

**SYMPTOMER OG NEUROPSYKOLOGISK FUNKSJON HOS  
ELEKTROMONTØRER ETTER STRØMGJENNOMGANG.  
ET PASIENTMATERIALE.**

**Lars O. Goffeng, Rita Bast Pettersen og Petter Kristensen.**  
**Statens Arbeidsmiljøinstitutt, Pb. 8149 Dep, N-0033 Oslo 1**

**Statens Arbeidsmiljøinstitutt**  
**PUBLIKASJON HD 1027/92 FoU. Oslo 1992.**

## **INN H O L D :**

<b>1.0</b>	<b>INNLEDNING.</b>	<b>4</b>
<b>2.0</b>	<b>LITTERATUR: STRØM OG FØLGER AV STRØMGJENNOMGANG.</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Strøm og virkningsmekanismer ved strømgjennomgang.</b>	<b>4</b>
<b>2.2</b>	<b>Forekomst av strømskader.</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Akuttoplevelser.</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Skader og symptomer etter strømgjennomgang.</b>	<b>7</b>
<b>2.5</b>	<b>Skader i sentralnervesystemet etter strømgjennomgang (Patofysiologi).</b>	<b>7</b>
<b>3.0</b>	<b>PILOTUNDERSØKELSEN.</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Materiale og metode.</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Materiale.</b>	
<b>3.1.2</b>	<b>Metode.</b>	
<b>3.2</b>	<b>Resultater.</b>	<b>10</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Symptomer.</b>	
<b>3.2.2</b>	<b>Nevropsykologisk undersøkelse.</b>	
<b>3.2.3</b>	<b>MMPI.</b>	
<b>3.2.4</b>	<b>Forhold mellom spenning, strømvei og undersøkelsesresultater.</b>	

<b>4.0</b>	<b>DISKUSJON.</b>	<b>12</b>
<b>4.1</b>	<b>Symptomer som funksjon av spenning.</b>	<b>12</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Hypotese 1: Ulik spenning - ulik dødelighet?</b>	
<b>4.1.2</b>	<b>Hypotese 2: Ulik spenning - ulik årsak til symptomer?</b>	
<b>4.2</b>	<b>Symptomer som funksjon av strømvei.</b>	<b>14</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Kan strømvei utenom hodet medføre organisk betinget cerebral dysfunksjon?</b>	
<b>4.3</b>	<b>Symptomer som funksjon av hudmotstand/brannskader.</b>	<b>15</b>
<b>4.4</b>	<b>Symptomer som funksjon av gjentatt strømgjennomgang.</b>	<b>16</b>
<b>4.5</b>	<b>Andre forhold som kan påvirke undersøkelsesresultatene.</b>	<b>16</b>
<b>4.5.1</b>	<b>Symptomer ved arbeid i elektriske felt.</b>	
<b>4.5.2</b>	<b>Symptomer og tidligere ulykker.</b>	
<b>4.6</b>	<b>Perifere skader, undersøkelsesmetode og tolkning av funn.</b>	<b>17</b>
<b>5.0</b>	<b>VURDERINGER. KONKLUSJON.</b>	<b>18</b>
<b>6.0</b>	<b>REFERANSER.</b>	<b>19</b>
	<b>Appendix 1. Gruppens sammensetning. Undersøkelsesresultater.</b>	<b>21</b>
	<b>Appendix 2. Ordliste.</b>	<b>31</b>

## 1.0 INNLEDNING.

Norsk Elektriker og Kraftstasjons Forbund (NEKF) har registrert at medlemmer ikke er kommet i arbeid etter strømgjennomgangsepisoder pga. diffuse symptomer og plager som svekket hukommelse, konsentrasjon eller initiativ (KH Olsen, NEKF, personl. medd). NEKF ønsket derfor en undersøkelse av mulige senfølger i sentralnervesystemet etter sterkstrømsgjennomgang, og spesielt etter gjentatt lavspenngjennomgang.

Vi gjennomførte en pilotstudie av elektromontører som angir plager etter strømgjennomgang for å belyse følgende:

- 1) Ser vi sannsynlig dysfunksjon i sentralnervesystemet hos noen undersøkte pasienter målt ved nevropsykologiske metoder? Spesiell oppmerksomhet må ut fra litteraturen rettes mot grad av dysfunksjon hos hhv. høy- og lavspenngeksponerte.
- 2) Kan en slik dysfunksjon knyttes til strømgjennomgang?

## 2.0 LITTERATUR: STRØM OG FØLGER AV STRØMGJENNOMGANG.

### 2.1 Strøm og virkningsmekanismer ved strømgjennomgang.

Elektriske anlegg inndeles i svak- og sterkstrømsanlegg. Svakstrømanlegg arbeider med så lav spenning at det "ikke medfører fare for liv og eiendom" (14). Logisk bør svak- og sterkstrøm egentlig defineres vha. strømstyrke, og lav- og høyspenning vha. strømmens spenning. I tilgjengelig litteratur (3,14,19) er svakstrøm likevel definert som ekstra lav spenning.

Svakstrøm regnes opptil ca. 100V, og er uviktig patofysiologisk (19). Ingen dødsfall er rapportert etter kontakt med langdistanse kommunikasjonslinjer (24V) eller telefonlinjer (60-65V) i USA og Vest-Tyskland (3,19).

Sterkstrømsanlegg kan deles inn i lavspent (<250V), mellomspent (250-1000V) og høyspent (>1000V) vekselstrøm (14), lavspenning (<1000V) og høyspenning (>1000V) (3,19), eller lavspenning (100-500V) og høyspenning (>500V)(9).

Skade ved strømgjennomgang er avhengig av strømtype, spenning, styrke, motstand i strømløper, strømsvei, og varighet av strømgjennomgang (3,14). Forholdet mellom strømstyrke, spenning og motstand er gitt ved formelen  $U=RI$ , der U er spenning (måles i Volt, V), R motstand (ohm,  $\Omega$ ) og I styrke (Ampere, A).

Vekselstrøm regnes som farligere enn likestrøm, særlig med hensyn til skade av hjerte og nervesystem, og dødsfall (19 p346). Vekselstrøm fremkaller svetting som medfører fall i hudmotstanden (14). 60Hz strøm framkaller fra 2mA styrke lokal dilatasjon av blodårer rett under kontaktpunkt, og hudmotstanden minker samtidig (22). Vekselstrøm i området 10-200Hz er spesielt uheldig da risiko for ventrikkelflimmer ved passasje av strøm gjennom hjertet øker (21). 50-60Hz (3,13,19 p347) lavspent vekselstrøm induserer kramper i håndmuskulaturen, og hånden kan holdes til strømkilden i verste fall flere minutter. Likestrøm forårsaker derimot bare en muskelsammentrekning, som ofte river offeret vekk fra strømkilden.

Ved høyspentgjennomgang er termisk effekt på vev av størst betydning. Strømmen følger vev med lavest motstand, som blodårer og nerver. Større motstand øker omdanning til varme i aktuelt vev. Sener og fettvev vil ha tendens til å smelte og koagulere, mens ben vil oppvarmes kraftig og medføre skader av omkringliggende dype muskler (3). Skaden blir størst der mulighet for varmeavledning er minst. Dypereleggende vev er derfor mer sårbart enn overflatevev (14 p949). Av årer er vener, med langsom gjennomstrømning, også mer sårbare enn arterier (14 p949).

Ulike vevstyper viser ulik sårbarhet for strøm. Blodårer og nerver har f.eks lav motstand, og bør derfor få mindre termiske skader enn annet vev. Klinisk virker de likevel mer sårbare for skade ved strømgjennomgang. Særlig lavspent elektrisk strøm går primært langs nerve- og årebanene i kroppen (21).

Strømstyrke (ikke spenning), er viktigst for å bestemme patofysiologisk effekt (19). Smerteterskel er 1,1mA ved 60Hz vekselstrøm (8). Styrke i husholdningsstrøm er rundt 1-10 mA (3). Muskelkramper kan oppstå ved 9mA (8) eller 10-20 mA (3,13), respirasjonsstans ved 20-50 mA (3) eller over 90mA (7), og ventrikkelflimmer ved 50-100 mA (3), 80mA (8), eller 100 mA (13,19).

Litteraturen er ikke entydig på rekkefølgen av symptomer. Gans & Glaser (7) sier f.eks.: "Typically, lower voltage currents affect cardiac muscle, whereas higher voltage currents cause either central or peripheral neurogenic respiratory paralysis."

Styrken er avhengig av motstanden i en leder (19 p346/7) når spenningen er fast. Motstanden varierer avhengig av fuktighet, kontaktflate, vevstype etc..

Fuktig kontaktflate i overgangen mellom strømkilde og hud gir mindre motstand enn tørr kontaktflate. Stor kontaktflate gir mindre motstand enn liten etter ligningen  $R = r \times 1/q$  der  $r$  er en materialkonstant (resistivitet), og  $q$  er overflatearealet (14). Stor og fuktig kontaktflate mellom strømkilde og hud kan derfor medføre store indre skader, uten ytre tegn. Ekstremt ser vi dette ved strøm gjennom badekar under bading (3). Det kreves normalt flere tusen volt for å gi ventrikkelflimmer ved kontakt via tørr hud, men i et badekar eller via svette hender er 220V lavspenning fra lysnettet tilstrekkelig.

Av vevstyper har nerver og blodårer lavest motstand, muskler og hud har noe større motstand, og sener, fettvev og ben har størst motstand (3).

