – signāla izmantošana ir bez maksas.

1. att. Globālās pozicionēšanas sistēma

Izmantojot diferenciālo GPS pozicionēšanu, nepieciešams uzstādīt papildus GPS uztvērēju – bāzes staciju punktā ar zināmām koordinātēm (2. un 4. attēls). Tādējādi vietas koordinātu precīzākai noteikšanai papildus tiek izmantotas virszemes signālu korekcijas stacijas.

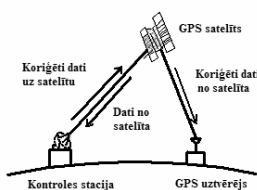
Samazināt koordināšu noteikšanas kļūdu līdz dažiem centimetriem (nepieciešams mērniecībā) ļauj diferenciālās korekcijas režīms Diferencial GPS – DGPS, ko nodrošina ar kontroluztvērēja un bāzes stacijas palīdzību (3. un 4. attēls). Tie atrodas punktos ar precīzi zināmām koordinātēm tajā pašā rajonā, kur GPS uztvērējs, un dod iespēju vienlaicīgi uztvert to pašu satelītu signālus. Bāzes stacija nosaka koordinātu labojumus, tādējādi precīzējot atrašanās vietu uztvērējam,

ar kuru tiek apsekots (mērīts) objekts, kura atrašanās vieta (koordinātēs) jānosaka (sk. shēmu 4. attēlā).

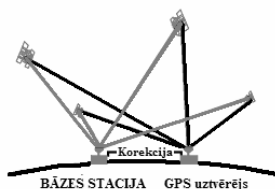


2. att. **Atrašanās vietas koordinātu precizēšana, izmantojot virszemes diferenciālās korekcijas (bāzes) stacijas DGPS raidītos signālus**

Bāzes stacija var tikt novietota uz ģeodēziskā tīkla atbalstpunkta, kurš noteikts izmantojot precīzo uzmērīšanu. Bāzes staciju nepieciešams novietot vietā, kurā iespējams uztvert GPS signālu. GPS bāzes staciju vēlams izmantot mērījumiem, kuri tiek veikti līdz 300 km attālumam no tās. Tomēr samērā veiksmīgi veikt mērījumus, izmantojot GPS bāzes staciju, iespējams arī līdz 1500 km attālumā no tās.



3. att. **Satelītu kontroles sistēma**



4. att. **Diferenciālās korekcijas shēma**

Diferenciālā korekcija ir kļūda GPS signālā, kuru uztver bāzes stacija ar zināmajām koordinātēm un nosūta šo kļūdas informāciju uz GPS uztvērēju (4. attēls).

Tiek pielietotas divas metodes diferenciālās korekcijas izmantošanai - diferenciālā korekcija reālajā laikā; - diferenciālā korekcija izmantojot pēcapstrādi. Ja tiek izmantota diferenciālā korekcija reālajā laikā, tad no bāzes stacijas nepieciešams nosūtīt signālu uz GPS uztvērēju un GPS uztvērējam jābūt iespējai šo signālu uztvert un kļūdu automātiski novērst (4. attēls). Ja tiek izmantota diferenciālā korekcija ar pēcapstrādi, tad vispirms tiek veikti mērījumi, bet pēc tam tiek apstrādāti ar datoru, kurš novērš kļūdu mērījumos.

Vietējās virszemes korekcijas bāzes stacijas tiek lietotas vietas koordināšu precīzākam noteikšanai. Iekārtas, kas izmanto divfrekvenču DGPS uztvērēju, saņem GPS signālu no satelītiem un papildus signālu no virszemes korekcijas bāzes stacijas.

Latvijā kā bāzes stacijas var izmantot Baltijas jūras piekrastē esošās jūras navigācijas stacijas (krasta stacijas), kuru raidītie signāli uztverami jūrai tuvāk esošās teritorijas daļā. Tomēr jāievēro, ka viens no svarīgiem GPS un DGPS funkcionēšanas nosacījumiem ir atklāts horizonts, ko nodrīkst aizsegt koki, stabi, raidītāju torņi u.c. tamlīdzīgi šķēršļi.

Latvijā GPS izmantošanu pirmie sāka zemes mērniecības speciālisti 1992. gadā, nosakot koordinātes četriem bāzes ģeodēziskiem punktiem. Lai ar GPS panāktu līdz vienam, diviem centimetriem lielu precizitāti ir nepieciešamas ne mazāk kā četras virszemes stacijas, kas nepārtraukti sekotu visām novirzēm un dotu labojumus. Augstas mērījumu precizitātes nodrošināšanai Latvijā tiek veidots Valsts ģeodēziskais pamattīkls ar 28 GPS bāzes stacijām (5. attēls). Šāds GPS bāzes staciju tīkls būs noderīgs ne tikai ģeodēzijai, to varēs izmantot arī daudzās citās jomās, kur vajadzīga precīza atrašanās vietas koordinātu noteikšana, tai skaitā arī GPS tehnoloģijām precīzajā lauksaimniecības sistēmā.

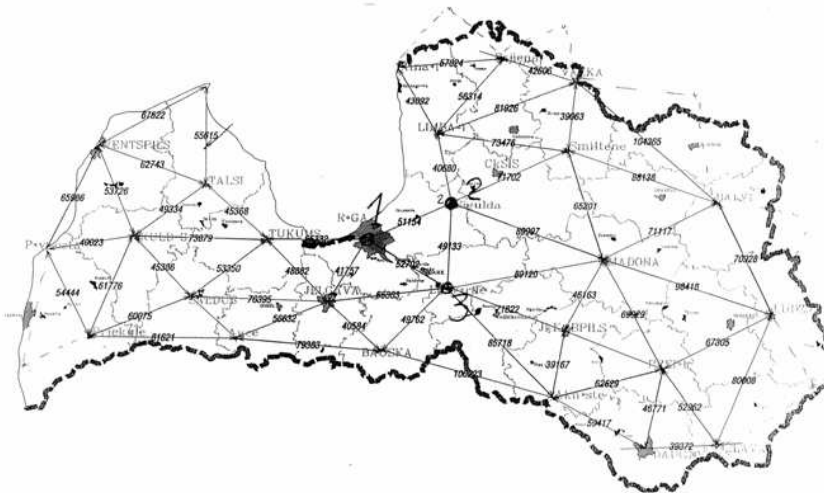
Projektētā tīkla pirmo triju bāzes staciju izvietojums paredzēts Rīgā, Siguldā un Lielvārdē.

Ir izveidotas un tiek izmantotas dažādas iekārtas GPS datu, precīza laika, kā arī dažādu papildus mērījumu, piemēram, apstrādātās platības, laukaugu ražības, mitruma u.c. fiksēšanai koordinātēs. Tās izmantojamas arī, lai orientētos svešā apvidū, tehnikas vadīšanai sliktā redzamībā, atkārtotai vietas atrašanai laukā. To detalizētāks apraksts sniegts grāmatas tālākās nodaļās.

Apvidus kartēšana

Topogrāfiskā karte, tās galvenie elementi

Topogrāfisko karšu iegūšanai izmanto Ģeogrāfiskās informācijas sistēmu (Geographical Information System GIS, latviešu literatūrā tik lietots arī apzīmējums ĢIS).



5. att. Ar GPS metodi noteiktais Valsts ģeodēziskais pamattīkls.

Skaitļi raksturo atstatumu starp stacijām.

Par topogrāfisko karti sauc dažādu krāsu un to mainīgas intensitātes tona analizējamu lauka karti, kas ietver uzskatāmu informāciju par lauka reljefu un tipoloģisko struktūru. Topogrāfiskā karte robežu attēlo, attēlojot situācijas elementus, pa kuriem iet zemes vienības robeža.

Topogrāfiskā karte ir detalizēts objektu un to savstarpējo attiecību attēlojums, pielietojot nosacītos kartogrāfiskos apzīmējumus konkrēti izvēlētās kartogrāfiskajās projekcijās un mērogos.

Kartes dati ir izvietoti 13 slāņos, kas aptver visus galvenos apvidus objektus (hidrogrāfija, apbūve, satiksmes ceļi, zemes lietošanas veidi, reljefs, administratīvās robežas u.c.). Topogrāfiskā karte izgatavota izmantojot *ortofoto* (robežu attēlo, kā fona failu izmantojot failu, kurā ir attēlota situācija ar apvidus elementiem) un veicot lauku apsekošanu. Vienkāršoto topogrāfisko karti izgatavo M 1:10 000 - galvenokārt lauku apvidiem, topogrāfisko plānu M 1:2 000 - pilsētām un blīvi apdzīvotām vietām. Vienkāršoto topogrāfisko karti var veidot ar monodigitizēšanas vai stereodigitizēšanas metodēm. M 1:10 000 veido ar monodigitizēšanas metodi, M 1:2 000 - ar stereodigitizēšanas metodi.

Vienkāršotā topogrāfiskā karte M 1:10 000 satur šādus informācijas slāņus:

- ģeodēziskos un uzmērīšanas punktus;
- zemes virsmas mikroformas;
- hidrogrāfiju (ūdenstilpes, dabīgās un kanalizētās ūdensteces);
- hidrotehnikas un ūdenstransporta objektus (dambis, mols, aizsprosts, slūžas, piestātne, artēziskā aka, bāka u.c.);
- veģetāciju un grunti (mežs, jaunaudze, izcirtums, koki, krūmājs, krūmi, augļu dārzs, pļava, pārmitrās teritorijas, smiltājs, akmenājs) u.c.;
- apbūves un saimnieciskos objektus (būve, drupas, vasarnīca, tornis, dūmenis, nožogojums, tvertne, apakšzemes būve, piemineklis, kapsēta u.c.);
- virszemes inženierfīklus;
- satiksmes ceļus un dzelzceļus;
- uzrakstus (hidrogrāfiskie, ģeogrāfiskie objektu nosaukumi, apdzīvoto vietu nosaukumi, paskaidrojošie teksti).

Vienkāršoto topogrāfisko karšu (VTK) izgatavošana pēc neatkarības atjaunošanas tika uzsākta 1998. gadā ar mērķi izveidot valstī vienotu kartogrāfisko pamatni mērogam 1:10 000. Tās ir digitālās kartes, kas attēlo apvidus pamatobjektu ģeometriju un savstarpējo telpisko izvietojumu bez reljefa. Tās attēlo tādu objektu skaitu, kas rada priekšstatu par apvidu un kalpo par pamatu dažādu tautsaimniecības nozaru tematisko slāņu un pilnas topogrāfiskās kartes radīšanai.

Topogrāfiskā karte M1:10 000 satur tos pašus informācijas slāņus, ko vienkāršotā topogrāfiskā karte, bet ir papildināta ar reljefa slāni, papildus objektus raksturojošu informāciju un topogrāfiskajiem objektiem, tādiem kā zemsprieguma elektrofīkli, sakaru fīkli u.c.

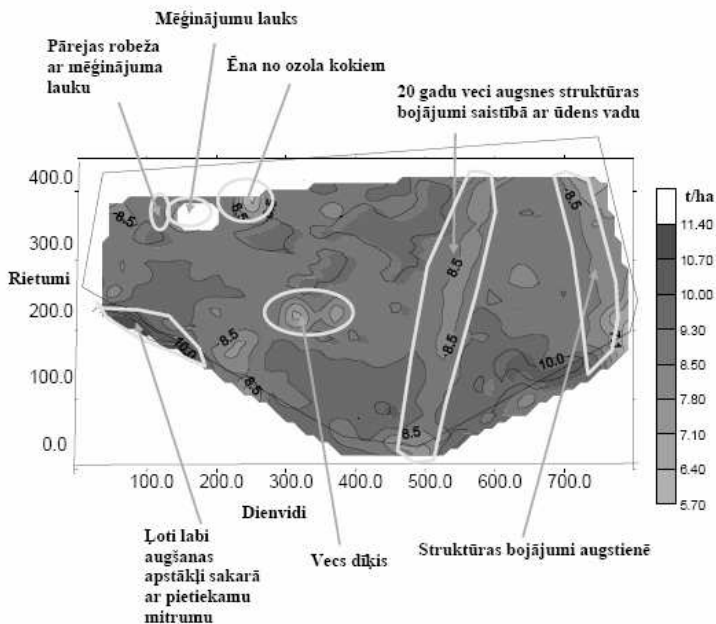
Topogrāfiskajam plānam M 1:2 000 ir šādi informācijas slāņi:

- reljefs;
- jūras krasts un ūdenstilpes (ezeri, dīķi, ūdenskrātuves u.c.);
- dabiskās ūdensteces (upes, strauti);
- regulētās ūdensteces (kanāli, grāvji);
- veģetācija un grunts (mežs, jaunaudze, izcirtums, koki, krūmi, krūmājs, augļu dārzs, pļava u.c. un pārmitrās teritorijas, smiltājs, akmenājs);
- izrakņāta zeme (pamesti karjeri, armijas poligoni, izstrādātas kūdras ieguves vietas, bedres u.c.);
- būves un to detaļas;
- caurbrauktuves, galerijas, pazemes būvju virszemes daļas, torņveida objekti, vieglas konstrukcijas būves;
- drupas un norobežojošās būves;
- saimnieciskie objekti (tvertnes, inženierbūves, celtņi, strūklakas, pieminekļi, kapsētas, derīgo izrakteņu vietas u.c.);
- sliežu ceļi;
- ielas un to asis;
- pārējie ceļi un tilti (pievedceļi, zemesceļi, gājēju ceļi, ietves);
- virszemes inženierfīkli (cauruļvadi, elektropārvades līnijas u.c.);
- hidrogrāfiskie, ģeogrāfiskie, paskaidrojošie teksti;

- apdzīvotu vietu, ielu un laukumu nosaukumi u.c.

Lauku kartēšana

Kartēšana ir viens no informācijas ievākšanas posmiem lauka raksturošanai. Tiek ņemti augsnes paraugi ķīmiskā sastāva analīzei, augsnes reakcijas, granulometriskā sastāva u.c. augsni un platību raksturojošo parametru noteikšanai.



6. att. Izmēģinājumu lauka topogrāfiskā karte

Katra parauga ņemšanas vieta ar GPS signālu uztvērēju tiek fiksēta attiecīgās koordinātās. Tiek apsekots arī viss lauks, lai raksturotu un GPS koordināšu sistēmā nofiksētu tā reljefa, struktūras u. c. īpatnības, piemēram, zemas, mitras ieplakas, nezāļainas un akmeņainas vietas, koku grupas, krūmu pudurus, agrāko ceļu vietas, augstsprieguma līnijas utt. (6. attēls).

Visa iegūtā informācija tiek apstrādāta ar datoru. Izmantojot attiecīgas programmas tiek veidotas dažādu krāsu un to mainīgas intensitātes toņu analizējamā lauka kartes: nogabalu ražības karte, topogrāfiskā, kas ietver uzskatāmu informāciju par lauka reljefu un tipoloģisko struktūru; augsnes ķīmiskā sastāva kartes atkarībā no pētīto elementu (kālija, fosfora u.c.) satura; augsnes granulometriskā sastāva, trūdvielu satura, augsnes penotrometriskās pretestības dažādos dziļumos, sējumu nezāļainības u.c. kartes. Kad kartes gatavas, attiecīgi tās savietojot, iespējams uzskatāmi redzēt un novērtēt situāciju.

Digitālās rastra un vektora kartes

Dati par apvidu tiek uzglabāti ĢIS datu bāzē rastra vai vektora formātā.

