

Produksjonsdata for byggeindustrien

Production data for the construction and building industry

Rapport fra datagruppen 1967-70

Ved sivilingeniør Yngvar Ellingbø

NORGES BYGGFORSKNINGSINSTITUTT



OSLO 1971

Produksjonsdata for byggeindustrien

Et byggeprosjekt går gjennom en rekke faser og behandles av mange personer gjennom hele byggeprosessen. Det vil således oppstå et stort informasjonsbehov, og informasjonen må utformes og formidles på en slik måte at mottageren eller brukeren oppfatter den slik den er ment. Denne informasjon er vanligvis beregnet på andre personer, men kan også gjelde egen planlegging eller innsamling av erfaringer for senere bruk.

En vesentlig del av informasjonen er produksjonsdata, dvs. data som knytter seg til produksjon og innsats av maskiner og arbeidskraft som mengde, tidforbruk og produktivitet. Det er i første omgang industriens produksjonsbedrifter og -etater som nyttiggjør

seg slike data, for kalkulasjon, planlegging og styring av produksjonen.

Når produksjonen skal måles, er det vesentlig at det som skal måles er entydig avgrenset. Man må kunne dele inn produksjonen i visse prosesser eller arbeidsavsnitt på forskjellige nivåer etter ønsket detaljeringsgrad [2, s. 38—43]. Data måles og registreres på disse definerte prosessene/d a t a b æ r e r e.

Det er derfor viktig at slike data har entydige fellesnevner for å kunne utnyttes innen egen bedrift, av leverandører, for datautveksling bedrifter imellom og for informasjon og oppgjør mellom oppdragsgivere og utførende instanser, altså et av skrittene mot datasamordning i byggeindustrien.

For å ta opp problemene i forbindelse med disse begrepene ble Datagruppen nedsatt i 1967. Målsettingen var å komme frem til et forslag til begreper som kunne anbefales brukt. Gruppen har bestått av følgende medlemmer:

Sivilingeniør Ludvig J. Bakkevig
Sivilingeniør Ulrik F. Beichmann
Sivilingeniør Viggo Dalan
Sivilingeniør Yngvar Ellingbø
Sivilingeniør Jens Fosshem
Rasjonaliseringsingeniør Einar Gabrielsen
Sivilingeniør Nils Leer
Sivilingeniør Odd Sjøholt
Sivilingeniør Kjell Storløkken
Sivilingeniør Rolf Thomassen.

Gruppen har kunnet nyte godt av erfaringer fra flere norske firmaer og institusjoner, og i særlig grad et tilsvarende svensk arbeid, en utredning om begreper ved håndtering av jord- og fjellmasser [1]. Produksjonsteknisk avdeling ved Norges byggeforskningsinstitutt har vært gruppens sekretariat. Sivilingeniør Yngvar Ellingbø, som i Datagruppens arbeidsperiode var ansatt ved NBI, har som gruppens sekretær bearbeidet materialet og skrevet rapporten.

Videre har sivilingeniør Olav Herstad villig bidratt med erfaringer og synspunkter.

MENGDE

Med mengde mener vi begreper som volum, flate, lengde, vekt, stk. eller kombinasjoner av disse. Definisjonsmessig er volum det begrep som oftest skaper forvirring fordi målegrunnlag og måleregler er uklare. For alle begrepene gjelder at man må etablere regler for måleavgrensning og måletilstand for å få en klar entydig angivelse av mengder og deres størrelse.

Den følgende fremstilling er almenyldig, men beskriver i særlig grad mengder ved jord- og fjellarbeider.

Måleavgrensning

Man kan definere to typer avgrensning av det som skal måles, f.eks. profil, — i prosjektert profil og utført profil. (Fig. 1.)

«*Prosjektert profil*» er den måleavgrensning som ligger til grunn for utførelsen av arbeidet. Vanligvis vil dette være gitt i prosjektmaterialet (gjeldende avtale mellom byggherre og produsent), eller ved produksjonsmetoden, dvs. at profilet er tilpasset utførelsesmetoden.

«*Utført profil*» er måleavgrensningen som det ferdige produkt virkelig har fått etter utførelsen. (Tap ved at grunnen viker unna ved fyllinger kunne være ønskelig å ha med, men er vanskelig å måle.)

