

ALMAŞIK ELEKTRİK ALANLARDA ÇALIŞAN İŞÇİLERİN TIBBİ İNCELENMESİ

o. r. langworthy w. b. kouwenhoven
m. l. singewald g. g. knickerbocker

UDK: 621.37:621.3-784

ÖZET

Bu bildiri 60 Hz yüksek gerilim alanlarının insanlar üzerindeki etkilerini incelemektedir. Enerji yüklü yüksek gerilim hatlarının bakımında çalışan hat işçilerini etkileyen elektrik alanlarının yeğinliği üzerindeki deneysel sonuçlar sunuluyor. Faraday kafesinin sağladığı koruma tartışılıyor. Bir bölümü alışlagelmiş sıcak çubuk yöntemlerini kullanan bir bölümü de enerji yüklü bir iletkene bağlı hava asansörü kovanından çıplak elle çalışan 11 hat işçisi üzerinde yapılan bir dizi fizyolojik incelemelerin sonuçları veriliyor. 42 aylık bir süreyi aşan bu incelemeler Maryland-Baltimore'daki The Johns Hopkins Hastahanesi personeli tarafından yapılmıştır.

SUMMARY

This article covers an investigation of the effects of HV 60 Hz ac fields on human beings. Experimental results of the intensity of the electric fields to which linemen are subjected when doing maintenance work on energized HV lines are presented. The protection offered by Faraday screens is discussed. The results of a series of physiological examinations that were carried out on 11 linemen, some of whom used conventional hot stick methods and others worked barehanded from an aerial bucket connected to an energized conductor, are presented. The examinations, which extended over a 42 month period, were conducted by members of the staff of The Johns Hopkins Hospital, Baltimore, Md.

GİRİŞ

Elektrik enerjisine olan gereksinimin artması, güç iletim gerilimlerinin yükselmesine neden olmuştur. 500 kV'luk gerilim hatları gittikçe yaygınlaşmakta olup, kullanımda olan 700 kV'luk bir hat vardır ve daha da yüksek gerilimlerin kullanılması planlanmaktadır. Bu yüksek gerilimli hatların kullanımında en önemli sorun servisin devamlılığını sağlayabilmektir. Bu gerilim değerlerinin yaygınlaşmasıyla Amerikan Elektriksel Güç Şirketi, emniyeti sağlayacak önlemler, alan yeğinlikleri, vücut akımları ve çalışma çevresi ile ilgili incelemelere hız vermiştir. İncelemelerin birçok yönleri ilgili raporlarda açıklan-

mıştır [1] - [3] . Bu yazıda, alan yeğinliği ölçümleri ve YG(HV) hatlarında bakım çalışmalarında bulunan hat işçilerinin fiziksel muayenelerinin sonuçları yer almaktadır.

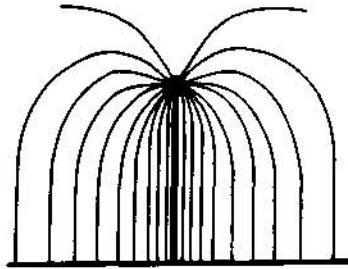
YG hatlarının çevresinde kuvvetli elektrik alanları oluşur ve hatların bakımıyla görevli hat işçileri bu elektrik alanlarının içinde yer alırlar. İşçilerin enerjili hatlarda çalışırken etkisinde kaldıkları akım değerleri yayınlaşmıştır [4] . Yarısı alışılabilir enerjili hat aletleriyle, diğer yarısı, enerjili iletkene bağlı, yalıtılmış kovalarda çıplak elle çalışan 11 hat işçisinden oluşan bir grup, Johns Hopkins hastahanesinde 42 ay boyunca fiziksel muayeneden geçirildi. Bu muayenelerden birincisi Aralık 1962, ikincisi 1963, üçüncüsü 1964, dördüncüsü Ağustos 1965 ve beşincisi Mayıs 1966'da yapıldı