Motstand og strømstyrke vil også endres avhengig av hvor lenge strømgjennomgangen varer. Innledningsvis vil motstand være høy og strømstyrken lavere. Ettersom hud skades og det dannes blemmer vil motstand minke og strømstyrken øke. Dersom vev forkulles, vil motstanden igjen øke, og strømstyrken avta (3).

Da strømstyrken i ulike deler av kroppen derfor oftest er ukjent i forbindelse med et strømstøt, kategoriseres strømskader vanligvis etter strømkildens spenning (14).

Koeppen (1955) (19) har likevel kategorisert symptomer etter strømgjennomgang utfra både strømstyrke og spenning: Han grupperer spenning på 110, 220 og 380V sammen, og beskriver tre symptomgrupper avhengig av om strømstyrken antas å være under 25 mA, 25-80 mA eller fra 80-100 mA og opp til 5-8 A ved minkende motstand. Den fjerde gruppen omfatter strømgjennomgang med spenning over 2-3000V og styrke over 3-8A. Terskellene for kramper, respirasjonsstans og ventrikkelflimmer referert over, viser at lavspent strøm kan medføre dramatiske konsekvenser, om betingelsene for det er til stede.

## 2.2 Forekomst av strømskader.

I Norge meldes årlig ca. 50 strømskader til Elektrisitetstilsynet (14). På 10 år er det meldt 53 dødsfall, hvorav 29 etter høyspent strømgjennomgang (15). Dødelighet er altså ca. 10% av meldte skader. Regner man med alle som søker helsevesenet uten innleggelse, og de som ikke søker slik kontakt, blir trolig antall personer som har fått strømstøt vesentlig høyere (14).

I Vest-Tyskland var det årlig 1951-63 ca. 300 dødsfall som følge av strømgjennomgang (19). Antall skadde ble anslått til 3500-4000 årlig, hvorav 80% lavspenningsulykker. Dødelighet skal ha vært stabil i perioden og ikke øket til tross for økende bruk av elektrisitet i samfunnet. Vi kunne derfor vente at dette var høyt i forhold til dagens nivå.

I USA er det imidlertid rapportert ca. 1000 dødsfall årlig på -80 tallet (3,7). Dette er høyere enn de tyske tallene i forhold til folkemengde. I USA regner man at 2100-2400 trenger akuttbehandling for strømskader årlig. Cooper (3) anslår antall ulykker uten dødelig utgang til å ligge 2-4 ganger høyere enn disse tallene.

Både de tyske og amerikanske tallene viser svært høy dødelighet i forhold til folke- mengde sammenlignet med de norske tallene. Anslagene over skadde er vanskeligere å sammenligne, men alle beskriver usikkerhet mht. hvor mange det dreier seg om.

Mht. neurologiske skader hos overlevende etter strømgjennomgang refereres 7.8 % forekomst i et fransk materiale på 1044 pasienter (4), 25% i et amerikansk materiale bestående av 64 pasienter henvist til et brannskadesenter (21), og Gans & Glaser (7) refererer 10-44% prevalens av neurologiske sekveler blant overlevende i ulike rapporter. Tallene omfatter både perifere nerveskader og skade på sentralnervesystemet, og skader etter traumer og anoksi etter ventrikkelflimmer.

## **2.3 Akuttoplevelser.**

Strømgjennomgang uten bevisstløshet beskrives som en svært ubehagelig og smertefull opplevelse med dødsangst. Man kan oppleve en total handlingslammelse. Følelsen er alt-omfattende og ikke begrenset til strømveien. Noen hører ikke at de selv skriker, eller beskriver at de hører kraftige lyder i hodet. Man kan se lysglimt eller få tåkesyn. Opplevelsene er uavhengig av om strømveien går gjennom hodet (19 p359). Mange rapporterer at tiden går langsommere under strømgjennomgang (19). Selv strømgjennomgang som påviselig har vart få sekunder kan oppleves og rapporteres å ha vart mange minutter.

## **2.4 Skader og symptomer etter strømgjennomgang.**

Det er godt dokumentert at strømgjennomgang kan medføre hud-/brannskader (4,14,15) og hjerte- og nyreskader (4,14). Ødeleggelse av motoriske celler i ryggmargens forhorn dominerer særlig ved lavspenningsulykker (4,5,14,19 p365). Mer komplekse ryggmargsskader kan være et resultat av termoelektrisk effekt ved høyspenningsskader. Perifere nerveskader forekommer også uten ryggmargsskader (11), og skader/forstyrrelser på sentralnervesystemet/i hjernen (4,19) er kjent. Senkatarakt (grå stær) er beskrevet etter høyspent strømgjennomgang når strømvei inkluderer hodet (3,4,19 p378,21). Hørsels- og balansevansker etter affeksjon av indre øre med hørselsnerve og balanseorgan forekommer (19), særlig hvis man har fått et kranietraume samtidig som strømgjennomgangen (4 p32). Slik skade er sjelden forårsaket direkte av elektrisitet alene.

Utfall i ryggmargen og perifere nerveskader kan opptre straks eller senere. Akutte utfall har bedre prognose enn de som kommer etter hvert. Motoriske funksjoner affiseres oftere enn sensoriske og viser lite bedring (14). I tillegg til at strømgjennomgang i seg selv er ekstremt angstskapende (19 p358/59), vil det snikende forløpet være en ekstra psykisk belastning.

## **2.5 Skader i sentralnervesystemet etter strømgjennomgang.**

Panse (19 p360) skriver i 1970 at "The nature of ... involvement of the brain even when the head lies outside the current pathway... must be left open for the time being.". Solem & al. (21) beskriver nevrologiske og vaskulære sekveler som viktigste årsaker til høy sykkelighet etter strømskader, og som ..."the unsolved problems of electrical injury..". Så sent som 1986 beskriver Gans & Glaser (7) at til tross for høy årlig forekomst av strømulykker er lite rapportert den senere tid om nevrologiske skader assosiert med slike traumer. "The neurological consequences of this form of trauma are important, yet poorly understood phenomena." (p219). "Less well understood (... than spinal cord injury...) are the remote effects of electricity on the central nervous system (CNS)." (p220).

Noen oversiktsartikler (7 p219) har klassifisert nevrologiske komplikasjoner som 1) akutfølger (immediate), 2) sekundærfølger (secondary) og 3) senfølger (delayed).

Akutfølger omfatter alt fra smerte til bevissthetstap og/eller respirasjonsstans. Det beskrives også opphisselse, forvirring, amnesi (hukommelsestap), øresus, tåkesyn, slapphet, tremor (skjelving), lammelser eller følelseløshet (7). Vanligste umiddelbare cerebrale symptomer etter direkte strømgjennomgang er bevisstløshet og amnesi (4,20). Bevisstløshet er en sikker indikasjon på cerebral involvering (19 p360).

Sekundære nevrologiske følger opptrer innen en vilkårlig definert periode på 5 dager etter ulykken, og omfatter paraplegi, kroppssmerter, og autonome forstyrrelser som ødem, cyanose, perifer arteriespasme og Horners syndrom. Vanligvis skal slike følger avta innen noen dager.

Senfølger varierer sterkt, men ryggmargsskade på nivå C4-C8 ser ut til å være vanligste komplikasjon, særlig ved hånd-hånd strømgjennomgang. Strømmens fjernvirkning på sentralnervesystemet er dårligere forstått (7).

Panse (19) påpeker at "autonome tegn og symptomer" er svært vanlig etter strømulykker, og at de viser seg umiddelbart etter ulykken, eller senere når organiske skader avtar. Av generelle forstyrrelser nevnes søvnforstyrrelser i form av mareritt eller forstyrret søvndybde, trøttbarhet og redusert arbeidskapasitet, "værsyke", hukommelsesvansker, distraherbarhet og konsentrasjonsvansker, fobisk angst for strøm eller andre "hverdagsfarer", endret livsholdning ved at man blir emosjonelt labil, pessimistisk eller irritabel. Danske undersøkelser beskriver hukommelsessvikt, personlighetsendringer, angst, mareritt o.l. etter strømgjennomgang (16).

Av mer lokaliserbare plager ("autonom dystoni") nevnes hodepine eller press mot hodet, svimmelhet, ustøhet og øresus, visuelle plager som flimring for øynene, smerter i hjerte-regionen ("funksjonell elektrisk angina pectoris"), potensproblemer, forstyrret blodsirkulasjon i hender og føtter, og gastrointestinale forstyrrelser som luft i magen o.l.. (19 p379).

Slike forstyrrelser kan være forbigående effekt av strømgjennomgang (19) på psykisk eller organisk grunnlag. Behandlingsmessig foreslås derfor rutinemessig innleggelse til observasjon, med fullt anamneseopptak og ekspertuttalelse for å begrense psykologiske forstyrrelser i form av nevrotisk fiksering på symptomer etter ulykken. Panse har erfart at gradvis tilpasning eller komplett bedring før eller siden, indikerer en årsakssammenheng med strømulykker (19 p382).

Cerebral dysfunksjon kan oppstå:

- 1) Som følge av fysiske traumer som fall/slag mot hodet o.l. i forbindelse med strømgjennomgang (4,14).
- 2) Som sekundærfølger i form av anoksi etter hjerte- eller nyreskader (14).
- 3) Som følge av kroppens reaksjon på strømgjennomgang selv om strømveien ikke går gjennom hodet (19) (akutt blodtrykksstigning, vaskulære skader, ødem).
- 4) Som følge av direkte termisk effekt av strøm gjennom hodet (temperaturøkning) (14,19).