Disse måleavgrensninger eller benevnelser kan benyttes for alle mengdebegreper; volum, flate, lengde, vekt og stk.

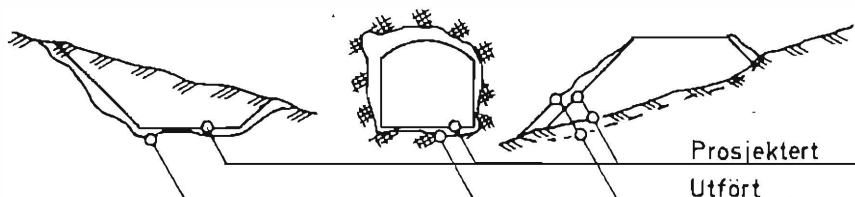


Fig. 1. Prosjektert og utført profil.

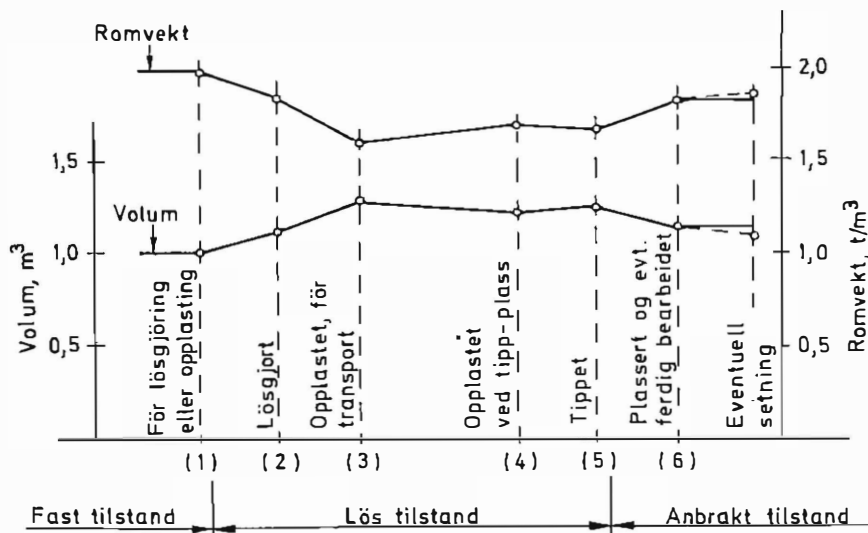


Fig. 2. Variasjon i volum og romvekt ved tilstandsforandring for jord- eller fjellmasser.

Måletilstand

Når en vektmengde jord- eller fjellmasser håndteres, vil den få forskjellig volum og altså forskjellig romvekt ved de forskjellige trinn i håndteringsprosessen. I figur 2 er dette illustrert for en mengde på 2 tonn, som før løsgjøring målte 1 m³. Sammenhengende variasjon i volum og romvekt er vist for forskjellige tilstander, fra fast, gjennom forskjellige grader av løs, til anbrakt tilstand.

Tilstand (1), fast, og tilstand (6), anbrakt, er de aktuelle tilstander for projekteringen og man er følgelig interessert i måling og angivelse av volum ved begge disse tilstander. Videre vil man ved utførelsen av et masseflyttingsarbeid være interessert i volumet ved «løs tilstand». Fig. 2 angir eksempelvis 4 forskjellige måletilstander mellom (1) og (6). For å redusere antall begreper velger vi å la betegnelsen «løs tilstand» være tilstand (3), massen opplastet på transportmiddel e.l., før transport.

I samsvar med dette defineres følgende betegnelser for jord- eller fjellmassers tilstand:

«Fast tilstand» — den tilstand massene er i før løsgjøring eller opplasting. Masser som er anbrakt og eventuelt komprimert

i tipp eller opplag kan ved ny masseflytting regnes å være i fast tilstand. Alder og tidligere bearbeiding angis.

«Løs tilstand» — den tilstand massene er i etter opplasting på transportmiddel, før transport. Gjelder også transport i skuff e.l.

«Anbrakt tilstand» — den tilstand massene er i når de er plassert og eventuelt bearbeidet (iflg. prosjektmaterialet) i det ferdige produkt, tipp eller opplag. Bearbeidingsgrad/-metode angis.

