




Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union 



UDVIKLING AF ET UDDANNELSESPROGRAM TIL FORBEDRING AF BRUGEN AF IKT-VÆRKTØJER I GENNEMFØRELSEN AF PRÆCISION LANDBRUG

2018-1-ES01-KA202-050709

Udviklingspakke 5

Automation og robotteknologi i jordbruget: Lektion 2: Struktur af et automatiseret system

Vejledning til underviseren

Forfattere: INRAE

Dato: Juni 2021

This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

Indhold

1	Mål	2
2	Vejledningsinstruktioner	2
	2.1. Funktioner af AS	2
	2.1.1 Informationskæden.....	3
	2.1.2 Kraftkæden	4
	2.1.3 Handlingskæden.....	5
	2.2 Opbygning af et AS	6
	2.3 Eksempler på operativsystemer	6
3	Relaterede links	11

1 Mål

Målene med denne lektion er:

- Giv et overblik over de grundlæggende funktioner i et automatiseret system
- Forstå strukturen for et AS og hver komponents rolle
- Forstå mere specifikt roller og midler til operativsystemer

2 Vejledningsinstruktioner

Dette er en 2 timers lektion med tilstedeværelse. Denne præsentation vil give deltageren et overblik over strukturen i Automated Systems (AS) med et indblik i operativsystemerne.

2.1. Funktioner af AS

(Slide 3 til slide 10 fra dokument *Lecture_StructureAS.pptx*)

Disse slides sigter mod at beskrive forskellige niveauer af funktioner til styring, og styring af en traktor med mere eller mindre autonomi.

Slide 4 introducerer det grundlæggende hydrauliske styresystem, der tillader en proportional indvirkning på ratstammen gennem styringen af styrecylindrene fra handlingen på rattet. Det skal bemærkes, at dette fuldhydrauliske system er ret gammelt og unikt inden for landbrug og maskiner til offentlige arbejder. Det svarer til et komplet system, der inkluderer et kontroltrin (med en hydraulisk fordeleer forbundet til rattet) og et effektrin (hydraulisk motor forbundet til styrecylindre). Systemet er også i stand til at arbejde som en pumpe i tæt kredsløb, hvis strømforsyningen ikke er effektiv. Se animation for yderligere detaljer:

<https://powersolutionslearningresources.azurewebsites.net/danfoss/resources/animations/index.html>

Slides 5, 6 and 7 from document *Lecture_StructureAS.pptx*

Der findes mange kommercielle systemer, nogle eksempler:

Trimble: <https://agriculture.trimble.com/solutions/guidance-steering/>

John Deere: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=john+deere+steering+guiding+solutions>

Slide 8-9 from document *Lecture_StructureAS.pptx*

U-sving eller K-drejning eller svalehale-sving kan nu automatiseres.

Et eksempel på forskellige faser er givet på slide 9, der kan kommenteres / udledes af deltagerne.

Dette link indeholder meget dokumentation og videoer:

<https://agriculture.newholland.com/nar/en-us/precision-land-management/products/guidance-steering/integrated-steering-intelliturn>

Slide 10 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx introducerer et højere niveau af autonomi med genkendelse af spor og PTO-indstillinger for eksempel med en sprøjte eller en såmaskine. Yderligere oplysninger her: <https://precisionmakers.com/en/x-pert>

Slide 11 til 32 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx illustrerer de forskellige funktionaliteter gennem interaktioner mellem AS, omgivelserne og operatøren.

Slide 12 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx Fokuser på operatørens handlinger på maskinen inklusive et eller flere automatiserede systemer. Eksemplet på traktorstyringen er valgt. I dette tilfælde indstiller operatøren oplysningerne i form af spor eller retningslinjer.

Slide 13 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx I overensstemmelse med indstillingerne fungerer maskinen ved at følge forskrifterne til at indstille hjulenes retning. Dette kræver både kæder af kraftoverførsel og aktuatorer: en traktors rat kan ikke virke direkte på hjulene.