Det diskuteres om vev kan skades på cellenivå gjennom endring i cellers ladning (19). Nerve- eller hjerneskade kan tenkes å være en funksjon av hypoksi på cellenivå etter strømgjennomgang av lengre varighet da høyfrekvent elektrisk stimulering av sentral-



nervesystemet øker energiomsetning og oksygenforbruk. Elektrisk induisert vasokonstriksjon (sammentrekning av blodårer) i slikt vev kan også tenkes å bidra til hypoksi. Eksperimenter med elektrisk stimulering har vist at dette neppe er en signifikant faktor ved hjerneskade da intracorticalt partialtrykk av oksygen hos katter økte ved stimuleringsstart, og forble høyere enn før stimuleringsstart hele stimuleringsperioden (18).

Det finnes flere observasjoner av symptomer på mer fokale cerebrale skader i form av hemiplegi (halvsidig lammelse) eller homonym hemianopsi (halvsidig synsfeltutfall) som har oppstått etter 1 dag - 9 mnd. etter strømgjennomgang av både høy- og lavspent strøm med kontaktpunkt i arm (7). Årsakssammenheng er vanskelig å etablere ved så lang latensperiode, men en sammenheng er begrunnet og sannsynliggjort av artikkelforfatterene.

Kan slike alvorlige senfølger knyttes til strømgjennomgang, kan vi heller ikke utelukke at organisk betinget encefalopati med diffuse symptomer kan forekomme.

Forbausende få nyere artikler beskriver primært diffuse kognitive vansker eller nevropsykologiske studier som kan kaste lys over slike vansker. Vi har ikke funnet litteratur på følger av gjentatt lavspentgjennomgang uten akuttsymptomer.

## **3.0 PILOTUNDERSØKELSEN.**

### **3.1 Materiale og metode.**

#### **3.1.1 Materiale.**

Vi undersøkte høsten 1990 syv menn i alder 19-51 år registrert av NEKF (fem) og henvisst fra bedrift (to) som hadde vært sykemeldt etter strømutrykninger (Appendix 1, tabell 1).

To hadde hatt høyspentgjennomgang, fire lavspentgjennomgang, og en begge deler. En med bare høyspentgjennomgang hadde hatt denne våren 1990, en hadde hatt sin eneste lavspentgjennomgang allerede i 1971. De øvrige 5 hadde hatt siste strømgjennomgang i tiden 1986-88.

To av de tre eldste oppga hhv. tre og seks alvorlige strømgjennomgangsepisoder. Den ene hadde hatt tre lavspente episoder, og den andre én høyspentepisode i tillegg til fem lavspente episoder. Anslagene er usikre, da mindre episoder som ikke medfører bevisstløshet ofte ikke rapporteres selv om de skjer regelmessig.

To med bare lavspentgjennomgang og den ene med både høy- og lavspentgjennomgang hadde lavspente episoder der strømvei sannsynligvis omfatter hodet. To av dem hadde antagelig hjertestans i forbindelse med en av lavspente episodene, den ene for 27 år siden. EEG for den ene viste kort etter ulykken lette avvik bilateralt frontalt. Cerebral CT for en annen har vært normalt, og for den tredje mangler opplysninger. De øvrige har ikke hatt strømvei gjennom hodet.

Fem hadde vært bevisstløse i forbindelse med strømgjennomgang. Seks hadde vært utsatt for hendelser i tillegg til strømgjennomgang som representerer klar risiko for CNS-dysfunksjon (ulykker, forgiftninger) (Appendix 1, tabell 1).

Fire med lavspenstepisoder, hvorav de tre med episoder som inkluderte hodet, og en med flere episoder med strømvei arm-arm, hadde forsøkt atføringsopplegg i form av skole. Tre hadde avbrutt og én hadde hatt store problemer med å følge med. Ved undersøkelsestidspunkt var i tillegg to, én høyspentskadd og én lavspentskadd, begge med arm-arm strømgjennomgang, i ferd med å begynne på skole. Seks var altså stadig ute av arbeid, og én høyspentskadd hadde i starten lettere arbeidsoppgaver enn før i samme firma, som en gradvis tilvenning til arbeidet.

### **3.1.2 Metode.**

Vi benyttet følgende metoder for å belyse vår problemstilling:

1. Klinisk intervju. (N=7)
2. Personlighetstest: MMPI. (N=6)
3. Nevropsykologisk undersøkelse (N=7):

MMPI er en psykodiagnostisk test som er utviklet i forhold til psykiatriske problemstillinger for å vurdere personlighetstrekk, men som idag brukes i vurdering av en rekke kliniske problemstillinger, og også overfor løsemiddeleksponerte. Forhøyet skåre på MMPI-skalaer indikerer forhøyet grad av opplevd ubehag bl.a. mht. depresjon, angst, og diffuse kroppslige plager på organisk eller psykogent grunnlag. Langvarig løsemiddel-eksponerte kan få utslag som tilsvare utslag ved posttraumatisk stressforstyrrelse. Vi brukte MMPI for bedre å kunne vurdere organisk i forhold til psykogen primær etiologi.

Det nevropsykologiske testbatteriet hadde tester for generell intellektuell funksjon, hukommelse og innlæring, psykomotorisk og perseptuell hurtighet, motorisk funksjon og reaksjonstid. Testene brukes ved mistanke om diffus encefalopati, men kan også gi holdepunkter for kartlegging av fokale skader. Tester: WAIS Likheter, Ordforståelse, Tallspenn, Koding, Billedutfylling og Terningmønster. 12 ord innlæring. Innlæring av 15 ordpar. Benton Visual Retention Test. Trail Making Test del A og B. Pegboard. Fingertap. Enkel reaksjonstid.

## **3.2 Resultater.**

### **3.2.1 Symptomer.**

Seks oppga konsentrasjonsvansker og svekket hukommelse, samt sensibilitetsforstyrrelser, nummenhet eller dovnung i deler av kroppen, og motoriske forstyrrelser i form av kramper, nedsatt kraft, sterke muskelstramminger eller skjelving. Seks var plaget av muskelsmerter. Fem anga hodepine og tre svimmelhet som problem, og fire oppga å svette mer enn tidligere eller uten grunn. Fire oppga depresjon, angst eller sårbarhet for stress, mens tre var mer irritable (Appendix 1, tabell 2).

### **3.2.2 Nevropsykologisk undersøkelse.**

Nevropsykologisk us. (Appendix 1, tabell 3 og fig.1-2.) viste generell intellektuell funksjon samlet for gruppen omkring befolkningsgjennomsnitt, med enkeltresultater som var noe svakere enn ventet variasjon på verbale prøver, og noe bedre enn ventet variasjon på utføringsoppgaver.

En deltaker i lavspentgruppen hadde så mye svakere verbal- enn utføringsprøver at dette alene kan gi opphav til mistanke om lateralisert CNS-dysfunksjon.

Seks av syv utførte WAIS-prøvene Likheter, Billedutfylling og Terningmønster bedre enn WAIS Koding. Sammenholdt med prestasjoner på andre tester (Trail Making Test A & B) fant vi at psykomotorisk tempo og effektivitet var klart nedsatt hos fire og delvis nedsatt hos to.

Fem hadde i praksis hukommelsesproblemer: Fire med sen repetisjonslæring, og to av disse med omfattende glemsel etter en time. Disse to, samt en til viste dessuten nedsatt umiddelbar hukommelse og oppmerksomhet.

Motorikk og tempo var tilfredsstillende hos seks deltakere, men noen hadde svake enkeltresultater pga. skade langs strømvaien. Skadene viste seg særlig der strømmen var gått ut av kroppen. Ingen av de 6 viste systematisk forlenget reaksjonstid. En deltaker viste generelt nedsatt prestasjon på motoriske oppgaver, og klart forlenget reaksjonstid. Høyere alder ga større resultatspredning mht. reaksjonstid.

Nedsatt psykomotorisk- og perseptuell hurtighet og svekket hukommelse kan gi opphav til mistanke om diffus organisk cerebral dysfunksjon.

### **3.2.3 MMPI.**

Seks gjennomgikk en omfattende personlighetstest (MMPI) (Appendix 1, fig.3.).

To viste sterkt forhøyet profil langs åtte av ti kliniske skalaer, og av disse mest forhøyede skårer langs en depresjonsskala og to skalaer (Hs, Hy) som er sensitive for opplevelse av diffuse somatiske plager, samt Pt og Sc-skalaene som bl.a. fanger opp følelse av angst og ansenhet, og uvanlige sanseropplevelser. En viste markert forhøyet profil langs depresjonsskalaen, og forøvrig resultater innen normalvariasjon.

Alle disse tre hadde hatt lavspent strømgjennomgang.

En med både høy- og lavspent strømgjennomgang, viste markert heving på en skala (Ma) som her i stor grad vil fange opp følelse av rastløshet, og forøvrig normale eller moderat forhøyede skårer.

En av de to med bare høyspent strømgjennomgang har markert hevet depresjonsskåre, som delvis kan tilskrives svekket konsentrasjon og hukommelse. Skåren ligger likevel klart lavere enn depresjonsskårene hos de tre med bare lavspent strømgjennomgang. Ingen andre subskårer er markert hevet hos disse to.

### 3.2.4 Forhold mellom spenning, strømvei og undersøkelsesresultater.

I vårt materiale er det sammenheng mellom lavspent strømgjennomgang, svekket psykomotorisk og perseptuell hurtighet, innlæringsvansker, og forhøyede skårer på MMPI.