ELEKTRİK ALANLARI

Elektriksel olarak yüklenmiş cisimlerin çevresinde elektrik alanlarının varlığı iki yüzyıldan fazla bir süredir bilinmektedir. 1873'de Clerk Maxwell, elektrik alanları konusundaki çalışmasını yayınladı [5]. Maxwell, elektrik kuvvet çizgilerinin, elektrik yüklü cisimleri birbirinden ayıran yalıtkanın içinden geçtiğini ve bu çizgilerin, eşit fakat zıt işaretli elektrik yüklerinin üzerinde başlayıp, sonlandığını açıkladı (Elektrik kuvvet çizgileri elektrik yüklü cisimlerden çıkarlar, ve enerjili iletkenler, kuleler ve toprak arasındaki boşluğu doldururlar). Bir elektrik alanının kuvveti yada yeğinliği, birim alandan geçen kuvvet çizgilerinin sayısına bağlıdır ve gerilim gradyeni, birim uzunluğa karşı gelen volt yada kilovolt değeri ile ifade edilir. Şekil 1'de yüklenmiş bir iletkenle toprak arasında yer alan bir elektrik alanı gösterilmiştir.

Enerjilenmiş güç hatlarında çalışan hat işçilerinin etkisinde kaldığı alan yeğinliği, Miller [2]'in alan yeğinliği yada gradyen metresiyle ölçülür. Bu alet o şekilde boyutlandırılmıştır ki, 1 kV/inch² 60 Hz'de düzgün bir almaşık elektriksel alana dik konumda- yerleştirildiğinde 1 yA'lık bir akım < 0,085µA/m²'lik bir akım yoğunluğu > kaydedilir.

Maxwell ayrıca, yalıtkanın atomlarındaki yüklerin öne-arkaya hareketleriyle, bu kuvvet çizgileri boyunca bir elektrik akımının oluştuğunu da gösterdi. Bu akımı 'yerdeğiştirme akımı' olarak adlandırdı. Bir işçi bir çelik kulenin çapraz kolunun üzerinde çalışıyorsa ve topraklanmışsa, elektrik alan çizgileri vücudunun tüm yüzeyi üzerinde sonlanır ve işçinin vücudu boyunca, toprağa akan bir elektrik



Şekil 1. Yüklenmiş bir iletkenle toprak arasındaki elektrik alanı.

akımı endüklenir. Bu akımın değeri, işçiye topraktan yalıtılarak ve toprakla arasına hassas bir ampermetre bağlayarak ölçülebilir. Eğer işçi topraklanmamışsa, vücudunun bir tarafından giren yer değiştirme akımı vücudu boyunca geçer ve diğer taraftan, toprağa kadar inen kuvvet çizgileri olarak çıkar. Bu koşullar altında işçi yerden farklı bir gerilimle yüklenabilir ve topraklanmış bir cisme dokunduğunda küçük bir şok hissedebilir. Almaşık alan içerisindeki bir adamın vücudundan bir akımın geçtiği, Miller tarafından geliştirilmiş bir dipol kullanılarak gösterildi. [2]

Şekil 2'de, 345 kV'luk bir hattın çelik iletim kulesinin çapraz koluna asılı bir merdiven üzerindeki, topraklanmamış bir işçinin Miller'in gradyen metresiyle elektrik alan yeğinliğini ölçmesi gösterilmiştir. İşçi, enerjili iletkene ne kadar yakınsa okuduğu gradyen değeri o kadar büyük olacaktır.

1837 yılında Michael Faraday, bir cisim iletken bir ekran ile çevreleyerek onu dışarıdaki elektrik alanından korumanın olanaklı olduğunu gösterdi. Elektrik kuvvet çizgileri ekran üzerinde sonlanır ve içerdeki cisim korunmuş olur. Bu nedenle, hat işçisi, metal bir ekran kafes yada uygun bir iletken giysi kullanarak kuvvetli bir elektrik alanı içinde, yerdeğiştirme akımının vücuduna gelmesini önler ve çalışmasını sürdürür.