Mengdebegreper

På grunnlag av ovennevnte måleavgrøning og måletilstand for volum blir følgende mengdebegreper aktuelle:

Prosjektert faste m ³	— pfm ³
Prosjektert anbrakte m ³	— pam ³
Utført faste m ³	— ufm ³
Utført løse m ³	— ulm ³
Utført anbrakte m ³	— uam ³

(Begrepet «prosjektert løse m³» er uten praktisk interesse, og er utelatt.)

Omregningsfaktorer, sammenheng:

Ved bl.a. massedisponering og annen arbeidsplanlegging må man kjenne faktorene for omregning fra et volumbegrep til et

annet. Nedenfor er de aktuelle faktorer definert og sammenhengen mellom volumbegrepene er vist i figur 3.

$$\text{Overmassedefaktor, uttak: } o_1 = \frac{ufm^3}{pfm^3}$$

$$\text{Overmassedefaktor, anbringelse: } o_2 = \frac{uam^3}{pam^3}$$

$$\text{Volumendringsfaktor, uttak: } f_1 = \frac{ulm^3}{ufm^3}$$

$$\text{Volumendringsfaktor, anbringelse: } f_2 = \frac{uam^3}{ulm^3}$$

TIDFORBRUK

Tidforbruk spesifiserer ressursforbruket, og er sammen med mengder målbare produksjonsdata og altså grunnlag for beregning av produktivitetstall.

Tid kan angis på mange måter. I [1, s. 20] vises 4 forskjellige:

- (1) Tiden angitt som løpende tid i rene klokkeenheter uten spesifisering, for eks. timer, minutter.
- (2) Tiden gruppert og angitt etter operasjonsmidlene, i lagtid, maskintid, persontid.
- (3) Tiden angitt ut fra anvendelsesområde, f.eks. kalkulert tid, planlagt tid, akkordtid.
- (4) Tiden angitt etter arbeidets forløp.

Den egentlige tidenheten er timer (*t*), og brukes dersom tidforbruket gjelder én operasjonsenhet, f.eks. én selvstendig maskin, en bestemt kombinasjon maskiner (evt. med manuell hjelp), ett lag som en enhet o.l. Dersom registreringen gjelder f.eks. tidforbruk pr. enhet pr. mann i et arbeidslag, brukes tidenheten *timeverk* (*tv*).

Del av timer og timeverk vil mest hensiktsmessig kunne registreres med desimaler.

Inndeling etter arbeidets forløp.

Angivelse av tid etter arbeidets forløp er det som oftest skaper forvirring, fordi en rekke begreper er tatt i bruk, uten at man legger det samme innhold i dem.

Ved innsamling av data for tidforbruk må man kunne dekke forskjellige behov, bl.a. kan man for bestemte formål være interessert i å holde visse deler av et tidforbruk utenfor. Dette gjør det nødvendig å definere tidbegreper som entydig angir hvilken del av den totale tid som er tatt med. Følgende begreper defineres (se fig. 4):

Begrepene er nedenfor beskrevet i 3 avsnitt, definisjon, forklaring, begrunnelse, eksempel

Grunntid:

Grunntid er den del av tidforbruket som medgår for utførelse av sykliske og kontinuerlige arbeidsprosesser ved bruk av ett isolert operasjonsmiddel.

Ved alt arbeid vil man kunne angi en minste produktiv arbeidssyklus, og i

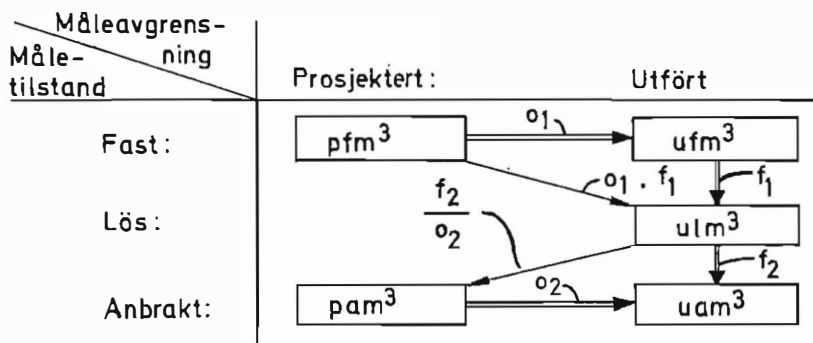


Fig. 3. Sammenheng mellom volumbegreper.