Rastra formāts. Dati rastra formātā pārstāv realitāti kā tīklu vai kā šaha dēli. Katrs kvadrāts (vai rastra šūna) sedz noteikto ģeogrāfisko laukumu un tam ir viens atribūts, kas tam laukumam piemīt. Rastra šūna ir vismazākā ģeogrāfiskā vienība, ko var attēlot ar rastra ĢIS, tāpēc to sauc par

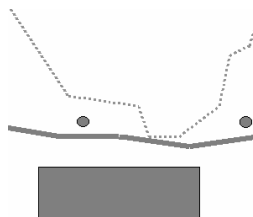
‘minimālo kartes vienību’. Jo minimālā kartes vienība ir mazāka, jo augstāka ir datu kopas izšķirtspēja un augstāks detaļu apjoms, ko var attēlot. Vizuāli, formas vai ģeogrāfiskās struktūras attēlo rastra šūnu kombinācijas. Tas nozīmē, ka sarežģītas formas (tādas, kā administratīvā robeža) vai līnijas (tādas, kā piekraste) var izskatīties diezgan nedabiski. Gandrīz visi attālināti iegūtie dati tiek vākti rastra formātā, kas nozīmē to, ka dati nav jākonvertē pirms izmantot rastra GIS.

Vektora formāts. Dati vektora formātā vizuāli attēlo realitāti kā punktu un līniju kombināciju. Tos var arī kombinēt, veidojot daudzstūrus. Tas nozīmē, ka sarežģītas formas ir daudz vienkāršāk attēlot vektora formātā, jo var ielikt nepieciešamās detaļas.

Vairākums izejošo karšu no ĢIS tiek veidotas vektora formātā. Attālināti iegūtos datus nepieciešams konvertēt pirms tos var izmantot vektora ĢIS.

Sekojošās ilustrācijas rāda vienas teritorijas rastra (7. attēls) un vektora (8. attēls) attēlojumu. Rastra attēlojums sastāv no kvadrātiem. Vektora attēlojums sastāv no punktiem, līnijām un daudzstūriem. 9. attēlā parādīta kustības maršruta kartes fragments.

R	L	L	L	L	L	L	R
L	R	L	L	L	L	R	R
L	L	R	R	R	L	R	L
L	L	H	L	L	R	L	H
B	B	B	B	B	B	B	B
S	C	C	C	C	C	S	S
S	C	C	C	C	C	S	S
S	S	S	S	S	S	S	S

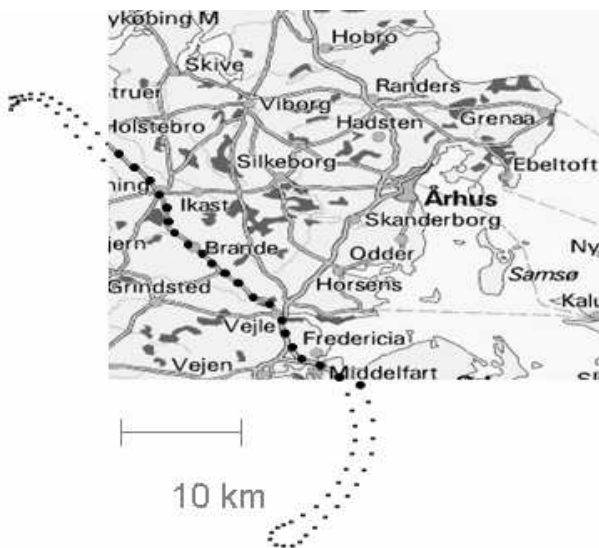


7. att. Teritorijas rastra attēlojums:

R - ceļš, L - zeme, H - māja, B - pludmale, C - aizsargājamā teritorija, S – jūra

8. att. Teritorijas vektora attēlojums.

* Pēc <http://vide.lu.lv> resursu datiem.

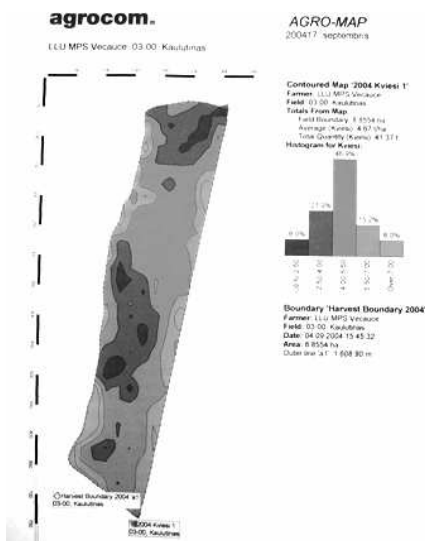


9. att. Pārvietošanās maršruta kartes fragments

2. PRECĪZĀS LAUKSAIMNIECĪBAS JĒDZIENA BŪTĪBA

Lauku homogenitāte un heterogenitāte

Precīzā lauksaimniecība, konkrētāk precīzā augkopība (turpmāk, PA) ir lauka nogabalu specifikai atbilstoša augkopība. PA jēdziena būtība ir tā, ka lauki netiek uzskatīti par auglības ziņā viendabīgām (homogēnām) platībām, kuru auglību raksturo vidējie rādītāji, bet katrs konkrēts lauks tiek uztverts kā heterogēns, sastāvotšs no dažāda auglības līmeņa un līdz ar to dažādas ražības nogabaliem (sk. piemēram, 10. attēlu), kuru vēlamās (plānojamās) auglības nodrošināšanai nepieciešami atšķirīgi vai specifiski tehnoloģiskie risinājumi (mēslojuma veidi un devas, nezāļu ierobežošanas paņēmieni, melioratīvie pasākumi, augsnes apstrādes veidi u.c.).



10. att. Ziemas kviešu ražības karte ar dažādiem ražības līmeņiem lauka nogabalos mps „Vecauce”

No 10. attēla redzams, ka pie vienādas audzēšanas tehnoloģijas ir ievērojamas kviešu ražības svārstības pa lauka nogabaliem. Pie caurmēra ražības $4,67 \text{ t ha}^{-1}$ tā variē no $2,5 \text{ t ha}^{-1}$ neauglīgākajos nogabalos līdz 7 t ha^{-1} auglīgākajos nogabalos. GPS tehnoloģiju uzdevums ir skaidrot šo atšķirību iemeslus un ar atbilstošiem tehnoloģiskiem paņēmieniem izlīdzināt lauka nogabalu ražību līmeņus, tuvinot tos augstākajam.

PA ir saimniekošanas veids, kas, pateicoties jauno tehnoloģiju, mašīnu un iekārtu iespējām, izmantojot GPS tehnoloģijas, ļauj savlaicīgi konstatēt, analizēt un attiecīgi reaģēt uz apstrādājamās zemes platības nogabalu kvalitatīvajām īpašībām un realizēt tām visatbilstošāko zemkopības sistēmu (augšnes apstrādi, mēslošanu, šķirņu izvēli u.c.). PA ir cieši saistīta ar vajadzīgo datu ieguves, apstrādes, analīzes, lēmumu pieņemšanas, risinājumu izstrādes un realizācijas tehnoloģiju un tehnikas: GPS signālu uztvērēju – koordinātu noteicēju, ražu un augu biomasas rādītāju, barības vielu (slāpekļa) nodrošinājuma noteicēju, datu uzkrāšanas un pārraides iekārtu, dažādu sensoru (mitruma, blīvuma u.c.) augsnes fizikāli mehānisko īpašību noteicēju, paraugu ņemšanas un analīzes iekārtu, datortehnikas un programmatūras, tehnoloģisko procesu, mašīnu un agregātu vadīšanas iekārtu izveidi un saimniecību vajadzību nodrošināšanu ar tām.

Atzīts, ka PA jeb citā terminoloģijā – „precīzā pieeja”, kas nozīmē pareizu darbību, pareizā vietā un pareizā laikā ir efektīvākais veids augkopības nozares vispusīgas, agroekoloģiski un agroekonomiski pamatotas attīstības paātrināšanai.

Precīzās lauksaimniecības (konkrētāk, precīzās zemkopības) jēdziena būtību vissaprotamāk izteikuši vācieši, nosaucot to par „ortsspezifische Pflanzenbau”, ko latviski varētu dēvēt: „nogabalu specifikai atbilstoša augkopība” vai arī „nogabalu specifikai atbilstoši variējama augkopības sistēma”. Lai šādu augkopības sistēmu realizētu, no lauka kopplatības jāizdala un precīzi jāfiksē (izmantojot GPS) tā atšķirīgie nogabali, jānosaka to specifika, tiem atbilstoša agrotehnika un jānodrošinās tās īstenošana, t.i., jāveido atbilstoša saimniekošanas vadības sistēma.

Precīzās zemkopības sistēmas lietderības pamatojums

Lietderības pamatojumā tiek minēti četri galvenie aspekti:

1. Ražas apjoma kāpināšana. Tā panākama galvenokārt ar lauku racionālu mēslošanu. Piekopjot līdzšinējo praksi, kad visai lauka platībai tiek dota vienāda mēslojuma deva, vietās, kur augsnes sastāva vai kādu citu apstākļu dēļ attiecīgā elementa saturs ir stipri zem vēlamā, tas pēc mēslošanas tā arī nesasniedz vēlamo daudzumu. Savukārt vietās, kur barības vielu daudzums jau pirms mēslošanas ir bijis vēlamajā līmenī, to koncentrācija augsnē tiek pārdozēta. Līdz ar to veidojas situācija, kad pēc platības mēslošanas vēlamo ķīmisko elementu saturiskā izkliede lauka ietvaros nav vienmērīga: vietām ir pārmēslots, vietām - nepilnīgi mēslots. Respektīvi, situācijā, kad mums ar minēto paņēmieni un iekārtu palīdzību ir iespēja apzināt lauku nogabalu augsnes auglības līmeni, kā arī iespēja datorizēti korigēt minerālmēsliu izsējas devas atkarībā no atrašanās vietas laukā (to ir iespējams panākt ar GPS un attiecīgas lauksaimniecības tehnikas palīdzību), rezultātā, nepalielinot (vai pat samazinot) minerālmēsliu izsējas kopējo apjomu, bet to attiecīgi variējot, iespējams palielināt kopražu.

2. Materiālo ieguldījumu samazināšana. Zinot ražu samazinošos faktorus lokālā mērogā lauka ietvaros, ir iespēja aprēķināt konkrētā nogabala ražas kāpināšanas optimālo risinājumu. Tā piemēram, zinot to, kur atrodas nezāļu pārņemtās vietas labības laukā, ir iespēja apstrādāt tikai šīs vietas ar attiecīgiem herbicīdiem atbilstošās devās, tādējādi tos ekonomējot. Līdzīgi iespējams ekonomēt mēslojumu, degvielu u.c. materiālos resursus.

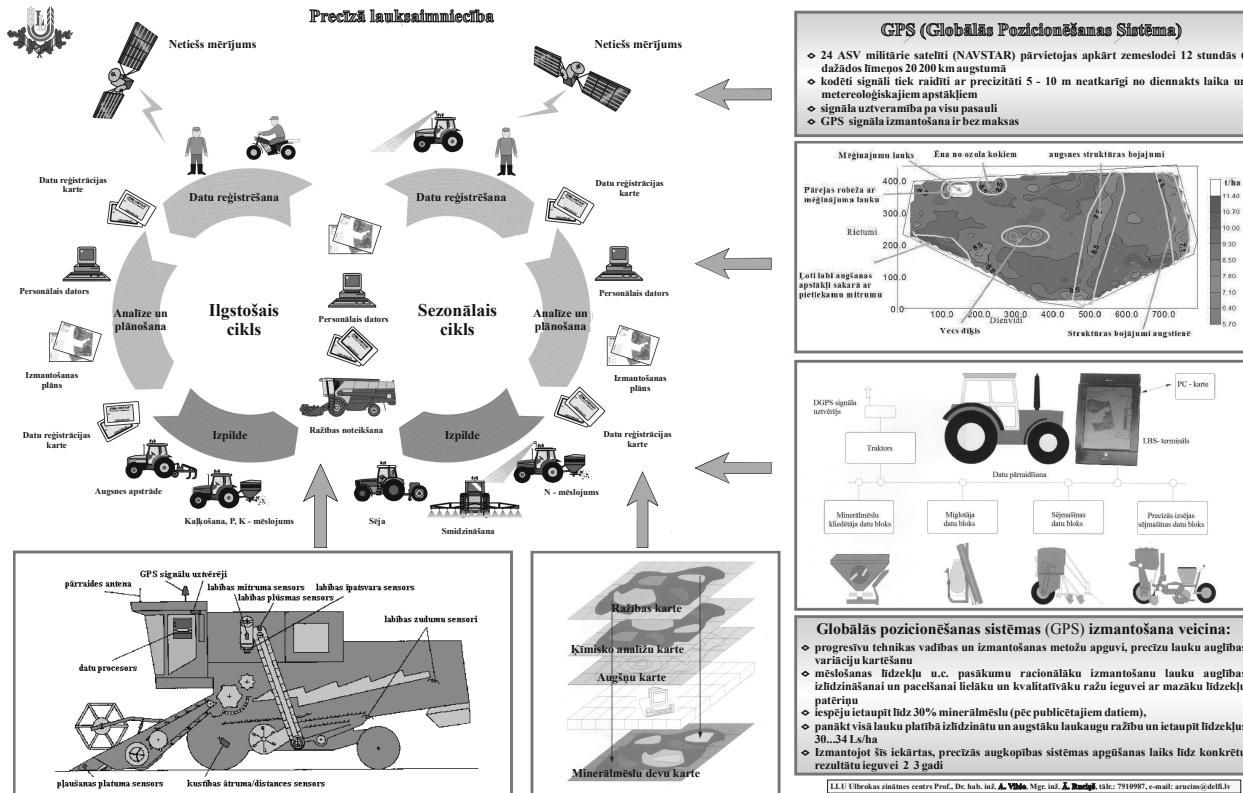
3. Ekonomiskais izdevīgums. Iegūstot ražu ar mazāku materiālo līdzekļu ieguldījumu, panāk augstāku produkcijas ražošanas rentabilitāti. Esošā programmatūra dod iespēju kalkulēt arī ekonomiski pamatotu investīciju līmeni, līdz kuram tās vislabāk atmaksājas, sastādīt prognozējamo un gūto ienākumu karti pa lauka nogabaliem.

4. Ekoloģiskie apsvērumi. Ņemot vērā to, ka šādas precīzas saimniekošanas rezultātā tiek novērsta atsevišķu platību pārmēslošana, augu aizsardzības ķīmikāliju pārdozēšana un citāda nevēlama neapzināta rīcība, tas atstāj pozitīvu iespaidu uz apkārtnes ekoloģisko situāciju, samazina lauksaimnieciskās darbības nevēlamo ietekmi uz apkārtnējo vidi.

3. GPS TEHNOLOĢIJAS

Precīzās augkopības sistēma, izmantojot GPS tehnoloģijas, tās galvenie elementi (sastāvdaļas) un to sasaiste shematiski parādīta 11. attēlā. Tos iedala ilgstoša cikla un sezonāla cikla pasākumos. Pirmo uzdevums ir celt augsnes potenciālo auglību, otro – sezonālo vajadzību nodrošināšana konkrētu laukaugu augšanai un attīstībai, lai sasniegtu plānoto ražību un iegūtu kvalitatīvu produkciju. Šim uzdevumam veido atbilstošas GPS tehnoloģijas.