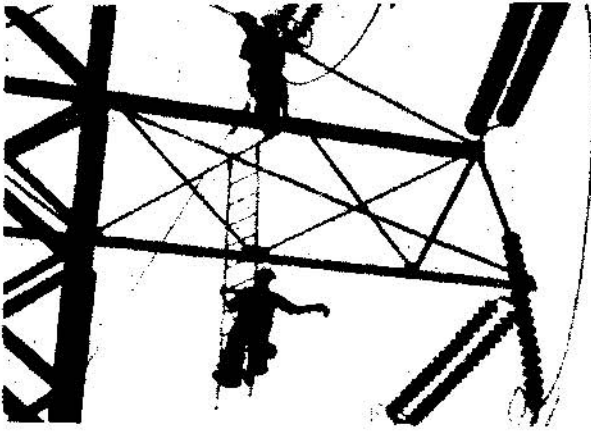
Çıplak el bakım yönteminde, hat işçisini enerjilenmiş YG hatlarında çalışırken, alan etkisinden korumak için Faraday tipi bir kafes kullanılır. Yalıtkan bir plastik zincirin üst ucuna, tek bir sepet yada iki küçük kova tutturulur. Her kova yada sepetin dört bir yanı ve tabanı iletken bir örtüyle kaplanmıştır. Bu metal ekran enerjili bir iletkene bağlandığında, tabandaki metal tabaka üzerinde ayakta duran bir kişi, belinin az üstüne kadar etkiyen tüm elektrik kuvvet çizgilerinden korunur. Vücudun üst kısmı, kova kenarından 40 inch yukarıya kadar uzanan ve bir arka duvarı oluşturan uygun yükseklikte bir metal ekran ile kaplanabilir. Bu arka duvarının üzerine, işçinin başını koruyacak biçimde, bir üst ekran eklenebilir. Bu düzenek yüksek gerilimlerde kullanılır(Şekil 3).

TEST BÖLGESİ

Alan testleri, Ohio Güç Şirketine Doğru Lima'daki ara istasyonunda (Şekil 4) yapıldı. Bu istasyon ve elektrik şebekesi, 2 tane 345 kV'luk ve 6 tane 138 kV'luk enerji hattının birleşim noktasıdır. 345 kV'luk şebeke 380x320 feet²'lik bir alanı kaplar. Bir X ışını ışınım (radyasyon) araştırmasını, elektrik alan yeğinliği ölçümlerini ve çeşitli koşullarda işçinin vücudundaki akımların büyüklüğünü ve dalga biçimini saptama incelemelerini kapsayan çalışmalar aşağıda açıklanmıştır:

X-IŞINI IŞINIMI

Korono boşalmalarının yalnızca güç kayıplarına neden olmayıp, aynı zamanda insanlar için zararlı ozon ve ışınım oluşumuna yol açtığı iyi bilinmektedir. Bu nedenle, Doğru Lima Ara İstasyonunun toprak arazisi ve istasyon dışındaki (YG) hatlarının al-



Şekil 2. 345 kV'luk bir iletim kulesinin üzerindeki gerilim gradyanlarını ölçen topraklanmamış hat işçileri.

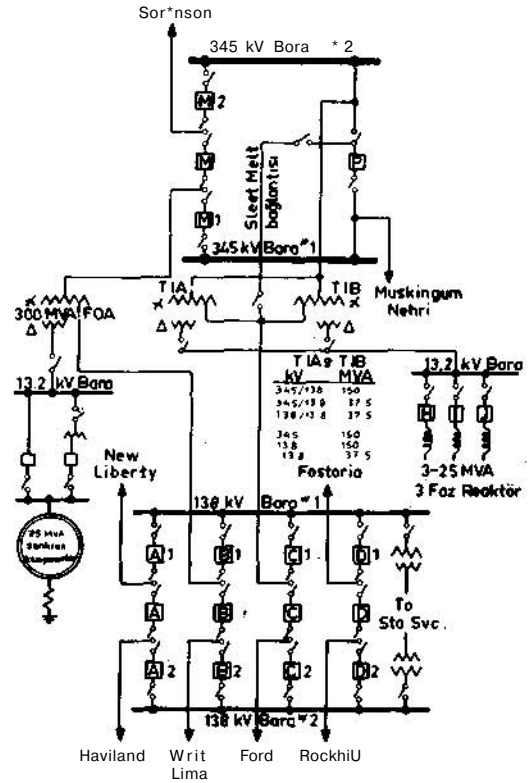


Şekil 3. Arka duvarı ve üst örtüsü olan ekranlanmış bir kova içindeki iki hat işçisi. Kova enerjilenmiş bir 345 kV hattına bağlanmıştır.

tındaki alanlar, bir kez serin havada (Aralık 4, 1962), bir kez de sıcak havada (Temmuz 28, 1965) incelendi. Her iki durumda da hava açıktı ve Johns Hopkins hastanesinin tıbbî personeli araştırma sırasında hazır dılar.