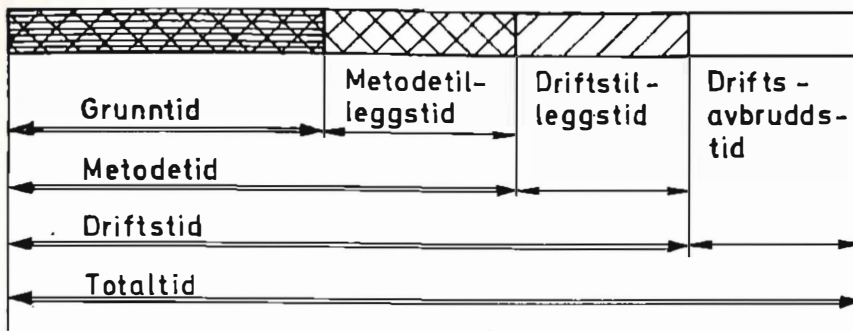


Fig. 4. Inndeling av tidforbruk.

denne trenger ikke alle operasjonsmidler i en operasjonshet å delta. Ved hver slik syklus produseres en relativt konstant mengde og tidforbruket varierer relativt lite fra syklus til syklus. Den gjennomsnittlige syklustiden kan derfor betraktes som proporsjonal med produsert mengde.

I en løpende operasjon, f.eks. lastning, vil den minste produktive arbeidssyklus for en gravemaskin bestå av fylle skuff, svinge, tømme, svinge tilbake.

Metodetilleggstid:

Metodetilleggstid er den del av tidforbruket som medgår for nødvendig metodeavhengig tilrettelegging av arbeidet, og kobling mellom flere operasjonsmidler under den løpende produksjon.

Ved en løpende produksjon vil man nødvendigvis få kompletterende deloperasjoner utover de sykliske og kontinuerlige. I tillegg til slike kompletterende deloperasjoner vil det også forekomme ventetider for en balansering mellom operasjonsmidlene.

Metodetilleggstiden vil ha en løpende del knyttet til deloperasjoner av løpende og omstillende karakter, stor sett avhengig av produsert mengde. Videre vil den ha en fast del knyttet til deloperasjoner av forberedende og avsluttende karakter, altså partiavhengig fordi den opptrer ved begynnelse og slutt av et visst parti. Disse tidene kan ikke sies å være direkte proporsjonale med produsert mengde, men man får etter hvert en stabilisert akkumulert niddelverdi pr. enhet for partiet.

Definisjonen av løpende og fast del vil være helt avhengig av definisjonen på «parti» (serie hus, vinduer i et hus, salve i tunnel), og blir ikke utdypet her.

Ved lasteoperasjonen, nevnt i forrige avsnitt, kan f.eks. løpende sammenskraping av røysa, flytting av maskinen og nødvendig venting mens bil rygger under skuff være typiske eksempler på løpende metodetilleggstid, mens den første sammenskraping av utskutt stein i en salve er eksempel på fast metodetilleggstid (dersom salven er partiet).

Metodetid:

Metodetid er summen av grunntid og metodetilleggstid, altså nødvendig tidforbruk for utførelse av sykliske og kontinuerlige prosesser ifølge benyttet metode og benyttet kombinasjon av operasjonsmidler.

Driftstilleggstid:

Driftstilleggstid er tidforbruk på inntil 1 times sammenhengende varighet (enkelt hendelser) utover metodetiden, p.g.a. forstyrrelser i den løpende produksjon.

Forstyrrelsene kan skyldes forhold ved arbeidssted, arbeidsmiljø etc., og vil oppetre med varierende frekvens og utstrekning. Driftstilleggstiden er ikke avhengig av produsert mengde, men ved observasjon over tilstrekkelig lang tid vil den kunne beregnes statistisk som en andel av tiden pr. produsert enhet. Grensen med inntil 1 times sammenhengende varighet er satt bl.a. fordi avbrudd av lenger varighet ofte har en annen årsak og karakter.

