

ML 1. INNFORING I MASKINLÆRE

5. Maskinenes arbeid. Av Oluf Berentsen

5.1 Innledning

Landbrukets arbeidsmaskiner omfatter de kraftdrevne maskiner og redskaper som anvendes i landbrukets primærproduksjon. Mekanisering kan defineres som det å skyte inn kraft og maskiner mellom mennesket og materialene. I landbruket er slike materialer bl.a. jord, frø, gjødsel, formidler og dyr. Mekanisering er ikke simpelthen bruk av håndredskaper som hakker, spader, gaffler eller skyfler. Det er å erstatte mennesket og dets håndredskaper med maskiner. Det som kjennetegner maskinene er at de utvider virkningene av menneskets arbeidskraft, enten mengdemessig eller virkningsmessig, eller begge deler. Det er fingertuppstyring og muligheter for nye typer av arbeidsoperasjoner.

Til tross for overføringen av arbeidskraft fra landbruket til industri, handel, samferdsel og servicenæringer har landbruket kunnet opprettholde og tilmed øke produksjonen. Dette er i det vesentlige muliggjort av mekaniseringen. Etter hvert som graden av mekanisering øker blir det nå lagt mer og mer vekt på å organisere de nye tekniske hjelpemidlene i mer fullstendige systemer. Det må nå innvinnes ny kunnskap først og fremst om prosess-tekniske systemer og om mann-maskin-systemene. Årsakene til dette er flere. Ressursforbruket til selve mekaniseringen gjør at man må økonomisere med denne, dertil kommer loven om det avtakende utbytte inn også for maskininnsatsen.

Fortsatt produksjonsteknisk rasjonalisering og behovet for forbedring av arbeids- og produksjonsmiljøet krever innsikt i et vesentlig videre spektrum av fagområder enn tidligere. De viktigste er ressursøkonomi, arbeidsmetodikk, driftsteknikk og funksjonell maskinteknikk. Et viktig grunnlag for den tekniske utviklingen hittil har vært den gode tilgangen på billig energi. Når dette grunnlag nå holder på å forrykkes, vil det i vesentlig grad øke kravene til nye arbeidsmetoder og tekniske løsninger i produksjonsprosessene.

Utviklingen har nå ført oss dit hen at et godt produksjonsresultat er vanskelig å oppnå uten pålitelige tekniske systemer med en god funksjon også under vanskelige forhold. Viser produksjonsforutsetningene, f.eks. været, en avvikelse fra de normale eller ideale forhold blir resultatet ofte alvorlige avlings- og kvalitetstap. Tidligere kunne slike situasjoner til dels mestres ved en ekstra innsats av manuell arbeidskraft. Dette er nå i liten grad mulig fordi arbeidskraften er dyr og dessuten som regel langt vekke fra og ukvalifisert for landbruket. Derfor må det nå stilles betydelig større krav til de tekniske systemers funksjon, pålitelighet og organisasjon under skiftende forhold enn tidligere.

Driftsteknikken, som er kunsten å organisere innsatsen av mennesker, maskiner og materialer i en eller flere bestemte produksjoner, har som utgangspunkt mengden per tidsenhet i form av utført arbeid eller produkter som kan tas ut av de enkelte maskinene og mann-maskin-systemene under nærmere spesifiserte forhold. Dette er grunnlaget for å kunne organisere denne innsatsen på en teknisk-økonomisk formålstjenlig måte.

Maskinkapasitetene eller maskinenes største ytelser må alltid bestemmes "i skåren", dvs. i den øyeblikkelige arbeidssituasjon med alle innstillingsmuligheter optimalt utnyttet. Som i all annen produksjon søker en å gjøre resultatet minst mulig avhengig av mannens dyktighet, men i landbruksproduksjonen er den fremdeles vesentlig. Mannens dyktighet kommer først og fremst inn når han løpende skal bedømme kvaliteten av sin maskins arbeid, og når den praktiske utførelse av alle de nødvendige innstillinger og andre manuelle arbeidsoperasjoner så som kjøring og manøvrering er med å bestemme resultatet.

Kapitlet om maskinenes arbeid vil handle om maskinteknisk produktivitet, maskinenes driftstekniske egenskaper, arbeidsoperasjoner og funksjonsprinsipper, og maskin- og materialparametere.