Globālās pozicionēšanas sistēma (GPS) lauksaimniecībā



11. att. GPS tehnoloģijas precīzajā laukkopībā

Ar ko sākt, kādā secībā apgūt precīzo augkopību

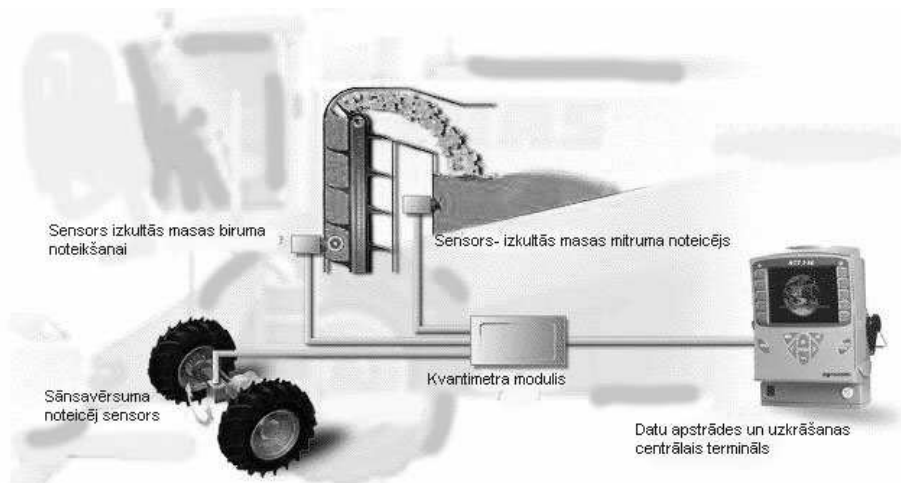
Principā precīzās augkopības apgūšanu un atbilstošu GPS tehnoloģiju izstrādāšanu var sākt ar jebkuru shēmā (11. attēls) parādītā cikla elementu, piemēram, ar aerofoto uzņēmumiem augu stāļmasas un tās vienmērīguma vizuālam novērtējumam vai arī ar augsnes paraugu ņoņemšanu analizēm augu barības vielu nodrošinājuma u.c. augsnes īpašību (mehāniskā sastāva, humusa saturs, blīvuma, reakcijas) noteikšanai, lai uz to pamata noteiktu pasākumus, izstrādātu un pamatotu atbilstošākās GPS tehnoloģijas. Tomēr parasti to sāk ar lauka ražības novērtējumu tā nogabalu griezumā, iegūstot ražības karti (10. attēls), kas ir vienkāršāk un uzskatāmāk. Vadoties no tās, skaidro iemeslus un meklē risinājumus

Ražības karte

PA apgūšanas secība atkarībā no konkrētajiem apstākļiem, saimniecības iespējām un tehniskā nodrošinājuma var būt atšķirīga. 10. attēlā parādīto ciklu ietvaros to var sākt ar lauka nogabalu ražības nevienmērības noteikšanu ar tiešiem mērījumiem aprīkoto kombainu vai netiešiem mērījumiem aerofotometriskā vai sensoru lietojuma veidā.

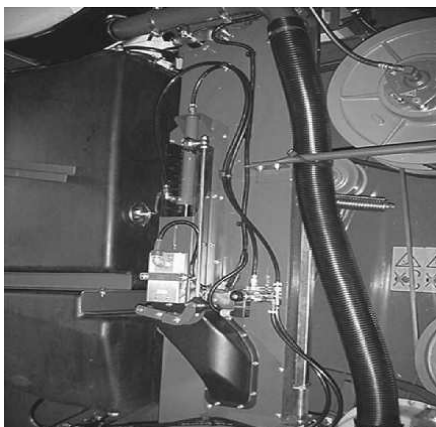
Tomēr to parasti sāk ar audzējamā kultūrauga (visbiežāk graudaugu) ražības nevienmērības noteikšanu, reģistrējot ko koordinātu sistēmā noteiktā intervālā. Šim nolūkam tiek izmantots kombains, kuram ir uzstādītas ierīces, kas vienlaicīgi fiksē vairākus rādītājus: kombaina atrašanās vietu laukā, vadoties no GPS (DGPS) signāliem, ar precizitāti līdz vienam metram, kulšanas procesā iegūto graudu birumu, to mitrumu.

Lai iegūtu informāciju par ražu, nepieciešams kombains, kas aprīkots ar ražības mērīšanas iekārtu. Kā piemērs 12., 13. un 14. attēlā redzama CLAAS Lexion “QUANTIMETER” ražas uzskaites un mitruma mērīšanas iekārta.



12. att. Kombaina CLAAS Lexion “QUANTIMETER” ražas uzskaites un mitruma mērīšanas iekārtas izvietojums un pamataprīkojums (pēc Kesko Agro, J.Cers)

Lai iegūtu ražas karti, bez “Quantimeter” iekārtas papildus vēl nepieciešama: GPS navigācijas sistēma, GPS antena un uztvērējs, PCMCIA 8MB datu karte, programmnodrošinājums LEXION “Cebis” monitoram un ofisa datoram.



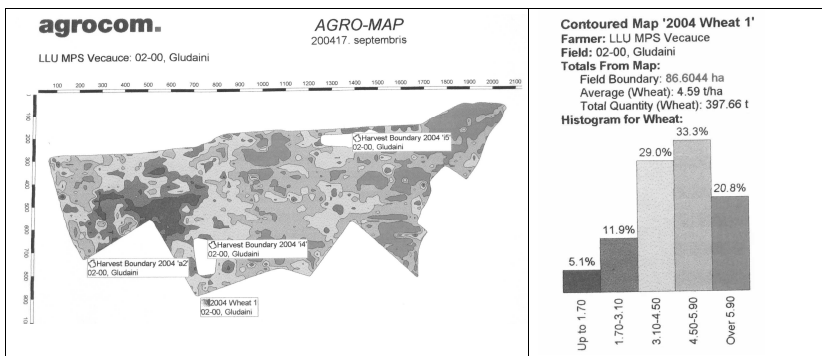
13. att. Kombaina CLAAS Lexion “QUANTIMETER”
ražas uzskaites un mitruma mērīšanas iekārta (Kesko Agro, J.Cers)



14. att. Papildus aprīkojums, kas nepieciešams “Quantimeter” iekārtas darbam
(Kesko Agro, J.Cers)

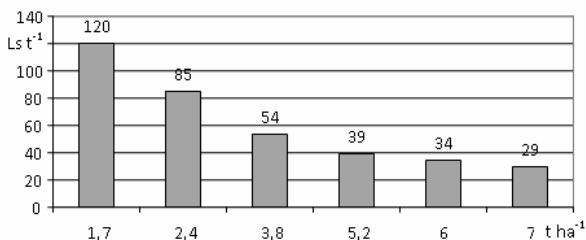
Tālāk, ievadot šos datus personālajā datorā, ar speciālas programmas palīdzību iegūst **ražu karti** (yield map), ar dažādiem, izvēlētiem ražības līmeņu nogabaliem, kas attēloti dažādās krāsās, konkrēti labībām atkarībā no graudu biruma attiecīgajā vietā un nosacīti raksturo šo nogabalu auglības līmeņus, bet neatklāj to atšķirību cēloņus (10. un 15. attēls). Šī karte nosacīti raksturo arī ienākumu līmeni no lauka nogabaliem, kas ir proporcionāls graudu ražīguma līmenim nogabalos.

Ja visā lauka platībā lietota viena un tā pati audzēšanas tehnoloģija, to nediferencējot, tad ražošanas pašizmaksas līmeņi ir pretēji proporcionāli ražu kartē noteiktajiem nogabalu ražības līmeņiem (16. attēls). Tas dod iespēju ātri un operatīvi izveidot ražošanas pašizmaksas, kā arī ražošanas rentabilitātes karti nogabalu griezumā. Tas ļauj noteikt, no kāda ražības līmeņa pie esošajām graudu iepirkuma cenām, to ražošana ir rentabla. Tā apskatāmajā gadījumā, ja graudu iepirkuma cena ir 70 Ls t^{-1} , nogabalos ar ražību mazāku par 3 t ha^{-1} to ražošana ir nerentabla. Lai neradītu zaudējumus, šie mazražīgie nogabali jāizslēdz no ražošanas, vai jāveic pasākumi to ražības līmeņa pacelšanai virs 3 t ha^{-1} .



15. att. Ziemas kviešu ražas karte ar dažādiem ražības līmeņiem lauka nogabalos MPS „Vecauce” Glūdaiņu masīvā 2004. gadā

Tādējādi, ienākumu, ražošanas pašizmaksu, rentabilitātes un citas ekonomiska rakstura kartes liek meklēt un ļauj rast diferencētu precīzo augkopības tehnoloģiju pamatojumu katrā masīva nogabalā.



16. att. Ziemas kviešu graudu ražošanas pašizmaksa, $Ls\ t^{-1}$ Glūdaiņu masīvā pie dažāda ražības līmeņa, $t\ ha^{-1}$ (J. Kopmaņa dati)

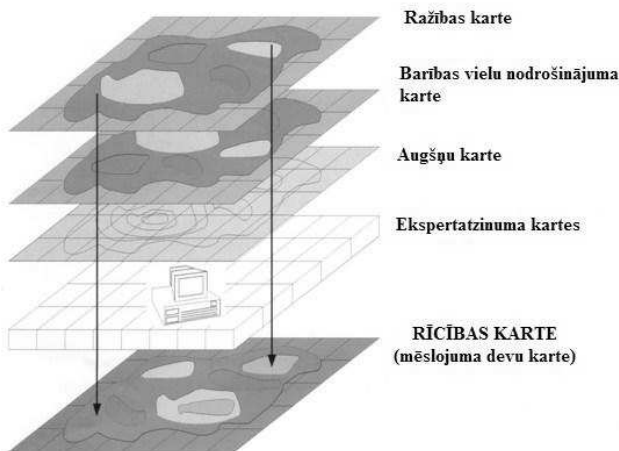
Ražu līmeņu variēšanas lielumi dažādos laukos ir dažādi, ko nosaka katra lauka īpatnības. Tādēļ, lai sekmīgi organizētu ražošanu jāzina katra konkrētā lauka raksturojums un tā izmaiņas, veicot attiecīgus novērojumus (monitoringu) ilgākā laika periodā (vairākus gadus).

Ražības atšķirību cēloņu noteikšana

Pēc ražu kartes izveidošanas seko nākamie informācijas ievākšanas posmi lauka raksturošanai un ražu diferences cēloņu noteikšanai. Tiek ņemti paraugi augsnes agroķīmiskā sastāva analīzei, augsnes reakcijas, granulometriskā sastāva u.c. augsni raksturojošo parametru noteikšanai, kas varētu ietekmēt tās auglību. Katra parauga ņemšanas vieta ar GPS signālu uztvērēju tiek fiksēta attiecīgās koordinātēs. Līdztekus tiek apsejots viss lauks, lai raksturotu un GPS koordināšu sistēmā nofiksētu tā reljefa, struktūras u.c. īpatnības. Piemēram, zemas, mitras iepakas, nezāļainas un akmeņainas vietas, koku grupas, krūmu pudurus, agrāko ceļu vietas, augstsprieguma līnijas utt. Tad seko visas iegūtās informācijas apstrāde ar datora palīdzību. Datorā, izmantojot attiecīgas programmas, papildus jau minētajai ražu kartei tiek veidotas vairākas citas analizējamā lauka kartes: topogrāfiskā, kas ietver uzskatāmu informāciju par lauka reljefu un tipoloģisko

struktūru, augsnes agroķīmiskās kartes ar informāciju par augu barības elementu saturu, augsnes granulometriskā sastāvu, trūdvielu saturu, augsnes pretestību dažādos dziļumos un citas kartes.

Kad kartes ir gatavas, tās attiecīgi savietojot (17. attēls), iespējams uzskatāmi vērot un vērtēt esošo situāciju. Proti, ražu kartē, redzot vietas ar zemāku ražību, skaidrot tās iemeslus pēc attiecīgās vietas raksturojuma: augsnes agroķīmiskā sastāva (barības vielu nodrošinājuma, reakcijas), trūdvielu satura, mehāniskā sastāva (blīvuma) kartēs un citiem rādītājiem. Tādējādi ir iespēja vienkāršoti konstatēt ražu ietekmējošos (pazeminošos) faktoros, kas varētu būt, piemēram, kāda augu barības elementa samazināts līmenis augsnē, palielināts augsnes, tajā skaitā zem aramkārtas sakārtas blīvums, zema, mitra vieta vai citi nelabvēlīgi faktori. Atsevišķas kartes var gūt individuālu lietojumu tehnoloģisko operāciju diferencēšanai visā platībā.

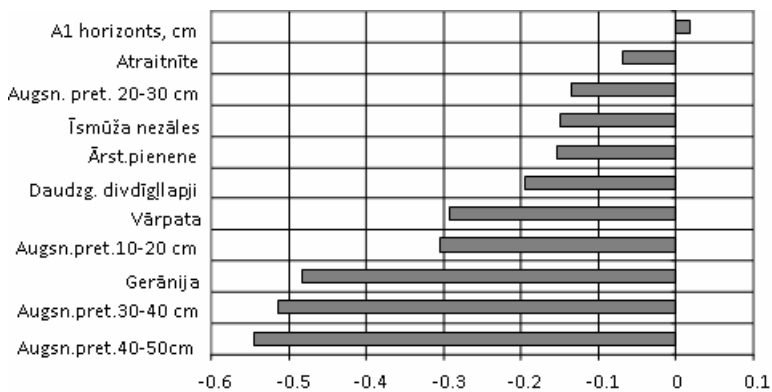


17. att. Dažādu ražu noteicošo faktoru karšu savietošanas princips

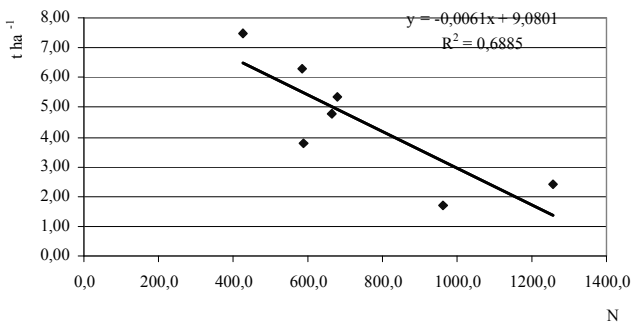
Ražu limitējošo faktoru ietekmes lieluma noteikšanā labus rezultātus nodrošina korelāciju un regresiju analīze, kuras pamatnozīme: noteikt ražu limitējošos un diferenci visvairāk ietekmējošos faktoros.

Sniedzam piemēru no viena ziemas kviešu lauka datu analīzes LLU MPS „Vecauce” Glūdaļu masīva (18. un 19. attēls). Datu matemātiskās un profesionālās analīzes rezultāti liecina, ka lielāko un būtiskāko ražas samazinājumu dod palielināta augsnes pretestība (blīvums) zemaramkārtā, neizāļi: ģērānijas un ložņu vārpata izplatība.

Sekojošā piemērā parādīta augsnes fizikāli mehānisko īpašību un tās sagatavošanas kvalitātes ietekme uz ziemas kviešu zelmeņa veidošanos un stāvokli MPS Vecauce Kurpnieku laukā 2005. gada rudenī (20.–22. attēls). Aerofoto attēlā labi saskatāma zelmeņa kupluma nevienmērība un pat atsevišķi laukumi bez augiem. Lauka augsnes virskārtas (A 1 horizonta, 20. attēls un zemaramkārtas, 21. attēls) apsekošana un analīze rāda, ka dažādo zelmeņa attīstību tieši ietekmējušas augsnes fizikāli mehāniskās īpašības un tās sagatavošanas kvalitāte. Dēļ mitruma trūkuma augi bija slīktāk dīguši un attīstījušies vietās ar cietu augsni un sausu, rupjgabalaini sastrādātu tās virskārtu.