De fire med lavspentgjennomgang alene hadde sterkere utslag enn de to med høyspentgjennomgang alene på de effektmål vi brukte i undersøkelsen. Den med størst utfall befant seg i lavspentgruppen, og han hadde også klar forskjell på verbal- og utførings-prøver på WAIS. De to med bare høyspentgjennomgang hadde mer beskjedne utfall ved testing.

De lavspenteeksponerte oppga flere symptomer ved intervju enn de to med høyspentgjennomgang alene. Tester for psykomotorisk og perseptuell hurtighet, og repetisjonslæring er mest nedsatt ved lavspent gjennomgang. De tre med bare lavspentgjennomgang som gjennomgikk MMPI har høyest skåre på en depresjonsskala, og to av disse har generelt forhøyet profil på MMPI.

De tre med sikker eller mulig strømvei gjennom hodet har hatt bare lavspentgjennomgang eller både høy- og lavspent gjennomgang. Disse er blant de fire med klarest forhøyede skårer på MMPI-subskalaer.

## 4.0 DISKUSJON.

**Vårt materiale er ikke representativt for elektromontører.** Formålet med undersøkelsen har vært å beskrive en gruppe som har opplevd klare symptomer etter strømgjennomgang. Dette har bestemt designet, ved at inklusjonskriterier var både forutgående strømgjennomgang, opplevde symptomer, og at fagforeningen kjente til disse forhold. Med et så selektert materiale kan vi ikke trekke slutninger om årsak til de opplevde symptomer. Våre observasjoner og vurderinger må tolkes deretter.

Da materialet er svært lite (N=7) kan resultatene også skyldes tilfeldighet.

Vi understreker også at ingen variabel, som f.eks. spenning, alene kan forutsi grad av skade: En i materialet har fått symptomer etter en strømgjennomgang (lavspent arm-arm ca. 400V) ikke ulik den en annen av deltakerene har arbeidet i 20 år etter uten opplevde vansker.

### 4.1 Symptomer som funksjon av spenning.

De lavspenteeksponerte i vårt materiale oppgir flere subjektive symptomer, har mer elevert MMPI, og mer nedsatt psykomotorisk og perseptuell hurtighet enn de med høyspentgjennomgang.

Ifølge Panse er autonome plager (=opplevde diffuse plager) vanligst ved lav strømstyrke, opptil 25mA/110, 220 eller 380V spenning (19 p382). Dette kan utløse kramper, men er oftest for lav styrke til å utløse respirasjonsstans eller ventrikkelflimmer. Øker strømmen, minker andelen symptomer, for så å øke noe igjen ved sterk strøm over 3-8A/>2-3000V.

#### **4.1.1 Hypotese 1: Ulik spenning - ulik dødelighet?**

At symptomer ikke øker med økende strøm kan belyses utfra en seleksjonshypotese. Høyspentgjennomgang er ofte kortvarig (høyst 1-2 sek.) (19 p347) da strøm ofte brytes ved ulykker, eller fordi man kastes vekk fra strømkilden. Høyspentgjennomgang over få sekunder er oftest dødelig pga. brannskader (19 p353). Bare de med svært kortvarige høyspentepisoder vil altså overleve strømgjennomgang.

De to med bare høyspentgjennomgang i vårt materiale viser færrest symptomer. Dette kan skyldes tilfeldighet, men minst en av dem ble kastet vekk fra strømkilden i forbindelse med ulykken. Våre høyspentskadde deltakere kan derfor også være typiske representanter for de som overlever en slik ulykke.

Ved lavspenningepisoder har derimot brannskader mindre betydning, og 50 Hz vekselstrøm kan indusere kramper i håndmuskulaturen som gjør at offeret ikke greier å slippe strømkilden. Denne frekvensen øker også sjansen for ventrikkelflimmer, og dermed mulig anoksiskade. Dødeligheten er likevel lav. Av 1044 undersøkte arbeidsulykker med strømgjennomgang (4), omkom ingen av 153 som var utsatt for kjent spenning på under 200 V. Fem mistet bevisstheten (p710). Man kan altså ha lavspent strømgjennomgang relativt lenge, evt. gjenopplives etter hjertestans, o.l., og likevel ikke omkomme av brannskader.

Høyere dødelighet (10 p61) forårsaket av termisk betingede indre skader og brannskader ved høyspentgjennomgang kan bety at de som overlever har hatt svært kortvarig eller begrenset gjennomgang, og at nevrologiske skader hos disse dermed kan være sjeldnere siden de som ville fått slike skader omkommer av brannskader. Lengre varighet av lavspentgjennomgang pga. kramper som holder en til strømkilden, og lavere dødelighet, kan medføre at forholdsvis flere som overlever får alvorligere vansker. Samlet belyser dette hvorfor diffuse symptomer hos overlevende etter strømgjennomgang ikke trenger å øke proporsjonalt med økende spenning.

#### **4.1.2 Hypotese 2: Ulik spenning - ulik årsak til symptomer?**

At symptomer ikke øker med økende strøm kan også tolkes dithen at symptomer ved høy- og lavspenningeksponering har ulike årsaker, dvs. at følger ved lavspenninggjennomgang er reaktive i form av posttraumatisk stress, mens følger ved høyspentgjennomgang tolkes som organisk betinget.

Dette er en mulig tolkning: Særlig langvarig strømgjennomgang uten bevisstløshet er sterkt traumatisk. Våre lavspenningeksponerte får høyest skårer på MMPI, og en MMPI-profil som minner om posttraumatisk stress. De høyspenningeksponerte har upåfallende MMPI-profil selv om de også delvis opplever hukommelses- og konsentrasjonsvansker, smerter, sensoriske- og motoriske forstyrrelser. MMPI varierer altså sammen med opplevde symptomer og hukommelse/tempo ved tester, og korrelerer negativt med spenning.

Siden diffuse organiske skader kan gi en profil ved bruk av MMPI som minner om posttraumatisk stress (1), kan MMPI-profil hos våre lavspenningeksponerte også bety at de har større grad av organisk cerebral dysfunksjon enn de høyspenningeksponerte.

## 4.2 Symptomer som funksjon av strømvei.

Til støtte for å tolke resultatene i organisk retning merker vi oss at av de fire med markert forhøyet skåre på en eller flere MMPI-subskalaer har tre sikker eller mulig strømvei gjennom hodet. Disse tre har hatt lavspent gjennomgang alene eller både høy- og lavspent gjennomgang.

Ut fra kjennskap til strømvei ved strømgjennomgang kan derfor årsaken til at våre lavspensteksponteerte som gruppe viser tegn på CNS-dysfunksjon, være at flere av disse har kontaktpunkt i hodet, og ikke fordi strømmen har vært lavspent.

Dette er mulig, men tar ikke hensyn til at den fjerde med forhøyet MMPI-skåre (og med klare utfall på våre effektmål i form av flest rapporterte symptomer, generelt nedsatt tempo og reaksjonstid) hadde arm-arm strømgjennomgang. Symptomene måtte ut fra strømvei tolkes som reaktive dersom ikke også strømvei utenom hodet kunne medføre cerebral dysfunksjon.

Han hadde imidlertid også så stor forskjell mellom verbal- og utføringsoppgaver på WAIS at det kunne reise mistanke om organisk betinget cerebral dysfunksjon.

### 4.2.1 Kan strømvei utenom hodet medføre organisk betinget cerebral dysfunksjon?

Det er vist at dyr som fikk strøm fra forlabb til forlabb ikke fikk strøm gjennom hodet (23). Dette er tolket slik at mennesker neppe får strøm via hodet ved arm-arm strømgjennomgang.

At symptomer heller ikke øker med økende strøm, og at strømgjennomgang er svært angstskapende, kan tas til inntekt for at plager som svekket hukommelse, konsentrasjon eller nedsatt initiativ ved arm-arm strømgjennomgang ikke skyldes organisk cerebral dysfunksjon, men en psykologisk reaksjon på hendelsen. Dette er mulig, men gir ikke hele svaret.

Mange har etter arm-arm strømgjennomgang opplevd kognitive-/cerebrale vansker eller bevisstløshet, og det er påvist EEG-endringer etter slik strømgjennomgang (19).

Etter 1044 arbeidsulykker med strømgjennomgang (4) ble 234 personer lagt inn på sykehus og 28 (2.6%) viste umiddelbare nevrologiske følger (omtåket, bevisstløshet, kramper, pareser med afasi, nevrotoniske problemer, delirium tremens). Av de 28 hadde 5 hatt traumer, 6 hadde kontaktpunkt i hodet, mens 17 ikke hadde noen av delene.

Lavspent strømgjennomgang med strømvei utenom hodet kan altså tenkes å gi dysfunksjon i sentralnervesystemet, og vi kan ikke utelukke at opplevde vansker kan skyldes cerebral dysfunksjon i vårt pasientmateriale selv der strømveien går utenom hodet.

Forøvrig hadde 13 av 19 med psykiske plager etter 5 år i det franske materialet på 1044 personer unormal EEG (4). Man har kunnet registrere EEG-endringer uten strømvei gjennom hodet, og EEG har fanget opp effekt der det ikke er andre kliniske tegn til

CNS-patologi (19). Manifeste epileptiske anfall er likevel sjeldne (19 p374) og det er ingen klar sammenheng mellom epilepsi og tidligere strømskade (7 p220). Vi har fått referert et kasus som opplevde at sekunder av dagen ble borte for ham. Dette merket arbeidskamerater også. Dette reiser spørsmålet om mer subklinisk epileptogen aktivitet i hjernen kan oppstå etter strømgjennomgang. Panse (19 p362) mener EEG bør registreres umiddelbart etter strømgjennomgang.

