

# ARBETSMILJÖ

---

# FONDENS

---

# SAMMANFATTNINGAR

---

1175

---

## CAD och ergonomi

### Tredimensionella modeller av människokroppen

*För innehållet i sammanfattningen svarar Kjell Severinsson, Institutet för verkstadsteknisk forskning, Mölndalsvägen 85, 412 85 Göteborg, tel 031-83 86 00.*

*Pnr 82-0251 Arbetsställning, arbetsbelastning (40)*

*April 1988*

---

### Bakgrund

Svensk industri kännetecknas av en hög teknisk nivå hos produktionssystem, maskiner och övrig arbetsutrustning. Tyvärr håller inte alltid utrustningen samma höga nivå i anpassning till människans förutsättningar och behov. Samverkan mellan människan och utrustningen är ofta otillfredsställande och den potentiella kapaciteten tas dåligt tillvara.

Inbyggda ergonomiska brister i installerad utrustning uppmärksammas i allmänhet inte förrän efter lång tids användning. En effekt av detta är att de flesta åtgärder huvudsakligen inriktas på att försöka rätta till brister i efterhand. Detta arbete är naturligtvis både viktigt och nödvändigt, men medför ofta höga kostnader och ger inte alltid tillräckliga resultat.

För att komma ifrån dessa förhållanden krävs att man redan i planerings- och kon-

struktionsfaserna utvecklar lösningar som utgår från en samverkan mellan människa och utrustning. Det är då väsentligt att beakta såväl människans som teknikens förutsättningar och villkor. Möjligheten att åstadkomma detta kombinerade tänkande och agerande är starkt beroende av hur väl kommunikation och kunskapsöverföring mellan individer och yrkesgrupper fungerar.

Mot denna bakgrund är det angeläget att finna nya vägar att angripa de ergonomiska problemen. Nyckelord i sammanhanget är kommunikation och samverkan inom och mellan olika yrkesgrupper. En mycket väsentlig yrkesgrupp är teknikerna, tex konstruktörer och produktionstekniker, eftersom de så starkt påverkar och präglar de produkter de utvecklar, även ur ergonomisk synpunkt. Oavsett det faktum att det är teknikerna som, mer eller mindre oför-

skyllt, starkast bidrar till att dessa problem uppstår, är de ändå väl skickade att medverka till att eliminera orsakerna. Detta förutsätter dock nödvändig kunskap och tillgång till lämpliga hjälpmedel.

Viktiga egenskaper hos ett sådant hjälpmedel är möjligheter till visualisering, beräkning och informationslagring. Eftersom datorer erbjuder dessa möjligheter, och dessutom allt mer utvecklas till ett vanligt och naturligt hjälpmedel för många yrkesgrupper, utgör de en lämplig bas för den typ av hjälpmedel som behövs inom ergonomi.

## CAD-tekniken

Inom konstruktion och produktion används alltmer den så kallade CAD-tekniken (datorstödd konstruktion). CAD-tekniken kan utgöra en gemensam kommunikations- och informationsbas i samband med produktframtagning. CAD-teknikens flexibilitet och möjlighet att återge tredimensionella geometriska modeller innebär att den kan användas inom många områden utöver de tekniska, däribland ergonomin.

Grundidén baseras här på att den tredimensionella bilden är ett utmärkt medium för att förmedla och förstå de komplexa ergonomiska och tekniska sammanhangen. För att tillgodose goda fysiska arbetsförhållanden, t ex vid nykonstruktioner, krävs att man känner och tar hänsyn till olika faktorer som kroppsmått, räckvidd, synavstånd, synfält och belastningar på rörelseapparaten. Om man i datorn skapar en modell av arbetsplatsen tillsammans med en modell av människokroppen kan man visualisera, analysera och beräkna dessa sammanhang.

CAD-tekniken är och kommer i framtiden än mer att vara ett vanligt hjälpmedel inom många tillämpnings- och yrkesområden. Användning av datormodeller av människokroppen vid ergonomiska studier och tillämpningar kan då bli ett lika naturligt hjälpmedel som de program som används vid t ex robotsimulering eller visualisering av verktygsbanor för numeriskt styrda bearbetningsmaskiner.

Genom CAD-teknikens möjlighet till visualisering och beräkning har ett mångsidigt hjälpmedel skapats. En tredimensio-

nell bild kan medverka till att eliminera många misstag redan på projektstadiet. Såväl helhet som detaljer kan beskrivas och studeras ur önskad vinkel och projektion.

Idén med CAD-baserade modeller av människokroppen bygger på förutsättningen att all design, projektering och konstruktion i alltmer ökande utsträckning kommer att baseras på CAD-hjälpmedel. Datorstöd förväntas bli ett naturligt inslag i konstruktionsarbetet med en CAD-anläggning som ett självklart redskap.