Slide 14 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx Feedback fra omgivelserne kan tages i betragtning af maskinen uden specifik handling fra operatøren (f.eks. skråninger, jordmodstand osv.)

Slide 15 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx Ved hjælp af Man Machine Interface (MMI) informerer maskinen operatøren om den aktuelle situation. Dette eksempel viser et styresystem, hvor traktorens position manuelt justeres efter den første operation fra føreren.

Slide 16 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx Da situationen med åben mark kan være kompleks (og ikke styres fuldstændigt af sensorer eller selve maskinen), kan operatøren dog blive direkte informeret om miljøet.

Slide 17 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx Introducerer koncepter for informations-, kraft- og handlings-kæder.

2.1.1 Informationskæden

Slide 18 - 22 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx Introducerer informationskæden med sensorer (jf. AgrICT-uddannelsespakke nr. 3). Forskellige informationsniveauer kombineres, sammenlignes og behandles ved hjælp af forskellige typer logik. Information gives også gennem kommunikation mellem operatøren og forskellige grænseflader ved hjælp af protokoller og porte.

Højere niveauer af kompleksitet er illustreret med slides 21 og 22 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx med overvågede systemer og fjernstyrede systemer, der f.eks. Finder applikationer i flådestyring eller IoT.

2.1.2 Kraftkæden

Slide 23 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Illustrerer at kraftkædens hovedfunktion er at føde systemet med strøm.
Eksemplet er en skematisk gengivelse af tilførslen til en 3-faset elektrisk motor.

Et andet eksempel er givet på Slide 24 fra Lecture_StructureAS.pptx med fødeledningen til et pneumatisk system. Yderligere funktioner vises her med hensyn til logisk niveau eller signal input niveau

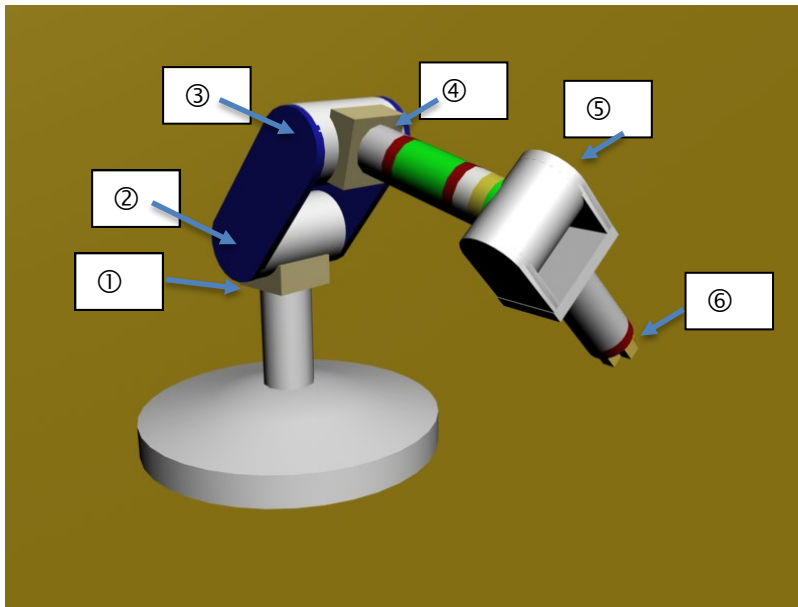
Slide 25 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
En anden funktionalitet i kraftkæden er konvertering af energi. I dette tilfælde omdannes energien fra dieselolie successivt til termisk, mekanisk, hydraulisk og mekanisk energi.

Slide 26 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Kraften sendes også samtidigt til flere underenheder, mekanisk energi leveres til PTO (Power Take Off), og gearkasse og hydraulisk energi leveres til 3-punktsforbindelsen og styringen.