5.2 Maskinteknisk produktivitet

Produktivitet kan defineres som produksjonsvolum (eller utført arbeidsmengde) per enhet av produktiv innsats. Det kan være vanskelig å definere en enhet av produktiv innsats, men det er klart at både mannens og maskinenes egenskaper bestemmer denne produktiviteten. (Her bør betegnelsen "mann" kanskje erstattes av betegnelsen "operatør".) Opplæring av operatøren og innøving av rasjonelle rutiner kan øke produktiviteten, likeså en forbedret tilpassing av maskinen til operatøren. Men den totale produktivitet bestemmes også av det som kan kalles den maskintekniske produktivitet: forholdet mellom den eller de arbeidsmengder maskinen kan utføre i sin effektive levetid (med en god operatør) og de arbeidsmengder som kreves for å frambringe maskinen og de materialer den består av samt for å drive og vedlikeholde den. Dette kan symbolsk uttrykkes som M_u / M_i , og denne kvotient bør selvsagt alltid være større enn 1, også når de arbeidsmengder som kreves til gjenvinning av medgått energi og råmaterialer er tatt med. En produksjonsøkning som betinger et øket forbruk av ikke-reproduserbar energi og råmaterialer representerer ikke uten videre en egentlig eller varig produktivitetsøkning.

Maskiner og teknisk utstyr lages altså for at man for den arbeidsmengde som nedlegges i frambringelsen av disse pluss den arbeidsmengden som direkte og

indirekte trenges til anvendelsen av maskinene i produksjonen skal få mer igjen i produksjonsvolum enn man ville ha fått ved å innsette hele arbeidsmengden direkte i produksjonen uten de tekniske hjelpemidler. Bl.a. maskinprodusentene strever stadig etter å lage maskinteknisk mer produktive maskiner. Et eksempel på økning av den maskintekniske produktivitet er ploger som utstyres med steinutløysere, slik at de kan kjøres hurtigere med mindre risiko for skader og samtidig gi forbedret pløgselkvalitet. En eventuell økning i de samlede driftsomkostninger, inkludert avskrivning, per maskinenhet må da samtidig være forholdsvis mindre enn økningen av enhetens arbeidskapasitet. Andre tekniske endringer som vanligvis øker den maskintekniske produktivitet (og samtidig operatørens produktivitet) kraftig er økning av arbeidsbredden på f.eks. radensere, åkersprøyter og andre lite energikrevende arbeidsmaskiner. All reduksjon av den totale innsatsen av arbeidskraft og materialer med bibehold av produksjonsresultatet betyr øket produktivitet totalt. Særlig maskiner som muliggjør ny eller forbedret prosessteknikk kan øke produktiviteten. Et godt eksempel er LTI syreutstyr for tilsetning av mæursyre i forhøstere. Andre maskiner som kan gi lignende muligheter for produktivitetsøkning er kanskje storballepresser, eventuelt med tilsetning av propionsyre for langsom videretørring på låvetørke, maskiner for to-trinns høsting av gras til ensilering, potetopptakere med forenklet konstruksjon og/eller forbedret steinutskilling, forbedret utstyr for transport og produkthåndtering osv.

Det er imidlertid ikke sikkert at øket mekaniseringsgrad alltid øker den totale produktivitet, selv om det er økning i den totale produktivitet som bør være det overordnede mål. Dette mål kan tapes av syne p.g.a. foretaksøkonomiske og samfunnsmessige forhold. Ifølge "Agricultural Engineers' Handbook", 1961, tabell 1-1, gikk det totale produksjonsvolumet i jordbruket i USA opp fra 100 til 155 % i tiden fra 1930 til 1955, mens det totale volum av trekkraft, maskiner og utstyr gikk opp fra 100 til 240 %. Produksjonsvolumet per enhet av trekkraft, maskiner og utstyr gikk altså ned fra 100 til 65 %. De totale kostnadene til dette maskintekniske utstyret holdt seg temmelig konstante, regnet i verdifaste dollars, mens antall beskjeftigede i jordbruket gikk ned fra 100 til 71 %. Dette vil si at 71 beskjeftigede med 240 maskinenheter produserte 55 % mer enn 100 beskjeftigede tidligere produserte med 100 maskin- og trekkraftenheter. Da maskinene ikke kostet mer enn før, var maskinindustriens produktivitet øket med 140 %, eller mer (en del av den tidligere trekkraften var hester), mens landbrukets produktivitet var øket med 118 %. Imidlertid var den faktiske maskintekniske produktivitet minsket fra 100 til 91 %, dvs. med 9 %, da produksjonsvolum dividert med (maskinvolum x antall beskjeftigede) satt til 100 for 1930 gir 91 for 1955. Det er da ikke korrigeret for maskin-

industriens og gjødselindustriens og dermed indirekte landbrukets ressursøding. Dette resultatet er jo heller dårlig, og skyldes sannsynligvis landbrukets dårlige utnyttelse av sin maskinpark, noe som igjen forårsakes av bruksstørrelser og korte arbeidssesonger.