## Ergonomiska aspekter

För att kunna ta hänsyn till ergonomiska aspekter i samband med produktframtagning måste konstruktören redan på ett tidigt stadium kunna konfrontera produktmodellen med en modell av människokroppen. Detta får inte kräva några speciella kunskaper, separata program och ytterligare hjälpmedel, utan bör kunna göras i direkt anslutning till det normala konstruktionsarbetet. Datorbaserade modeller av människokroppen bör därför ingå som en integrerad del av den övriga CAD-programvaran. Man bör kunna hantera modellerna med samma CAD-kommandon och kunna placera dem i samma konstruktionsrymd.

Ett CAD-ergonomipaket bör sikta till att vara ett universellt och övergripande kunskapssystem. Som en naturlig första etapp kan ses ergonomiska studier på makronivå. Detta innebär att en modell av människokroppen uppfattas som ett mekaniskt system sammansatt av ett antal stela delar. Delarna är sammankopplade med varandra i noder (leder). De ergonomiska kriterierna uttrycks t ex i form av begränsningar och rekommendationer avseende relativa vinklar mellan kroppsdelarna.

En datorbaserad geometrisk modell av människokroppen utformas lämpligen som en fristående modul i direkt anslutning till ett CAD-system. Beroende på avsikten med en sådan modul kan man bygga upp olika typer av modeller. Enklare modeller kan lagras i CAD-systemet i form av så kallade biblioteksfigurer. Biblioteksfigurer kan vara såväl två- som tredimensionella och kan relativt enkelt placeras ut direkt i den övriga CAD-grafiken. Själva figurerna

är stela, bibehåller en oförändrad geometrisk form och kan endast förflyttas eller mångfaldigas i CAD-rymden. Biblioteksfigurer lagras i CAD-datorn som grafik, och det är svårt att förse sådana modeller med beräkningsrutiner.

En mera flexibel modell av människokroppen kan byggas upp av ett antal bibliotekselement som hänger samman efter ett givet mönster (så kallade nodalfigurer). De olika elementen kan roteras i förhållande till varandra och man kan på detta sätt efterlikna olika kroppsställningar hos modellen. Modeller av det här slaget kan göras mycket detaljerade men de tar mycket plats i datorminnet och är relativt långsamma och otympliga att arbeta med. Modellen styrs interaktivt med hjälp av kroppsinklar och detta kan vara ganska omständligt vid komplicerade tredimensionella förlopp.

För att ha tillgång till många olika modeller av människokroppen med stor antropometrisk och kinematisk flexibilitet måste man i praktiken använda sig av parametriska geometribeskrivningar. Parametrarna lagras lämpligen i form av databas med separata filer för kroppsått och kroppsållningar. Detta är också den metod vi valt att arbeta efter.

Många ergonomiska situationer kan analyseras med hjälp av enkla trådmodeller (t ex IVFs mittlinjemodell LINUS). Modeller av den här typen kan göras snabba och är relativt lätta att manipulera.

Vissa studier kräver emellertid volymsmodeller. En volymsmodell kan göras an-

tingen som en stelkomponentsmodell där varje kroppsdel behåller sin geometriska form oberoende av kroppsållningen eller som en plastisk modell där kroppsdelarna formas om för varje enskild kroppsållning.

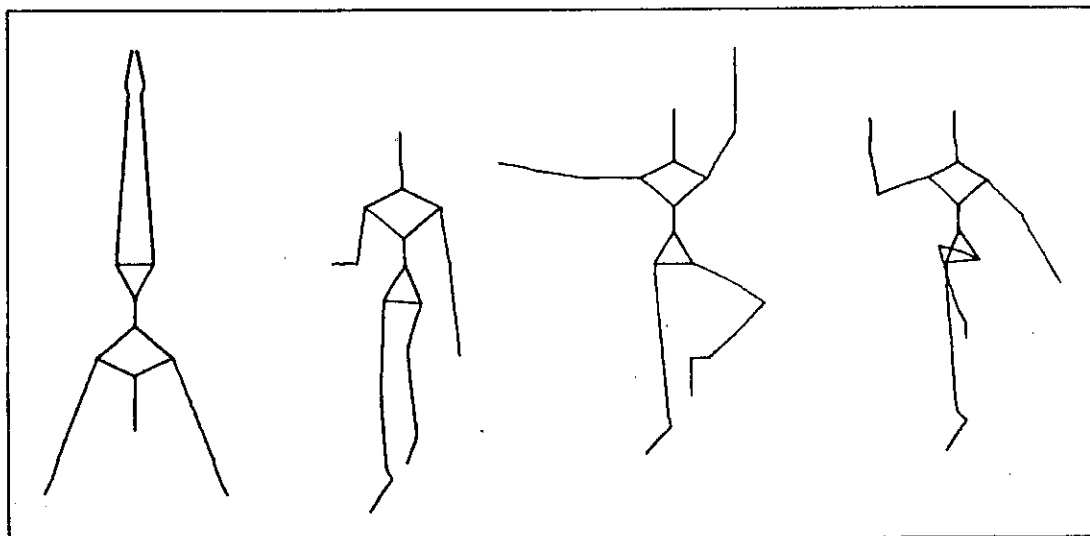
Stelkomponentsmodellen är i regel kantigare och mindre naturlig än en motsvarande plastisk modell, men lämnar i gengäld möjlighet att i efterhand justera modellen med avseende på kroppsållning. Vi har därför valt att arbeta med stelkomponentsmodeller.