Slide 27 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Forsendelsen af energi til forskellige handlinger kan også illustreres ved hjælp af en kinematisk kæde. Dette grundlæggende koncept for maskinteknik er en samling af stive emner / stykker sat sammen med led. Det kan illustreres ved en skematisk gengivelse af forbindelserne mellem emnerne. Grundlæggende bevægelser repræsenterer rotationer eller forskydninger, der gør, at ethvert objekt potentielt har 6 frihedsgrader (3 forskydninger i X, Y og Z) og 3 rotationer. En kinematisk kæde med åben sløjfe betyder, at der kun er mindst et objekt, der kun er knyttet til et andet objekt. En kinematisk kæde med lukket sløjfe betyder, at hvert objekt har to forbindelser forbundet til en fast ramme. Den globale amplitude af bevægelser i begge tilfælde (Slide 27 fra Lecture_structure AS.pptx) er forskellig.

Slide 28 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Dette slide illustrerer overførselshandlingen som en del af kraftkæden under form af for eksempel tandhjul, der findes i en rotorharve. Generelt kan denne overførsel bevirke en reduktion eller en forstærkning af omdrejningshastigheden.

Slide 29 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Et andet eksempel med en robotarm inklusive 6 drejninger

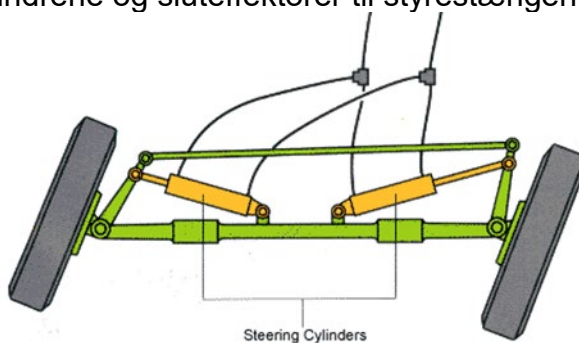


Da kun 1 akse (X, Y eller Z) er tilladt for hver drejning, leveres kun en grad af frihed af hver drejning.

2.1.3 Handlingskæden

Slide 30 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Handlingskæden svarer til grænsefladen mellem kraftkæden og omgivelserne. Denne grænseflade omfatter både aktuatorer, hvor energien kan konverteres (f.eks. et styrestempel, der er knyttet til styrestangen) og sluteffektorer.

Eksemplet er givet med styremekanismen, hvor aktuatoren svarer til cylindrene og sluteffektorer til styrestængerne.



Slide 32 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Repræsenterer en syntetisk oversigt over informations-, kraft- og handlingskæderne inklusive underfunktioner. Det automatiserede system bruger ekstern information fra MMI eller andre systemer, giver ordrer til kraftkæden og bruger feedbackoplysninger fra kraftkæden.

2.2 Opbygning af et AS

Slide 33 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx

Giver et overblik over den globale struktur i et automatiseret system. Dette diagram gælder for alle typer maskiner / systemer. Tre hovedelementer er en del af det automatiserede system:

- The Man Machine Interface

- Kontrol delen vil blive udviklet i følgende præsentation (Se dokument Lecture_ControlAS.pptx)

Den operative del inklusive sensorer og (præ) aktuatorer vil blive

videreudviklet i denne præsentation fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx

Dette automatiserede system anvender retningslinjer fra operatøren og giver også feedback.

2.3 Eksempler på operativsystemer

Slide 34 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx viser en historisk automatisering på traktorer. Princippet er at justere pløjedybden gennem jordens modstand (trækstyring). Plovens vægt understøttes af 3-punktskoblingssystemet, hvilket resulterer i en vægtoverførsel fra ploven til baghjulene, men også fra forhjulene til baghjulene. Fordelen ved et sådant system findes i form af trækraft, der er direkte knyttet til den understøttede vægt på hjulene.