Adı geçen iki incelemede de dozimetreler gruptaki iki kişi tarafından taşındı ve X-ışını ışınını bir 'Gayger Müller Sayacı' ile ölçüldü. Aralıkta yapılan araştırmada tüm gruptaki kişiler iyonlaşma maskeleri taktılar ve ayrı ayrı mühürlü paketlerde bulunan fotoğraf negatiflerini, 345 kV'luk iletim hattının bir iletkenine yerleştirdiler. Haftalık aralıklarla negatifler (YG) iletkeninden alındılar. Film bantları ve negatifleri Nucleonic Corporation tarafından -ışınım olup olmadığını saptamak için- incelendi.

Dozimetrelerin hiçbirinde en ufak bir ışınım izine rastlanmadı. Enerjili iletkenlere tutturulmuş negatiflerde, paketlerin içine su sızıp negatifleri bozduğu güne kadar geçen ilk 9 hafta içinde, hiçbir X-ışını etkisi gözlenmedi.



Şekil 4. Ohio Güç Şirketi - Doğu Lima ara istasyonu. Basitleştirilmiş tek-çizgi diyagram.

Her iki incelemede de, ara istasyonunun toprak arazişi Gayger sayıcısı ile incelendi ve şu sonuçlar elde edildi:

Aralık 4, 1962 0,02-0,04 mR/saat

Temmuz 28, 1965 0,03-0,05 mR/saat

345 kV'luk enerjilenmiş bir hatta bağlı bir kova içinde de Gayger sayıcısıyla bazı değerler alındı ve ışının vücudundaki ışınım topraktakiyle aynı bulundu. Ayrıca herhangi bir YG iletim hattından uzaktaki bir otele de Gayger sayıcısıyla bazı ölçümler yapıldı (Lima'da). Otele bulunan değerler, ara istasyonundakilerle aynı idi.

Ara istasyonunda ölçülen ışınım herhangi bir yerdeki ışınımından daha fazla değildir. Bu ışınım değerleri, kozmik ışınlar ve topraktan çıkan radyoaktif gazlarla oluşmuşlardır ve bu düzeyde tümüyle zararsızdırlar. Bu hatlarda ve ilgili aletlerin üzerinde hiçbir korona yada ozon oluşumuna rastlanmamıştır.

ELEKTRİK ALAN YEĞİNLİĞİ

Güvenlikle ilgili nedenlerden dolayı [ö], iletim kulesi üzerinde alışlagelen bakım yöntemleriyle çalışan bir hat işçisi (eğer topraklanmamışsa) iletkenin yeterli derecede uzak olmalıdır. Gerilim yükseldikçe bu yöntemde kullanılan aletlerin ağırlığı artar ve kullanılmaları güçleşir [7]. Hat işçisinin etkisinde kaldığı alan yeğinliğini ölçmek için gradyen metre kullanılmıştır-, ancak bu alet, yer değiştirme akımının vücuda girmekte mi,

yoksa çıkmakta mı olduğunu saptayamaz, işçi topraklanmamışsa, vücudunda endüklenen akımların tam doğru ölçümü olanaksız olmasa da çok zordur. 345 kV'luk hatta bağlı yalıtılmış bir kova içinde çıplak elle çalışan bir işçinin etkisinde kaldığı alan yeğinliği değeri ise doğru bir şekilde saptanabilmiştir. Çizelge 1'de, çeşitli kova ekranlama dereceleri için elde edilen sonuçlar gösterilmiştir.

Açıklanan verilerden, Faraday kafesinin kullanılmasıyla, hat işçisinin etkisinde kaldığı gerilim gradyenlerinin ihmal edilebilecek bir değere indirgenebildiği anlaşılmaktadır. Kova ekranının bel yüksekliğine kadar tümüyle kapalı olması, erbezlerinin elektrik alanının etkisinden korunumu için kesinlikle gereklidir.