I driftstilleggstiden for et helt skift eller økt inngår f.eks. forberedende og avsluttende arbeidsavsnitt både ved skiftets begynnelse og slutt når produksjonen går kontinuerlig over et skift.

Andre typiske eksempler på driftstilleggstider er pauser for personlig behov, kortvarig maskinstans og generelt tidforbruk som ikke har direkte sammenheng med benyttet metode.

Driftstid:

Driftstid er summen av metodetid og driftstilleggstid, altså tidforbruk for utførelse av komplette prosesser, inklusive alle tilleggstider med inntil 1 times sammenhengende varighet.

Driftsavbruddstid:

Driftsavbrudd er alle forstyrrelser i produksjonen som fører til avbrudd på over 1 times sammenhengende varighet. Ved slike avbrudd føres hele tidforbruket, inklusive den første timen, som driftsavbruddstid.

Med oppfølging over lengre tid vil driftsavbruddstid kunne beregnes statistisk som et prosenttillegg til driftstiden.

Typiske eksempler på driftsavbruddstid er maksinhavari, stans på grunn av vær/klima, svikt i materialtilførsel etc.

Totaltid:

Totaltid er summen av driftstid og driftsavbruddstid, altså den totale innsats av tid for utførelse av komplette prosesser. «Totaltid» er tidforbruk som må betales for i form av lønn etc.

PRODUKTIVITET

Produktivitet er operasjonsmidlers forventede eller virkelige produksjonsevne, og uttrykkes som tidforbruk i forhold til produsert mengde. Vi definerer følgende begrep:

$$\text{Enhetstid} = \frac{\text{Tidforbruk}}{\text{Mengdeenhet}}$$

(Utregnes som $\frac{\text{Tidforbruk}}{\text{Produsert mengde}}$)

Det kan oppstå problemer med mange desimaler (og posisjoner) i enhetstiddata ved masseflyttingsarbeid, men man kan få lettere håndterbare tall ved f.eks. å definere:

$$\text{Enhetstid}_{100} = \frac{\text{Tidforbruk}}{100 \text{ mengdeenheter}}$$

En bruker må i så fall klarlegge en gang for alle hvilken av de to definisjoner som skal brukes, eller for hvilke «databærere» enhetstiden skal gjelde 100 mengdeenheter, for å unngå forvirring.

$$\text{Det inverse begrepet, } \frac{\text{Produsert mengde}}{\text{Tidenhet}}$$

brukes endel, spesielt ved masseflyttingsarbeid og det er naturligvis en brukers valg hvilket av de to inverse begreper han finner mest tjenlig for sine formål. De vanlig brukte benevelser på forholdet $\frac{\text{Produsert mengde}}{\text{Tidenhet}}$ er imidlertid ofte tve-tydige.

En bruker vil ha fordel av å benytte bare ett av begrepene, og det synes som «enhetstid» kan anbefales som det enkleste og mest entydige, både regnemessig og tolkningsmessig.

Aktuelle begreper

Ved å innføre tidligere definerte uttrykk, fås følgende:

$$\text{Grunnenhetstid} = \frac{\text{Grunntid}}{\text{Mengdeenhet}}$$

$$\text{Metodeenhetstid} = \frac{\text{Metodetid}}{\text{Mengdeenhet}}$$

$$\text{Driftsenhetstid} = \frac{\text{Driftstid}}{\text{Mengdeenhet}}$$

Definisjonsmessig gis

$$\text{«Totalenhetstid} = \frac{\text{Totaltid}}{\text{Mengdeenhet}}$$

følgende formulering: «Total gjennomsnittlig tid pr. enhet = Driftsenhetstid + gjennomsnittlig tillegg pr. enhet for driftsavbrudd.»

Eksempel

Ved et bestemt masseflyttingsarbeid vil man som eksempel kunne få følgende uttrykk for produktivitet:

$$\text{Metodeenhetstid} = 0,015 \frac{t}{\text{ufm}^3}$$

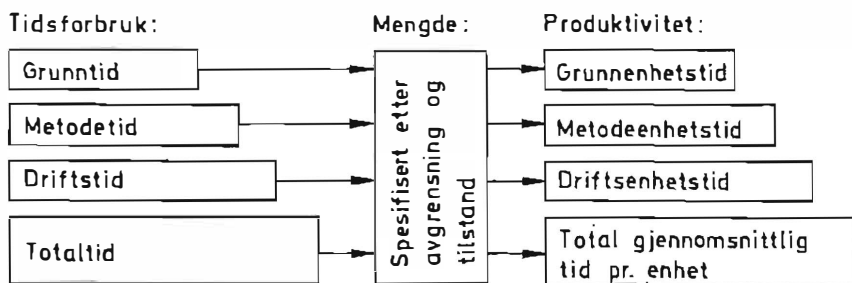


Fig. 5. Sammenheng tidforbruk — mengde — produktivitet.