Flere virkningsmekanismer kan forklare tegn på cerebral dysfunksjon uten strømvei gjennom hodet:

- Blodtrykksøkning akutt (19) kan gi små blødninger i hjernen (7) og hjerneødemdannelse (4,8,19) m/påfølgende anoksi.
- Hjerte-/respirasjonsstans vil også medføre anoksi.
- Nyresvikt ved myoglobinfri frigjøring etter vevsskade medfører endret energiomsetning som kan skade hjernen.
- Perifere vaskulære skader kan medføre risiko for trombose på sikt, og slike vaskulære skader eller perifere nerveskader initialt kan også medføre utvikling av senskader i form av muskelatrofi o.l..

Cerebral dysfunksjon etter lavspent strømgjennomgang er altså teoretisk mulig både ved kontaktpunkt i hodet og med strømvei utenom hodet. Strømvei kan utfra våre resultater være en medvirkende årsak til CNS-dysfunksjon, slik også spenning kan være det. Symptomer kan også forstås som psykiske reaksjoner på traumer. I våre data finner vi holdepunkter for at begge fortolkningene kan være fruktbare.

### **4.3 Symptomer som funksjon av hudmotstand/brannskader.**

I tillegg til betydning av spenning, styrke og strømvei ved strømgjennomgang, kunne våre resultater i større grad vært vurdert utfra motstand i kontaktpunkt og episoden(e)s varighet. Våre bakgrunnsdata er ikke utfyllende nok til at vi har kunnet gjøre dette.

Etter strømgjennomgang kommer mange i kontakt med behandlingsapparatet primært for hjerteovervåking eller pga. brannskader. Primær symptomatologi avgjør hvor strømskadede får sin akuttbehandling. Det er mulig at særlig lavspentskader med brannsårl vil ha mindre risiko for indre skader og dysfunksjon i sentralnervesystemet enn de med lite eller uten brannsårl, da brannskader tyder på høy hudmotstand i hvertfall i starten av ulykken. Ved fuktighet/høy hudledning mellom strømkilde og hud vil brannskaden bli mindre, men indre skade kan bli mer omfattende hvis man overlever. Dette kan være en medvirkende årsak til at lavspentskader behandlet for brannskader ofte er beskrevet med få senfølger.

Lippestad og medarb. (15) påpeker at lavspenningsskader ofte regnes som mindre alvorlige enn høyspenningsskader. De fleste lavspenningsskadene i et utvalg på 18 strømskadede henvist over en 9 årsperiode medførte ikke alvorlige senskader, mens flere av de med høyspenningsskader fikk meget alvorlige skader på områder tilsvarende strømveien. Dette gjelder antagelig primært hud- og vevsskader, men faren for å overse senskader som svekket hukommelse, konsentrasjon eller redusert initiativ kan være til stede.

Panse (19 p380-82) viser på den annen side til at Benthaus og Hundt (2) gjennom arbeid i en indremedisinsk poliklinikk hadde inntrykk av at "autonome forstyrrelser" (som beskrevet av Panse) var påfallende vanlig etter strømgjennomgang. Indremedisineren Koeppen (12) fant slike symptomer hos 23% av 842 ofre for strømgjennomgang.

At forekomst av cerebrale symptomer særlig ved lavspentskader kan være ulik i ulike behandlingsavdelinger bør vurderes ved utvalg til studier av følger av strømgjennomgang.

#### **4.4 Symptomer som funksjon av gjentatt strømgjennomgang.**

Svært mange elektromontører vil rapportere at de hyppig får mindre strømstøt uten umiddelbare følger. Å angi antall slike episoder er svært vanskelig. Antall år i yrket, eller alder, hvis de fleste er jevngamle når de starter i yrket kan være et mulig mål på antall mindre episoder uten akutfølger, men dette vil ikke ivareta de individuelle forskjeller som finnes i arbeidsstil, tendens til å ta sjanser, o.l..

I vårt materiale er det ingen umiddelbar sammenheng mellom antall rapporterte alvorlige episoder og grad av utfall. Dette kan være uttrykk for at antall episoder av så alvorlig art at man mister bevisstheten, får hjertestans e.l., ikke er et valid mål på følger av gjentatt strømgjennomgang uten akutfølger. Spenning, styrke, motstand, varighet og strømvei ved hver ulykke er mer avgjørende ved så alvorlige episoder som de i vårt materiale har gjennomgått enn antall slike episoder. Dersom man skal studere følger av gjentatt strømgjennomgang uten akutfølger må derfor de som har gjennomgått alvorlige ulykker skilles ut som egen gruppe.

Vi kan på grunnlag av vår undersøkelse derfor ikke trekke noen konklusjon om hva som er valide mål for å undersøke eventuelle følger av gjentatt strømgjennomgang uten akutfølger.

#### **4.5 Andre forhold som kan påvirke undersøkelsesresultatene.**

Nedsatt prestasjon på nevropsykologiske tester hos elektromontører kan ellers forekomme av en rekke individuelle eller yrkesbetingede årsaker, som ikke trenger å ha med direkte strømgjennomgang å gjøre, men som bør tas med i betraktningen i planlegging av studier av effekt etter strømgjennomgang.

##### **4.5.1 Symptomer ved arbeid i elektriske felt.**

Effekt av langvarig arbeid i sterke elektriske felt er undersøkt (6). Det ble ikke påvist kroniske nevropsykologiske endringer, men det var en lett tendens til forlenget reaksjonstid i gruppen som var utsatt for elektriske felt i 400kV transformatorstasjoner siste 14 dager sammenlignet med de uten slik eksponering.

Vårt utvalg har vært ute av arbeid for lenge til å kunne vise eventuelle akutteffekter, og har ved undersøkelsen heller ikke forlenget reaksjonstid. Feltet har neppe vært sterkt nok til å kunne gi langtidsfølger, om slike finnes, og det er ingen klar sammenheng mellom antall år ansatt og reaksjonstid/tempo i vårt utvalg.



Elektrikere er forøvrig brukt som referansegruppe i utvikling av symptomsjekklisten Ørebroskjemaet, og disse rapporterer som gruppe ikke spesielt mange symptomer. Dersom elektriske felt var av vesentlig betydning ville gruppen som helhet antagelig ligget høyere i antall rapporterte symptomer.

Dersom ikke utenforliggende forhold kan forklare utfallene i vårt utvalg, vil det være rimelig å tilskrive disse organisk eller reaktiv effekt av direkte strømgjennomgang.

#### **4.5.2 Symptomer og tidligere ulykker.**

I vårt utvalg hadde imidlertid de fleste (6 av 7) tidligere hatt andre episoder enn strømgjennomgang (ulykker, forgiftninger) som alene gir risiko for CNS-dysfunksjon. Vanskene var likevel oppdaget eller forverret i forbindelse med strømgjennomgang, de har felles trekk med symptomer rapportert i andre studier og følger delvis strømveien. Nevropsykologiske funn støtter opp om rapporterte symptomer.

Forekomsten av tidligere risikofylte episoder er svært stor i vårt materiale. Dette kan være et utslag av våre kriterier for deltakelse (strømgjennomgang og symptomer). Våre deltakere kan derfor i større grad enn gruppen elektromontører som helhet være spesielle "risk-takers", der summen av risikohandlinger har medført symptomene.

Forekomsten av risikoadferd er neppe like stor i et bredere sammensatt utvalg. Det kan likevel være interessant å vurdere i hvilken grad spesielle "Risk-takers" søker seg til yrket, fortsetter med risikoadferd, og utsettes for ulykker. Overfor disse ville holdningsarbeid muligens ha vel så stor effekt for å redusere forekomst av alvorlige ulykker som ytterligere sikring av det fysiske arbeidsmiljø.

Hvis mange elektromontører slutter i yrket rundt 40 årsalder pga. skader, ville det støtte en hypotese om at "risk-taker"-gruppen hos elektromontører er stor. Mange går imidlertid over i andre yrker eller videreutdanner seg (17), og dette tyder ikke på høy skadefrekvens med varige følger. Mye kan likevel skjule seg i disse konklusjonene. F.eks. ville seks av de syv i vårt materiale kunne svare at de sluttet i yrket for å videreutdanne seg, mens viktigste årsak reelt var skaden.

#### **4.6 Perifere skader, undersøkelsesmetode og tolkning av funn.**

Perifere motoriske skader er hyppige ved strømskader. Nevropsykologisk teori og fortolking omhandler primært adferd som funksjon av cerebral funksjon, og vil kunne anvendes for å vurdere om symptomer skal forstås som organisk eller psykogent betinget. De hyppig forekommende perifere skader ved strømgjennomgang maner til forsiktighet når vi skal vurdere dette, og gjør manuelle tester mindre anvendelige for å si noe om sideforskjell i cerebral funksjon.

Sammenholdt med ikke-motoriske tester som også kan fange opp sideforskjeller vil likevel de motoriske testene være et nyttig supplement, og for å vurdere om en prestasjon er redusert i forhold til forventet uten å si noe hva årsaken til reduksjonen er, vil motoriske tester uansett være nyttige.

## 5.0 VURDERINGER. KONKLUSJON.

Subjektive diffuse symptomer som svekket hukommelse, konsentrasjon og lærevansker mm. forekommer hos personer som har hatt strømgjennomgang, og kan være hyppigst ved lavspentgjennomgang som har medført bevissthetstap, hjertestans e.l..