18. att. Lineārie sakarību ciešumi r_{yx} starp ziemas kviešu ražu y un to ietekmējošajiem faktoriem x Glūdaiņu masīvā (D. Lapiņa u.c. dati)

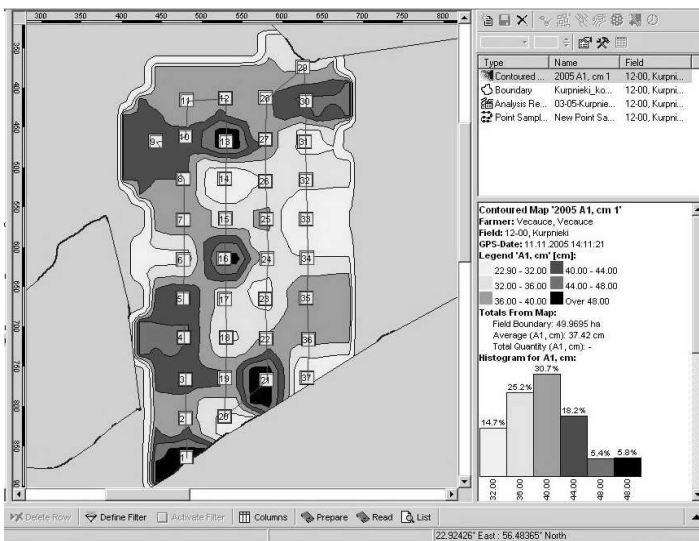


19. att. Augsnes pretestības (blīvuma) 40 – 50 cm dziļumā ietekme uz ziemas kviešu ražību MPS Vecauce 2004. gadā (A. Plūmes pētījumu dati)

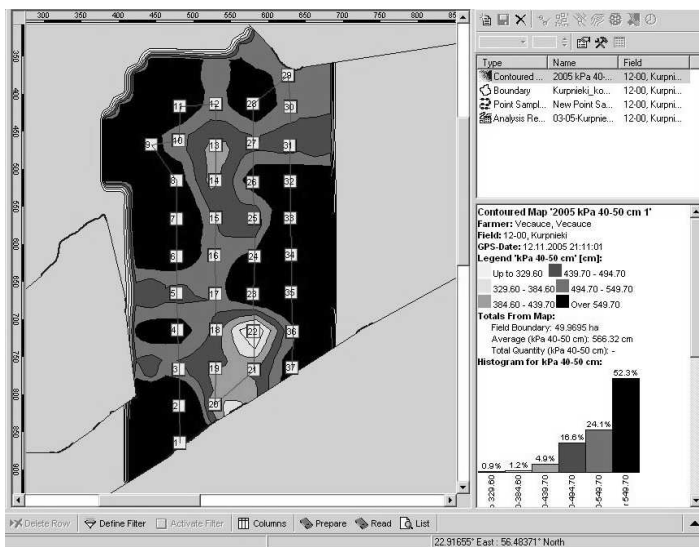


20. att. Ziemas kviešu sējuma aerofoto uzņēmums MPS Vecauce Kurpnieku laukā 2005. gada oktobrī (J. Repsona materiāli)

Līdzīgas kartes, izmantojot augsnes paraugu ņoņemšanu un analīzi, var iegūt, lai vērtētu mehāniskā sastāva, humusa un barības vielu (N, P, K u.c.) saturs, augsnes reakcijas ietekmi uz augu attīstību un ražību, kā arī augsnes apstrādes, sējas veidu un laika, mēslojuma, nezāļainības u.c. faktoru ietekmi uz to.



21. att. Kurpnieku lauka A I horizonta karte 2005. gadā



22. att. Augsnes pretestības (cietības) 40 – 50 cm dziļumā karte Kurpnieku laukā 2005. gadā. Cipari apzīmē mērījumu vietu numerāciju (A. Plūmes pētījumu dati)

Latvijā atsevišķos gados augu augšanu un laukaugu ražību var ievērojami ietekmēt laika apstākļi: sausums vai pārāk liels mitrums. Tā, piemēram, ziemāju sējumu izslīkšana lauka ieplakās (arī drenētos laukos) īpaši raksturīga pavasaros, kad sakarā ar dziļu augsnes sasalumu sniega kušanas ūdeņi nevar aizplūst uz drenu sistēmu un tikt savlaicīgi novadīti (23. attēls). Šīs vietas ir fiksējamas atbilstošā lauka kartē, lai tālāk meklētu risinājumus ūdeņu uzkrāšanās novēršanai.



23. att. **Ziemas kviešu lauki ar ieplakās izslīkušiem augiem:**
augšā – pavasarī; apakšā – rudenī ražas novākšanas laikā (A.Vildes foto)

Precīzās zemkopības ieviešanas praksē atzīts, ka, lai iegūtu objektīvus rādītājus un gūtu vēlamos rezultātus, nepietiek ar vienas sezonas novērojumiem, jo, kā zināms, liela loma ražas veidošanā ir laika apstākļiem attiecīgās kultūras veģetācijas periodā.

Risinājumi lauka nogabalu ražības izlīdzināšanai

Kad ražību ietekmējošo faktoru analīze ir veikta, tiek skaidroti nepieciešamie pasākumi lauka ražības līmeņu izlīdzināšanai, tos paaugstinot nogabalos ar zemāku ražību. Vadoties no iepriekš apskatītajām informatīvajām kartēm, tiek izstrādātas atbilstošas uzdevumu kartes plānojamā ražības līmeņa sasniegšanai katrā konkrētā lauka nogabalā: mēslojuma devas, augsnes apstrādes un nezāļu ierobežošanas veidi, melioratīvie pasākumi u.c..

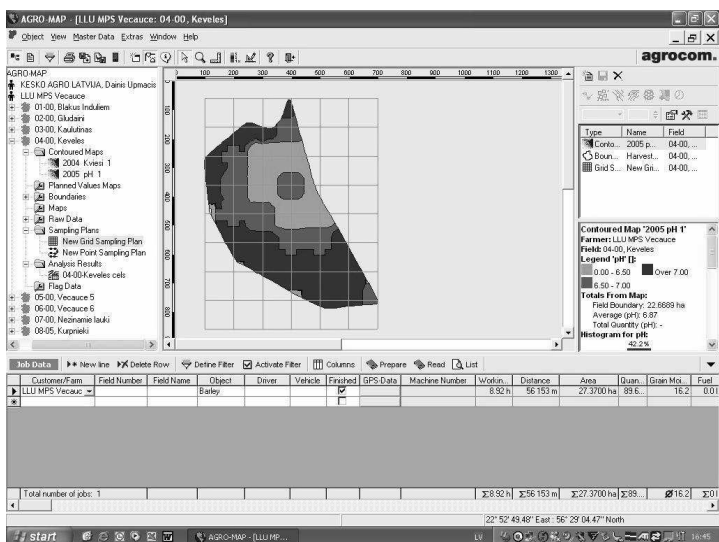
Tā, piemēram, balstoties uz augsnes pretestības (cietības) variāciju kartēm (21. un 22. attēls, kas nosacīti raksturo tās blīvumu, izstrādā uzdevumu karti, tās blīvuma optimizēšanai: blīvāko nogabalu intensīvākai apstrādei, piemēram, frēzēšanai, blīvās zemaramkārtas dziļirdināšanai.

Vadoties no augsnes reakcijas variāciju kartes (24. attēls), izstrādā pasākumus tās normalizēšanai, paredzot skābāko augšņu nogabalu (gaišākā krāsā) kaļķošanu. Līdzīgi pēc kālija nodrošinājuma kartes variē tā devu lielumu, to attiecīgi palielinot nogabaliem ar mazāku kālija nodrošinājumu (kartē gaišākā krāsā). Līdzīgi plāno arī citu mēslojumu (N, P, Ca, mikroelementu) devu lielumu un to variēšanu pa lauka nogabaliem.

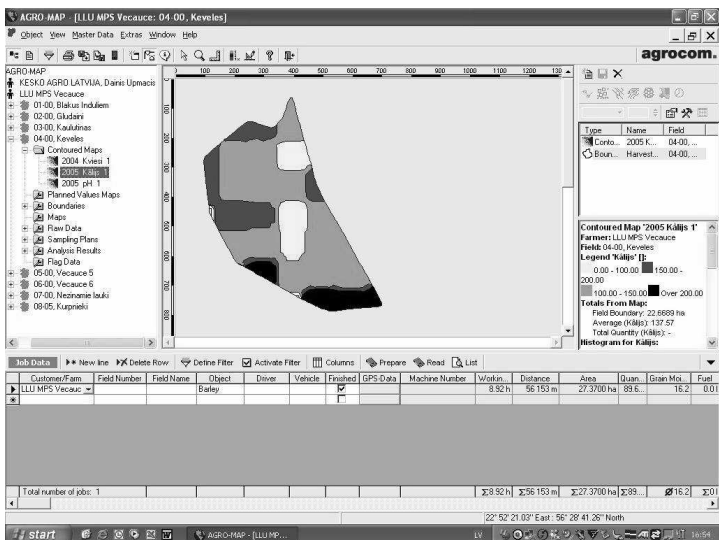
Herbicīdu veidu un devu, kā arī ar tiem apsmidzināmo nogabalu noteikšanā vadās no lauka nezāļainības kartes, ko var iegūt arī aerofoto ceļā (26. attēls). No kartes (26. attēls, b) redzams, ka herbicīdi jāizmanto apmēram 20 % platībā, kur nezāļu daudzums pārsniedz pieļaujamo sliekšni.

Balstoties uz šādā veidā iegūtajām uzdevumu kartēm, tiek izstrādāts un fiksēts datu reģistrācijas kartēs rīcības plāns, kas attiecas uz konkrētās platības mehānisko apstrādi, mēslojuma veidu un devu, herbicīdu pielietojuma, kā arī paredzētās kultūras sēklu izsējas daudzuma koriģēšanu u.c. pasākumiem, vadoties pēc vēlamā rezultāta. Tālāk, izmantojot šo datu reģistrācijas kartes un GPS iespējas, ar attiecīgu izmantojamo mašīnu aprīkojumu tiek panākta situācija, ka, lai kāpinātu ražu, kā arī ietaupītu līdzekļus, vajadzīgie pasākumi tiek precīzi izpildīti (variēti), atbilstoši konkrētās vietas vajadzībām. Tā, piemēram, augsnes mehāniskās apstrādes procesā var tikt mainīts tās apstrādes raksturs, proti, atkarībā no atrašanās vietas laukā mainīts aršanas vai kultivēšanas dziļums; mēslošanā – atkarībā no barības vielu vajadzības variētas mēslojuma devas utt.

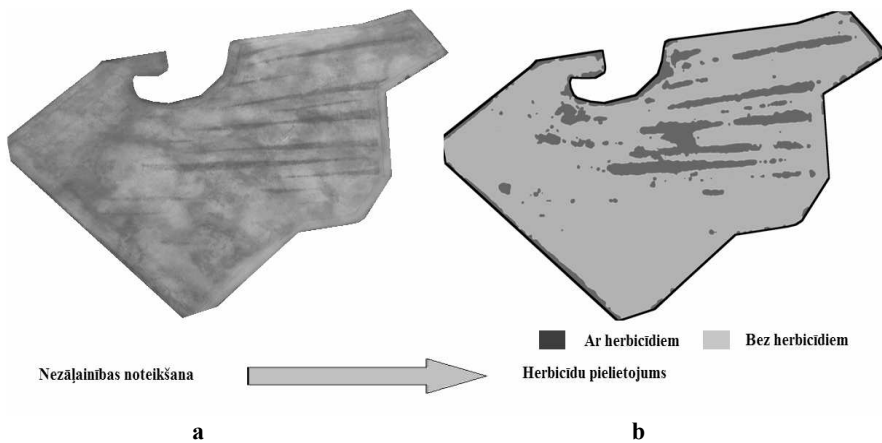
Līdzīgā veidā var tikt sastādītas veicamo pasākumu izdevumu kartes, prognozējamās ražu, ienākumu, ražošanas pašizmaksu un rentabilitātes kartes.



24. att. Augsnes reakcijas karte MPS Vecauce Ķeļu laukā 2005. gadā



25. att. Kālija satura karte MPS Vecauce Ķeļu laukā 2005. gadā (D. Lapiņa u.c. dati)



26. att. Herbicīdu pielietojuma kartes veidošana pēc rektificēta un koriģēta aerofoto uzņēmuma: a – rektificēts un koriģēts lauka aerofoto uzņēmums; b – herbicīdu (glifosāta) pielietojuma karte. Visi attēlojumi uzņemti ar redzamā spektra (RGB) Nikonu kameru (J. Repsona pētījumu dati)

4. GPS TEHNOLOĢIJU IEVIEŠANA UN PĀRVALDE SAIMNIECĪBĀ

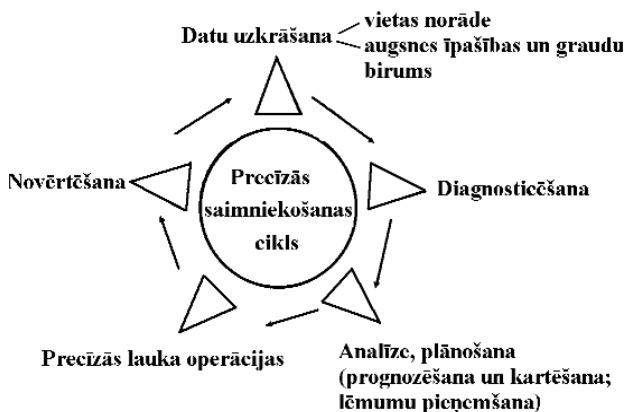
Ir izveidotas un pielietojamas vairākas sistēmas GPS tehnoloģiju ieviešanai un pārvaldei saimniecībā, to efektivitātes novērtēšanai. Šīs sistēmas ietver ne tikai pašas tehnoloģijas, bet arī mašīnu, iekārtu un ierīču kopas to realizācijai ar atbilstošu datorprogrammu (software) un tehnisko aprīkojumu (hardware) nodrošinājumu vajadzīgās informācijas ieguvei, tās apstrādei, izvērtēšanai, lēmumu pieņemšanai un to realizācijai lauksaimnieciskajā ražošanā. No zināmajām sistēmām plašāk izplatītas ir sekojošās:

- Grīnstāra (zaļās zvaigznes, zaļā līdera) sistēma (Green Star system);
- Fīldstāra (lauku zvaigznes, lauku līdera) sistēma (Field Star system);
- Amazones inteligentā (gudrā) augkopība (AMAZONE Intelligenter Pflanzenbau);
- Agrikon (Agri Con) sistēma;
- Kanbus sistēma (CAN-BUS System);
- Isobus (ISOBUS) sistēma;
- Satkon (satelītu kontrolētā) sistēma (Satconsystem);
- Agrokom (agrocom) sistēma;
- AgroGIS sistēma (Agrārā ģeogrāfiskās informācijas sistēma);
- Zviedrijas precīzās lauksaimniecības sistēma (Precision Agriculture POS Sweden);
- Automātiskās vadīšanas sistēmas (Automatic Vehicle Guidance).

Visu šo sistēmu kopējā iezīme ir PL cikliskuma nodrošināšana (27. attēls).

Grīnstār integrētā lauksaimnieciskās ražošanas pārvaldes risinājumu sistēma (AMS), ko veidojuši Kranfildas universitātes Silso Anglijā zinātnieki, ir ar piesaisti Džon Dīra (John Deere) rūpnīcu ražotajām mašīnām (traktoriem, kombainiem, augsnes apstrādes mašīnām, mēslojuma kļiedētājiem, ķīmikāliju smidzinātājiem, sējmašīnām u.c.), kas krāsotas zaļā krāsā.

Šīs sistēmas shematiskais iedalījums parādīts 28. attēlā.