VÜCUT AKIMLARI

İletim kulelerinde ve kovalarda çalışan işçilerin vücutlarında bir alması elektriksel alan tarafından endüklenen akımlar, işçilerin vücutları ile toprak arasında bir mikroampermetre yerleştirilerek ölçüldü.

Çelik bir kule üzerinde çalışan işçilerin vücut akımlarının ölçümü, Doğu Lima Ara İstasyonunun biraz batısında yer alan 345 kV'luk bir hatda yapıldı. Sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Doğu Lima'nın yakınındaki 138 kV'luk bir hattın kulesinde benzer koşullar altında, çapraz kol ya da asılı merdivenler üzerinde çalışan işçilerin vücut akımları 80-125 μ A olarak bulundu. Her durumda akım değerleri, plastik eldiven kullanılsın ya da kullanılsın, aynı bulundu.

Ölçmelerle bulunan akım değerleri ve, işçinin vücudu üzerinde ölçülen gerilim gradyenlerine karşı gelen ortalama akım değerleriyle toplam vücut alanının çarpılmasıyla hesaplanan değerler birbirleriyle uyumluluk gösteriyordu.

345 kV'luk hatta bağlı bir kova içerisinde çalışan işçiler üzerinde yapılan akım ölçümlerinin sonuçları çizelge 3'de yer almıştır

Kovanın kenarından arka duvarına ve üst ekrana doğru ek ekranlar kullanarak akımlar daha da azaltılabilir.

Eğer kova tümüyle ekranlanmışsa ve bir arka duvarı ve üst ekranıyla donanmışsa, işçinin etkisinde kalacağı akımların çok düşük değerlere indirgeneceği açıktır. Eğer arka duvarı ile üst ekran kaldırılırsa, alan etkimesine açık vücut yüzeyi genişleyecek ve endüklenen akımlar aşağı yukarı 5 kat artacaktır. Yan ekranların kaldırılması ise akımları iki katına çıkarır. Ekranın tümünün kaldırılmasıyla, kasıklar ve skrotum gibi vücudun kritik bölgeleri alan etkimesine açık kalır.

VÜCUT AKIMININ DALGA BİÇİMİ

Enerjilenmiş yüksek gerilim hattına bağlı bir kova içinde çalışan işçilerin vücudunda, alması elektriksel alan tarafından oluşturulan akımların ve zincir boyunca akan kaçak akımın dalga biçimi, bir osiloskop ekranında gözlenen şekillerinin fotoğrafını çekerek elde edildi. Akımı ölçmede kullanılan mikro ampermetreye seri olarak 4700 Ohm'luk



Şekil 5. Hat işçisinin vücudundan geçen 100 UA'lık endüklenme akımının dalga biçimi.



Şekil 6. Hat işçisinin vücudundan geçen 200 μ A'lık endüklenme akımının dalga biçimi.



Şekil 7. Korona belirtilerinin görüldüğü 400 μ A'lık endüklenme akımının dalga biçimi.

bir karbon direnç bağlandı. Direnç üzerindeki gerilim düşmesi skop üzerinde görüldü ve şeklin fotoğrafı alındı. Zincir boyunca akan kaçak akımın değeri 65 μ A ve şekli sinüzoidal idi. Osiloskop ve diğer aletler bir hava asansörüne konuldu ve kovanın işçisinin vücudundaki akım bu koşullarda kaydedildi. Asansörün motorunun çalışması titreşim yaratıyordu.

Elektrik alanında çalışan işçinin vücudunda endüklenen 100 μ A'lık akımın dalga şekli Şekil 5'de, 200 μ A'lık bir akımınki ise şekil 6'da gösterilmiştir.