Det er dokumentert i tilgjengelig litteratur at cerebral skade/dysfunksjon er mulig ved strømskader også der strømveien går utenom hodet, og det neppe har vært målbar strøm gjennom hodet.

Strømgjennomgang kan være medvirkende årsak til symptomene som vises i vårt utvalg, men pga. våre utvalgsriterier og de mange mulige feilkilder kan vi ikke konkludere i retning av årsakssammenheng mellom symptomer og strømgjennomgang.

Senfølger av denne typen ser ut til i for liten grad å være gjenstand for systematisk oppfølging i dag, og er lette å overse selv om det i litteratur finnes holdepunkter for at dette kan være viktig.

Samtidig utsettes mange for strømgjennomgang hyppig over svært lang tid uten subjektivt opplevde følger. Følger etter alvorlig strømgjennomgang vil antagelig overskygge eventuell effekt av gjentatt strømgjennomgang uten akutfølger. En studie av helsemessige følger etter gjentatt lavspent strømgjennomgang må derfor ta utgangspunkt i grupper som ikke har vært utsatt for strømepisoder med påfølgende bevisstløshet, hjertestans, e.l..

## 6.0 REFERANSER.

1. Bast Pettersen R. Occupational solvent exposure, neuropsychological test results, and MMPI scales. *J Clin Exp Neuropsych* 1990;12:p421. Abstract.
2. Benthaus J, Hundt HJ. Herzschaden und vegetative Störungen nach elektrischem Unfall. *Z Ges Inn Med* 1954;9:847.
3. Cooper MA. Electrical and lightning injuries. *Emergency Medicine Clinics of North America*. 1984;2:489-501.
4. François RC, Cabanes J. Étude des accidents électriques observés à E.D.F. pendant la période 1959-1964. *Arch Mal Profes* 1969;30:709-13.
5. Gallagher JP, Talbert OR. Motor neuron syndrome after electric shock. *Acta Neurol Scand* 1991;83:79-82.
6. Gamberale F, Knave B, Bergström S, Birke E, Iregren A, Kolmodin-Hedman B, Wennberg A. Exposition for elektriska fält. En epidemiologisk hälsoundersökning av långvarigt exponerade ställverksarbetare. *Arbete och hälsa* 1978;10:1-43.
7. Gans M, Glaser JS. Homonymous Hemianopia Following Electrical Injury. *J Clin Neuro-ophthalmol* 1986;6:218-21.
8. Gautrau A. Accidents nerveux dus à l'électricité. Thèse pour le doctorat en médecine présentée et soutenue publiquement le 17 juin 1976. Université de Bordeaux 1976;pp1-57.
9. Jensen PJ, Thomsen PEB, Bagger JP, Nørgaard A, Baandrup U. Electrical injury causing ventricular arrhythmias. *Br Heart J* 1987;57:279-83.
10. Jones JE, Armstrong CW, Woolard CD, Miller GB. Fatal Occupational Electrical Injuries in Virginia. *J Occup Med* 1991;33:57-63.
11. Kinnunen E, Ojala M, Taskinen H, Matkainen E. Peripheral nerve injury and Raynaud's syndrome following electric shock. *Scand J Work Environ Health* 1988;14:332-3.
12. Koeppen S. Neurologische Erkrankungen in ursächlichem Zusammenhang mit Hochspannungs- und Niederspannungsunfällen. *Chirurg* 1955;26:354-63.
13. Lee WR. A clinical study of electrical accidents. *Brit J Industr Med* 1961;18:260-69.
14. Lippestad C, Eriksen J, Vaagenes P, Høivik B: Strømskader. Patofysiologi og behandlingsprinsipper. *Tidsskr Nor Lægeforen* 1990;110:948-52.

15. Lippestad C, Eriksen J, Vaagenes P, Høivik B. Skader forårsaket av elektrisitet. Tidsskr Nor Lægeforen 1990;110:946-7.
16. Lundquist B. El-ulykker kan gi langtidsskader. Elektrikeren 1988;11:p37.
17. Markussen E, Jacobsen L. Sammendragsrapport over avgang fra faget. Utarbeidet av EIL i samarbeid med NEKF. Norsk Elektriker- og Kraftstasjonsforbund. Udatert
18. McCreery DB, Agnew WF, Bullara LA, Yuen TGH. Partial pressure of oxygen in brain and peripheral nerve during damaging electrical stimulation. J Biomed Eng 1990;12:309-15
19. Panse F. Electrical lesions of the nervous system. I: Vinken PJ, Bruyn GW (Eds.). Handbook of clinical neurology. (Vol 7, Diseases of the nerves.) 1970;7:344-87. New York: American Elsevier.
20. Silversides J. The neurological sequelae of electrical injury. Can Med Assoc J 1964;91:195-204. Ref. i (2).
21. Solem L, Fischer RP, Strate RG. The natural history of electrical injury. Journ of Trauma 1977;17:487-92.
22. Tursky B, Greenblatt DJ. Local vascular and thermal changes that accompany electric shock. Psychophysiol 1967;3:371-80.
23. Weeks AW, Alexander L. Electric shock: The distribution of electric current in the animal body; An experimental investigation of 60-cycle alternating current. J Industr Hyg 1939;21:517-25.
24. Worthen DM. Inside the diagnosis. J Am Med Assoc 1987;258:p1225.
25. Elsass P, Hartelius H. Reaction time and brain disease: Relations to location, etiology and progression of cerebral dysfunction. Acta Neurol Scand 1985;71:11-19

**APPENDIX 1.**

# Tabell 1. Gruppens sammensetning.

Antall forsøkspersoner med:		andel av disse med:				
		flere strømstøt	kontakt-punkt i hodet	bevissthetstap	hjerrestans	annen tidligere risiko
lavspent strøm-gjennomgang	4	1	2	3	1	4
lav- og høyspent strømgjennomgang	1	1	1	1	1	0
høyspent strøm-gjennomgang	2	0	0	1	0	2
<b>Totalt antall</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>6</b>

## Tabell 2.

Symptomer som forekommer hyppig i vårt materiale.	
1. Konsentrasjonsvansker og svekket hukommelse	6. Svimmelhet
2. Nummenhet og dovnings i deler av kroppen	7. Svetting
3. Kramper, nedsatt kraft, sterke muskelstramninger eller skjelving	8. Depresjon, angst eller sårbarhet for stress
4. Muskelsmerter	9. Irritabilitet
5. Hodepine	

### TABELL 3: TESTRESULTATER FOR 7 ELEKTROMONTØRER ETTER STRØMGJENNOMGANG.

#### 3.1 TRAIL MAKING TEST (Skåre oppgis i sekunder).

Person:	A	B	C	D	E	F	G
TMT/A	033	033	041	088	043	021	041
TMT/B	075	117	143	145	075	035	104

I et datamateriale bestående av 182 friske mannlige industriarbeidere (Ryan & al. 1987) ble Trail Making Test utført slik i aldersgrupper relevant for vår undersøkelse:

	21-30år	31-40år	41-50år	51-59år
TMT/A	23.7+/- 7.2	25.9+/- 7.3	29.8+/-12.5	33.5+/-11.6
TMT/B	60.2+/-18.6	71.8+/-33.7	75.8+/-36.5	87.4+/-36.5

På dette grunnlaget vurderte vi person C,D og G til å være klart langsommere enn ventet på både del A og B, og dessuten var person E langsommere enn ventet bare på del A. Person E hadde en tommelskade i skrivehånden samt at strømmen forlot kroppen denne veien. Dette kan ha medført at del A og ikke del B utføres svakt. Person E hadde hatt bare høyspent strømgjennomgang, og de øvrige tre bare lavspent gjennomgang.

#### 3.2 GROOVED PEGBOARD (Skåre oppgis i sekunder).

Person:	A	B	C	D	E	F	G
PEGSD	066	069	070	118	122	054	061
PEGSND	075	073	093	118	063	064	131

Grooved Pegboard ble utført slik i det samme datamaterialet (Ryan & al. 1987):

	21-30år	31-40år	41-50år	51-59år
Hø.hå	69.7+/-11.5	67.2+/-10.2	76.1+/-11.9	78.7+/-13.0
Ve.hå	74.5+/-10.9	72.8+/-11.9	77.1+/-09.7	81.2+/-12.9

C og G var sen i ve. hånd pga. perifer motorisk skade langs strømvei på siden der strømmen forlot kroppen. E var sen i hø. hånd av samme grunn, samt pga. en tommelskade. D hadde generelt nedsatte resultater på alle motoriske tester. Person E hadde hatt bare høyspent strømgjennomgang, og de øvrige tre bare lavspent gjennomgang.



### 3.3 FINGERTAPPING (Skåre oppgis i antall anslag).

Person:	A	B	C	D	E	F	G
FT.DOM	46.0	55.0	55.4	23.2	59.6	49.2	65.2
FT.ND.	40.0	54.0	43.6	18.6	59.2	44.6	24.8

I et datamateriale bestående av 365 personer rekruttert gjennom annonsering i en større by i vest-Canada (Bornstein 1985) ble Fingertapping utført slik i aldersgrupper relevant for vår undersøkelse:

	20 - 39 år	40 - 59 år
Hø.hå	47.2 +/- 6.5	40.3 +/- 7.5
Ve.hå	43.5 +/- 5.4	37.8 +/- 5.8

G var sen i ve. hånd pga. perifer motorisk skade langs strømsvei på siden der strømmen forlot kroppen. C var noe senere enn ventet i ve. sammenlignet med hø.hånd av samme grunn. Tommel-skaden hos E gir ikke utslag her, da test utføres med pekefinger. D hadde generelt nedsatte resultater på alle motoriske tester. Person E hadde hatt bare høyspent strømgjennomgang, og de øvrige tre bare lavspent gjennomgang.