Det er grunn til å anta at den potensielle maskintekniske produktivitet er øket vesentlig. Dette gir vanligvis også muligheter til å øke operatørens produktivitet, bare maskinene kan utnyttes godt. Dette krever lengre, effektiv årlig anvendelse for maskinene. Den maskintekniske produktivitet er avgjørende for de totale driftsomkostninger per enhet arbeid utført av de forskjellige, mulige mann-maskin-kombinasjoner og -systemer som skal organiseres driftsteknisk optimalt. Den konstruktive utforming av maskinen, som bl.a. avhenger av utvalget av materialer, og de funksjonsprinsipper som er benyttet, er vesentlige for den maskintekniske produktivitet. Et eksempel er den første Ferguson-traktor, som sammenlignet med de fleste av samtidens traktorer gav mye mer igjen for pengene. Større maskinbetinget totalproduksjon per maskin uten at maskinen blir dyrere, eller en forholdsvis større produksjonsøkning enn økning i maskinens totale driftsomkostninger, betyr altså vanligvis en øket maskinteknisk produktivitet, også kalt øket verdi av maskinen.

De arbeidsmengder som kreves for å frambringe maskinen og de materialer den består av avspeiles til en viss grad i anskaffelsesprisen (uten eventuell toll og/eller ekstraavgifter). Anskaffelsesprisen må imidlertid korrigeres for de gevinster som oppnås ved masseproduksjon når forskjellige maskiner, som ikke alle masseproduseres, skal sammenlignes med hverandre med hensyn på reell maskinteknisk produktivitet og på ressursforbruk. Den må også korrigeres for eventuelle forskjeller i produksjonsstedenes lønnsnivå. Det er derfor meget vanskelig å finne fram til et eksakt uttrykk for maskinteknisk produktivitet, selv om en kan komme et stykke på vei ved hjelp av arbeids-ekvivalenter og volumindekser, og en vil ofte måtte ty til marginalbetraktninger.

Den tidligere nevnte kvotient W_u / W_L har kanskje aldri vært over eller lik 1 når gjenvinning av medgått energi og råmaterialer tas med. En ting er at erstatningen av hester, muldyr og okser med traktorkraft allerede har frigjort arealer som kan fø 400-500 millioner mennesker i verden som helhet (Bergstrom i Ambio 2, 1973). Fra 1920 til 1969 øket traktorhestekreftene 40 ganger, mens mannsarbeidstimenene i jordbruket i USA ble redusert til 1/4. Gjennom traktorene bruktes en drivstoffmengde tilsvarende 80 liter bensin per hode og år i 1969. Og energiforbruket til traktorer, handelsgjødsel og

elektrisitet til sammen tilsvarte 600 liter bensin per hode og år. Dette er dobbelt så mye energi som den som var i den maten som ble konsumert, og enda er ikke den energien som bruktes ved frambringelsen av maskinene, eller til lagring, transport og markedsføring av matvarene, tatt med. Til en maisavling i det moderne jordbruket går det med en (fossil) energimengde som tilsvarer energimengden i omtrent halve maisavlingen. En stor del av denne går med til maskinenes arbeid, direkte og indirekte, så man bør kanskje se nærmere på maskinenes totalproduktivitet.

5.3 Maskinenes driftstekniske egenskaper

Verdien av en maskin i produksjonen har to driftstekniske aspekter:

A) Øyeblikkelig ytelse

B) Varighetsytelse

De viktigste faktorer for hvert aspekt kan stilles opp som følger:

A) Øyeblikkelig ytelse (arbeidseffektivitet)

1. Arbeidskvalitet. F.eks. renhetsgrad og spillprosent for skurtreskere.
2. Virkningsgrad. F.eks. energibehov pr. enhet utført arbeid.
3. Arbeidsevne pr. operatør.
 - a. Effektivt mannstimebehov pr. enhet utført arbeid.
 - b. Antall operatører nødvendig for å betjene maskinen.
 - c. Forholdet effektiv arbeidstid/nødvendig innstillings- og vedlikeholdstid.
 - d. Nødvendig kraftprestasjon av operatøren (ergonomiske forhold).
 - e. Ulykkesrisiko.

4. Pålitelighet.

- a. Hyppighet av brekkasjer.
- b. Mulighet for å få fatt i reservedeler i tide.