Flere detaljer om det automatiserede system findes i slide 35 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx. Oplysningerne om jordmodstand leveres af trækføleren direkte i den nederste del af forbindelsen. Betjeningspanelet giver operatøren mulighed for at indstille en bestemt arbejdsdybde i henhold til den gennemsnitlige jordmodstand. Systemet vil reagere for at holde den aktuelle trækraft så konstant som muligt. Hvis jordmodstanden øges, informerer sensoren den styreenhed, der giver ordre til den hydrauliske fordeler for at løfte ploven. Hvis jordmodstanden er lavere, arbejder ploven dybere.

Trækstyring kan associeres med en positionskontrol for at begrænse redskaber til dybere positioner.

Slide 36 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx

Yderligere udviklinger forbundet med trækstyringen er hjulslipstyringen, hvor redskabets dybde kan tilpasses for at begrænse hjulslip ved hjælp af radar.

Hjulslip fra hjulene ved trækraft har en stærk indvirkning på jordkomprimering, især når jordfugtighedsindholdet er vigtigt. Det kan føre til irreversible ændringer af jordens struktur.

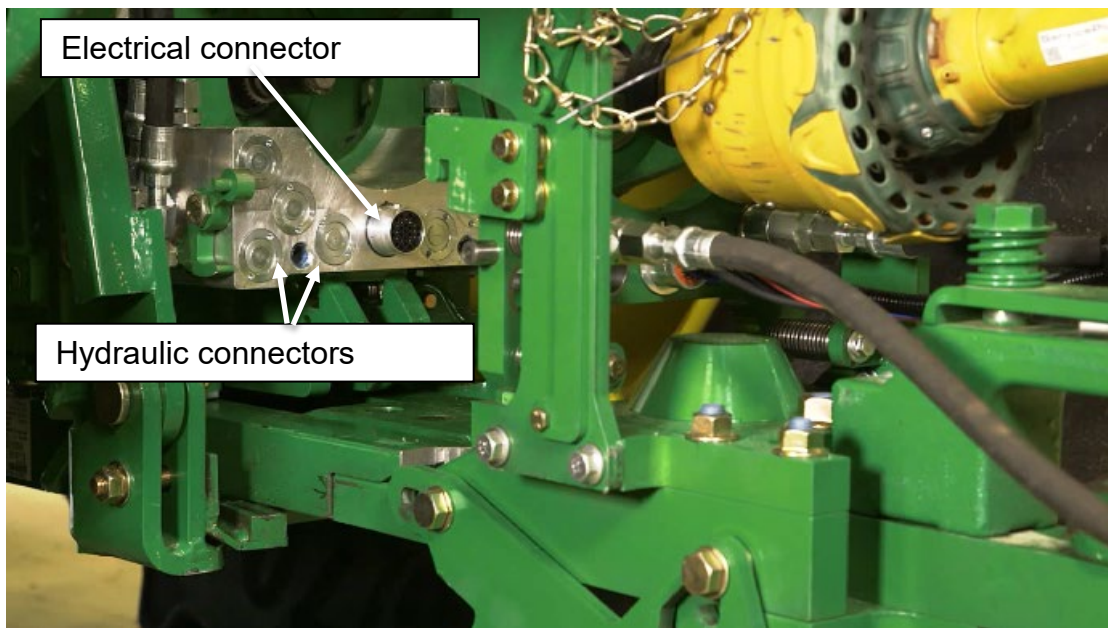
Kontrolheden sammenligner traktorens tilsyneladende kørehastighed fra hjulets omdrejningshastighed og den aktuelle kørehastighed, der leveres af radaren.

Yderligere funktioner til mulig kontrol er angivet her:

- Aktiv svingningsdæmpning: begrænser dynamisk overførsel fra redskabet til traktoren især på vejen
- Trykregulering til vægtoverførsel: kan begrænse det hydrauliske tryk i det hydrauliske system
- Direkte vægtningsystem ved hjælp af trækføler
- Tværgående nivelleringsystem for at kompensere længden af venstre og højre forbindelsesarme
- Diagnostisk system: tillader automatisk diagnosticering af funktionsfejl
- Elektronisk forbindelse (f.eks. CANbus)

Slide 37 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx viser et eksempel på automatisk sammenkobling af en traktor og redskab. Ulykker, der opstår under tilslutningen af redskaber til 3 punkts-ophæng er stadig talrige.