Vücut Bölgesi	Tam Kova Ekranlama* (Arka Duvarı ve üst örtüsü)	Tam Kova Ekranlama (Arka Duvarı ve Ost örtüsü Yok)	Yarım Kova Ekranlama** (Arka Duvarı ve Ost örtüsü Yok)
Başın üst kısmı	0,4	12,0	11,0
Yüz	(alınmadı)	—	7,5
GÖSOS			
Dn	1,0	4,0	2,5
Sol	1,0	5,4	—
Arka	0,0	7,0	5,0-7,0
Sağ	0,8	8,0	—
Kasık	0,0	0,0	0,5
DİZ			
ön	0,0	0,0	—
Sol	0,0	0,0	1,0
Arka	0,0	0,0	2,0
Sağ	0,0	0,0	2,5 -4,0
Ayak	0,0	0,0	—

* Taban plakası; ört, arka ve yan ekranlar.

** Taban plakası; ön, arka ve yan ekranları yok; kova kenarında 6 inç'lik bir bant var.

Çizelge 1. 345 kV'luk enerjilenmiş iletkenine bağlı bir hava asansörünün kovasındaki işçinin vücudundaki gerilim gradyanları üzerinde farklı kova ekranlama derecelerinin etkileri.

Hat İşçisinin Yeri	Vücut Akımı (vA)
Kulenin orta çapraz kolunda, yüzü üst faz iletkenine dönük olarak, ayakta duruyor iken:	100 - 150
Kulenin üst çapraz kolundan asılı bir merdivenin orta basamağında ayakta duruyor iken:	395
Kulenin aşağıdaki çapraz kollarından birine asılı bir merdiven üzerinde ve sıcak-çubuk kullanıyor iken:	400*

* 25 V'lık sıcak-çubuk kaçak akımını da içine alız

Çizelge 2.

Kova Ekranlama Dereceleri	Ellerin Yeri	pA
Tam kova ekranı; arka duvarı ve üst ekran	Aşağı	85
	Çalışma yerinde Uzatılmış	130
Tam kova ekranlama; arka duvarı ve üst ekran yok	Aşağı	580
	Çalışma yerinde Uzatılmış	660
		840
Yarım kova ekranı; taban ön ve arka ekranları; kova kenarlarındaki, arka-kadaki ve üstteki tam ekranlar yok	Aşağı	190
	Çalışma yerinde Uzatılmış	225
		345

çizelge 3.

tir. Hiçbir şekilde korona belirtisine rastlanmamaktadır. Dalgadaki düzensizlikler titreşimlerden ileri gelmektedir.

345 kV'luk hatta bağlı bir hava asansörünün kovasındaki bir işçi, kolunu yanına açıp, elini elektrik alanının içine uzattığında, parmak uçlarında korona oluşur, ve yanmaya yada iğne batışına benzer bir his duyar. Şekil 7'deki dalga yapısında, gerilimden önde giden akım dalgasının inen eğimli kısmında, korona boşalmasının varlığı açıkça gözlenir.

Almaşık elektriksel alanlar gerilim gradyan değeri, korona oluşumunun görüldüğü değer olan 50 kV/inch'e erişinceye değin elektrik şoku biçimindeki bir algılamaya neden olmazlar. 6-7 kV/inch'lik gerilim gradyanları, ellerin üstündeki tüylerin kımlanmasına ve serinletici bir melteminkine benzer hissin duyulmasına yol açar [4]. Bu değer, elektrik alanını tanıma düzeyi olarak adlandırılır.

YG HAT İŞÇİLERİNİN TABBİ İNCELENMESİNE İLİŞKİN ÇALIŞMA

Ohio Güç Şirketinin ve Appalachian Güç Şirketinin (Amerikan Elektriksel Güç Sistemi) 11 işçisi üzerinde bir kollama çalışması sürdürüldü. Muayeneler, Johns Hopkins hastanesinin özel, hastahanedeyatmadan tedavi olanlarla ilgili bölümünde, 17 Aralık 1962 ve 23 Mayıs 1966 tarihleri arasında yapıldı. Çalışmanın başlangıcında yaş dağılımı 30-47 arasındaydı; ortalama yaş 35 idi. Ohio Güç Şirketinden, 345 KV'luk hatlarda çıplak-el çalışması yapan ve aynı zamanda 'sıcak çubuk' bakım çalışmasında da bulunmuş 5 işçi vardı. Appalachian Güç Şirketinde ise çıplak-elle çok az çalışmış, fakat sıcak-çubuk tekniğiyle pek çok saat bakımda bulunmuş 6 işçi seçilmişti. Çizelge 1'de, çalışma süresince kaç saat çalışıldığı gösterilmiştir.