B) Varighetsytelse (effektiv levetid)

1. Sikring mot ødeleggelse.
 - a. Maskindelenes styrke.
 - b. Sikkerhetsutløsere.
2. Motstandsevne mot mekanisk slitasje.
 - a. Materialvalg.
 - b. Dimensjonering av slitedeler.
 - c. Smøremuligheter.
 - d. Beskyttelse mot støvinntrænging til lagre og tannhjul.
3. Motstandsevne mot kjemisk forringelse (korrosjon).
 - a. Materialvalg.

- b. Beskyttelsesovertrekk.
- 4. Reparasjon og vedlikehold.
 - a. Innstillingsmuligheter for slitasjekompensasjon.
 - b. Lett adgang til og utskifting av deler.
 - c. Mulighet for å skifte ut større samlinger.
 - d. Konstruktiv enkelhet.

Til jordbrukets feltarbeidsmaskiner stilles det en rekke forskjellige krav:

- 1) Bevegelighet og framkomstevne. Maskinen må komme til arbeidet istedenfor omvendt. Lav vekt er vesentlig.
- 2) Lav anskaffelsespris. P.g.a. sesongene blir mange maskiner brukt bare få dager i året. Ofte lages disse maskinene for en forventet effektiv levetid på bare 2000 timer. Maskinene blir ofte foreldet, dvs. at nye og mer produktive eller effektive maskiner kommer på markedet før de første er utslitt. Maskinprodusentene arbeider ofte med små serier sammenlignet med det man har for andre industriprodukter, så masseproduksjonsgevinsten blir liten.
- 3) Evne til å utføre arbeidet under høgst forskjellige forhold. Vær- og jordforhold er meget foranderlige.
- 4) Evne til å tåle utelagring og mangelfullt vedlikehold.
- 5) Sikkerhet mot ulykker. Da både barn og voksne lett kan komme i nærheten av både arbeids- og styreorganene på jordbruksmaskiner, er ekstra sikkerhetsforanstaltninger nødvendige:
 - a. Skarpe hjørner og kanter hvor operatøren ferdes må unngås.
 - b. Fottrinn må suppleres med håndtak og dessuten være slik utformet at jord og søle ikke gjør dem sklifarlige.
 - c. Styreorganene må være lettbetjente for at ikke glipp og/eller manglende operatørkraft skal forsinke betjeningen eller gjøre den utilstrekkelig.
 - d. Styreorganer bør ikke kunne fungere eller kunne betjenes av andre når operatøren ikke er på plass. (Barn må ikke kunne senke et skjærebord som operatøren ligger under, f.eks.)
 - e. Spente fjærer må kunne slakkes helt før demontering.
 - f. Bevegelige deler og aksler må avskjermes fullstendig.
 - g. Frigjøring av fastkjørte eller tilstoppede arbeidsorganer må minst mulig kunne utføres med hånd når det er mulighet for at drivmekanismen kan innkoples.
 - h. Manuell montering som krever stor kraft må unngås nest mulig, f.eks.

håndmontering av tunge redskaper.

Det er klart at flere av disse kravene om sikkerhetsforanstaltninger faller sammen med krav til ergonomisk gode arbeidsforhold.

Når flere individuelle maskiner eller arbeidsorganer arbeider sammen i serie, eller arbeider sammen slik at stopp i den ene medfører stopp også for den eller de andre, er kravet til pålitelighet eller driftssikkerhet spesielt viktig. Dette gjelder når f.eks. arbeidsbredden på en slåmaskin økes med f.eks. 50% og operatøren av både den smale og av den 50% bredere slåmaskinen av og til må stoppe for å rens en del av kniven. Arbeidsevnen til den bredere maskinen vil da ikke være 50% større enn den som den smalere maskinen har. For flere maskiner i serie er det utviklet følgende ligning:

$$y = 100 \left(\frac{x}{100} \right)^n \quad (1)$$

hvor y = prosent forventet effektiv arbeidstid for en seriekombinasjon av maskiner når arbeidsevnen til serien avhenger av hver enkelt maskin.

x = prosent forventet effektiv arbeidstid for hver individuell maskin i serien.