Sammenheng produksjonsdata

Sammenhengen mellom tidforbruk, mengde og produktivitet er vist i fig. 5.

Produksjonsdata må suppleres med nødvendige bakgrunnsopplysninger tilstrekkelig spesifisert som forklaring til data-

ene. Bl.a. vil opplysninger om innkjøringsgrad ha stor interesse, f.eks. i form av «utført mengde/gjenstående mengde» av et visst parti. Slike opplysninger kan hensiktsmessig presenteres på spesielle datablad, datakort o.l.

Litteratur:

- [1] Ingeniörsvetenskapsakademien. Transportforskningskommissionen. Transporter vid byggnads- och anläggningsarbeten, III. Mängd-, tid- och kapacitetsbegrepp vid hantering av jord- och bergmassor. Sth. 1968. (Meddelande nr. 67.)
- [2] Datagruppen i Göteborg. Rationellare byggnadsproduktion. Byggforskningen, Sth. 1969. (Rapport nr. 8/69.)
1. System för produktionsdata.
- [3] Samme. (Rapport nr. 9/69.)
2. Arbetsplatskoefficienter, påverkande faktorer och samband.
- [4] Rådet for Teknisk Terminologi. Ordliste for Arbeidsstudier (RTT 16). Oslo 1968.

Produksjonsdata for byggeindustrien begreper

● PRODUKSJONSDATA FOR BYGGEINDUSTRIEN definerer begreper for mengde, tidforbruk og produktivitet.

● Formålet er å gi entydig definisjon på produksjonsdatabegrepene, for å lette informasjon, og som et skritt mot data-samordning.

● Begreper og definisjoner er bearbeidet og anbellt av en arbeidsgruppe med representanter fra bransjen. NBI har vært sekretariat.

JAN. 1971

MENGDE

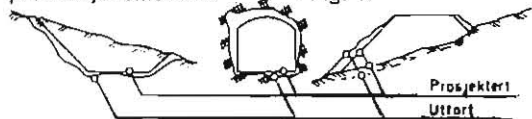
Mengder er: Volum – Flate – Lengde – Vekt – Stk. (eventuelt kombinasjoner)
Fremstillingen beskriver volum av jord- og fjellmasser, men er almenngyldig.

Måleavgrensning:

Prosjektert profil er måleavgrensning som ligger til grunn for utførelsen, iflg. prosjektmateriale eller produksjonsmetode.

Utført profil er måleavgrensningen det ferdige produkt har fått etter utførelsen.

Fig. 1.



Måletilstand:

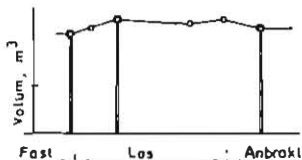


Fig. 2. Variasjon i volum.

Fast tilstand: For losgjøring eller opplasting (også fra mellomlager).

Los tilstand: Etter opplasting på transportmiddel, for transport.

Anbragt tilstand: Etter plassering og ev. bearbeiding i ferdig produkt e.l.

Mengdebegreper:

Prosjektert faste m³ – pfm³
Prosjektert anbrakte m³ – pam³
Utført laste m³ – ulm³
Utført lose m³ – uls³
Utført anbrakte m³ – uam³

Omregningsfaktorer:

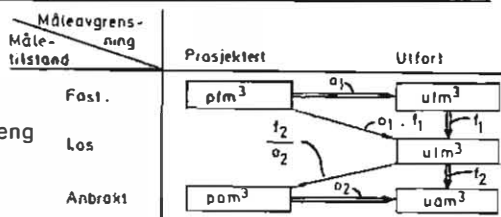
Overmasselastfaktor, uttak: $o_1 = \frac{ulm^3}{pfm^3}$

Overmasselastfaktor, anbringelse: $o_2 = \frac{uam^3}{pam^3}$

Volumendringsfaktor, uttak: $f_1 = \frac{ulm^3}{ulm^3}$

Volumendringsfaktor, anbringelse: $f_2 = \frac{uam^3}{ulm^3}$

Fig. 3. Sammenheng mellom volumbegreper.