27. att. Precīzās lauksaimniecības cikls un tā sastāvdaļas



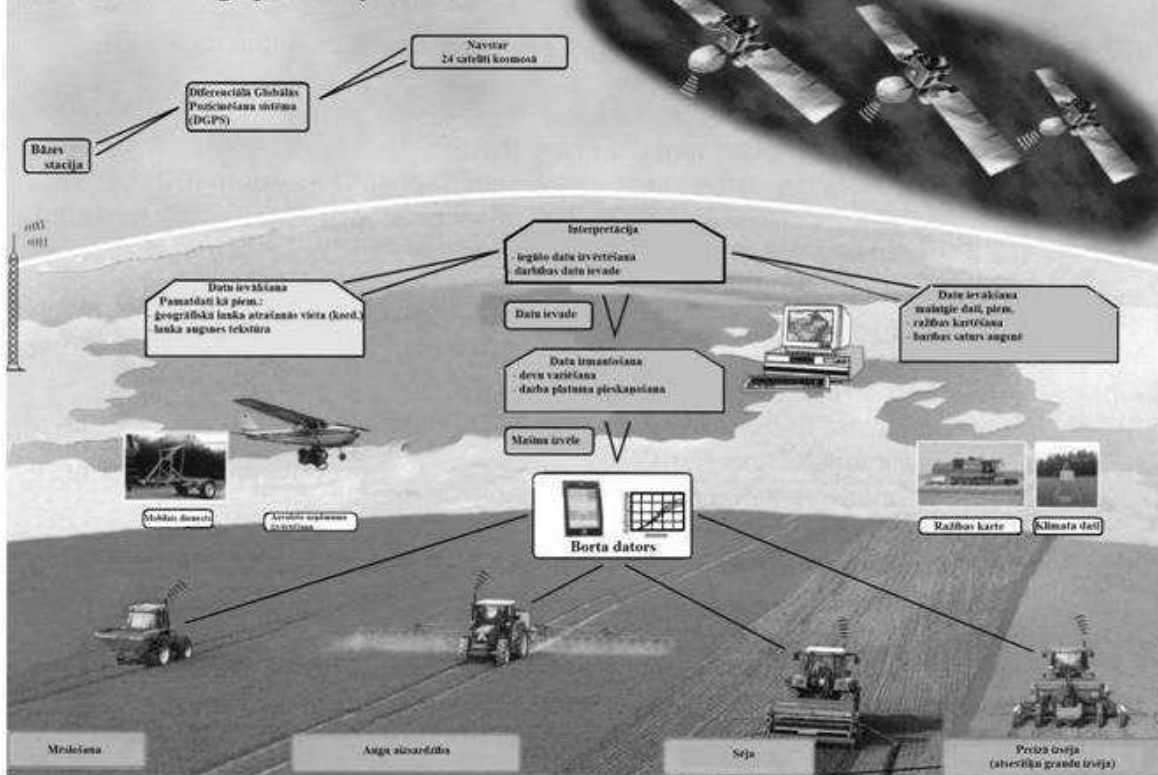
28. att. Grīnštār integrētās lauksaimnieciskās ražošanas pārvaldes sistēma

Fildstāra sistēma ir līdzīga Grīnštāra sistēmai. Tā vairāk tiek izmantota piesaistē ar Vācijā ražotajām mašīnām (Claas, Fendt, Amazone u.c.).

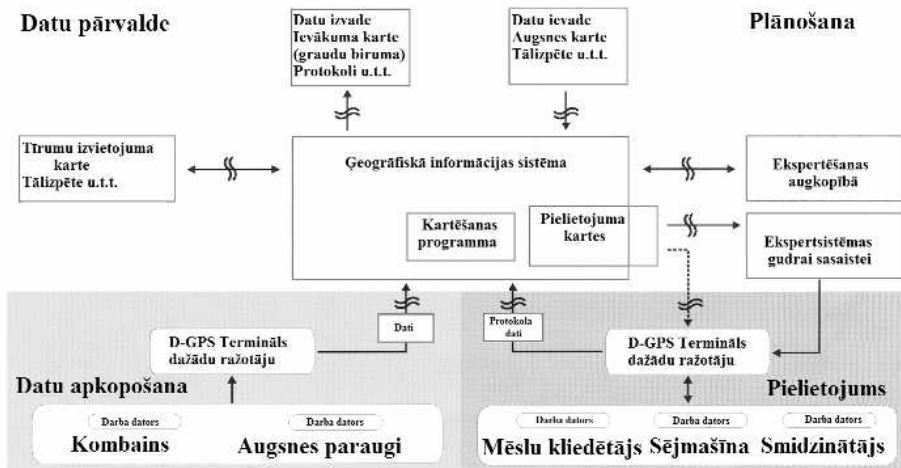
Amazones intelīgentās augkopības sistēmas strukturālā shēma parādīta 29. attēlā, datu ieguves, apstrādes, ekspertvērtējuma, pasākumu izstrādes un realizācijas strukturālā shēma - 30. attēlā. Šī sistēma galvenokārt tiek izmantota Vācijā sasaistē ar Amazones rūpnīcu ražotajām mašīnām.

Atzīts, ka objektīvu vispusīgu datu iegūšanai, apkopošanai, apstrādei un pārvaldei ir izšķiroša nozīme precīzās augkopības sistēmas ieviešanā un veiksmīgā izmantošanā. Plašā daudzveidīgā informācija (ražības kartes, augsnes analīzes dati, aerofoto uzņēmumi) ir nepieciešami ražošanas konceptuālai plānošanai. Centrālais elements ir GIS (Ģeogrāfiskās informācijas sistēma), kas izstrādāto uzdevumu kartes (mēslojuma devu, melioratīvo pasākumu u.c. kartes) nodod agregāta (traktora) borta datoram. Šai GIS jābūt sasaistē ar tīrumu izvietojuma kartēm, lai tajās iekļautos datus nodotu tālāk.

Seja, mēslošana, augu aizsardzība nogabalu specifikai atbilstoši lauku produkcijas ražošanai

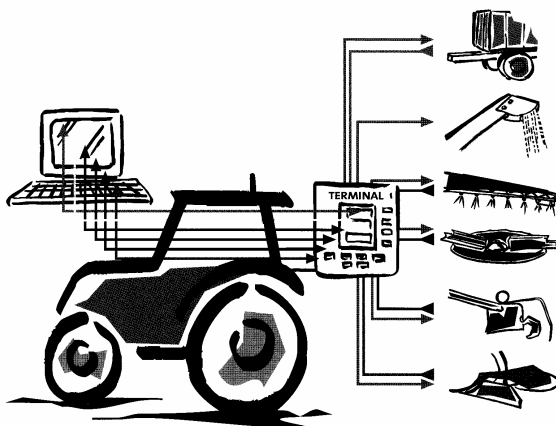


29. att. Amazones inteligentās augkopības sistēmas strukturālā shēma



30. att. Amazones inteligentās augkopības sistēmas datu ieguves, apstrādes, ekspertvērtējuma, pasākumu izstrādes un realizācijas strukturālā shēma

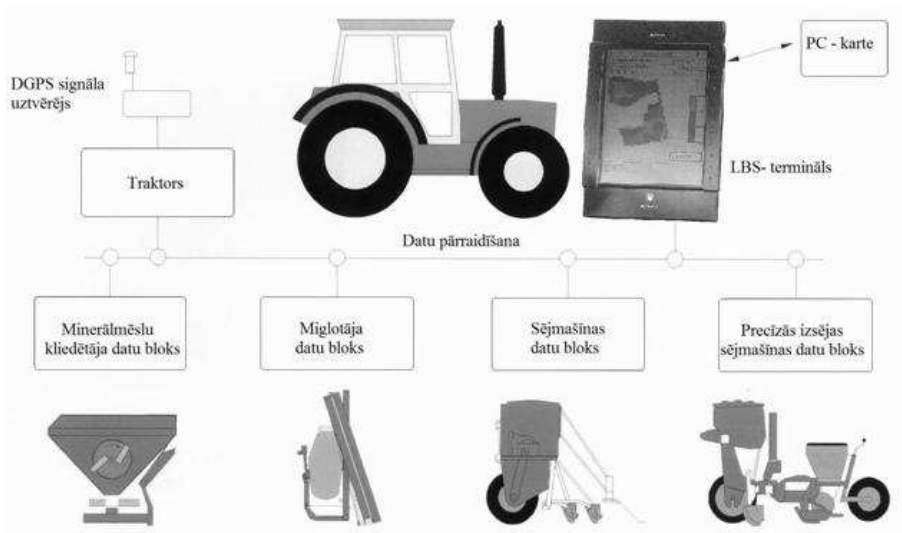
Kanbus (CAN-BUS System – a Controller Area Network BUS System) ir Grīnstāra sistēmas apakšsistēma. Tā nodrošina vietas koordinātu un graudu masas plūsmas un mitruma datu pārneši uz Grīnstāra sistēmas displeju kombaina kabīnē. Tas nodrošina lielāku elastīgumu, ilgzturību un datu pārvades drošumu.



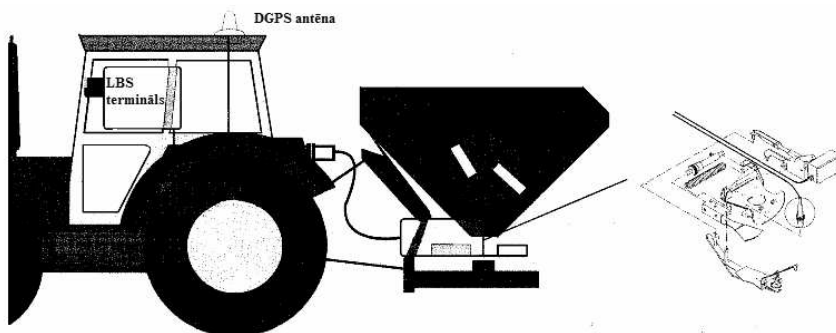
31. att. ISOBUS sistēmas funkcionēšanas principiālā shēma

Isobus (ISOBUS) sistēma dēvēta arī kā LBS sistēma (Landwirtschaftliche Bussystem) ir standartizēts (ISO 11783) traktoru un tiem uzkarināmo mašīnu sērijveida aprīkojums GPS tehnoloģiju īstenošanai, iegūto datu pārvaldei un izmantošanai. Tā sastāv no traktoriem uzstādāmas gala iekārtas - datu krātuves (termināla), darba uzdevumu risinātājiēkārtas (Jobrechner) un komunikācijām (datu pārvades līdzekļiem ar standartizētiem savienotājiemzgliem (31. un 32. attēls).

ISOBUS standartizē datu pārvadi (komunikāciju) starp traktoru, tam uzkarināto mašīnu un darba uzdevuma izpildes norisi. 33. attēlā shematiski parādīts elektroniskās vadības nodrošinājums minerālmēslu kļiedētājam ar mehānisko piedziņu. Analogs tas ir arī kļiedētājam ar hidraulisko piedziņu. ISOBUS kombinētajam mēslošanas-augsnes apstrādes agregātam ar traktoru Valtra parādīts 34. attēlā.

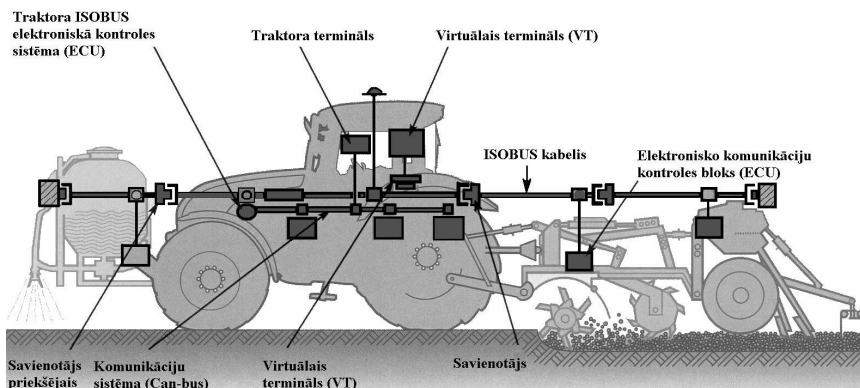


32. att. Mašīnu ekipējums precīzajai (nogabalu specifikai atbilstoši) augkopībai un mašīnavadības funkcionēšanas princips lauksaimnieciskajā Bussistēmā (LBS pēc DIN 9684)



33. att. Elektroniskās vadības nodrošinājums minerālmēslu kļiedētājam ZA-M tronic. Mēslojuma devu variēšanu veic divu aizbīdņu sistēma

ISOBUS sistēma izveidota darbam galvenokārt ar Vācijā ražoto traktortehniku (Claas, Fendt) un Amazones rūpnīcu ražotajām mašīnām, bet tā tiek izmantota arī ar Grīnštār sistēmā ietverto tehniku, ar Valtra traktoriem darbināmām mašīnām (34. attēls) u.c.



34. att. Valtra ISOBUSS shēma

ISOBUS ir CAN-bus (Controller Area Network - lauku platību pārraugs) komunikāciju (sasaistes) sistēma starp traktoru un tā darbināmām mašīnām, atbilstoša ISO 11783 standartam. ISOBUS saslēdz vienotā sistēmā traktoru, tā darbināmās mašīnas un virtuālo terminālu (VT), kas ir lietotāja visas sistēmas interfeiss (darbības koordinators). ISOBUS nodrošina liela daudzuma informācijas nosūtīšanu no traktora uz tā darbināmo mašīnu, kā arī no mašīnas uz traktoru. Tas jau ir kā noderīga sākotne (instrumentus) daudzū daudzu dažādu uzdevumu izpildei. It īpaši ISOBUS izmantošana noderīga automatizētu un funkcionāli atšķirīgu mašīnu kontroles vienkāršošanai.

LBS sistēmas centrālais elements ir universāli izmantojams borta dators, kas ir traktora ISOBUSa elektroniskās kontroles nodrošinātāji vienība, (elektronisko komunikāciju kontroles bloks (electronic control unit - ECU). Traktora ECU kontrolē ISOBUS jaudas izmantošanu, ātrumu un distanci (noieto ceļu), uzkares iekārtu darbību, jūgvārpstas (PTO) darbību, gaismas avotus (starojumu) u.c.

Informatīvie un jaudas dati tiek pievadīti caur vienu savienotāju (konektoru bloku). Atsevišķi papildus savienotāji ir vajadzīgi aizmugurē, kā arī priekšgalā uzkarināto mašīnu darbības kontrolei (sk. 34. attēlu).

ISOBUS sistēmas priekšrocības:

- traktors ir cieši saistīts kopumā ar mašīnām veidojot pašgājējmašīnām līdzīgu kombināciju;
- mašīnas saņem vajadzīgo informāciju no traktora un automātiski to izmanto atbilstoši konkrētajai situācijai;
- ISOBUS sistēmai ir lielas priekšrocības datu reģistrēšanā PL sistēmas vajadzībām;
- pateicoties standartizētiem savienotājiem un datu noformējumam, traktora un mašīnu savienošana ir viegli veicama;
- virtuālais termināls (borta dators) var tikt izmantots ikkatrai ar ISOBUS saderīgai mašīnai.

Agrikon (Agri Con - Precision Farming Company) sistēma veidota vajadzīgo līdzekļu - iekārtu un programmu (SS Tools - Site Specific Tools - Nogabalu specifikas un to izmantošanas pasākumu raksturlielumi, dokumentu pārvaldes nepārtrauktība, sākot ar nogabalu datu iegūvi, to izvērtēšanu, veicamo pasākumu izstrādi un realizāciju) izstrādei PL uzdevumu risināšanai: lauku neviendabīguma (heterogenitātes) noteikšanai, tās cēloņu skaidrošanai, lauku auglības celšanas jautājumu risināšanai, galvenokārt mēslojuma vajadzīgo devu noteikšanai un racionālai pielietošanai. Paredzēta dokumentu pārvaldes nepārtrauktība, sākot ar nogabalu raksturdatu iegūvi, to izvērtēšanu, veicamo pasākumu izstrādi un realizāciju.

Satkon sistēma risina lauku pārvaldes un monitoringa jautājumus. Tā ietver līdzekļu kompleksu (ierīces, programmas) apsaimniekojamo platību pārraudzībai, lauku uzmērīšanu, lauku pasportizāciju, navigāciju (agregātu pārvietošanos).