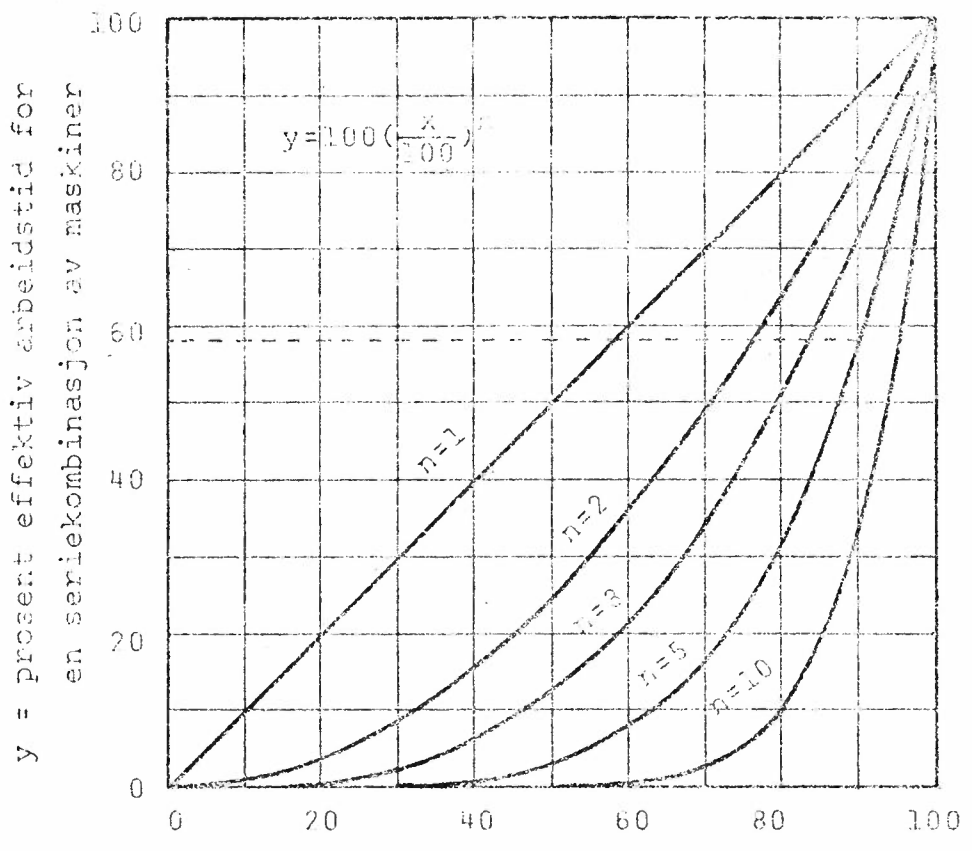
n = antall maskiner i serien.

Hvis da forventede effektive arbeidstid x er forskjellig for hver maskin, blir formelen

$$y = \frac{(x_1 x_2 x_3 \dots x_n) \cdot 100}{100^n} \quad (2)$$

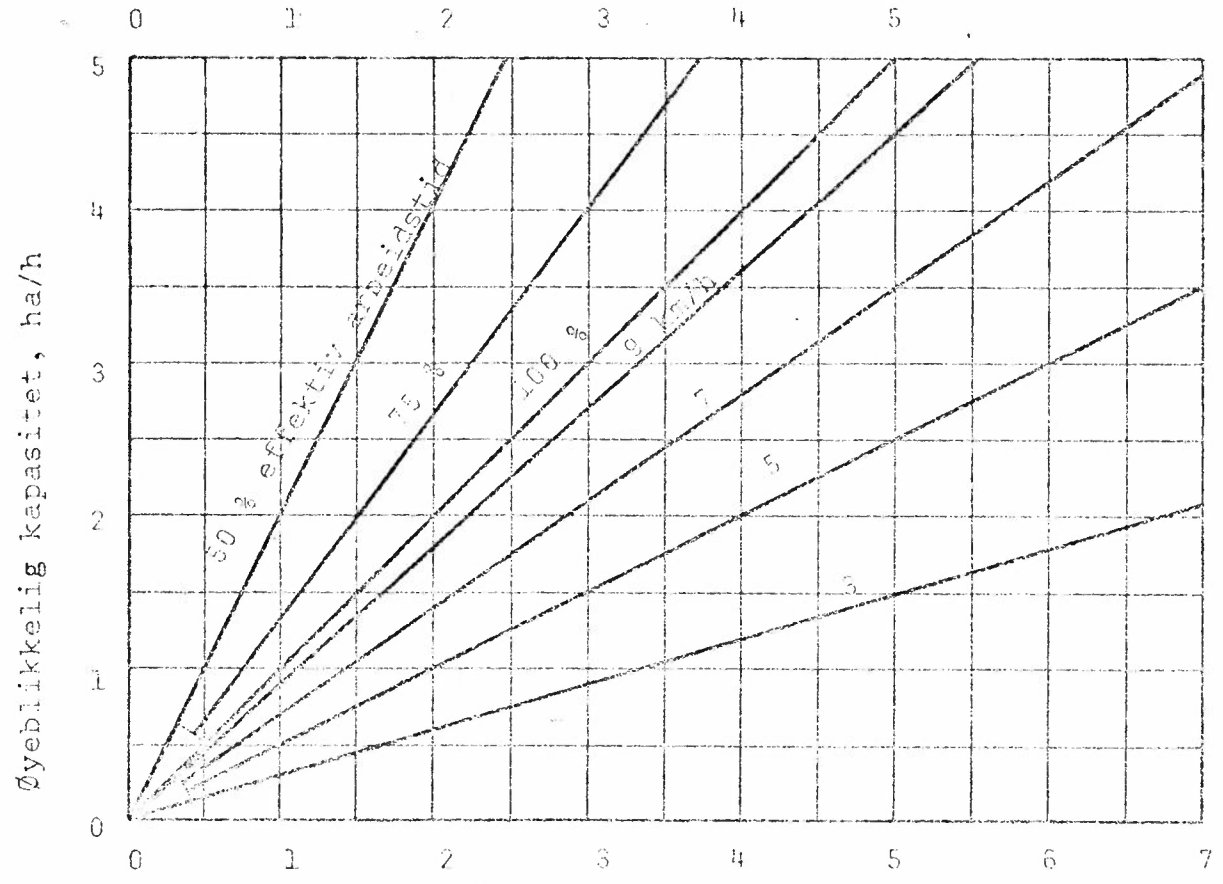
En kjent slik seriekombinasjon er en forhøster, to tilhengere, to traktorer og en inn-transportør ved siloen. Et diagram over dette ifølge formel (1) viser at for eksempel en serie på 5 maskiner, hver med en forventet effektiv arbeidstid på 90%, vil ha en total forventet effektiv arbeidstid på 59%. Dette prinsippet gjelder også den enkelte maskin når denne er kompleks, slik som f.eks. en skurtresker.