Dette system bruger et kamera til præcis lokalisering og en teleskoparm til at forbinde redskabet. (Se medfølgende videoer for betjening). PTO og hydrauliske kredsløb tilsluttes også automatisk.



Slide 38 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx viser princippet på en DPA-funktion (på fransk: Débit Proportionnel à l'Avancement - Variabel tildeling ift hastighed) på en sprøjte.

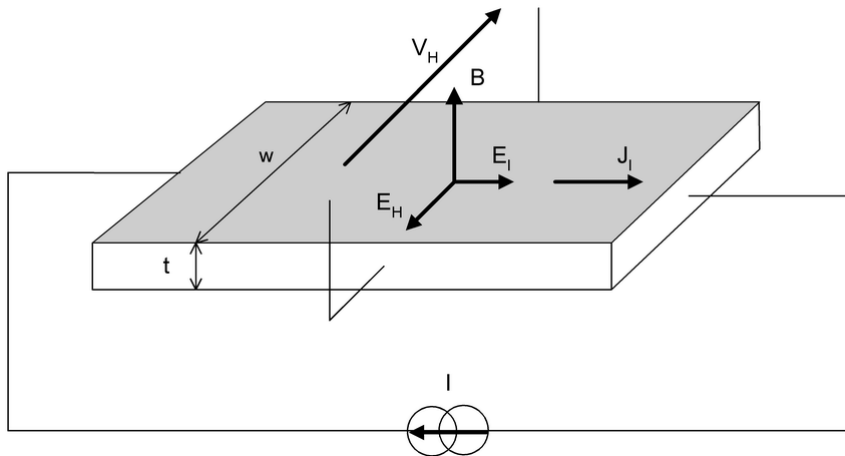
En sprøjtes hovedvariabler er sammensat i henhold til følgende formel:

$$F = \frac{d W S}{600}$$

F : ydelse l/min
d: dosering (l/ha)
W : arbejdsbredde (m)
S: hastighed (km/h)

Hvis der forekommer en variation af kørehastigheden (f.eks. på grund af et skift i motorens omdrejningstal), skal dette medføre en kompensation i den samlede ydelse for at holde doseringen så konstant som muligt.

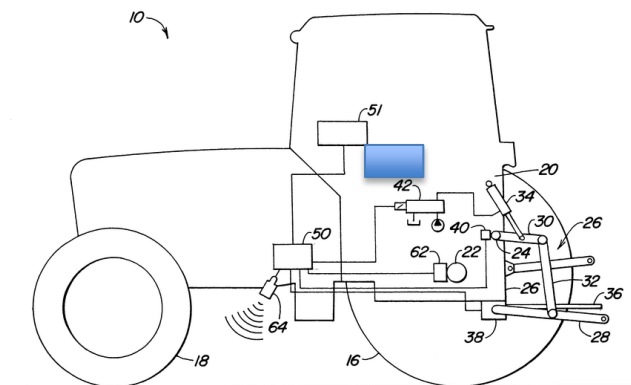
DPA-funktion kræver en kørehastighedsføler. Almindelige systemer er baseret på Hall Effekt med en sensor tæt på sprøjtehjulets møtrikker. Hver møtrik der passerer foran sensoren, genererer en afvigelse af magnetfeltet som tælles som en puls.



Princip: en lederplade tilføres en elektrisk strøm. Når denne plade er placeret tæt på magnetfeltet (B), der er vinkelret på pladen (B er lodret her), genererer Hall-effekten en spænding V_H , der er proportional med intensiteten af magnetfeltet.