### 3.4 ENKEL REAKSJONSTID (Skåre oppgis i tusendels sekunder).

Person:	A	B	C	D	E	F	G
REAK10%	200	210	210	480	210	200	200
REAK50%	270	260	250	600	250	220	230
REAK90%	510	430	330	935	350	280	310

I et materiale bestående av 44 personer langvarig eksponert for organiske løsemidler med gjennomsnittsalder på 47.75 år var resultatene på en enkel reaksjonstidsprøve slik (Bast Pettersen, 1990):

REAK10%	223.6 +/- 52.0
REAK50%	276.8 +/- 101.3
REAK90%	393.2 +/- 183.6

A, B og D gjør det svakere enn denne løsemiddelgruppens gjennomsnitt på en eller flere verdier. 10 og 50-prosentil utføres bedre enn løsemiddelgruppen hos alle unntatt person D i vårt materiale. D har generelt nedsatte resultater på alle motoriske tester. I tillegg til D er også A og B er langsommere enn løsemiddelgruppens gjennomsnitt på 90-prosentil. Reaksjonstid er relativt stabil i forhold til alder, men vedvarende oppmerksomhet er best hos de yngste i materialet vårt: A, B og D er eldst i vårt materiale. F og G, med de raskeste resultatene og minst spredning i resultater er de yngste i materialet. Denne tendensen er sikrest ved 90-prosentil. Det er ikke samsvar mellom spenning og reaksjonstid.

### 3.5 15 ORDPAR (Skåre oppgis i antall feil).

	A	B	C	D	E	F	G
LÆRING	10	51	48	24	32	20	11
GJENKAL.02		07	15	08	06	07	07

I et datamateriale bestående av 67 personer (Gade, A 1984) ble innlæring og gjenkalling av 15 ordpar utført slik i aldersgrupper relevant for vår undersøkelse:

	-> 40år	41-50år	51år ->
INNLERING	22.3 +/-16.7	23.0 +/-15.0	37.0 +/-15.7
GJENKALLING	5.5 +/- 3.0	5.3 +/- 2.1	8.8 +/- 2.7

På dette grunnlaget vurderte vi person B, C og E til å ha klare innlæringsvansker, og person C og D til å ha klarest gjenkallingsvansker. Person E hadde hatt bare høyspent strømgjennomgang, og de øvrige tre bare lavspent gjennomgang.

### 3.6 BENTON VISUAL RETENTION TEST.

	A	B	C	D	E	F	G
BENTONR	7	7	7	8	5	8	6
BENTONF	4	4	6	2	7	2	5

	15 - 44 år	45 - 54 år
Forventet prestasjon:	7 - 8 rette	6 - 7 rette

	15 - 39 år	40 - 54 år
Forventet prestasjon:	2 - 5 feil	3 - 6 feil

Kilde: Benton (1974).

Person E og G viser på dette grunnlag svekket prestasjon på denne testen, mens C ligger på grensen mht. antall feil.

### SAMMENHENG MELLOM SYMBOLER BRUKT I TABELLER OG FIGURER:

For å sikre deltakerene så stor grad av anonymitet som mulig i et så lite materiale, oppgis ikke sammenhengen mellom deltakerenes benevnning i form av hhv. bokstaver i tabellene og symboler i figurene.

## LITTERATUR:

1. Bast Pettersen R. Occupational solvent exposure, neuropsychological test results, and MMPI scales.  
J Clin Exp Neuropsych 1990;12:p421. Abstract.
2. Benton AL. Revised Visual Retention Test. Clinical and Experimental Applications. 4th edition.  
New York:The Psychological Corporation,1974.
3. Bornstein RA. Normative data on selected neuropsychological measures from a nonclinical sample.  
J Clin Psychol 1985;41:651-59.
4. Gade A. Normer fra Rigshospitalet, København 1984.
5. Ryan CM, Morrow LA, Bromet EJ, Parinson DK. Assessment of Neuropsychological Dysfunction in the Workplace: Normative Data from the Pittsburgh Occupational Exposures Test Battery.  
Journ Clin Exp Neuropsych 1987;9:665-679.

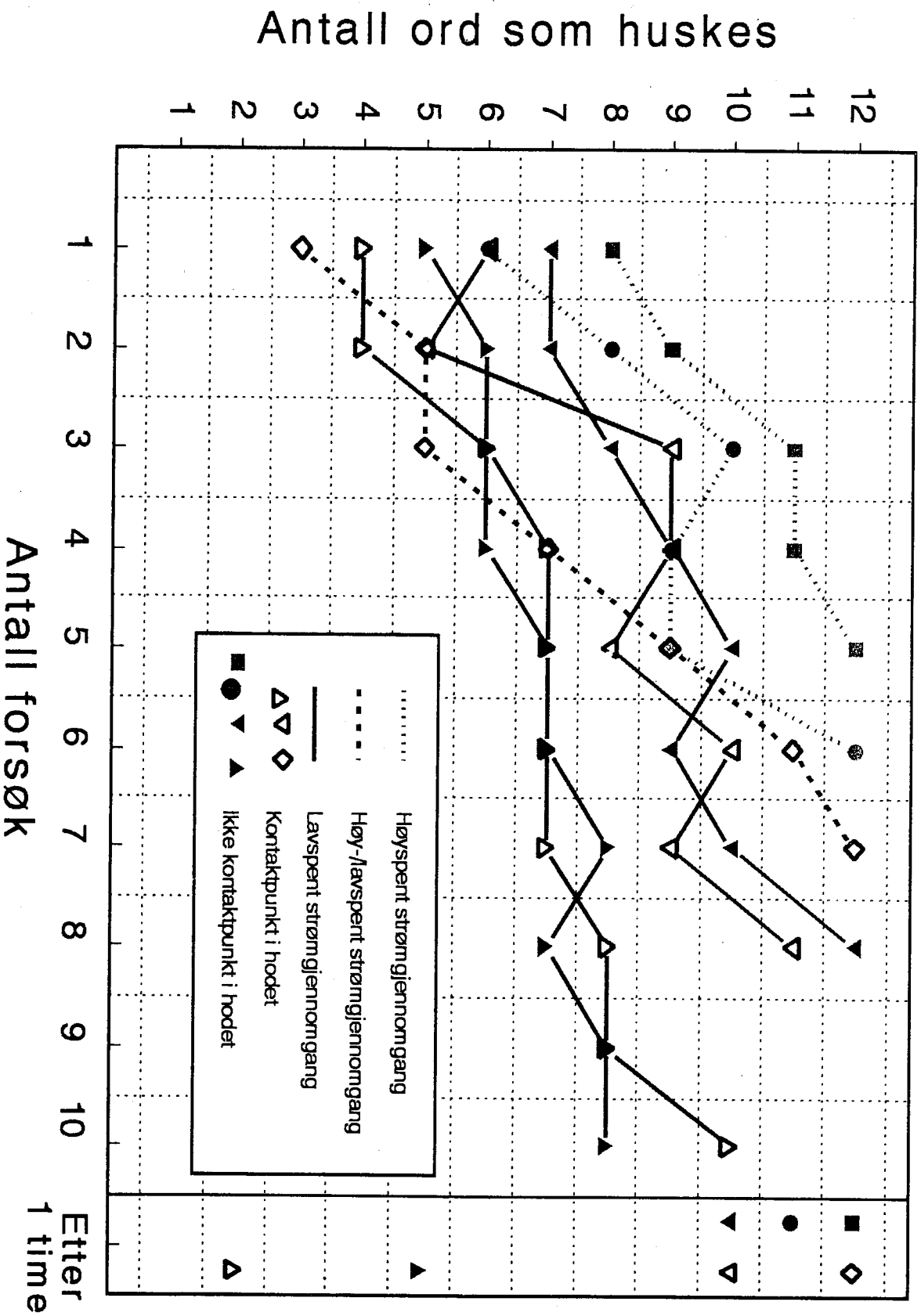
<p><b>Titel:</b> SYMPTOMER OG NEVROPSYKOLOGISK FUNKSJON HOS ELEKTROMONTØRER EFTER STRØMGJENNOMGANG. ET PASIENTMATERIALE.</p> <p><b>Forfatter(e):</b> Lars O. Goffeng, Rita Bast Pettersen og Petter Kristensen.</p> <p><b>Prosjektansvarlig:</b> Petter Kristensen.</p> <p><b>Prosjektmedarbeidere:</b> Lars O. Goffeng (dagl.ansv). Rita Bast Pettersen.</p> <p><b>Utøver (seksjon):</b> Arbeidsmedisinsk Seksjon.</p> <p><b>Dato:</b> 31.01.1992 <b>Antall sider:</b> 31 <b>ISSN:</b> 0801-7794</p>		<p><b>Serie:</b> HD 1027/92 FOU</p>
---	--	-------------------------------------