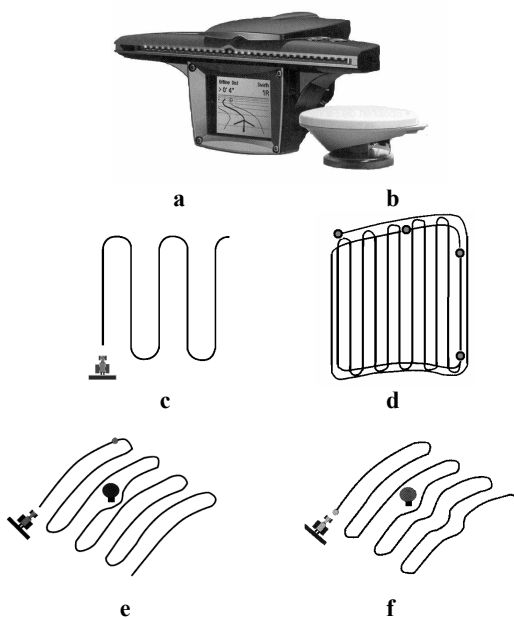
Agrokom sistēma paredzēta mobilo agregātu perfektai vadīšanai laukā arī pie sliktas redzamības un to labākai izmantošanai.

AgroGIS (Agrārā ģeogrāfiskās informācijas sistēma) ir integrēta datorprogrammu sistēma lauksaimniecībai, kas aptver grafisku lauku kadastrālo vērtējumu, lauku ģeogrāfisko izvietojumu, lauku nogabalu specifisko apsaimniekošanu, precīzo saimniekošanu, mašīnu pārvietošanās vadīšanu.

Zviedrijas Precīzās lauksaimniecības sistēma POS (Precision Agriculture POS Sweden) kalpo galvenokārt lauku mēslošanas pārvaldei, īpaši slāpekļa mēslojuma vajadzības noteikšanai un devu variēšanai, augsnes reakcijas kontrolei, arī graudu kvalitātes (piem., olbaltumvielu saturs) vērtēšanai laukā, lauku kartēšanai.

Automātiskās vadīšanas sistēmas (Automatic Vehicle Guidance) kalpo mobilo agregātu automātiskai vadīšanai atbilstoši dotajiem nosacījumiem. Tā izmanto divfrekvenču DGPS uztvērēju, kas saņem GPS satelītu signālus, kā arī korekcijas signālu. Automātiskās vadīšanas sistēmā (AVS) ietilpst satelītsignālu uztvērējs, bortdators ar displeju, traktora stūres pagriešanas iekārta, datorprogrammu nodrošinājums un to sasaistes aprīkojums (Kanbus, ISOBUS). AVS izmantošana shematiski parādīta 35. attēlā.

AVS darbība. Trases līniju noteikšanai AVS nepieciešami divi punkti. To iegūšanai traktoru nostāda pirmā brauciena (pirmās vagas) sākumā. Šī pirmā punkta A koordinātes saglabā datora datu bāzē (terminālā). Aizbraukuši lauka galā, saglabājam datorā arī šī gala punkta B koordinātes. AVS sasaista šos abus punktus ar iedomātu taisnu līniju. Tālāk katrs brauciens pa kreisi vai pa labi iet paralēli šai līnijai (35.c att.). Braucienu savstarpējais atstatums atbilst iestādītajam iekārtas darba platumam.



35. att. **Traktora automātiskās vadīšanas aprīkojums un pārvietošanās shēmas:**
a – borta dators; b – GPS signālu uztveršanas antena; c – izvēlētajā platuma taisnlīniju paralēlbraucieni; d – tainlīniju paralēlbraucieni un lauka apstrādi noslēdzošie kontūrbraucieni; e un f – paralēlie līklīniju braucieni

Lauka galā apgriez traktoru atpakaļbraucienam un ieslēdz automātisko vadību. Atlaiž stūri, traktors nostājas uz trases un brauc automātiskā režīmā. Pirms nākamā pagrieziņa pārņem stūres vadību, iegriez traktoru nākamā brauciena (vagas) sākumā, aktivizē sistēmu un automātiskā vadība stūrē traktoru līdztekus iepriekšējam braucienam utt.

Līdzīgi veido arī paralēlo līkļiņu kustību, kurā vajadzības gadījumā var ienest korekcijas (laukā sastopamo koku, lielu akmeņu vai citu šķēršļu apbraukšanai 35. e un f attēli).

Lauka malu un galu apstrādei var veikt kontūrbraucienus, vadoties pēc laukmalēm (35. d attēls).

Bortdatora monitora ekrānā apmēram no putna lidojuma augstuma vērojama traktora (agregāta) pārvietošanās.

Ja laukā nākas pārtraukt darbu (izbeigusies sēkla, mēslojums, pasliktinājušies laika apstākļi) ASV izmantojama šīs vietas koordinātu fiksēšanai un precīzai tās atrašanai darbu atsāksnāi.

AVS nodrošina precīzu agregātu (mēslojuma klievētāju, augsnes apstrādes mašīnu, sējmašīnu, ķīmikāliju smidzinātāju u.c.) precīzu vadīšanu laukā un to kvalitatīvu darbu (bez pārklājumiem un izlaidumiem), lielāku darba ražīgumu, materiālu (sēklas, minerālmēsli, herbicīdu) un degvielas ekonomiju. Pārbraucienos tā rāda ceļa apstākļus: līkumu, krustojumu vai nogriešanās vietas tuvošanos un ļauj tiem savlaicīgi sagatavoties. Tā atvieglo arī braukšanu sliktas redzamības apstākļos (tumsā miglā, putekļos).

5. GPS TEHNOLOĢIJU MATERIĀLI TEHNISKAIS NODROŠINĀJUMS

GPS tehnoloģiju sekmīgai realizācijai nepieciešams atbilstošs materiāli tehniskais nodrošinājums: mašīnas, agregāti, ierīces, datortehnika, programmas. Pašlaik daudzas firmas pasaulē piedāvā iepriekšējā nodaļā apskatītajām sistēmām atbilstošus risinājumus. No tiem šeit konceptīvi aplūkotas Latvijā jau esošās un tuvākā laikā izmantošanai paredzamās iekārtas ražošanas uzdevumu risināšanai, kā arī atsevišķi izstrādājumi pētniecības darbu pilnveidei.

Mobila iekārta augsnes paraugu mehanizētai ņemšanai

Pētījumu veikšanai un precīzās zemkopības sistēmas ieviešanai nepieciešama augšņu agroķīmisko īpašību pamatrādītāju (augšnes reakcijas, organisko vielu, kustīgā fosfora, kālija un apmaiņas magnija satura) noteikšana, lai pēc iegūtajiem rādītājiem veiktu augšņu grupēšanu pēc to īpašībām pārskatāmā sistēmā, izgatavotu kartes augsnes mēslošanas mašīnu datorizētai vadībai atbilstoši dotajai programmai un GPS koordinātēm. Šo rādītāju iegūšanai nepieciešama liela daudzuma augsnes paraugu ņemšana agroķīmisko analīžu veikšanai, kas ar roku darbu grūti izpildāma. Šī uzdevuma atvieglošanai kalpo mobilas iekārtas augsnes paraugu mehanizētai ņemšanai ar vietas fiksēšanu GPS koordinātēs. 36. attēlā parādīta viena šāda iekārta Wintex 1000 uz kvadracikla.

Wintex 1000 ar zondes palīdzību ņem homogēnus (vienveidīgus) augsnes paraugus līdz 30 cm dziļumam. Ņemtos augsnes paraugus automātiski iepilda kārbīņās to tālākai nosūtīšanai analīzēm laboratorijā. Vienu paraugu analīzēm, apmēram 300 g iegūst ar 10-14 zondes darba gājieniem. Viena parauga ņemšanai patērē apmēram divas minūtes. Atkarībā no paraugu ņemšanas vietu izvietojuma (attāluma) laukā un operatora iemaņām stundas laikā var savākt 300...380 paraugus. Paraugu ņemšanas vietu izvietojums laukā var būt regulārs (sk. 21. un 22. attēlu) kā arī neregulārs, to biežums – atkarībā no lauka viendabīguma – lielāks vai mazāks. Iekārta izmantojama arī lauka kontūru un platības noteikšanai.

Bez aprakstītās ir mobilas iekārtas augsnes (grunts) paraugu ņemšanai lielākā dziļumā līdz 120 cm, piemēram, iekārta Multiprob 120.



36. att. Kvadricikls YFM 660 ar iekārtu Wintex 1000 augsnes paraugu mehanizētai noņemšanai, iekārtu vietas koordinātu noteikšanai un fiksēšanai datu krātuvē un ar bortdatoru agregāta vadīšanai

Slāpekļa vajadzības noteicējs – Hydro N-sensors

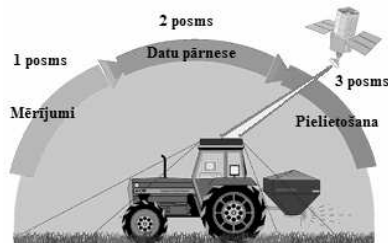
Hydro N-sensors (37. attēls) paredzēts augu slāpekļa nodrošinājuma līmeņa un biomasas noteikšanai laukaugiem, slāpekļa papildmēslojuma devu variēšanai, izmantojot atstarojuma spektrālo analīzi. Tas tiek uzmontēts uz traktora kabīnes jumta un raida četrus starus kūļus (38. un 39. attēls).

Hydro N-sensora darbību nosacīti var iedalīt trīs etapos (stadijās):

- slāpekļa nodrošinājuma mērīšana;
- mērījumu apstrāde datorā slāpekļa vajadzības un papildmēslojuma devas noteikšanai;
- programmēta papildmēslojuma kļiedētāja darbības vadīšana.

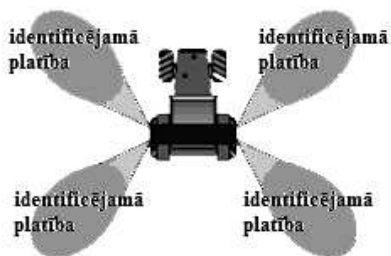


37. att. Hydro N-sensors uzmontēts uz traktora jumta

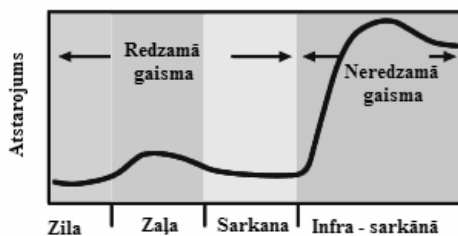


38. att. Hidro N-sensora sistēmas darbības shēma

Hydro N-sensors mēra un izvērtē no augu masas saņemtā atstarojuma spektru (40. attēls), tā redzamo un neredzamo (infrasarkanā) daļu. Ar attiecīgi pieskaņotu viļņu garumu var noteikt hlorofila daudzumu augos. Ar slāpekli labāk apgādāti augi gaismu atstaro mazāk. Pēc infrasarkanā starojuma intensitātes nosaka augu stājasmasu.



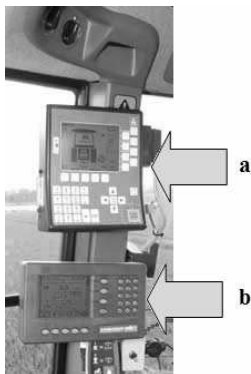
39. att. Hidro N-sensora aptverto mērāmo laukumu shēma



40. att. Augu atstarojuma spektrs

Atkarībā no augu slāpekļa nodrošinājuma un stājmasas (virszemes biomasas) lieluma tiek variēta izkliedējamā slāpekļa mēslojuma deva: mazāka (10...20 kg/ha), lielāka (līdz 120 kg/ha) pie nepietiekama nodrošinājuma.

Hydro N-sensors izmantojams arī proteīna satura noteikšanai miežos, lai vērtētu to noderīgumu iesala ražošanai, retardantu un desikantu variāblai pielietošanai.



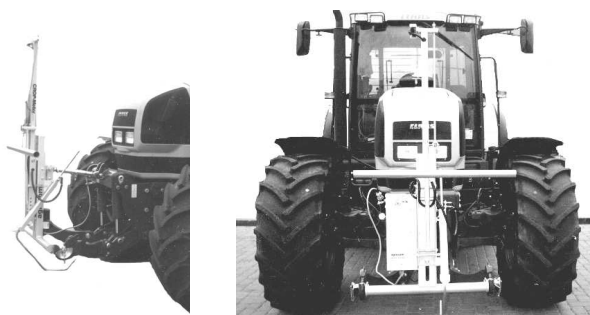
41. att. Aprīkojums Hidro N-sensora izmantošanai
a – vadības bloks; b – datu uzkrājējs.

Augu stājmasas mērītāji

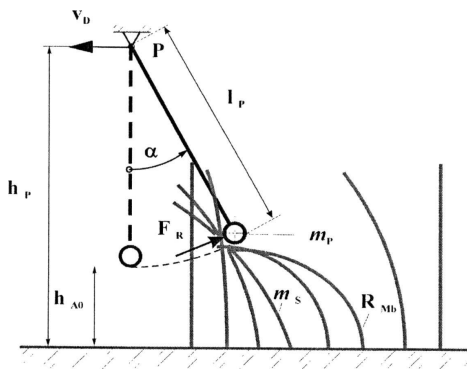
Augu stājmasas mērītāji var būt spektrālie (šim nolūkam izmantojams Hidro N-sensors), ultraskaņas (42. attēls) un mehāniskie (svārstveida masas mērītājs).



42. att. Uz traktora uzmontēta iekārta ar stieņa galā uzstādītu ultraskaņas ierīci augu stājmasas noteikšanai laukā.



43. att. Svārstveida augu stājmasas mērītājs (Pendulum-Meter):
a – sānskatā; b – pretskatā (A. Vildes foto)



44. att. Svārstveida augu stājmasas mērītāja darbības shēma:

F_R – augu stājmasas pretestības rezultante; v_D - agregāta pārvietošanās ātrums.

Ultraskaņas augu biomasas daudzuma mērīšanai iekārta uzmontēta mašīnas (traktora) priekšpusē un tās novietojums laukā ir tehnoloģiskajām līnijām (tehnoloģisko sliežu veidotajām lauka slejām) pa vidu (42. attēls).

Mērīšanas precizitātei parametri tiek iegūti 50 reizes sekundē un saglabāti klēpj datorā. Augu aizsardzības nolūkos iekārta atrodas 0,8 m atstatumā no lauka virsmas. Iekārtas uzdevums ir iegūt precīzus datus lauka apstrādei ar ķīmikālijām. Tāda veida sensora sistēma ir piemērojama vēlai graudaugu lauka apstrādei ar slāpekli, kad mitrums ir auga attīstības galvenais ierobežojošais faktors. Lai to panāktu, nelabvēlīgākās lauka vietās mēslojuma daudzums tiek samazināts. Tas ļauj ietaupīt naudu lauka īpašniekam un mazina gruntsūdeņu piesārņojuma iespēju.

Augsnes elektro vadāmības noteicēji

Augsnes elektro vadāmības (EV) noteicēji tiek izmantoti augsnes īpašību skaidrošanai saistībā ar tās spēju vadīt elektrisko strāvu un lauka EV karšu sastādīšanai. Strāvas ievadei augsnē ar vienlaicīgu vietas koordināšu noteikšanu ir izveidotas specializētas iekārtas, piemēram, Veris EC (EV) mobilā iekārta

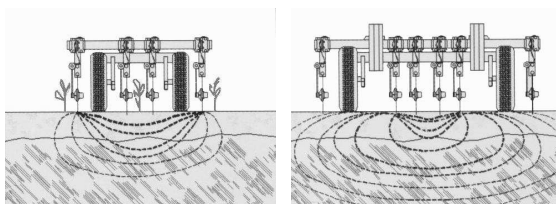
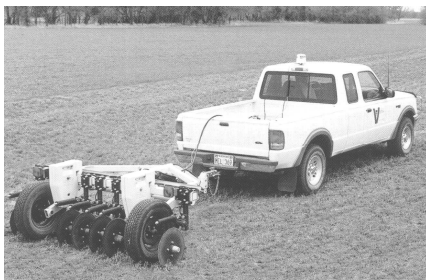
Veris EC iekārta sastāv no piekabes, uz kuras izvietoti ripas naži to darbināšanai augsnē (45. attēls). Lauka nogabalu augsnes elektro vadāmības kartēšanai piekabe ar iedziļinātiem un strāvas avotam pieslēgtiem ripas nažiem tiek vilkta pa lauku, vienlaicīgi mērot sprieguma kritumu starp strāvai pieslēgto ripu pāru ripām (45. a un b attēls). Veris EC ir ar divu mērripu pāru sakārtojumu:

- Veris 2000 XA – augsnes aramkārtas EV mērīšanai 0 - 30 cm dziļumā un
- Veris 3100 – aramkārtas un zemaramkārtas EV mērīšanai līdz 90 cm dziļumam vienlaicīgi.