TIDFORBRUK

Tidforbruk er spesifisering av ressursforbruk. Fremstillingen beskriver angivelse av tid etter arbeidet forlop.

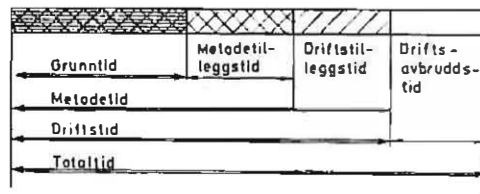


Fig. 4. Inndeling av tidforbruk

Grunntid: Den del av tidforbruket som medgår for utførelse av sykliske og kontinuerlige arbeidsprosesser ved bruk av ett isolert operasjonsmiddel.

Metodetid: Nødvendig tidforbruk for utførelse av sykliske og kontinuerlige prosesser, ifølge benyttet metode og benyttet kombinasjon av operasjonsmidler.

Driftstid: Tidforbruk for utførelse av komplette prosesser inkl. alle tilleggstider med inntil 1 times sammenhengende varighet.

Totaltid: Total innsats av tid for utførelse av komplette prosesser.

Metodetilleggstid: Den del av tidforbruket som medgår ved nødvendig metodeavhengig tilrettelegging av arbeidet, og kobling mellom flere operasjonsmidler under løpende produksjon.

Driftstilleggstid: Tidforbruk på inntil 1 times sammenhengende varighet utover metodetiden, p.g.a. forstyrrelser i den løpende produksjon.

Driftsavbruddstid: Tidforbruk p.g.a. forstyrrelser i produksjonen, med over 1 times sammenhengende varighet. Hele avbruddet tas med.

Henvendelser vedrørende begreper og erfaringer kan skje til:

Norges byggforskningsinstitutt, Forskningsveien 3 B, Oslo 3.

PRODUKTIVITET

Produktivitet er operasjonsmidlers forventede eller virkelige produksjonsevne, og uttrykkes som tidforbruk i forhold til produsert mengde:

$$\text{Enhetsid} = \text{Tidforbruk pr. mengdeenhet}$$

Ved f.eks. masseflytting fås lettere håndterbare tall ved å definere som følger:

$$\text{Enhetsid}_{100} = \text{Tidforbruk pr. 100 mengdeenheter}$$

Det Inverse begrepet, produsert mengde pr. tidenhet, kan også være aktuelt. En bruker vil ha fordel av å benytte bare ett av begrepene, og det synes som «enhetsid» kan anbefales som det enkleste og mest entydige, både regnemessig og tolkningsmessig.

Aktuelle begreper:

Grunnøhetstid = Grunntid pr. mengdeenhet

Metodeøhetstid = Metodetid pr. mengdeenhet

Driftøhetstid = Driftstid pr. mengdeenhet

Total gjennomsnittlig tid pr. enhet = Driftøhetstid + gjennomsnittlig tillegg pr. enhet for driftsavbrudd.

Sammenheng produksjonsdata

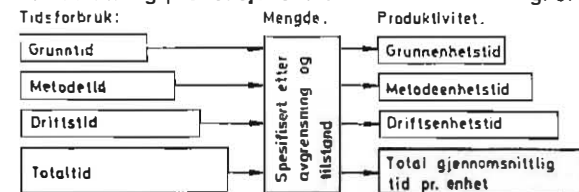


Fig. 5.

Produksjonsdata må suppleres med nødvendige bakgrunnsopplysninger, tilstrekkelig spesifisert som forklaring til dataene, f.eks. på datablad, datakort, o.l.

Eksempel: Ved et bestemt masseflyttingsarbeid vil man som eksempel kunne få følgende uttrykk for produktivitet:

$$\text{Metodeøhetstid} = 0,015 \frac{t}{ufm^3} \text{ (ev. } 1,5 \frac{t}{100 ufm^3} \text{)}$$