Denne type OSF-sensor er berøringsfri, relativt robust og bruges i vid udstrækning som positionssensorer og omdrejningshastighedssensorer. I dette sidste tilfælde er der generelt en magnet på en bolt på et hjul.

En anden type hastighedssensor er en Radar '(RAdio Detecting And Ranging), der generelt er monteret på traktoren udstyret med hjulslipkontrol.



A

Radaren genererer et signal med en frekvens på 2,4 GHz, der svarer til mikrobølgebåndet. Signalet reflekteres af jorden, og en del af det bevæger sig tilbage til sensoren. Når traktoren holder stille, fungerer den som et telemeter. Når traktoren kører, er forsinkelsen mellem emission og modtagelse proportional med kørehastigheden.

GPS-systemet er allerede beskrevet i TP2 i dette kursus. Slide 40 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx illustrerer andre automatiserede systemer, der kan være monteret på moderne sprøjter som vedrører bommens stabilitet og evne til at følge terrænet. Sprøjningens kvalitet for bomsprøjter afhænger i høj grad af dysens afstand til målet. To tilfælde skal overvejes: i) terrænet, der er mulighed for hele bommen eller de enkelte bomsektioner ii) den dynamiske kompensation af lodrette bommens bevægelser.

Proximale sensorer bruges typisk, såsom ultralydssensorer, der svarer til telemetre ved hjælp af en lydbølge over 20 kHz. (her Horsch bomkontrol) Alternative telemetrisensorer findes med infrarøde lasersystemer.

Slide 41 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx viser et andet operativsystem, der automatisk lukker bomsektionen for at undgå overdosering (højre side af billedet) eller for at sprøjte på en sprøjtefri zone.

Dette system bruger GPS-positionen, der påvirkes af hver bomsektion (eller for hver enkelt dyse). Hver del af marken der allerede er sprøjtet, sprøjtes ikke to gange. Disse systemer kombineres ofte med et styrende system for at optimere sporene.

Slide 42 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx
Detektion af afgrødens bladdække er af stor interesse for sprøjter inden for busk- og træafgrøder. Her bruges oplysningerne fra enten ultralydssensorer eller en 2D Lidar (det vil sige en RADAR, der generelt bruger infrarødt lys). I situationen uden styring (øverst til venstre) vises en sprøjtning, der er helt uafhængige af træets størrelse.
Det første niveau af operativt systemet er det vegetationsaktiverede system. Små blå trekantede svarer stadig til sprøjtning, mens større gråzoner svarer til målezonen for ultralydssensorer. Som følge heraf styres bomsektioner efter tilstedeværelsen af vegetation eller ej.
Et andet niveau er baseret på brugen af en LiDAR (prøveudtagningsområdet er en del af en skive. (Eksempel LiDAR SICK LMS 100, IR-bånd 905 nm; 50 omdrejninger / s, 0,5 graders opløsning, 270 ° vinkel). I dette tilfælde aktiveres dyser individuelt i henhold til tilstedeværelsen af vegetation og / eller tætheden af bladdækket.
Begge systemer kan føre til en markant reduktion af tabet af plantebeskyttelsesmidler.

Slide 43 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx

I væksthuse ses typisk et stort antal AS. Eksemplet her er et doseringssystem, hvor mængden af gødning eller plantebeskyttelsesmiddel kan justeres proportionalt med vandmængden. Det er et direkte indsprøjtningssystem med flere fordele: ingen tankblanding kræves, produktet kan suges direkte fra beholderen, begrænset affald efter skylning. Sofistikerede systemer kombinerer flere systemer og kan justere doseringen i henhold til de agronomiske behov.

En bærbar version af direkte indsprøjtning vises på Slide 44 fra dokument Lecture_StructureAS.pptx. Dette kommercielle system er i stand til at styre doseringen af flere væsker eller pulvere samtidigt. I de fleste tilfælde er mulighederne for ændring af dosering dog begrænset og indbefatter ikke altid hele variationen af kørehastighed i marken under acceleration eller deceleration.