Yteevnen eller kapasiteten til en maskin kan angis direkte, f.eks. ved største ytelse i tonn korn som skurtreskeren kan høste pr. time under nærmere spesifiserte forhold, ved arbeidsbredden når framdriftshastigheten har en slags naturlig begrensning som f.eks. ved pløying og radsåing, eller ved en spesi-
fikk ytelse som f.eks. tonn/hkh eller tonn/kWh. Ved angivelse av maskinteknikk yteevne er det ofte ikke nok med største ytelse pr. effektiv time "i skåren", man burde også regne med en sammenlignbar indeks for nødvendig maskinbetinget snautid. Dette bør f.eks. tas i betraktning ved vurdering av vendeplog kontra vanlig, fast plog. Vanligvis angis kapasiteten for en plog indirekte og



x = prosent effektiv arbeidstid for hver maskin

Effektiv kapasitet, ha/h



Effektiv arbeidsbredde, m

tilnærmet ved dens arbeidsbredde, for en skurtresker ved skjerebordsbredden og for en forhøster ved arbeidsbredden eller spesifikt ved største ytelse i tonn gras den kan høste pr. effektiv time og enhet tilført effekt, dvs. i tonn/kWh.

Mange av arbeidsmaskinene begrenses i praksis av sitt trekkraft- eller energibehov. Trekkraftbehovet skyldes i mange tilfelle delvis maskinens vekt, men ofte mest funksjonelle forhold, eller motstanden i det materiale den arbeider med eller i. En del arbeidsmaskiner, sammen med gjennomsnittsverdier av spesifikt trekkraft-, effekt- eller energibehov er gjengitt nedenfor:

Jorderbeidingsmaskiner:

Floger	50 - 100 kWh/m ² færtverronitt
Jordfresere og rotorharver	1,5 - 3 kWh/daa
Skålharver. Opptil 90% av vekten, eller	2,5 - 3,5 kW/m arb.bredde
Fjærtindharver	1 - 2 " " "
Kultivatorer	2 - 4 " " "

Gjødselsprednings-, så- og radrensemaskiner:

Husdyrgjødselspredere	0,1 - 1 kWh/tonn + trekkraft
Radsåmaskin og -gjødselspredere	1 - 2 kN/m + hjulrullemotst.
Potetsettemaskiner	1 - 2 kN/rad + "
Radrensere	0,4 - 0,5 kN/m arb.bredde

Høstemaskiner:

Slåmaskiner: Knivbjelkeslåmaskiner	ca. 1 kW/m arb.bredde
Skiveslåmaskiner	" 10 " " "
Forhøstere (slaghøstere)	0,7 - 1,5 kWh/tonn høstet gras
Skurtreskere, selvgående	12 - 18 kWh/m arb.bredde

Diverse transportmaskiner og -utstyr:

Selvlessende og selvavlessende vogner	0,2 - 0,5 kWh/tonn
Skrapeelevatorer for gras	3 ganger løftarbeidet
Heiser og elektrotaljer	1,5 - 2 " "

5.4 Arbeidsoperasjoner og funksjonsprinsipper

Noen arbeidsmaskiner utfører bare en enkelt arbeidsoperasjon, men mange utfører flere forskjellige arbeidsoperasjoner i serie. De kan også utføre flere forskjellige operasjoner parallelt, f.eks. kan en rotvekstopptaker fjerne bladverket (toppen) på en rad samtidig som den tar opp røttene i den foregående raden. Utføres flere like operasjoner parallelt, betyr dette bare at to eller flere like enheter er plassert ved siden av hverandre for å øke arbeidsbredden. Et eksempel er en flerskjærs plog. Hvert enkelt arbeidsorgan kan også økes i bredden, slik at samme organ, uten endring i funksjonsprinsipper, får større kapasitet (største ytelse under nærmere spesifiserte forhold). Et eksempel er bredere bro og såldkasse på skurtreskeren. Denne økede brobredden kan så utnyttes ved enten å bruke bredere skjærebord eller ved å bruke større framdriftshastighet med uendret skjærebordsbredde.

Organene som utfører arbeidsoperasjonene er oppbygget av flere eller færre konstruksjons-elementer eller maskindeler som følger visse bevegelsesmønstre alt etter hvilke funksjonsprinsipper som er tatt i bruk. Disse bestemmer delvis, sammen med materialvalget, den konstruktive utforming, og vice versa. De fleste maskiner kan rubriseres etter hovedfunksjonsprinsippet eller etter hovedarbeidsoperasjonen, eller etter en kombinasjon av disse. Et eksempel er "eksakthakkende forhøster" hvor "eksakthakkende" angir hovedfunksjonsprinsippet eller hovedvirkemåten, som er at materialstrengen kuttet over av en skarp kniv mot en motkniv etter hvert som denne materialstrengen tvangs- eller presisjonsmates inn i maskinen. Navnedelen "forhøster" angir arbeidsoperasjonen eller maskinens serie av arbeidsoperasjoner, som er høsting av for, definert som frigjøring og/eller oppsamling og bearbeiding av formaterialet (sams avling) samt avlevering av dette til en transportinnretning.

De fleste arbeidsmaskiner inkorporerer ett eller flere detaljfunksjonsprinsipper alt etter hvor kompleks serien av arbeidsoperasjoner er. Et eksempel er toppløfthøstere f.eks. for gulrøtter, hvor røttene frigjøres ved hjelp av et skjær, løftes oppover med toppen mellom to belter eller remmer som holdes jevnt trykket mot hverandre, og så får toppen (bladene) revet av roten av en spesiell vandremekanisme med to sett stenger som beveger seg i hver sin skjeve sylinderflate.

Læren om mekanismers bevegelser, eller mekanismenes kinematikk, har utviklet seg i de siste par hundre år. Å finne fram til og å konstruere mekanismer som skal utføre bestemte bevegelser kalles kinematisk syntese. Eksempler på slike mekanismer er innføringsmekanismen på ballepresser og den gamle stavvinda

på selvbindere. Knytteapparatet er fremdeles en vesentlig mekanisme for jordbruket. Den mest fundamentale er vel glider-veiv-mekanismen som f.eks. brukes i slåmaskinen og i ballepressen. Ellers har vi firestangs leddmekanismen, som brukes til å frambringe en rekke bevegelser, bl.a. såldkassebevegelsen i skurtreskere og bevegelsen i vertikalplanet av en traktors trepunktsopphengning. En syntese av de forskjellige del-dimensjoner som kreves for å frambringe de ønskede bevegelser både når det gjelder mønsteret og hastigheten kan ofte gjøres grafisk. Den resulterende bevegelse kan sees på som en funksjon av mekanismens parametere. Der finnes en rekke slike syntese-metoder, f.eks. bruken av en bevegelses instantan - eller momentansenter.

Først i 1940 ble det utviklet numeriske metoder til å konstruere en firestangs leddmekanisme for en ønsket funksjon med tilstrekkelig nøyaktighet. De fleste metodene gjelder frambringelse av bevegelsesmønstre i ett og samme plan.