Augsnes EV nosaka tās mehāniskais sastāvs, blīvums, barības vielu saturs, mitrums u.c. faktori. Sīkākās augsnes sastāva daļiņas, piemēram, māla daļiņas labāk vada strāvu nekā tās rupjākās – smilts daļiņas. Pētījumi liecina, ka EV kartes labi korelē ar augsnes mehāniskā sastāva kartēm un tāpēc tās var izmantot augsnes aramkārtas un zemaramkārtas mehāniskā sastāva variabilitātes pētījumiem.

Ir iekārtas EV mērīšanai vēl lielākā dziļumā (piemēram, EM38 – EV mērīšanai līdz 1,5 m dziļumam).

Pēc līdzīgas shēmas darbojas tomogrāfiskā iekārta Geotom augsnes pretestības noteikšanai.



a

b

45. att. Veris mobilā iekārta augsnes elektro vadāmības noteikšanai un tās darbības shēmas: a – modelis 2000 XA aramkārtas EV mērīšanai; b – modelis 3100 aramkārtas un zemaramkārtas EV mērīšanai

Pārnēsājami GPS koordinātu noteicēji

Ir vairāku veidu pārnēsājamās iekārtas vietas GPS koordinātu noteikšanai un dokumentēšanai (pierakstīšanai), piemēram, **OmniSTAR** vai **Allegro CX**.



46. att. **OmniSTAR** pārnēsājamais GPS koordinātu noteicējs

OmniSTAR (OmniSTAR On-te-Belt) iekārta vietas GPS koordinātu noteikšanai un dokumentēšanai (pierakstīšanai) sastāv no teleskopiskas regulējamas antenas, GPS/DGPS signālu uztvērēja, datu reģistratora, akumulatoru baterijas, plaukstar datora un to savienošanas kabeļiem (46. attēls). Iekārtu izmanto pie augsnes paraugu ņemšanas, augsnes apstrādes, izsējas daudzuma, mēslojuma devu un augu aizsardzības pasākumu variēšanai, kā arī ražības noteikšanai un kartēšanai pa lauka nogabaliem. Tā izmantojama arī lauku kontūru un platību noteikšanai.

Plaukstar datori

Plaukstar datori ir dažādu veidu un modifikāciju. Tos izmanto vietas koordinātu, nogabalu kontūru un platības noteikšanai, apstrādāto platību un veicamo darbu ražīguma noteikšanai un dokumentēšanai pārvietošanās maršruta iezīmēšanai un vēl citiem uzdevumiem. Kā pazīstamākie minami Satcon sistēmas plaukstar datori F@rmphone, HandEra; tālāk - Allegro CX, Agrocom Palm, hp Pocket PC. 47. attēlā parādīti HandEra plaukstar datori ar dažādu aprīkojumu: ar balsteni piestiprināšanai ar piesūceni, piemēram, pie traktora vai transportlīdzekļa loga, kā arī ar uz jumta stiprināmu antenu.



47. att. **Plaukstar datori HandEra 330:**

a – plaukstar dators bez papildus aprīkojuma; b - plaukstar dators ar balsteni piestiprināšanai pie traktora loga; c - plaukstar dators ar stafīvu, antenu un savienotājkabeli.

Borta datori

Borta datori tiek uzstādīti traktorā, kombainu u.c. pašgājēju mašīnu kabīnēs. To darbība ir analoga iepriekš apskatīto plaukstar datoru darbībai, bet to uzdevumi un darbības iespējas ir daudz

plašākas nekā pirmajiem, piemēram, agregāta kustības ātruma, darba ražīguma un degvielas patēriņa noteikšana, apstrādātās platības, labības iekūluma un mitruma uzskaitē, mēslējuma devu variēšana u.c.

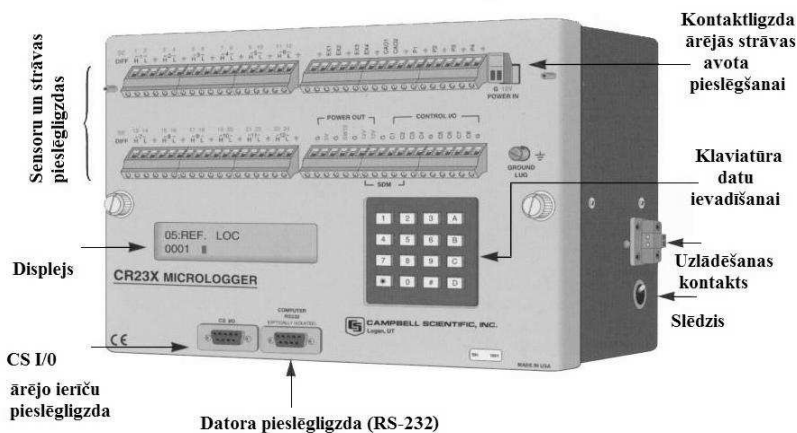


48. att. GPS/DGPS signālu uztvērējantenu veidi

Datu reģistratori-uzkrājēji

Datu reģistratori-uzkrājēji (Data Loggers) kalpo iegūto mērījumu datu, kas saņemti no vairākiem sensoriem (datu devējiem), reģistrācijai, uzkrāšanai un saglabāšanai elektroniskā veidā to tālākai izmantošanai izvairzīto uzdevumu risināšanai. Kā piemērs 49. attēlā parādīts šāds datu uzkrājējs.

Datu reģistratoriem-uzkrājējiem ir slēdzis to iedarbināšanai, kontaktu ligzda enerģijas avota (akumulatoru baterijas) pieslēgšanai, vairāki kanāli mērījumu datu ievadīšanai (sensoru pieslēgšanai), kontaktligzda datu pārnēsēju pieslēgšanai, tastatūra iekārtas darbības vadīšanai. Datu reģistratoru-uzkrājēju ietilpība parasti ir vairāki miljoni vienību.



49. att. Datu reģistrators-uzkrājējs

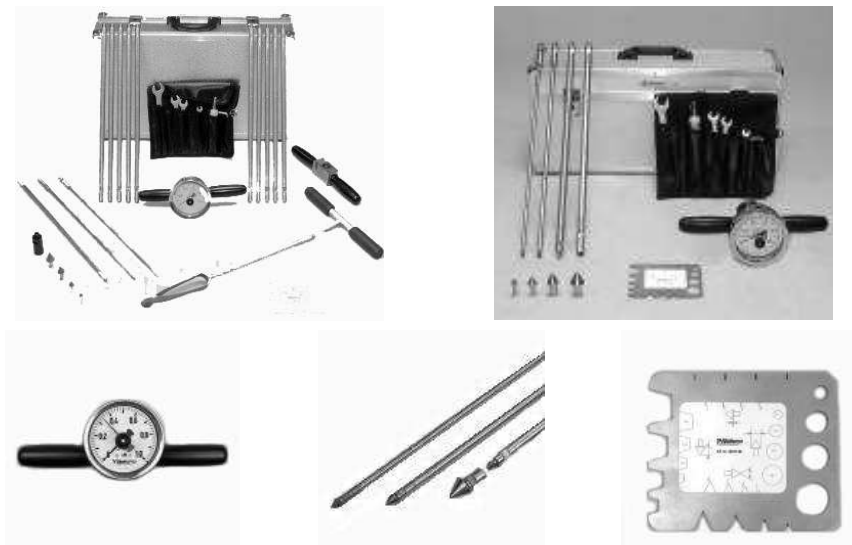
Rokas instrumenti augsnes paraugu ņemšanai un fizikāli mehānisko īpašību noteikšanai

Papildus iepriekš aprakstītajām mehanizētajām iekārtām vēl ir liels skaits dažādu ar rokām darbināmu ierīču ar precīzo augkopību saistīto jautājumu risināšanai.

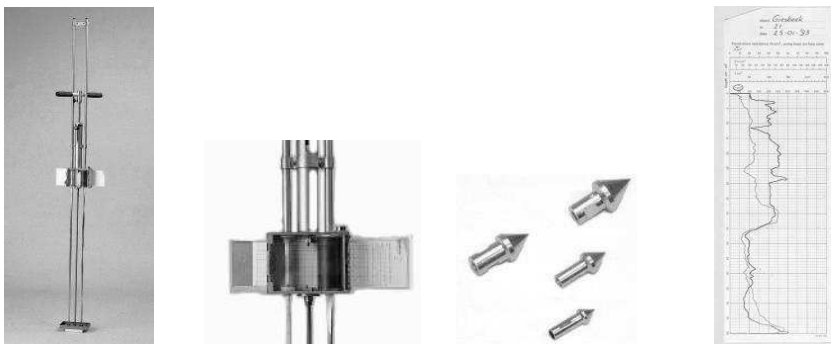
Tie ir augsnes mitruma mērītāji (50. attēls), dažādas komplektācijas augsnes cietības mērītāji (51-53. attēls), augsnes spriegumu mērītāji, urbju komplekti augsnes paraugu ņemšanai dažādā dziļumā un kanālu veidošanai sensoru izvietojšanai dažādā dziļumā. Visus šos instrumentus un mērierīces piegādā belģu Eijkelkamp firma, kuras pārstāvniecība darbojas arī Latvijā.



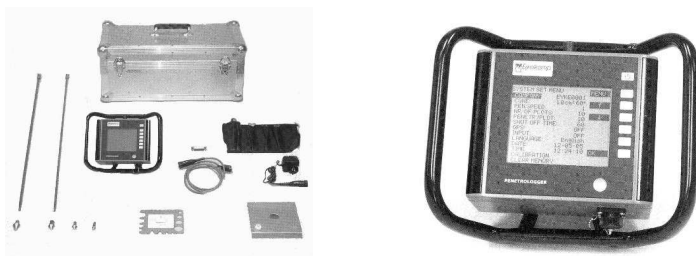
50. att. Trīskontaktu augsnes mitruma mērītājs



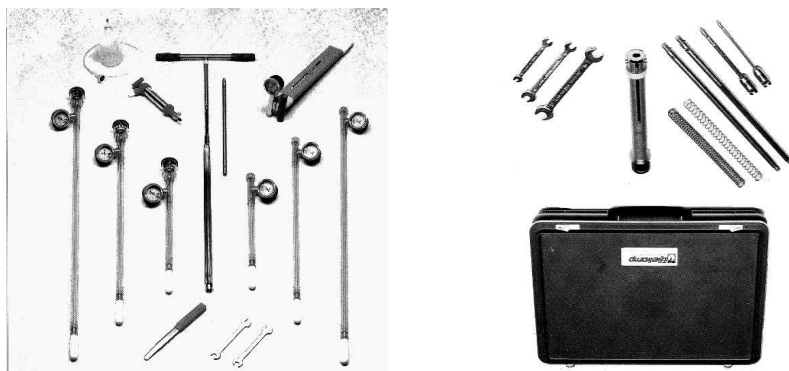
51. att. Penetrometrs augsnes cietības mērīšanai



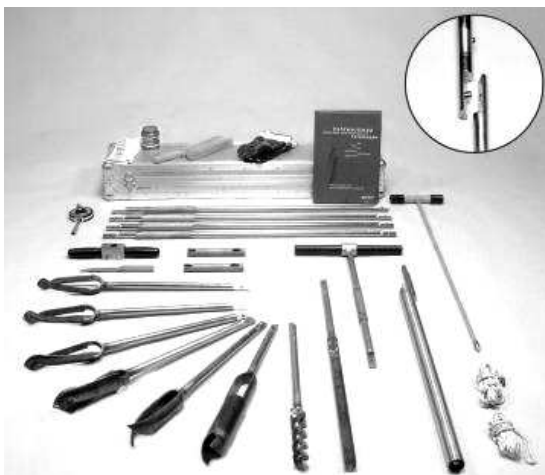
52. att. Penetrografs augsnes cietības mērīšanai un pierakstam



53. att. Penetrologgers augsnes cietības mērītājs ar datu pierakstu



54. att. Augsnes sprieguma mērītāju (tensiometru) komplekts



55. att. Urbju komplekts augsnes paraugu noņemšanai un kanālu veidošanai dažādu sensoru ievietošanai dziļākos slāņos

6. GPS TEHNOLOĢIJU PĀRZINĀŠANA SAIMNIECĪBĀ

Lai GPS tehnoloģiju ieviešanai būtu vajadzīgā atdeve, saimniecībā jārealizē to pārzināšana pienācīgā līmenī. Tā ietver:

- GPS tehnoloģiju ieviešanas secību;
- ilgspejīgas precīzās saimniekošanas vadības sistēmu;
- platību pārzināšanu;
- augmaiņas plānošanu;
- ražības izmaiņu monitoringu;
- vajadzīgo dokumentāciju (lauku pases);
- informatīvo pārvaldi (sistemātisku datu iegūšanu un izmantošanu) lauku un saimniecības līmenī;
- agregātu braucieni un transportlīdzekļu izmantošanas loģistiku.

Platību pārzināšanā ietilpst:

- informācija par lauka viendabīgumu un neviendabīgumu;
- augsnes sagatavošanas optimizācija;
- detaļa ražības analīze;
- ražības optimizācija ar specifisku mēslošanu, sēju un ķimikāliju lietošanu;
- sējas laika optimizēšana;
- ikgadējā ražības kontrole;
- melioratīvie darbi.

Lauka pasē parasti tiek ietverti dati:

- saimniecības nosaukums un adrese;
- lauka nosaukums un platība;
- nogabalu Nr. un to platība;
- lauka ID (identifikācijas kods);
- augsnes tips;
- audzējamā kultūra;
- priekšaugi;
- lauka izmantošanas pasākumi (mēslošana, apstrāde, augu aizsardzība, ražas novākšana u.c.), darbu veicēji;
- piezīmes par laika apstākļiem u.c., kas ietekmējuši ražas veidošanos.

Lauka pasē var būt ietverta lauka karte ar veikto pasākumu (paraugu ņemšanas) vietu koordinātu norādēm, analīžu datiem.

Lauka pases piemērs dots 56. attēlā.

Informatīvais un pasākumu cikls GPS tehnoloģiju izmantošanai shematiski parādīts 57. attēlā.

Lauka pase 2008. g.**Saimniecības dati**

Saimniecība	LLU MPS "VECAUCE"
Iela	Akadēmijas 11 a
Pilsēta	Auce
Rajons	Dobeles
Pasta nodaļa	LV - 3708
E -Pasts	vecauce@apollo.lv
Tālrunis Dr.	3745484, 9393027
Fakss	3781722
Saimniecības reģ. Nr.	