ÇALIŞMANIN NİTELİĞİ

Muayeneler 1,2,2,5,3 ve 3,5 yıllık sürelerle her işçinin tıbbî geçmişini araştırmak ve fiziksel denetimini yapmak biçiminde uygulanan programlanmış çalışmalar şeklindeydi. İşçilerin 10'u toplam 4 muayeneden geçirildiler. Ohio Güç Şirketinden olan 3 nolu süje ise çalışmaya Uçak 1965'de katıldığı için ancak 3 kez muayene oldu. Fiziksel muayeneler, aynı zamanda her işçiyle ilgili tıbbî ve laboratuvarında sürdürülen incelemeleri de yöneten, bir doktor (Dr. M.L.Singevald) tarafından yapıldı.

Tıbbî inceleme, her muayenenin sonunda bir göz doktoru, bir otolarinolojist, bir ürolojist ve bir noro-psikrotrist arasında sürdürülen konsültasyonlardan oluşuyordu.

Laboratuvar araştırmaları ise, tam bir hematolojik çalışma ile kan kimyası incelemelerinden (serum üre azotu, kan şekeri ve serum kolesterol, ürik asit, idrar analizi ve dışkı muayenesi) oluşmaktadır. Tiroidin işlevi, protein bağlı iyod testi ile ölçüldü. Böbrek çalışması P.S.P. testi ve üre açıklık testi ile denetlendi. Karaciğerin işlevi 'bromsol folein' testi ile incelendi. Her muayenede 12 elektrokardiyogram alındı. Her çift kutu hem de ortak referans teknikleriyle 18-21 elektrod kullanarak elektroansefalogramlar kaydedildi. Olanaklar elverdiği oranda, uyank iken alınan kayıtlar uykuda alınanlar ile çoğaltıldı; 3 Nolu

Süje		
	Sıcak-Çubuk Yöntemi	Çıplak-El Yöntemi
O.G.Ş* 1	200	480,0
2	200	270,1
3	500	433,8
4	800	746,5
5	3800	13,0
A.G.Ş**6	477	7,5
7	515	63,85
8	500,5	0
9	700	2,0
10	493	69,35
11	499,5	0

* Ohio güç şirketi.

** Appalachian güç şirketi.

Çizelge 4. Çalışma için seçilmiş işçiler tarafından yapılan enerjili hat bakımı.

Çalışma 1 Ocak 1963 ile 23 Mayıs 1966 tarihleri arasında yapılmıştır.

süjenin dışında, 3,5 yıllık süre içinde her işçi üzerinde 4 kayıt yapıldı. İşitme Odyometre tekniğiyle denendi. Her muayenede göğsün ve ellerin röntgeni çekildi.

ÇALIŞMANIN SONUÇLARI

Genel fiziksel muayenelerde önemli hiçbir değişime rastlanmadı. İşçiler başlangıçta oldukları gibi sıhhatli kaldılar. Özel olarak, ciltte yada saçta hiç bir değişiklik olmadı; kardiovasküler yada solunumsal işlevler aynı kaldı. Göz muayenesi farklı bir durum göstermedi. Gizli kalmış zararlı etkiye ilişkin hiçbir belirtiyeye rastlanmadı.

Laboratuvar çalışmalarının hiçbirinde de önemli bir değişim gözlenmedi.

YG hatlarının alanının etkisinde kalmakla ilgili olabilecek hiçbir hastalık durumuna rastlanmadı. Odyometre testi ile denetlenen işitmede bir farklılık görülmedi. Elektroansefalogramlar oldukça normaldi. Görmeyle ilgili önemli hiçbir rahatsızlık belirmedi. Psikiyatrist bu çalışmayla bağıntılı olabilecek hiçbir duygusal değişim kaydetmedi. Ürolojist işçilerin ikisinin sperm sayılarının az olduğunu saptadı. Sperm morfoloji (şekil bilgisi) ve motilitisi normaldi. Sperm sayısının azalması, hiçbir şekilde, YG hatlarının alanında kalış süresinin uzunluğuyla ilgili değildi. Ürolojist bu süjelerin fiziksel muayenelerinde normal bulgular elde etti.