Firestangs-leddmekanismen kan også brukes til å la et punkt beskrive lukkede kurver i mange slags former. Spissen av pakkerfingrene i en ballepresse beskriver som oftest en slik lukket kurve. Palmekanismen er kjent til framtrekk av transportkjeder og -bånd i f.eks. selvavlessende vogner. Den kjente Genevemekanismen brukes til å få hurtig påfølgende framtrekk og stopp uten rykk av filmen i kinofilmapparater. Ellers er høyvendere og river eksempler på mange slags mekanismer og funksjonsprinsipper.

5.5. Maskin- og materialparametere

For å få et objektivt mål på kvaliteten av det utførte arbeidet må dette kvalitetsmålet alltid kvantifiseres. Kvaliteten av en potetopptakers arbeid kan f.eks. uttrykkes ved skadeprosenten, dvs. den vektmengde eller det antallet av knoller som har fått skader av nærmere spesifisert størrelse og art, uttrykt i prosent av totalmengden eller totalantallet.

Både mengden av utført arbeid og kvaliteten av utførelsen kan betraktes som funksjoner bestemt av maskin- og materialparametere. (En parameter er en uavhengig variabel, konstant i det enkelte tilfelle, gjennom hvis funksjon(er) andre funksjoner kan uttrykkes.) Formaler og ligninger er matematiske modeller av virkelige forhold og funksjoner, og kan stemme mer eller mindre godt overens med disse. Men for å kunne benytte oss av det gode hjelpemiddel som matematiske modeller kan være, må resultatene av enhver utført arbeidsoperasjon eller serie av arbeidsoperasjoner kunne måles kvantitativt.

Utført arbeidsmengde pr. tidsenhet bør alltid spesifiseres nærmere, f.eks. et jordareal bearbeidet til en bestemt bearbeidningsgrad til en bestemt dybde i jord med bestemte jordparameterverdier. Slike jordparametere kan være friksjonskoeffisienten og skjærfastheten samt tyngdetettheten. Yteevnen til en plog kan angis som største pløyde areal pr. effektiv time når den kjøres så fort den tåler det av hensyn til kvaliteten av arbeidets utførelse (standardkrav) på en nærmere spesifisert jordart. Den kan også angis som største pløyde areal pr. time og kilowatttime ved bestemte jordparameterverdier.

I mange tilfeller vil verdiene av de relevante maskin- og materialparametere påvirke de målte kapasitetene sterkt. Et eksempel på en viktig maskinparameter er knivskarpheten i eksakthakkende forhøstere, denne har stor betydning, sammen med grasets skjærfasthet og andre materialparametere, på den spesifikke ytelse i tonn/kWh. For skurtreskeren f.eks. er slike parametere forholdet halmmengde/kjernemengde, seighet og kohesjon i halmen, hvor fast kjernene sitter i aksene, hvor sprø kjernene er, hvor stor motoreffekt som står til rådighet samt flere andre. Men oftest er det bare arbeidsbredden og største mulige framdriftshastigheter under løselig spesifiserte forhold som angis fordi mange nærmere funksjonssammenhenger ikke er klarlagt, og fordi der mangler standardiserte målemetoder for de fleste materialparametere. Mange maskinprøver ble tidligere utført uten å måle trekraft- eller spesifikt energibehov direkte, og uten å måle de relevante materialparametere. Det siste gjelder fremdeles. Prøveresultatene blir derfor ofte mangelfulle og lite sammenlignbare.

For potetopptakere f.eks. er de parametere som bestemmer skadeprosenten rundingsradier og hardhet på maskindelene i arbeidsorganene, fallhøyde, amplityder og frekvenser av eventuelle skakebevegelser, samt seigheten av potetskallet og elastisiteten av knollene. For kapasiteten, dvs. i praksis skilleevnen, har såld- og beltearealer, voldsomheten i behandlingen samt jordkohesjon og prosenten av stein og jordklumper størst betydning. Skurtreskerne har ofte en kapasitet på 6 - 8 tonn korn pr. time og meter brobredde. Men en rekke materialparametere som tidligere er nevnt, samt maskinparametere som såldbredde, såldareal, såldbevegelse, utforming av halmristere og luftfordelingen og -hastigheten gjennom såldene er med på å bestemme resultatet. For jordarbeidingsredskaper er utformingen og "frontarealet" av skjar og eventuelle moldfjølere viktige maskinparametere, mens det for slaghøsterne er skarpheten av slagstålene, skjære- eller slagvinkelen og utformingen av hus, samletrakt og tut som sannsynligvis er de viktigste maskinparametere.