Slide 45 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx.

Dette er et eksempel på et operativt system inden for husdyrbrug, der anvendes til styring af foderrationer i automatiske fodermaskiner, både med foderkoncentrat til kvæg og mælk til kalve. Fodertildelingen sker i henhold til identifikationen af koen (RFID) og tekniske parametre knyttet til mælkeproduktionen af den pågældende ko.



I 2020 brugte kun 15% af malkekvægbedrifterne i Frankrig en RFID-mærkning på køer hovedsageligt til besætningsstørrelse på 100 eller flere køer.

<http://idele.fr/domaines-techniques/sequiper-et-organiser/identification-rfid/publication/idelesolr/recommends/la-rfid-bovine-utilisee-essentiellement-par-les-eleveurs-laitiers/print.html> (på fransk)

Der findes ISO-standarder for RFID-badges: ISO 11784 (til HDX Half Duplex) og ISO 11785 til FDX (Full Duplex). I Frankrig er 75% af RFID-badges af typen HDX, der er et standardsystem for distribution af koncentrat eller mælk.

Slide 46 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx.

Dette slide introducerer en skematisk gengivelse af et væksthuse med alle eksterne parametre, (meteorologiske), der skal overvejes, interne parametre der skal styres og styringsmidler til følgende parametre:

- Dag og nat temperatur i og uden for væksthuse
- Luftfugtighed, jordfugt og CO₂-niveauer
- Lyseffektivitet og solstrålingseffekt
- Målinger af jord, vanding og dræning
- Plantesundhed og modenhed

...

Listen over parametre og kontrolmidler kan diskuteres med deltagerne

Slide 47 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Dette slide repræsenterer aktuatorer og sensorer, der bruges til at kontrollere klimaforholdene i væksthuset. Listen over sensorer og aktuatorer kan diskuteres med deltagerne.

Slide 48 fra dokumentet Lecture_StructureAS.pptx
Operative systemer i væksthuse kan også have et højt niveau af autonomi, mens robotarme kan bruges til manipulerende handlinger i væksthuset (højre) eller plukning af jordbær (venstre).

3 Relaterede links

[Ivan Margolius](#), 'The Robot of Prague', Newsletter, The Friends of Czech Heritage no. 17, Autumn 2017, pp. 3 - 6.
<https://czechfriends.net/images/RobotsMargoliusJul2017.pdf> [Archived](#) 2017-09-11 at the [Wayback Machine](#)

[Karel Capek – Who did actually invent the word "robot" and what does it mean?](#) at capek.misto.cz ^{[[dead link](#)]} – [archive](#)

Kurfess, Thomas R. (1 January 2005). [Robotics and Automation Handbook](#). Taylor & Francis. [ISBN 9780849318047](#). [Archived](#) from the original on 4 December 2016. Retrieved 5 July 2016 – via Google Books.

King, A. Technology: The Future of Agriculture. *Nature* **544**, S21–S23 (2017).
<https://doi.org/10.1038/544S21a>

Zhao, Y., Gong, L., Huang, Y., Liu, C., 2016 A review of key techniques of vision-based control for harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 311-323. DOI 10.1016/j.compag.2016.06.022

Driessen, C., Heutinck, L., 2015. Cows desiring to be milked? Milking robots and the co-evolution of ethics and technology on Dutch dairy farms. *Agric Hum Values* (2015) 32:3–20. DOI 10.1007/s10460-014-9515-5

John, A.J., Clark, C.E.F., Freeman, M.J., Kerrisk, K.L., Garcia, S.C., Halachmi, I., 2016, Review: Milking robot utilization, a successful precision livestock farming evolution, *Animal* (2016), 10:9, pp 1484–1492 © The Animal Consortium 2016 doi:10.1017/S1751731116000495