SONUÇLAR

Yeşin almaşık elektriksel alanların karakteristiklerinin ve insanlar üzerine etkisinin incelenmesinin sonucunda aşağıdaki gerçekler saptandı. İlginç bir durum, hat işçilerinden ikisinin çalışma sırasında baba olmalarıydı

- 1) Uygun bir biçimde modellenmiş ve kurulmuş bir YG hattında X-ışını ışınımı görülmez
- 2) Almaşık elektriksel alan içindeki iletken bir cisimde elektrik akımları endüklenir.
- 3) Çıplak-elle çalışan bir hat işçisi eğer iletken bir yapı içinde korunmazsa, vücudunda endükle-

nen akımlar yüksek değerlere ulaşabilir.

- 4) Almaşık elektriksel alanın etkisinde kalmış bir kişinin vücudunda endüklenen akımların biçimi sinuzoidaldir,
- 5) Plastik eldivenler ve benzer koruyucu aletler, elektrik alanına karşı koruyucu ekran görevi göremezler.
- 6) Uygun biçimde tasarlanmış metal Faraday kafesleri; enerjilenmiş bir hat üzerinde çıplak-elle çalışan işçiyi korur ve vücudunda endüklenen akımları ihmal edilebilir bir düzeye indirir.
- 7) Faraday kafesleri hava asansörlerinin kovaları, kafesleri, vb. için kurulabilir. Uygun bir iletken giysi de bir Faraday kafesi gibi davranır.
- 8) Düşük yeşinlikli elektrik alanlarında yukarı kısımlarda ekranlama kullanılmayabilir. Fakat işçinin önemli organlarının zarar görmesini önlemek amacıyla belden aşağısında kesinlikle iletken ekran kullanılmalıdır.
- 9) Tıbbî bulgular: Gözlem süresini (31 yıl) ve çalışma yöntemini gözönünde bulundurarak, 11 hat işçisinin sağlığında, YG hatlarının elektrik alanının hiçbir etkisinin olmadığı söylenebilir. 11 süjeden 2'sinin sperm sayılarında bir azalma gözlenmiştir. Bunun önemi tam olarak bilinmemektedir ve üzerinde çalışmanın zorunluluğu belirmektedir; ancak bu çalışma sırasında, bireylerin sağlık durumlarıyla YG hatlarının elektrik alanı etkisinde kalmış olmaları arasında hiçbir ilişkiye rastlanmamıştır.

11 işçi arasında 4'ü, bu incelemenin süresi içinde pek çok saat çıplak-el çalışması yaptı. Bu işçilerin hiçbirinde fiziksel, zihinsel yada duygusal değişime rastlanmadı. Laboratuvar incelemeleri normal sonuçlar verdi. Tam anlamıyla korunmuş olarak, YG hatlarının elektrik alanında çıplak-elle çalışma sürdüren işçiler için tehlikeli hiçbir durumun olmadığı da, anlaşıldı.

KAYNAKLAR

- [1] Bames, H.C., et al., "Rational analysis of electric fields in live line vorking", IEEE Trans. on Power App. Syst., Cilt 86, No.4, 1967, s.506.
- [2] Miller, C.J., Jr., "The measurement of electric fields in live line vorkings", IEEE Trans. on Power App. Syst., Cilt 86, Nö.4, 1967, s.493.
- [3] Knickerbocker, G.G., et al., "Exposure of mice to a strong ac electric field-An experimental study", IEEE Trans. on Power App. Syst., Cilt 86, No.4, 1967, s.498.
- [4] Kouwenhoven, W.B., et al., "Body Currents in live line vorking", IEEE Trans. on Power App. Syst., Cilt 85, 1966, s.403.
- [5] Maxwell, J.C., Electricity and Magnetism. Oxford, England: Clarendon Press, 1873.
- [6] Burgess, T.J., "Live line maintenance", CIGRE, Paris, France, s.411, 1962.
- [7] Rorden, H.L., et al., "500-kV line line maintenance", IEEE Trans. on Power App. Syst., Cilt 85, 1966, s.571.