Lauka dati

Lauka nosaukums	
Nogabala numurs	
Lauka - ID	
Apstrādājamā platība	
Augsnes veids	
Kultūra	
Priekšaugi	

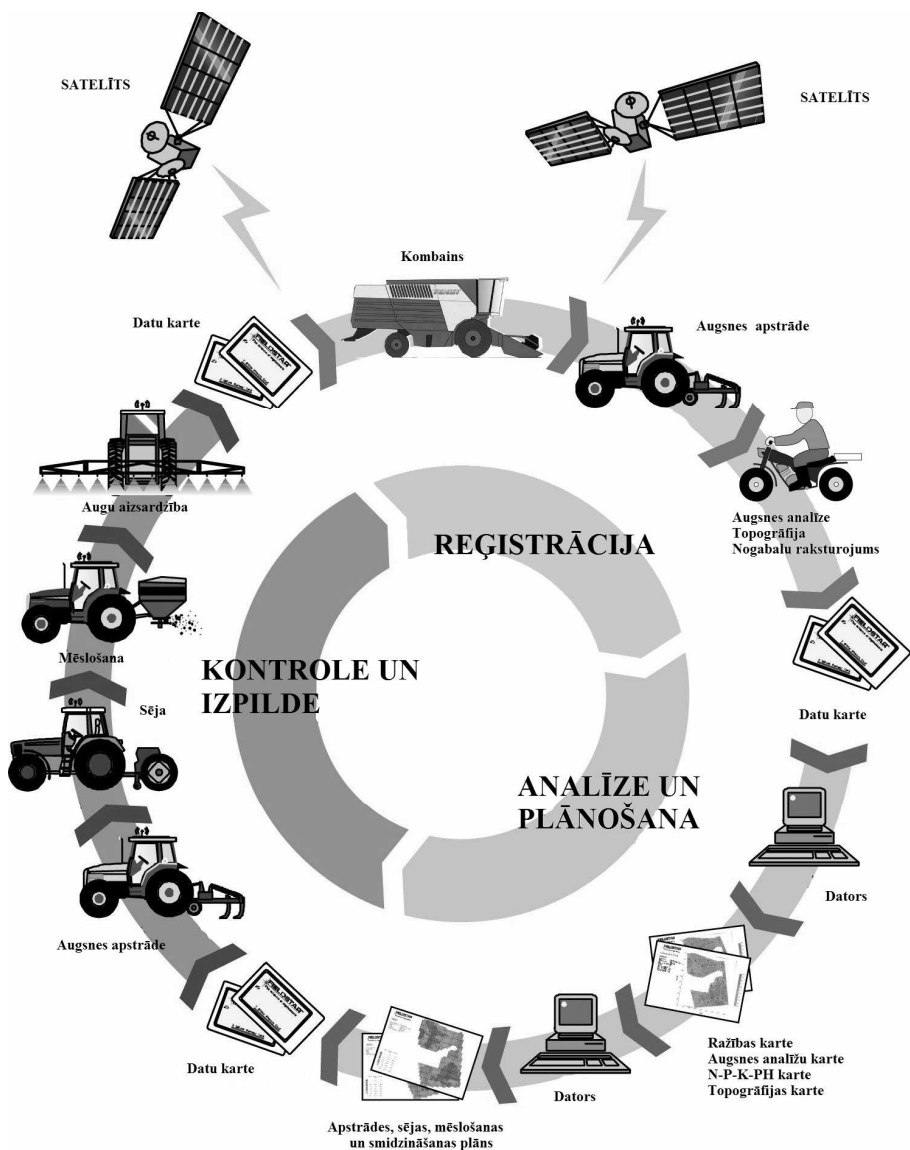
Pasākumi

Datums	Pasākums	Tehnika	Izmantotie materiāli	Apstrādājama platība	Izlietojums uz 1 ha	Kods	Darbinieks

Piezīmes

Datums	Pasākums	Piezīmes	GPS

56. att. Lauka pases piemērs



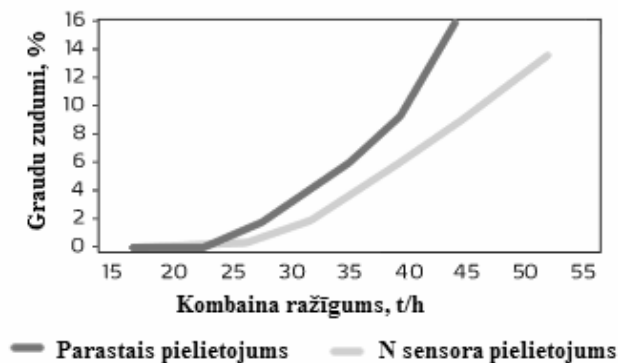
57. att. Informatīvais un pasākumu cikls GPS tehnoloģiju lietošanai (shēma)

7. GPS TEHNOLOĢIJU EFEKTIVITĀTES NOVĒRTĒJUMS

GPS tehnoloģiju efektivitātes novērtējums tiek dots pēc vairākiem rādītājiem. Galvenie no tiem ir:

- lauku ražības kāpināšana, kopražas palielināšana;
- materiālo ieguldījumu un izmaksu samazināšana;
- ekonomiskais izdevīgums; ražošanas rentabilitātes palielināšana;
- darba ražīguma palielināšana;
- kvalitatīvākas produkcijas ieguve;
- ekonomiski pamatota investīciju līmeņa kalkulēšana;
- ekoloģiskie apsvērumi, videi draudzīgāka lauksaimnieciskā ražošana.

Šie GPS tehnoloģiju efektivitātes novērtējuma rādītāji jau samērā plaši apskatīti grāmatas iepriekšējās nodaļās, tādēļ šeit ir dots tikai konspektīvs to uzskaitījums. Kā piemērs šeit aplūkota tikai N-sensora izmantošanas ietekme uz kombaina darba ražīgumu un ražas zudumiem (58. attēls). Variēta slāpekļa mēslojuma devu pielietošana nodrošina vienmērīgāku graudu nogatavošanos, kā rezultātā iespējams par 12...15 % ražīgāks kombaina darbs un mazāki zudumi. Sakarā ar graudu vienmērīgāku nogatavošanos ir mazāks enerģijas patēriņš to kaltēšanā.



58. att. Kombaina ražīgums un graudu zudumi ziemas kviešu novākšanā

Izmantotā literatūra

1. Sergejevs N. Kosmiskie „mērnieku laiki”. – Enerģija un pasaule, Nr.6 (11), 2001.
2. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M. Precīzā lauksaimniecība, izmantojot GPS. – Ražība, Nr. 3, septembris, 2003. – 7.-9. lpp.
3. Vilde A., Cēsnieks A., Cēsnieks S. Būt mazāk atkarīgiem no laika apstākļiem. – Agropols, Nr. 17, septembris, 2003. – 10.-11. lpp.
4. Vilde A. Nākotnes lauksaimniecība Eiropā. – Agropols, Nr. 14, jūlijs, 2003. – 20.-21. lpp.
5. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M., Lapiņš D. Precīzās lauksaimniecības pamatprincipi. – Agrotops, Nr. 11. 2004. g. novembris. – 37.-40. lpp.
6. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M., Lapiņš D., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Repsons J., Upmacis D., Cers J. Precīzās augkopības tehnoloģijas. – Saimnieks, 2004, Nr. 12(6), 2005. janvāris. – 34.-39. lpp.
7. Vilde A., Rucins A., Skrastins M. Precision agriculture in Europe and Latvia. Trends, results, problems and visions. – In book: Information technologies and telecommunications for rural development. Proceeding of the International scientific conference Jelgava, Latvia 6-7 May, 2004. – Jelgava, 2004. – pp. 43-49.
8. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M., Cēsnieks S., Lapiņš D., Bērziņš A., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Plūme A., Upmacis D., Cers J. Investigations in Precision Agriculture in Latvia. - International Scientific Conference “Agricultural Engineering Problems”. Proceedings June 2 – 3, 2005. – Jelgava, Latvia 2005. – pp. 36-42.
9. Vilde A., Rucins A., Skrastins M., Lapins D., Kopmanis J. Precision agriculture in Latvia. Trends, results, problems and visions. – Book of Abstracts 5 ECPA – 2 ECPLF. JTL – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. – Uppsala, Sweden, 2005. – pp. 312-313.
10. Vilde A. A., Rucins A. A., Skrastins M. U., Lapins D. K., Kopmanis J. V. Precision Agriculture using GPS. // Ecology and Agricultural Machinery. Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference May, 25-26, 2005 Saint-Petersburg. Volume 2 Environmental aspects of plant production, mobile power units and farm machines. – Saint-Petersburg, 2005. – pp. 34-42.
11. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M., Cēsnieks S., Lapiņš D., Bērziņš A., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Plūme A. Investigations in Precision Agriculture in Latvia. –Proceedings of the International Conference “New Technological Processes and Investigation Methods for Agricultural Engineering” No 10, September, 8-9, 2005. – Raudondvaris, Lithuania, 2005. – pp. 32-38.
12. Vilde A., Ruciņš Ā., Skrastiņš M., Cēsnieks S., Lapiņš D., Bērziņš A., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Plūme A., Upmacis D., Cers J. Investigations in Precision Agriculture in Latvia. Soil tillage management. – Recent results and future challenges in soil tillage research. International scientific seminar Reports. – Akademija, 2005, 10, 20-21, Lithuania, 2005. – pp. 92-96.
13. Vilde A., Lapins D., Berzins A., Rucins A., Plume A., Repsons J., Aizsilnieks A., Kopmanis J., Skrastins M., Cesnieks S. Investigations in precision agriculture // Problems of Agrarian Research Development in Common European Space / Proceedings of the International Scientific Conference, May 27-28, 2005. Jelgava, Latvia, 2005. – pp. 47-55.
14. А. Вилде, Д. Лапинс, А. Берзинс, А. Плуоме, Я. Репсонс, А. Руцинс, М. Скрастинс. Точное земледелие – путь к ресурсосберегающему хозяйствованию. – Труды 5-й Международной научно-технической конференции, Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2006, с. 17 – 23.
15. Precision Agriculture. – Wageningen Academic Publishers, Netherlands, 2003. – 783 p.
16. Programme book of the joint conference of ECPA – ECPLF. - Wageningen Academic Publishers, Netherlands, 2003. – 846 p.

17. Book of Abstracts 5 ECPA – 2 ECPLF. JTL – Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering. Uppsala, Sweden 2005. – 337 p.
18. 3 International Conference on Agricultural Engineering. Abstracts. Part 1, topic Precision Agriculture. – Budapest, 2002. – pp. 117-164.
19. Physical methods in agriculture. Book of abstracts. – Prague, 2001. – 266 p.
20. Agricultural Engineering into the Third Millennium. Abstracts, part 1, topic Precision Agriculture. – University of Warwick, UK, 2000. – pp. 293-348.
21. Weisskopf P. Konzeptionelle Ueberlegungen zur bodenschonenden Mechanisierung als Bestandteil der "Precision Agriculture". – Nachhaltige Bodennutzung – aus technischer, pflanzenbaulicher, oekologischer und oekonomischer Sicht. – FAL Agricultural Research, Special Issue 226. Braunschweig, 2003. – pp. 29-37.
22. Fadel M. A., El-Mowafy A., Elghaffar Jomaa A. Semi-automatic VRT-based fertilization system utilising GPS guidance. – Motorisation and energetics in agriculture. IV International Research and Technical Conference MOTROL 2003 Lublin-Kyiv, Vol. 6. – National Agrarian University of Ukraine, Kyiv, 2003. – pp. 81-95.
23. Sevostjanovs G. Globālās pozicionēšanas tehnoloģijas lauksaimniecībā. LLU, Jelgava, 2006. – 27. lpp. (rokraksts).
24. John Deere Agricultural Management Solutions. – Prospect. – 12 p.
25. Amazone Inteligenter Pflanzenbau. – Prospect. – 24 p.
26. Hard to be precise about precision benefits. – Profi, No 1/2. – pp. 48-51.
27. Sensor development and scientific research for precision agriculture – Institute of Agricultural Engineering Bornim Potsdam, 2003. – 14 p.
28. Verbundprojekt „pre agro“: Managementsysteme für ortsspezifischen Pflanzenbau zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Landwirtschaft und zur Foerderung ihrer Umweltleistungen. – Prospect. – 6 p.
29. Searcy Stephen W. Precision Farming: a new approach to crop management. – Texas Agricultural Extension Service. – 4 p.
30. Precision Farming at Cranfield University. – Prospect. – 2 p.
31. Precision Agriculture: a comprehensive approach. – <http://www.bae.nesu.edu/programs/extension/agmachine/precision/> - 3 p.
32. Личман Г.И., Марченко Н.М., Дринча В.М. Основные принципы и перспективы применения точного земледелия. Москва: Россельхозакадемия, 2004. – 80 с.
33. Машинные технологии производства продукции в системе точного земледелия и животноводства. 3-я научно-практическая конференция 16-18 июня 2004 г., Москва: Москва: Издательство ВИМ. – 2005. – 309 с.
34. Вилде А., Лапинс Д., Берзинс А., Плюме А., Репсонс Я., Ручинс А., Скрастинс М. Точное земледелие – путь к ресурсосберегающему хозяйствованию. – Труды 5-й Международной научно-технической конференции, Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2006, с. 17–23.
35. Lapins D., Vilde A., Berzins A., Plume A., Rucins A. Investigations in Precision Agriculture in Latvia. Studies of Soil Properties and Tillage. In book: Soil Management for Sustainability. ISBN 3-923381-52-2, US-ISBN 1-59326-246-9, pp. 223 – 232.
36. Vilde A., Lapiņš D., Ruciņš A., Cēsnieks S., Bērziņš A., Plūme A., Repsons J., Dinaburga G., Aizsilnieks A., Upmacis D. Precision Agriculture as a Farming System based on wide and versatile

information. Information technologies for rural development. Proceedings of the international conference, Jelgava, Latvia, October 19-20, 2006. Jelgava, 2006, pp. 48-61.

37. Precision agriculture '07 edited by: J.V. Stafford. Papers presented at the 6th European Conference on Precision Agriculture. Skiathos, Greece 3-6 June 2007. - Wageningen Academic Publishers, Netherlands, 2007. – 876 p.

38. Vilde A., Lapins D., Rucins A., Cesnieks S., Berzins A., Aizsilnieks A., Plume A., Repsons J., Dinaburga G., Upmacis D. Development of Investigations in Precision Agriculture in Latvia. Ecology and Agricultural Machinery. Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference, May, 15–16, 2007, Vol. 2. Saint-Petersburg-Pavlovsk, 2007, pp. 20 – 26.

39. Lapins D., Vilde A., Berzins A., Plume A., Dinaburga G. Criteria for the Site Specific Soil Tillage. 6th International Scientific Conference “Engineering for Rural Development”, May 24 – 25, 2007, Proceedings. Jelgava, 2007., pp. 268 – 274.

40. Handbook of Precision Agriculture. Ancha Srinivasan, PhD Editor. NY: Food Products Peess, 2006. – 684 p.

41. Eijkelkamp Agrisearch Equipment. Catalogue. – 376 p.

42. ISOBUS spricht alle Sprachen. Landtechnik VDMA, Prospekt. – 10 S.

43. Betriebsplanung Landwirtschaft 2006/07. KTBL-Datensammlung 20. Auflage 2006. Herausgeber Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V (KTBL) Darmstadt. – 672 S.

44. SS Tools. Precision Farming Software. AGRI CON Precision Farming Company Prospect. – 6 p.

45. Hydro N sensor. AGRI CON Precision Farming Company, Prospect. – 4 p.

46. Palm Field Office. Satcon system, Prospect.

47. AgroGIS. Agrar-Office. Das integrierte Softwaresystem für die Agrarwirtschaft. Prospect. – 4 S.

48. Precision Guidance – full working width under all conditions. Agrocom. Prospect. – 8 p.

49 Precision Agriculture POS Sweden. Prospect. – 6 p.

50. Agris Katalog 2006/07. – 68 S.

51. Veris Technologies. Soil EC Mapping Systems. Catalog. – 4 p.

52. Knud Nissen. N-Sensor practices in Nordic countries. Precision Agriculture in Sweden and Lantmannen Precision Support. – 19 p.