## Systemuppbyggnad

Datorpaketet IVF.TGR.ERGO är ett CAD-baserat system för konstruktion av parametriska modeller av människokroppen. Systemet möjliggör vissa ergonomiska utvärderingar och dess struktur är anpassad för utbyggnad vad gäller ergonomiska kriterier och geometrimodellering.

Paketet består av tre exekutiva program, PROG.1, PROG.2 och PROG.3, skrivna för CAD-systemet Computervision (CV) i programmeringsspråket CVMAC. Programmen kan exekveras när som helst under interaktivt arbete i CAD.

PROG.1 konstruerar en mittlinjemodell kallad LINUS. Kroppsformen och kroppsållningen kan avläsas från färdiga indatafiler eller ges individuella värden genom interaktiv inmatning av parametrar. LINUS-figuren genereras direkt i CAD-rymden och kan manipuleras med hjälp av alla tillgängliga CAD-kommandon.

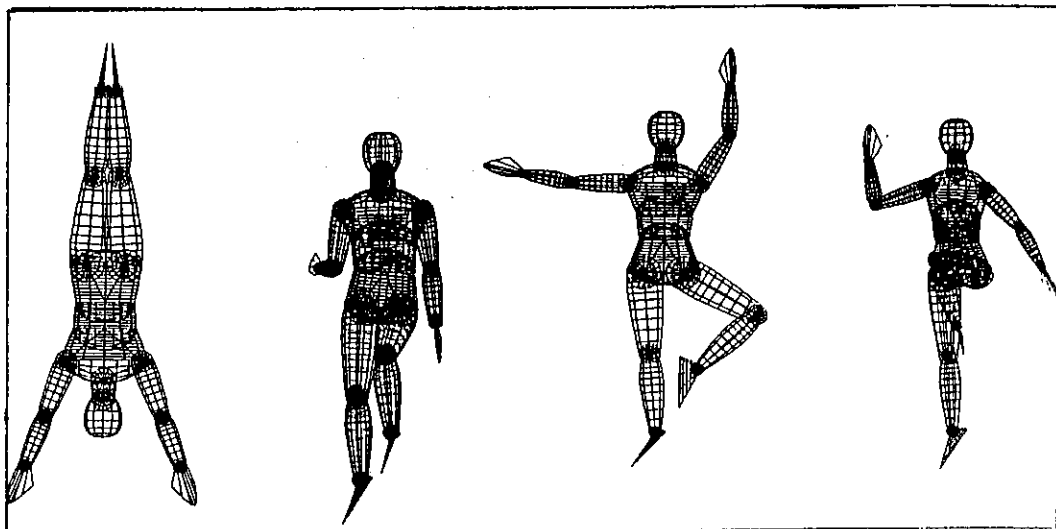


Trådmodeller

PROG.2 beräknar relativa kroppsvinklar i en LINUS-figur och jämför dessa med givna gränsvärden. Olika kontrollkriterier kan ges. Den aktuella kroppsställningen kan

sparas i en fil för framtida användning av samma eller liknande kroppsställningar.

PROG.3 genererar en ytmodell av en given LINUS-figur.



*Volymmodeller*

Källkoden består av tre huvudprogram och tretton subrutiner. Nio av subrutinerna är av allmän beräkningskaraktär och kan med smärre modifieringar transformeras till andra datorer och CAD-system. De fyra återstående subrutinerna avser grafik- och databashantering i CV och är av begränsad tillämpbarhet i andra CAD-system.

## Rapporten

Datorstödd ergonomi. Geometriska modeller av människokroppen (30 sidor) kan beställas från IVF, Mölndalsvägen 85, 412 85 Göteborg, tel 031-83 86 00. Pris: 100 kr.

**Arbetsmiljöfonden**

Box 1122, 111 81 Stockholm  
Tel 08-796 47 00 (vx)