**Sammenrag:**

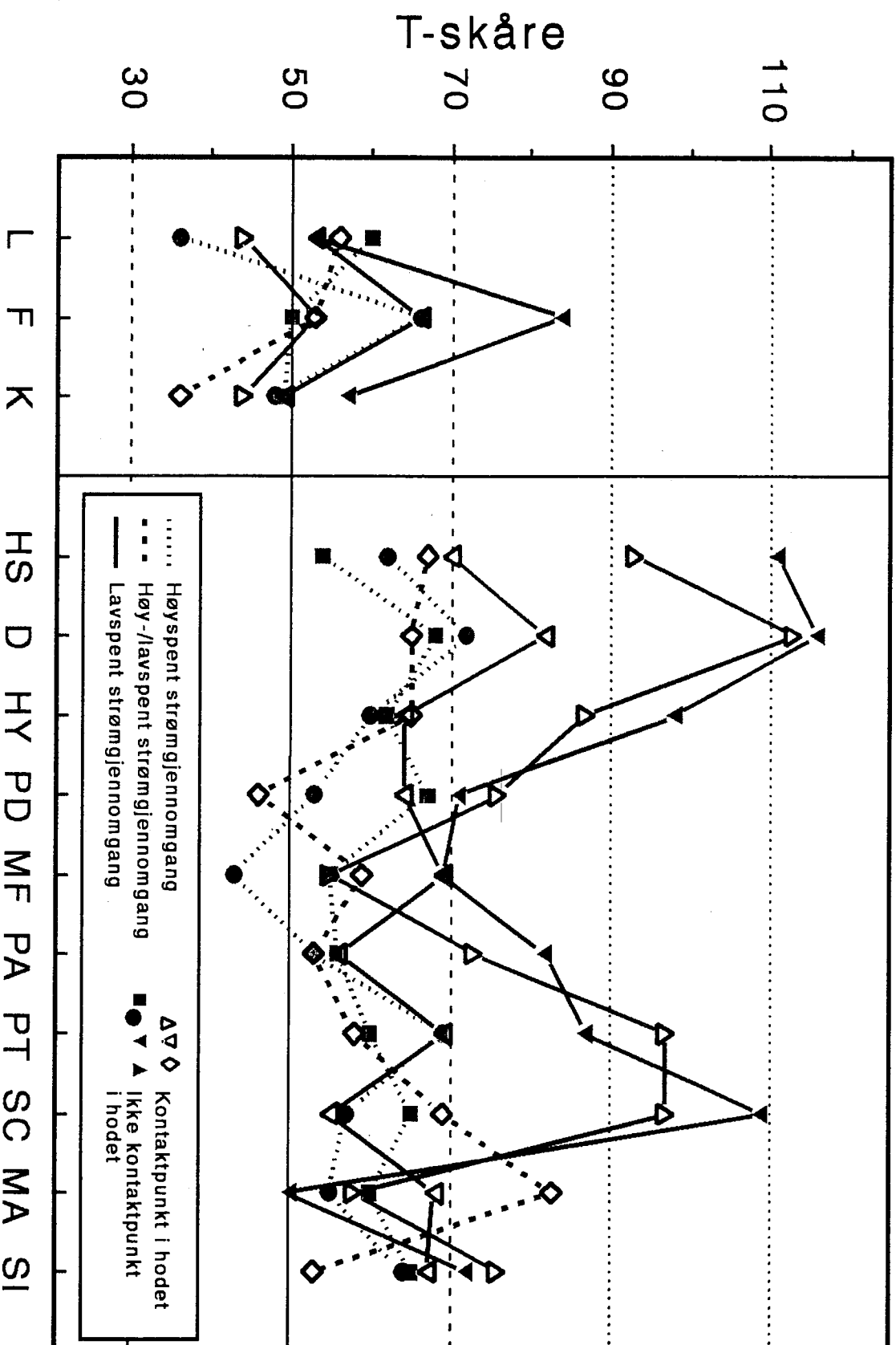
Syv elektromontører med plager som muligens kan tilskrives diffus skade på sentralnervesystemet etter strøm gjennomgang er undersøkt med nevropsykologisk metodikk i et pilotprosjekt. Hensikten har vært å beskrive symptombildet i denne gruppen, for på det grunnlag å reise relevante problemstillinger, og påpeke forhold som bør vurderes ved systematiske studier av senfølger etter strøm gjennomgang. Materialet er ikke representativt for elektromontører. Alle resultater kan skyldes tilfeldigheter i et lite utvalg. Lavsenteksponerte i materialet viste større vansker enn høy-senteksponerte med hukommelse, læringsevne og psykomotorisk tempo. Diffuse nevropsykologiske plager forekommer således også ved lavsente strøm gjennomgang. Oppløsing mhp. slike senfølger ved alvorlige lavsenteepisoder kan være av interesse.

Stikkord:	Strøm gjennomgang
Key words:	Electrical accidents
	Nevropsykologi
	Neuropsychology
	Hukommelse
	Memory

# INNLEÆRING AV 12 ORD

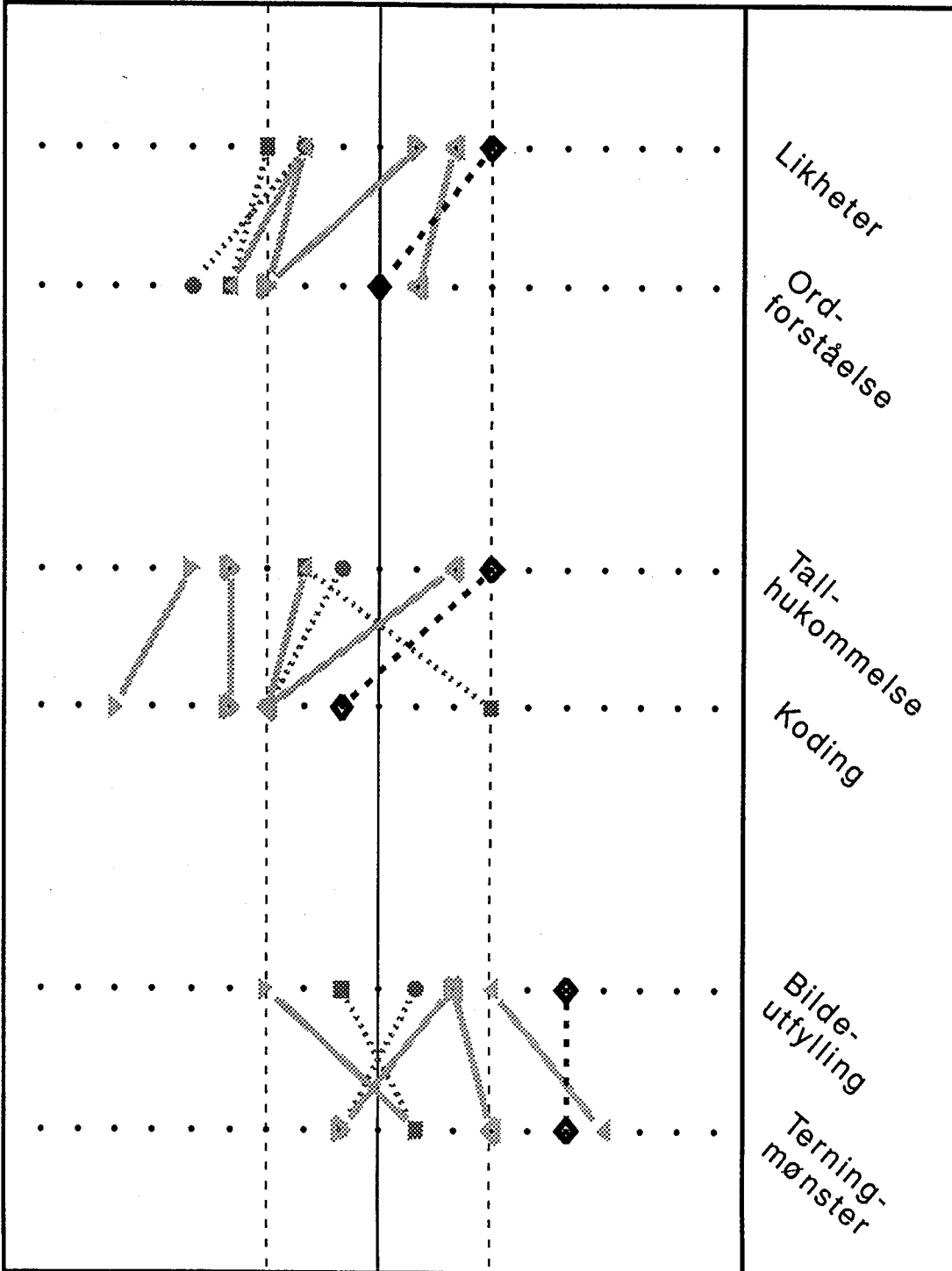


# MMPI-PROFIL ETTER STRØMGJENNOMGANG (N=6)



# Aldersskalert skåre

19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



## WAIS-RESULTATER, 6 DELTESTER (N=7)





## APPENDIX 2. ORDLISTE.

Amnesi	Hukommelsestap
Cerebral CT	Cerebral Computertomografi. Undersøkelse der det tas "bilder" av hjernen i form av tverrsnittsbilder med korte avstander. Bildet viser derfor også de dypere områdene av hjernen, og ikke bare overflaten.
CNS	Sentralnervesystemet, Hjernen og den øverste delen av ryggmargen (den forlengede marg).
CNS-dysfunksjon	Endret funksjon i sentralnervesystemet.
EEG	Elektroencefalogram. Undersøkelse som måler spontan elektrisk aktivitet på overflaten av hjernen. Dette gjøres ved å feste elektroder til hodet i et spesielt mønster.
Hemiplegi	Halvsidig lammelse.
Homonym hemianopsi	Halvsidig synsfeltutfall
Hypoksi	Oksygenmangel
Katarakt	Grå Stær
Tremor	Skjelving